



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,**  
**TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED WSN, PARA EL CONTROL  
DE EVENTOS FÍSICOS A TRAVES DE SEÑALES CEREBRALES COMO  
AYUDA A PERSONAS CON CAPACIDADES FÍSICAS LIMITADAS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**Para optar al Grado Académico de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**AUTORES:**

**JEFFERSON JAIME TIPÁN TINOCO**

**OSCAR FERNANDO SÁNCHEZ FERNÁNDEZ**

**Riobamba-Ecuador**

**2017**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,**  
**TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED WSN, PARA EL CONTROL  
DE EVENTOS FÍSICOS A TRAVES DE SEÑALES CEREBRALES COMO  
AYUDA A PERSONAS CON CAPACIDADES FÍSICAS LIMITADAS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**Para optar al Grado Académico de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**AUTORES: JEFFERSON JAIME TIPÁN TINOCO**

**OSCAR FERNANDO SÁNCHEZ FERNÁNDEZ**

**TUTOR: ING. JOSÉ MORALES GORDON.**

**Riobamba-Ecuador**

**2017**

**©2017, Jefferson Jaime Tipán Tinoco, Oscar Fernando Sánchez Fernández.** Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de los Autores.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y**  
**REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED WSN, PARA EL CONTROL DE EVENTOS FÍSICOS A TRAVÉS DE SEÑALES CEREBRALES COMO AYUDA A PERSONAS CON CAPACIDADES FÍSICAS LIMITADAS”, de responsabilidad de Jefferson Jaime Tipán Tinoco, Oscar Fernando Sánchez Fernández, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna		
<b>DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	_____	_____
Ing. Franklin Moreno		
<b>DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES</b>	_____	_____
Ing. José Morales		
<b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	_____
Ing. Wilson Zúñiga		
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____

Nosotros, Jefferson Jaime Tipán Tinoco y Oscar Fernando Sánchez Fernández, declaramos ser los autores del presente trabajo de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED WSN, PARA EL CONTROL DE EVENTOS FÍSICOS A TRAVÉS DE SEÑALES CEREBRALES COMO AYUDA A PERSONAS CON CAPACIDADES FÍSICAS LIMITADAS”, que fue elaborado en su totalidad por nosotros, bajo la dirección del Ingeniero José Morales, haciéndonos totalmente responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

JEFFERSON JAIME TIPÁN TINOCO

OSCAR FERNANDO SÁNCHEZ FERNÁNDEZ

## **DEDICATORIA**

A Dios.

Por haberme dado salud y muchas bendiciones, por permitirme cumplir mis metas como estudiante al lado de nuestro señor, al único que me encomendé para llegar a este punto y lograr mis objetivos con la bendición de Dios.

A mis padres Betty Tinoco y Jaime Tipán.

Por ser parte fundamental en toda mi educación tanto personal como académica, por el apoyo incondicional durante todos estos años, por los consejos que me han permitido ser cada día mejor persona, este logro se lo debo a mis padres y a ellos un reconocimiento profundo.

A mis familiares y amigos

A mi abuelita por el apoyo constante día tras día, a mis tíos, mis primos, a mi hermana Arelis Tipán que como estudiante sabe los sacrificios que se debe tomar al estar lejos de casa a mis amigos Fabrizio, Luis, Vicente, Cristhian y Edwin.

**Jefferson**

Dedico este trabajo de titulación primeramente a Dios, por haberme dado fortaleza y la vida para llegar a este momento importante en mi formación profesional. A mi madre por ser mi inspiración y el tesoro más valioso que tengo, por su cariño y apoyo incondicional. A mi padre mis Hermanas y Hermanos por su apoyo y por los buenos y malos momentos.

**Oscar**

## AGRADECIMIENTO

A Jesucristo y a la Virgen María por haber escuchado nuestras oraciones y derramar bendiciones sobre mi familia, por el amor infinito de nuestro Dios hacia mí de no ser por sus bendiciones no hubiese cumplido mi objetivo.

A mis padres Betty y Jaime, por la voluntad y sustento, siendo mi motivación y mi orgullo, por el sacrificio y esfuerzo, muchas gracias.

A mi familia, que de alguna manera me apoyaron con granito de arena así sea mínima, la voluntad es lo que más valor tiene, sin importar las distancias el apoyo de todas partes fue y es bienvenida.

Gratitud total al Ingeniero José Morales, por compartir sus conocimientos para que este trabajo sea todo éxito en el transcurso del trabajo de titulación.

Y como no a mis amigos Fabrizio, Vicente, Antón, Paspuel y Salazar darles las gracias por la amistad durante todo este año amistad.

**Jefferson**

A Dios por la cobertura durante todo el camino, porque me ha dado espíritu de valentía para superar todos los obstáculos y dificultades.

Al Ingeniero José Luis Morales Gordon por el apoyo y la paciencia que ha tenido para ayudarme a terminar satisfactoriamente este trabajo de titulación.

**Oscar**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	iv
RESUMEN.....	vi
SUMMARY .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
1.1 Ergonomía (Actividad de la Vida Diaria) .....	6
1.2 Renovación Tecnológica en Hogares Ecuatorianos.....	7
1.3 Discapacidad a nivel Mundial .....	8
1.4 Discapacidad en el Ecuador .....	8
1.5 Red de Sensores Inalámbricos (WSN).....	9
1.5.1 Topología de una Red WSN .....	12
1.5.2 Estándares de Comunicación de Redes WSN .....	12
1.6 Electroencefalografía Inalámbrica .....	13
1.6.1 La Neurona.....	13
1.7 Electroencefalografía .....	13
1.7.1 Electroencefalograma (EEG) .....	14
1.7.2 Neurotecnología .....	14
1.7.3 Sistema Internacional 10-20 .....	15
1.7.4 Descripción de Electroodos .....	16
1.8 Dispositivos Electroencefalográficos .....	17
1.8.1 Emotiv Insight .....	17
1.8.2 Emotiv EPOC Neuroheadset.....	17
1.8.3 Neurosky Mindwave .....	18



1.8.4	<i>Tabla Comparativa de Especificaciones Técnicas</i> .....	18
1.8.5	<i>Compatibilidad</i> .....	19
1.9	<b>Módulos de Comunicación Inalámbrica</b> .....	20
1.10	<b>Protocolo MQTT</b> .....	20
1.11	<b>Processing</b> .....	21
1.12	<b>Protocolo OSC</b> .....	21
<b>CAPITULO II</b>		
2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>22</b>
2.1	<b>Descripción del lugar de estudio.</b> .....	22
2.2	<b>Carácter de investigación del diseño e implementación.</b> .....	22
2.2.1	<i>Universo</i> .....	23
2.2.2	<i>Diseño muestral y criterio de selección</i> .....	23
2.2.3	<i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos.</i> .....	23
2.3	<b>Diseño de <i>hardware</i> y <i>software</i> de la red WSN</b> .....	24
2.4	<b>Requerimientos <i>hardware</i> de la RISC</b> .....	24
2.5	<b>Concepción de la arquitectura del sistema</b> .....	25
2.6	<b>Diseño de la Arquitectura de la Red Inalámbrica de Señales Cerebrales (RISC) ..</b>	26
2.6.1	<i>Módulo de adquisición de señales EEG</i> .....	26
2.6.2	<i>Módulo Tratamiento de señales cerebrales</i> .....	26
2.6.3	<i>Módulo de comunicación</i> .....	27
2.7	<b>Requerimientos software de RISC</b> .....	28
a.	<i>Requerimientos software para el módulo de adquisición de señales EEG</i> .....	28
b.	<i>Requerimientos software para el módulo tratamiento de señales.</i> .....	28
c.	<i>Requerimientos software para el módulo de comunicación.</i> .....	28
2.8	<b>Descripción de los <i>softwares</i> de desarrollo</b> .....	29
2.8.1	<b>Processing</b> .....	29
2.8.2	<i>Control Panel Xavier (CPX)</i> .....	29
2.8.3	<i>Mind Your Osc</i> .....	31
2.8.4	<i>Mosquitto Bróker</i> .....	31

2.9	<b>Descripción de los componentes que conforman el sistema RISC</b> .....	32
2.9.1	<i>Módulo regulador de voltaje LM2596</i> .....	32
2.9.2	<i>Router TP-LINK</i> .....	33
2.9.3	<i>Módulo Wi-Fi ESP8266 NODEMCU</i> .....	33
2.10	<b>Diagrama de conexión de los Nodos de Control</b> .....	34
 <b>CAPÍTULO III</b>		
3.	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....	35
3.1	<b>Caracterización del Sistema RISC</b> .....	35
3.1.1	<i>Caracterización del Módulo de Adquisición de Señales Cerebrales</i> .....	37
3.1.1.1	<i>Pruebas de tiempo y distancia de conexión del Emotiv Insight</i> .....	37
3.1.1.2	<i>Pruebas de conectividad en el CPX</i> .....	38
3.1.1.3	<i>Pruebas faciales</i> .....	40
3.1.1.4	<i>Pruebas Cognitivas</i> .....	41
3.1.2	<i>Caracterización del Módulo de Tratamiento de las Señales Cerebrales</i> .....	42
3.1.2.1	<i>Pruebas de conectividad Mind Your OSC – Processing</i> .....	42
3.1.2.2	<i>Pruebas de conectividad Processing – Mosquitto Bróker</i> .....	43
3.1.3	<i>Caracterización del Módulo de Comunicación</i> .....	43
3.1.3.1	<i>Pruebas Nodo de control EA de la luminaria (encendido y apagado)</i> .....	44
3.1.3.2	<i>Resultados del nodo de control EA</i> .....	47
3.1.3.3	<i>Pruebas del nodo de control A&amp;D (cambio de canales)</i> .....	47
3.1.3.4	<i>Resultados del nodo de control A&amp;D de promedios</i> .....	50
3.1.3.5	<i>Pruebas del módulo de comunicación entre el servidor y los nodos sensores</i> .....	51
<b>CONCLUSIONES</b> .....		56
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		56
 <b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
 <b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Niveles de Porcentajes de actividades .....	6
Tabla 2-1: Velocidad de Transmisión de Estándares Inalámbricos .....	12
Tabla 3-1: Rangos de las ondas cerebrales.....	13
Tabla 4-1: Características de los dispositivos EEG. ....	18
Tabla 5-1: Compatibilidad de Sistemas de Operativos .....	19
Tabla 6-1: Módulos de conexión inalámbrica.....	20
Tabla 1-3: Tiempo y distancia de conexión .....	37
Tabla 2-3: Registro de datos de la Señal .....	39
Tabla 3-3: Prueba de entrenamiento de gesto facial .....	40
Tabla 4-3: Nivel de Entrenamiento .....	41
Tabla 5-3: Tiempo en segundos que tarda encender y apagar la luminaria .....	44
Tabla 6-3: O1: Tiempo en segundos que tarda encender y apagar la luminaria .....	45
Tabla 7-3: J1: Tiempo en segundos que tarda encender y apagar la luminaria.....	46
Tabla 8-3: Suma total promedios nodo de control EA.....	47
Tabla 9-3: Cambio de Canales: A1 .....	48
Tabla 10-3: Cambio de Canales: O1 .....	49
Tabla 11-3: Cambio de canales: J1 .....	50
Tabla 12-3: Suma de los Promedios del nodo dos y tres de: A1,O1 y J1 .....	50
Tabla 13-3: Efectividad en receptar las instrucciones.....	50
Tabla 14-3: Niveles de intensidad de la señal propagada .....	51
Tabla 15-3: Promedio de los valores de la red.....	53
Tabla 16-3: Capacidad, tiempo y ancho de banda .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Red Inalámbrica .....	10
Figura 2-1: Red Tipo AD-HOC .....	10
Figura 3-1: Esquema Nodo Sensor .....	11
Figura 4-1: Puerta de Enlace .....	11
Figura 5-1: Topologías de red (Estrella, Árbol y Malla).....	12
Figura 6-1: Partes de una neurona.....	13
Figura 7-1: Sistemas: (a) BCI invasiva, (b) BCI no invasiva.....	15
Figura 8-1: Ubicación de los electrodos.....	15
Figura 9-1: Montaje EEG.....	16
Figura 10-1: Registro de electrodo: (a) Bipolar, (b) Unipolar .....	16
Figura 11-1: Auricular inalámbrico EEG.....	17
Figura 12-1: EEG inalámbrico modelo EPOC+.....	17
Figura 13-1: Biosensor MindWave.....	18
Figura 14-1: Bloques de Proceso de la señal en <i>Mind Your OSC</i> .....	21
Figura 1-2: Ubicación geográfica del lugar del estudio.....	22
Figura 2-2: Arquitectura de la Red Inalámbrica de Señales Cerebrales.....	25
Figura 3-2: Bloques para la adquisición de señales EEG.....	26
Figura 4-2: Bloques de tratamiento de señales faciales o cognitivas .....	27
Figura 5-2: Proceso de comunicación con los nodos sensores.....	28
Figura 6-2: Interfaz de <i>Emotiv Control Panel Xavier</i> .....	29
Figura 7-2: Interfaz de expresiones faciales.....	30
Figura 8-2: Interfaz de señales cognitivas.....	30
Figura 9-2: Interfaz de la herramienta Osc.....	31
Figura 10-2: Estado del puerto 1883.....	32
Figura 11-2: Módulo de poder LM2596 .....	32

Figura 12-2: Diseño del router TL-WR740N.....	33
Figura 13-2: Estructura física del módulo ESP8266 NodeMCU .....	34
Figura 14-2: Diagrama de control de EA .....	34
Figura 15-2: Diagrama de control de A&D .....	34
Figura 1-3: Sistema RISC .....	35
Figura 2-3: Nodos Sensores: (a) Diseño físico del nodo EA, (b) Boceto físico.....	36
Figura 3-3: Nodos EA y A&D: (a) Externa, (b) Interna, (c) Externa, (d) Interna.....	36
Figura 4-3: Ubicación del dispositivo <i>Emotiv</i> .....	37
Figura 5-3: Proceso de Adquisición: (a) Rangos de las Señales Emitidas por A1, O1 y J1, (b) Valor de la señal en 50 segundos, (c) Niveles de Porcentaje de las Emociones .....	39
Figura 6-3: Imitación del gesto facial en el CPX. ....	40
Figura 7-3: Instrucciones: (a) Control de la instrucción mental <i>left</i> (b) Control de la instrucción mental <i>right</i> .....	41
Figura 8-3: Software: (a) <i>Mind Your OSC</i> , (b) <i>Processing</i> .....	42
Figura 9-3: Conectividad de <i>Processing a Mosquito Broker</i> .....	43
Figura 10-3: Sujeto A1: (a) A1 de perfil izquierdo,(b) Vista al monitor .....	43
Figura 11-3: A1: (a) Instrucción <i>left</i> , (b) Instrucción <i>right</i> .....	44
Figura 12-3: O1: (a) Instrucción <i>left</i> , (b) Instrucción <i>right</i> .....	45
Figura 13-3: J1: (a) Instrucción <i>left</i> , (b) Instrucción <i>right</i> .....	46
Figura 14-3: A1: (a) Instrucción <i>smile</i> (b) Instrucción <i>frown</i> .....	47
Figura 15-3: O1: (a) Instrucción <i>smile</i> (b) Instrucción <i>frown</i> .....	48
Figura 16-3: J1: (a) Instrucción <i>smile</i> (b) Instrucción <i>frown</i> .....	49
Figura 17-3: Configuración del ancho de canal del Router .....	51
Figura 18-3: Interfaz Iperf .....	52
Figura 19-3: Número de puerto y las direcciones Ip de los hosts .....	53
Figura 20-3: Conexión de los hosts y los puertos .....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Acceso al Internet en hogares a nivel Nacional.....	7
Gráfico 2-1: Medio de Acceso al Internet.....	8
Gráfico 3-1: Referenciación Geográfica de Discapacidad.....	9
Gráfico 4-1: Porcentajes de Discapacidad .....	9

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A. DATASHEET DE EMOTIV INSIGHT**

**ANEXO B. MÓDULO ESP8266 NodeMCU**

**ANEXO C. PROCEDIMIENTO PARA ARMAR CORRECTAMENTE EMOTIV INSIGHT ...**

**ANEXO D. DATASHEET DEL MODULO RELE**

## RESUMEN

El objetivo del trabajo de titulación fue el diseño e implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN), para el control de eventos físicos a través de señales cerebrales en ayuda a personas con capacidades físicas limitadas. Para obtener el diseño de la red se investigó acerca de los dispositivos transmisores y receptores que se ajusten a los requerimientos de la red que presente; robustez, flexibilidad y bajo costo. El diseño de la red de comunicación inalámbrica es capaz de captar ondas cerebrales y transformarlas en señales. Estos movimientos se registran y se vinculan a tres softwares en forma secuencial, en la primera etapa de adquisición el software de entrenamiento denominado Control Panel Xavier (CPX). Asegura el estatus de comunicación de los 7 electrodos, el segundo Mind Your OSC (MYOSC) recibe y envía datos en paquetes OSC en el tratamiento de la señal y finalmente el tercero *Processing* recaba los datos por el dispositivo electrónico (Sensores). La etapa de comunicación del sistema consta de tres nodos sensores que trabajan bajo el protocolo de transporte de mensajes Cliente/Servidor (MQTT) que permite manejar cuatro eventos físicos. De las pruebas realizadas se obtuvo que el primer nodo se conecta al computador en 2 milisegundos, el segundo y tercer nodo en 3 milisegundos, la red inalámbrica WSN presenta una eficiencia evaluada en tres aspectos; ancho de banda de 10,93 Mbps, tiempo de retardo de 0,27 milisegundos y pérdida de datagramas del 0,57 % sobre el 1 % ideal para la calidad de servicio. El 27,88 % depende del entrenamiento de la persona, con un tiempo de respuesta promedio de 15,46 segundos para realizar un evento físico. Se concluye que las redes WSN presentan escalabilidad para el desarrollo de trabajos futuros. Se recomienda utilizar microcomputadoras de acuerdo con los requerimientos que se presenten en la red.

**Palabras Claves:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, <ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG)>, <RED DE SENSORES INALAMBRICOS (WSN)>, < INTERFAZ BRAIN COMPUTER (BCI) >, < EMOTIV INSIGHT (HARDWARE)>, <SEÑALES CEREBRALES>, <PROTOCOLO DE TRANSPORTE DE MENSAJES CLIENTE/SERVIDOR (MQTT)>.



## SUMMARY

This work aimed at designing and implementing a wireless sensor network (WSN) to control physical activities through brain signals for people with physical disabilities. To design the network, it was necessary to investigate about transmission and reception devices meeting the network requirements: robustness, flexibility, and low costs. The design of the wireless communication network is capable of capturing brain waves and transforming them into signals. These movements are registered and related to three software in sequence. In the acquisition stage, the training software called Control Panel Xavier (CPX) ensures the communication status of seven electrodes. The second software, Mind Yours OSC (MYOSC) receives and sends data in OSC packages when treating the signal. The third software, Processing collects data through the electronic device (sensors). The system communication stage comprises three sensor nodes working under the Message Queue Telemetry Transport (MQTT) that permits to carry out four physical activities. The test results showed that the first node connects the computer in two milliseconds and the second and the third nodes connect to the computer in three milliseconds. WSN features an efficiency evaluated in three aspects: bandwidth of 10.93 Mbps, delay time of 0.27 ms and loss of packages of 0.57% above 1%, which is ideal for the quality of service. The training software is 27.88%, which depends on the person's training with an average response time of 15.46 seconds to carry out a physical activity. It is concluded that WSN shows scalability so that more activities can be carried out in the future. It is recommended to use microcomputers according to network needs.

**Keywords:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <TELECOMMUNICATION>, <ELECTROENCEPHALOGRAM (EEG)>, <WIRELESS SENSOR NET (WSN)>, <BRAIN- COMPUTER INTERFACE (BCI)>, <EMOTIV INSIGHT (HARDWARE)>, <BRAIN SIGNALS>, <MESSAGE QUEUE TELEMETRY TRANSPORT (MQTT) PROTOCOL>.

## INTRODUCCIÓN

La electroencefalografía inventada por Berger Hans en 1924 es una manifestación de impulsos nerviosos del cerebro humano sobre la corteza cerebral por electrodos. Luigi Galvani de nacionalidad italiana demostró pruebas acerca de la electricidad cerebral en animales en el año 1770, que se desarrolló estudios después de 50 años. Las primeras pruebas de actividad eléctrica continua y espontanea en el cerebro la realizó el fisiólogo Richard Catón. (Palacios L. Palacios.E, 1999, pp. 30-45). En Ecuador la supervisión de la actividad cerebral en la vida cotidiana se debe al crecimiento de personas con discapacidad como lo indica el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades que registra 425.877 personas (Ministerio de Salud Publica y Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2015). El registro consta de 199.284 con limitación física área donde se pueden dar soluciones con el diseño de Redes Inalámbricas de Sensores o WSN (*Wireless Network Sensor por sus siglas en ingles*).

Estas redes constituidas por decenas o centenas de sensores son distribuidas en ambientes determinados para realizar una acción (Sebastian Roman Maroto, 2010, p. 8). A nivel mundial *Philips* junto *Accenture* realizan simulaciones de conexión inalámbrica, que muestran el potencial uso de tecnología de control cerebral para activar productos en el hogar. (Philips y Accenture, 2017). En Ecuador se cuenta con prototipos de sillas autónomas controladas por señales cerebrales, pero no un sistema de Red Inalámbrica que permita el control de eventos físicos.

Las aplicaciones sensoriales son muchas, desde supervisar la temperatura hasta el seguimiento médico de pacientes. El problema reside en las restricciones de las Redes WSN que requieren protocolos eficientes de comunicación para el comportamiento del cerebro. (Sebastian Roman Maroto, 2010, p. 8). Dada la problemática en el mercado existen empresas dedicadas al desarrollo de *software* y equipos EEG (Electroencefalograma) con portátiles para adaptarlas a sistemas como el nuestro. (Leonardo Espinoza, 2016, p. 1)

Durante los últimos años el encefalograma aplicado al diseño de redes inalámbricas a través de estimulaciones cerebrales es una tecnología novedosa y de gran futuro que propone mejorar la calidad de vida de personas con restricciones de movilidad.(Sebastian Roman Maroto, 2010, p. 8) Todo esto ha motivado a buscar nuevas técnicas y métodos para la adquisición, tratamiento y comunicación para el control de eventos físico por actividad cerebral.

## ANTECEDENTES

Las Redes de Sensores Inalámbricos forman una trascendental comunicación entre el mundo virtual y la realidad, varias aplicaciones están enfocadas al desarrollo de tecnología basada en señales cerebrales en beneficio de muchas personas para mejorar el estilo de vida y brindar comodidad mediante el uso dispositivos electrónicos de uso personal. (Achila y Santamaria, 2013,p.6)

Es importante destacar que estudios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) determino que 1000 millones de personas, vive actualmente con algún tipo de lesión o discapacidad, valor que se encuentra entre los 110 y 190 millones de habitantes, excluidos de actividades económicas, legislativas, físicas y sociales, el acceso a infraestructura, medios de transporte,. (OMS, 2005,p.2)

El Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), promueve incluir a personas con discapacidad física utilizando habilidades senso percepción cognitivas, que permita a las personas ser parte del proceso de inclusión a la sociedad sin ningún tipo de discriminación, es importante destacar la tecnología que beneficia a personas con discapacidad física con el apoyo de instituciones y fundaciones a jóvenes estudiantes para el desarrollo de nuevas tecnologías. (Maria Cristina Valarezo, 2013, p.10-12)

La inclusión de personas con discapacidad a la sociedad mejora la calidad de vida mediante sistemas de redes de sensores utilizando comandos mentales y faciales, las mismas que tiene por finalidad la conectividad con eventos físico en el hogar aportando al Plan Nacional del Buen Vivir. Objetivo 4. (SENPLADES, 2013, pp. 160-167)

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La formulación se define en base a la siguiente pregunta:

¿Cómo diseñar e Implementar de una Red WSN, para el control de eventos físicos a través de señales cerebrales como ayuda a personas con capacidades físicas limitadas?

## **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Para qué se debe aplicar un sistema basado en señales eléctricas cerebrales para redes de sensores orientada a personas con capacidad motriz limitada?

¿Qué tipo de dispositivo electrónico se utilizará para la comunicación entre transmisor y receptor de las señales cerebrales en una red de sensores?

¿Qué características se tomó en cuenta para la selección y adquisición de los materiales de la red WSN, orientada al control de dispositivos de mandos a distancia?

## **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Las redes WSN forman un importante puente de comunicación entre la virtualidad y el mundo físico real, su gama de aplicaciones es extensa, puesto que contribuyen de manera potencial a la industria, la ciencia, el transporte, la seguridad y la infraestructura. (Achila y Santamaria, 2013,p.6). El manejo de aparatos electrónicos o mecánicos mediante señales cerebrales, logran un nivel alto de satisfacción, en favor de mejorar la calidad de vida de personas que han perdido sus habilidades motrices. Los censos publicados por la secretaria técnica de discapacidades clasifico los porcentajes de la siguiente forma: 24% intelectual, 37% motricidad, 9% visual, 12% auditiva, 4% mental, 3% visera, y 13% múltiple. (Ministerio de Salud Publica y Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2015)

La Organización Mundial de la Salud determina que unos 1000 millones de habitantes, representan 15 % de la población mundial, viven con algún tipo de discapacidad y la prevalencia es mayor en los países en desarrollo. El número de personas discapacitadas oscila entre los 110 y 190 millones de individuos que han sido excluidos de la participación económica, legislativa, física y social. (Organizacion Mundial de la Salud, 2011). A nivel mundial el desarrollo tecnológico se ha orientado a ayudar a personas con discapacidad, Entre algunos dispositivos en desarrollo mencionamos algunos avances tecnológicos:

*“Access4Kids, permite la instalación en el brazo o en la silla de ruedas del paciente que padece parálisis cerebral, espina bífida o distrofia muscular para ayudar a controlar de forma inalámbrica una tableta.”* (Daniel Mercado, 2013). *“MindWave, es una diadema de recepción de ondas cerebrales que fue usada para interactuar con videojuegos, en base a aspectos tales como la concentración, relajación o la ansiedad del individuo”* (Ariel Palazzesi, 2007)

El uso de tecnología neurosensorial en el Ecuador despierta poco interés que permita en un futuro desarrollar nuevas aplicaciones. En el año 2010 la Universidad Católica Santiago de Guayaquil junto al departamento financiero y de Investigación, planteo un proyecto de neurotecnología aplicada, cuyo objetivo fue realizar un brazo robótico de 8 centímetros controlado por señales neurosensoriales emitidas por el dispositivo *MindWave* fabricada por la empresa *Neurosky*.

El Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), en busca de promover la inclusión social de las personas con discapacidad haciendo uso de sus habilidades en áreas de senso percepción, cognitivas, comunicación, motricidad y habilidades sociales. Logrando aportar al Plan Nacional del buen vivir, Objetivo 4. Que ayuda a fortalecer las capacidades y potencialidades de la ciudadanía, en innovación, ciencia y tecnología, como fundamentos para el cambio de la matriz productiva, concebida como una forma distinta de producir y consumir. (SENPLADES, 2013, pp. 160-167)

## **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

Los avances tecnológicos permiten desarrollar nuevas técnicas y métodos para cubrir las necesidades de las personas. Las ventajas de una red de sensores inalámbricos (WSN) permite comodidad en lo que se refiere a redes de uso personas y esto se debe a su reducido costo y consumo energético, que ofrece una comunicación bidireccional entre dispositivos electrónicos. El principal propósito de diseñar e implementar este Sistema de Redes de Sensores, es en ayuda de las personas con limitación física, minimizar su diseño y utilizar dispositivos económicos. Que permitan mejorar las condiciones de vida, ofreciéndoles una solución a sus necesidades en el medio en que se desenvuelvan mediante sistemas inalámbricos, las mismas que están orientadas al *Intenet Of Things (IoT)*, que utilizan *software Open Source* evitando costos adicionales por licencias. Formar una sociedad de personas que posean las mismas oportunidades sin ningún tipo de discriminación con sistemas de innovación tecnológica, la red de sensores inalámbricos facilita conexiones a largas distancias y se implementa debido al reducido costo y bajo consumo de energía.

La propuesta tecnológica pretende desarrollar un sistema de comunicación WSN basado en señales cerebrales, que consiste en transmitir señales neurosensoriales usando una conexión inalámbrica de nodos de sensores, los cuales permitirán realizar actividades comunes en el hogar mediante él envió señales cerebrales: Televisor, Equipo de Sonido, Aire Acondicionado.

## **OBJETIVOS**

### ***OBJETIVO GENERAL***

Diseñar e implementar una Red WSN, para el control de eventos físicos a través de señales cerebrales como ayuda a personas con capacidades físicas limitadas.

### ***OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Definir eventos físicos primordiales dentro del hogar para establecer los requerimientos de diseño.
- Identificar el tipo de topología para el diseño de la Red WSN para la comunicación de los nodos sensores.
- Investigar los dispositivos electrónicos orientados a la adquisición de señales cerebrales para la implementación del control de eventos físicos del hogar.
- Evaluar la funcionalidad de la red WSN propuesta.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

Se contempla definiciones, conceptos y generalidades que enmarca el trabajo de titulación, con la finalidad de tratar temas relacionados a las actividades comunes en el hogar, señales cerebrales dispositivos electrónicos, topologías de red y tecnologías existentes. La comprensión del tema admitió desarrollar un sistema inalámbrico afín al objetivo propuesto.

#### 1.1 Ergonomía (Actividad de la Vida Diaria)

Disciplina que se encarga de realizar tareas de la actividad humana en todos sus ámbitos del entorno a desenvolverse. Las actividades varían dependiendo de su ambiente, desde tareas fáciles hasta las complejas que pertenece el autocuidado personal. Existen tres tipos de actividades respecto al esfuerzo que se realiza: actividades básicas de la vida diaria, actividades instrumentales de la vida diaria y actividades avanzadas de la vida diaria. (Cocemfecyl, 2014). En la tabla 1-1, de los niveles de porcentajes de actividades se observa un 89.4% a las tareas cotidianas con una diferencia del 87% a cuidados personales que tiene el menor valor, donde se considera a personas con restricciones móviles que desarrollan Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (AIVD).

**Tabla 1-1:** Niveles de Porcentajes de actividades

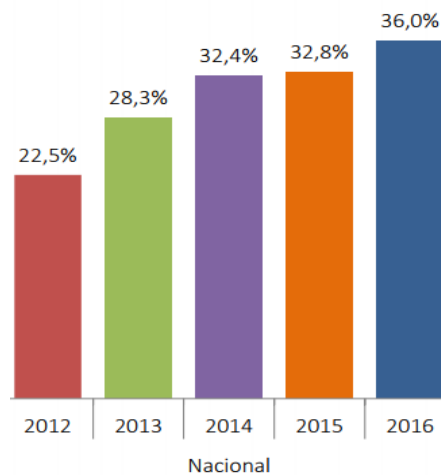
<b>Actividad</b>	<b>Porcentaje</b>
Tareas Domesticas	89.4 %
Actividades Cotidianas	83.1%
Cuidados personales	84,5%
Solo tareas Domesticas	2,9%
Solo tareas Cotidianas	2,9%
Solo Cuidados Personales	2,4%
Tareas Domésticas y Actividades Cotidianas	7.2 %
Tareas domésticas y Cuidados personales	9,2%
Actividades Cotidianas y cuidados Personales	2,9%
Tareas Domésticas actividades Cotidianas y cuidados personales	70%

**Fuente:** (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2005, p. 74)

Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (AIVD). - Son acciones en el entorno a desenvolverse que presenta complejidad motriz al realizar el control de eventos físicos. (Cocemfecyl, 2014). Personas que realizan demasiada actividad física sufren deterioro progresivo de sus capacidades, acudiendo a servicios de asistencia personal. (Asociacion de familias de Enfermos, 2012)

## 1.2 Renovación Tecnológica en Hogares Ecuatorianos

En Ecuador según el último censo realizado en diciembre 2016 el 36% de hogares ecuatorianos cuentan con internet fijo (El Universo, 2017). De acuerdo con el Ministerio de Telecomunicaciones el 55.63% en 2016 aprovecha la tecnología para fines educativos y entretenimiento, en el orden Galápagos 78.7%, Pichincha 67.1%, Azuay 61.1%, El Oro 59.7% y Guayas 59.3% utilizan el servicio de internet a menudo. (El Ciudadano, 2017). En la grafica 1-1 se muestra el acceso a internet en hogares a nivel nacional que presenta un aumento de: 24.8% para el año 2014 respecto a cifras que para el año 2016 en todo el país ya superaba el 30%.

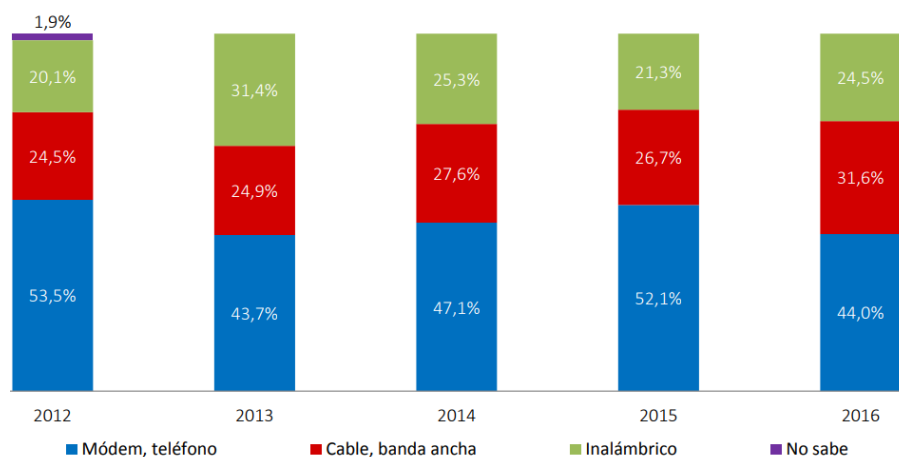


**Gráfico 1-1:** Acceso al Internet en hogares a nivel Nacional

**Fuente:** Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo – ENEMDU (2012 - 2016).

En el grafico 2-1 se observa los medios de acceso a internet que durante el año 2012 con un 20.1% con referencia al año 2016 que presenta un incremento del 4.4 % un valor representativo de la utilización de redes inalámbricas, que se ve afectada por interferencias en la señal de transmisión a diferencia del servicio por cable que anualmente supera al inalámbrico en un 4.5%, donde las personas prefieren la comunicación por cable por las características que les brinda rapidez, tasa de transmisión ente otros.





**Gráfico 2-1: Medio de Acceso al Internet**

Fuente: (Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo – ENEMDU, ( 2012 - 2016))

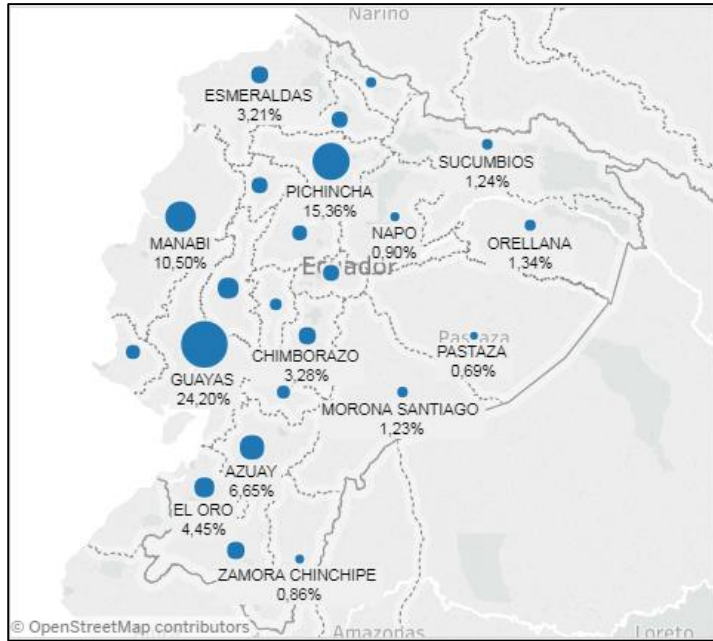
### 1.3 Discapacidad a nivel Mundial

La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD), promueve el goce y la igualdad de derechos humanos y libertades a todas las personas con discapacidad. (Organización Mundial de la Salud, 2011, p. 1). Cerca de mil millones de personas corresponde al 15% de los habitantes a nivel mundial que sufren algún tipo de discapacidad, donde la CDPD tiene por objetivo realizar políticas, normas que mejoren la calidad de vida. (Organización Mundial de la Salud, 2011, pp. 5-25)

### 1.4 Discapacidad en el Ecuador

En el Ecuador, regular la participación de las personas con algún tipo de lesión permanente o transitoria la realiza el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS), que pone a disposición de los ciudadanos programas de inclusión a la sociedad. (Ministerio de Salud Pública y Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2017) . Cerca de 336 familias viven con una persona con limitaciones físicas, en el año 2017 hasta la presente fecha son 427.826 las personas registradas que certifican su discapacidad física, auditiva, intelectual, visual o psicológica, con el 30% . (Andrea Gordon, 2017).

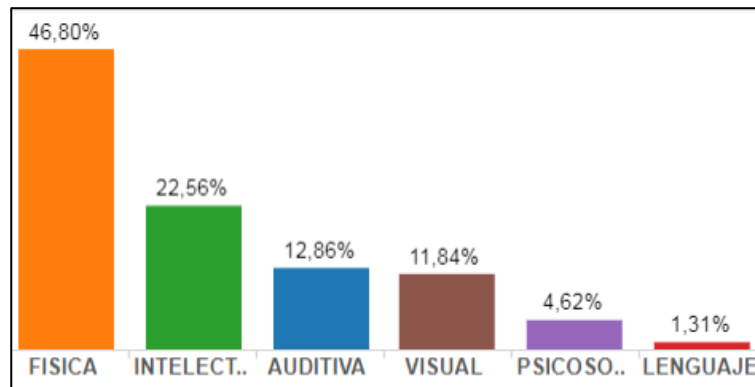
Bilbao afirma “En la actualidad no hay barrera tecnológica sino económica para adquirir un software”, esto se debe al escaso desarrollo de sistemas tecnológicos en beneficio de personas discapacitados. En el gráfico 3-1 se muestra la referenciación geográfica de discapacidad del país, el mayor porcentaje presenta la provincia del Guayas con 24,20 %, cantidad representativa al porcentaje que muestra Pastaza con 0,69 %.



**Gráfico 3-1:** Referenciación Geográfica de Discapacidad

Fuente: (Ministerio de Salud Pública y Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2017)

En el gráfico 4-1 se muestra los porcentajes de discapacidad del año 2017 del país, donde se aprecia que la discapacidad representativa es la física con 46,80 % en comparación a la discapacidad de lenguaje que presenta el 1,31 %



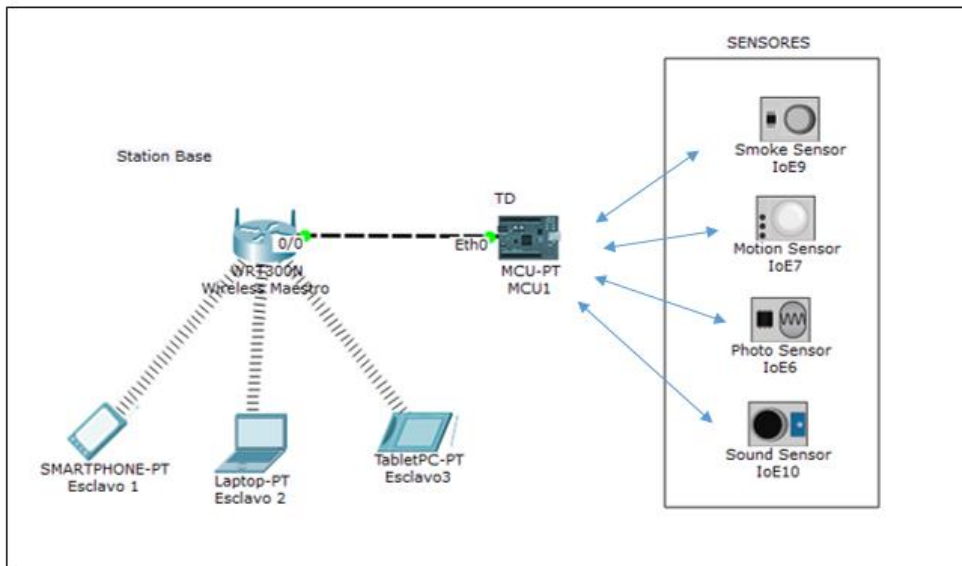
**Gráfico 4-1:** Porcentajes de Discapacidad

Fuente: (Ministerio de Salud Pública y Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2017)

### 1.5 Red de Sensores Inalámbricos (WSN)

Los sensores tienen origen en las guerras en alta mar conocido como SONAR (*Sound Navigation And Ranging por sus siglas en inglés*) que durante décadas evolucionaron a WSN, en la figura 1-1 se observa una red inalámbrica, que consta de una estación base, un arduino de comunicación y sensores, para la supervisión del entorno a través de infrarrojos, Wi-Fi, radio u otros medios.

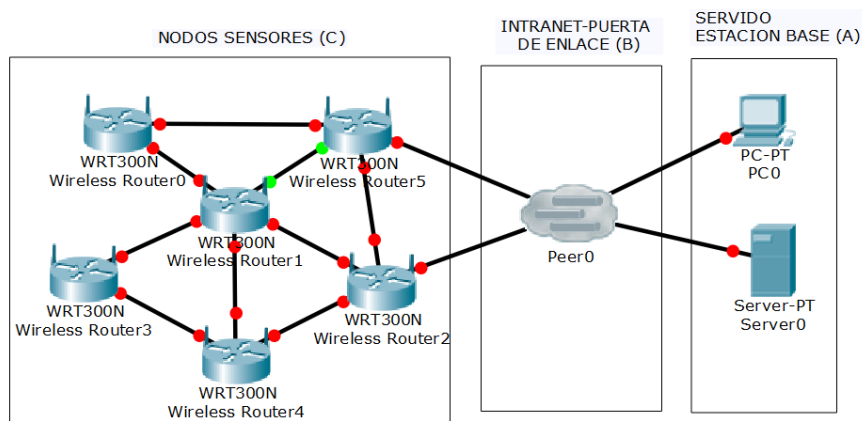
Por sus características de diseño, flexibilidad y robustez son las adecuadas para implementar en este trabajo. (National Instruments, 2009, p. 1)



**Figura 1-1: Red Inalámbrica**  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

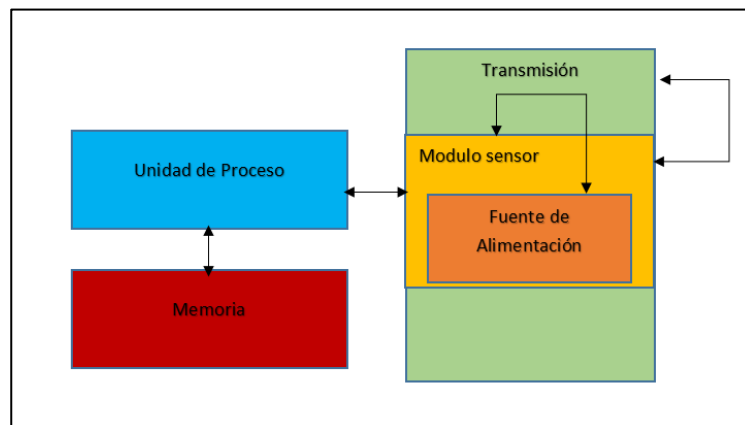
Red Inalámbrica AD-HOC.- Red sencilla de diseñar sin ninguna infraestructura externa, AD-HOC hace referencia a una red temporal sin nodo principal (Maestro) donde todos los dispositivos están en conformidad de recibir y enviar información en distintos campos denominado *IoT* (*Internet Of Things por sus siglas en ingles*). (Sebastian Roman Maroto, 2010, pp. 12-15)

En la figura 2-1, se observa una red tipo AD-HOT, de tres bloques: servidor *Mosquito Bróker* (A), modem de enlace (B) y comunicación Nodo *Wi-Fi* (C), que se visualiza la conectividad de la estación base a la puerta de enlace de la intranet que a su vez se comunica con los nodos sensores. (Sebastian Roman Maroto, 2010, pp. 12-15)



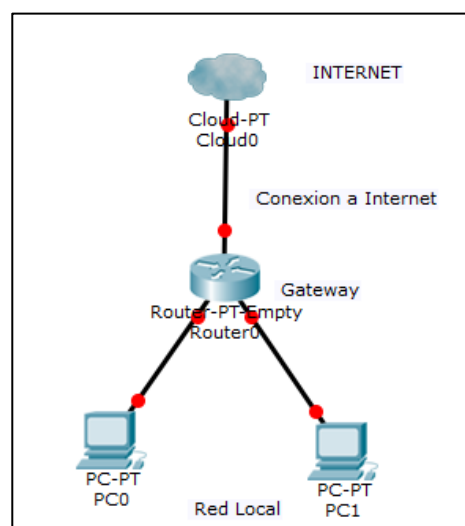
**Figura 2-1: Red Tipo AD-HOC**  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

**Nodos de Sensores:** Son microcomputadora diseñado con el fin de reducir el tamaño del dispositivo. En la figura 3-1 se muestra el esquema del nodo sensor, que consta internamente de una memoria principal para el funcionamiento del nodo, la unidad de proceso que comunica la transmisión del nodo sensor, alimentada por una fuente de voltaje. (Sebastian Roman Maroto, 2010, p. 18)



**Figura 3-1:** Esquema Nodo Sensor  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

**Pasarela o Puerta de Enlace:** Conocido en inglés como *Gateway*, en la figura 4-1 la puerta de enlace es la conectividad hacia internet, que utiliza una conexión ADSL para la comunicación de las computadoras de la red local.



**Figura 4-1:** Puerta de Enlace  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

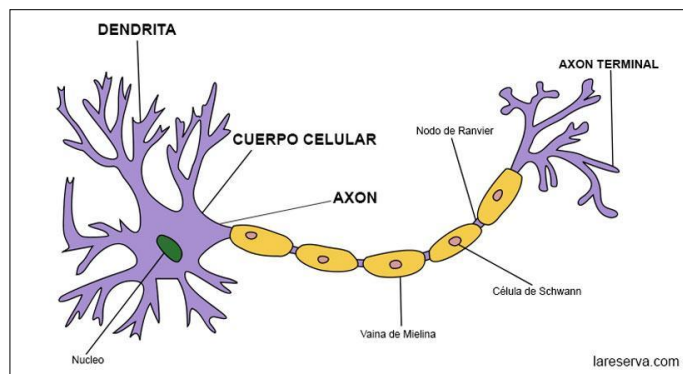
**Estación Base:** La encargada de registrar los datos y poder extraer de ella la información requerida por el usuario que utiliza como medio de almacenamiento un servidor o base de datos.



## 1.6 Electroencefalografía Inalámbrica

### 1.6.1 La Neurona

Célula primordial del cuerpo humano y del sistema nervioso. Con capacidad de responder a estimulaciones generadas por impulsos eléctricos o nerviosos que transfieren de forma potencial de una neurona a otra. En la figura 6-1 se observa las principales partes de la neurona, núcleo, dendritas y axón, respetivamente cada uno de ellos cumple la función de contener información, recibir información, prolongar el impulso eléctrico. El cerebro cuenta con 100 mil millones de neuronas clasificadas por su forma y tamaño: neuronas sensitivas, motoras e interneuronas. (Francisco Cordoba Garcia, 2005)



**Figura 6-1:** Partes de una neurona

Fuente: (Clara Bolonia, 2017, p.1)

## 1.7 Electroencefalografía

Es un sistema de medición descrita por Hans Berger en 1929 que denominaría Electroencefalograma. En la tabla 3-1 se muestra los rangos de las ondas cerebrales que permite determinar la amplitud y frecuencia a la que trabaja, ondas beta que están entre los 14 a 30 Hz el triple de las ondas Theta de 4 a 7 Hz, valores considerados los óptimos para poder ser captados por dispositivos neurosensoriales para el control de eventos físicos. (Jordan Rodriguez y Alejandro Pacheco, 2015, p. 20)

**Tabla 3-1:** Rangos de las ondas cerebrales.

Ritmo	Frecuencia (Hz)	Amplitud de la Señal (uV)
Theta	4 – 7	20 – 100
Beta	14 – 30	2 – 20
Delta	0,5 – 0,35	20 – 200
Alfa	8 – 13	20 – 60
Mu	8 – 13	10 – 50

Fuente: (Sergio Daniel Guevara, 2012, p. 17)

**Ondas Theta:** Son ondas que se propagan con mayor amplitud y baja frecuencia que el ser humano llega a alcanzar cuando se encuentra en una tranquilidad profunda o soñando despierto. (Casanova, 2011, p. 1)

**Ondas Beta:** Es una onda con una velocidad de transmisión mayor que todas con una frecuencia entre 14 – (30 – 35) Hz, se produce cuando el cerebro se encuentra realizando actividades mentales. (Casanova, 2011, p. 1)

**Ondas Alfa:** Se produce en un estado de escasa actividad mental o relajación y se obtiene cuando una persona termina de hacer alguna tarea. (Casanova, 2011, p. 1)

**Ondas Delta:** Son ondas de menor frecuencia y mayor amplitud, las mismas que provocarían la muerte cerebral al llegar a cero, estas ondas son generadas en el momento de un sueño profundo. (Casanova, 2011, p. 1)

**Onda Mu:** Es apreciable en estados de concentración que se relaciona con movimientos motrices. (Edison Santigao Maila, 2005, p. 12)

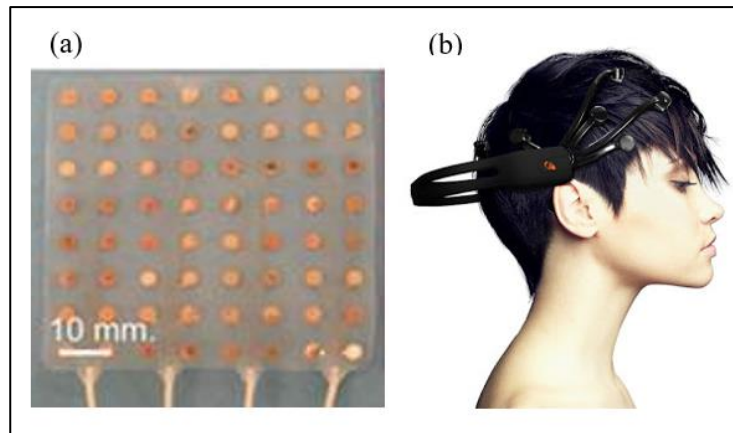
### **1.7.1 Electroencefalograma (EEG)**

Medición de los impulsos eléctricos sobre el cuero cabelludo. (Gino Alessandro Slanzi, 2014, p. 12). Técnica que sirve para registrar el estudio del sistema nervioso, corrientes eléctricas estudiadas por la neurotecnología a través de electrodos. Procedimiento seguro para una especialista neurofisiología. (Chávez-Saenz, 2016, p. 109)

### **1.7.2 Neurotecnología**

Ingeniería dedicada al desarrollo de tecnología avanzada que consta de equipos y materiales para el análisis del sistema nervioso principalmente al cerebro. Esta rama consta de técnicas, invasivas, no invasivas, activas y pasiva clasificadas en modelos computacionales, biológicos y artificiales. (Jordn Ortega y Alejandro Pacheco, 2015, p. 23)

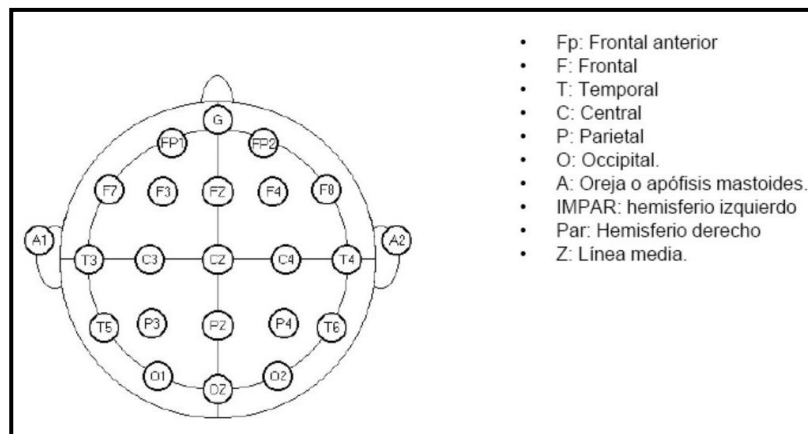
En la figura 7-1.a se muestra las aplicaciones BCI Invasivos, intervenciones quirúrgicas en el cerebro capaces de mejorar la relación señal – ruido, en la figura 7-1.b se muestra las BCI no invasivas sistemas que no requieren intervención quirúrgica y se ubican en la parte externo del cuero cabelludo. (Alberto Prieto, 2013, p. 8)



**Figura 7-1:** (a) BCI invasiva, (b) BCI no invasiva  
**Fuente:** (Alberto Prieto, 2013, p. 8)

### 1.7.3 Sistema Internacional 10-20

La colocación adecuada de los electrodos en el cuero cabelludo o corteza cerebral para el registro habitual de los EEG viene dada por la norma estándar internacional 10-20, en la figura 8-1 se muestra la ubicación de los electrodos que identifican con números o letras los electrodos, en el hemisferio izquierdo números impares y el derecho par. (H. H. Jasper, 1958, pp. 371-375)



**Figura 8-1:** Ubicación de los electrodos  
**Fuente:** (García Bellom M, 2012, p. 233)

El montaje de los EEG se muestra en la figura 9-1 que registra los datos de referencia a los electrodos localizados en el cuero cabelludo de la persona de forma que cada electrodo es un registro de información. (Universidad de Alcalá Departamento de Electrónica, 2005, p. 17)





## 1.8 Dispositivos Electroencefalográficos

### 1.8.1 *Emotiv Insight*

Es un auricular inalámbrico EEG de cinco canales como se muestra en la figura 11-1, que permite captar ondas cerebrales e identificar si la persona está nerviosa, estresada o entusiasmada, entre otras opciones. Cuenta con dos sensores de referencia para la eliminación de ruido. (Guia Emotiv, 2017)



**Figura 11-1:** Auricular inalámbrico EEG

Fuente: (Emotiv, 2017.)

### 1.8.2 *Emotiv EPOC Neuroheadset*

Es un EEG inalámbrico modelo EPOC+ de 14 canales como se observa en la figura 12-1, diseñado para la investigación y aplicaciones sobre sistemas BCI que suministra datos de alta calidad y confiabilidad mediante dos canales de referencia. Un sistema multicanal de alta resolución que hace diferente al *Emotiv Insight*. (Guia Emotiv, 2017)



**Figura 12-1:** EEG inalámbrico modelo EPOC+

Fuente: (Guia Emotiv, 2017)

### 1.8.3 Neurosky Mindwave

En la figura 13-1 se muestra el biosensor *MindWave*, encargado de la amplificación y digitalización de la señal cerebral de tipo analógica óptima para aplicaciones enfocadas a la concentración, memoria, meditación y relajación. (Roboshop, 2017).






**Figura 13-1:** Biosensor *MindWave*  
Fuente: Roboshop, 2017.

### 1.8.4 Tabla Comparativa de Especificaciones Técnicas

En la tabla 4-1 se muestra las características de los dispositivos EEG, para la selección se considera los requerimientos que se necesita para la adquisición de las señales, donde se determinó la mejor tasa de transmisión de datos y bajo costo que corresponde a *Emotiv Insight*.

**Tabla 4-1:** Características de los dispositivos EEG.

Especificaciones	<i>Emotiv® Insight</i>	<i>Emotiv® EPOC</i>	<i>Neurosky Mindwave</i>
			
<b>Señales</b>	5canales: AF3, AF4.T7, T8, Pz. 2 Referencias CMS/DRL	14 canales: AF3, F7, F3, FC5, T7 P7, O1, O2, P8, T8, FC6,F4, F8, AF4 Referencias: CMS/DRL, ubicadas P3/P4.	Un solo canal EEG Referencia: Tierra.
<b>Resolución de la señal</b>	Tasa de transmisión de: 128muestras/seg por canal. Resolución mínima de tensión: 0.51 uV Respuesta de frecuencia: 1-43Hz	Muestreo: 128 SPS o256 SPS (2048 Hz Interno). Resolución: 14 bits 1 LSB=0.51 uV (16 bits ADC, 2 bits de ruido). Frecuencia de Ancho de Banda: 0.2-43Hz	Detección de señal nivel extremadamente bajo. EEG RAW a 512 Hz Frecuencia de muestreo: 512Hz a 12 Bits.
<b>Conectividad</b>	Bluetooth 4.0 LE. Wireless Banda de 2.4GHz	Bluetooth Smart. Banda: 2.4GHz.	Conexión Directa al electro de seco.
<b>Batería</b>	Interna del polímero de litio 480mAh. Duración 4 horas de tiempo mínimo.	Interna del Polímero de Litio 640 mAh. Duración de 12 horas.	8 horas AAA simple. Interna de 15mA a 3.3V
<b>Precio</b>	\$ 550	\$ 730	\$ 100

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar. 2017

### 1.8.5 Compatibilidad

En la tabla 5-1 se muestra la compatibilidad de sistemas operativos respecto a los tres dispositivos EEG donde *MindWave* es el menos factible para la comunicación de señales, *Emotiv EPOC+* e *Insight* presentan mayor compatibilidad con varios sistemas operativos, que debido al bajo costo se seleccionó *Emotiv Insight*.

**Tabla 5-1:** Compatibilidad de Sistemas de Operativos




Sistemas Operativos	<i>Emotiv EPOC</i>	<i>Emotiv Insight</i>	<i>Neurosky MindWave</i>
<b>Windows</b>	Intel Pentium G Windows 7, 8 o 10	Intel Pentium 4 GHz Windows XP, Vista, 7, 8	Windows XP/ 7/ 8/ 10.
<b>Requerimiento</b>	2 GB de RAM 200 MB Disco Duro. Puertos USB 2.0	2 GB de RAM 200 MB de espacio disponible en disco.	
<b>Mac</b>	MAC OS X (10.11.x, 10.12.x) Macintosh basado en Intel	MAC OS X (10.5.x, 10.6.x, 10.7.x, 10.8.x, 10.9.x) Macintosh basado en Intel	OSX 10.8 o posterior.
<b>Requerimientos</b>	2 GB de RAM 500MB Disco Duro Puerto USB 2.0	2 GB de RAM 500MB Disco Duro Puerto USB 2.0	
<b>Linux</b>	Intel Pentium G Ubuntu versión 16.04 Fedora	Intel Pentium 4 Ubuntu versión 12.04	No Aplica
<b>Requerimientos</b>	2 GB de RAM 200 MB Disco Duro 2 puertos USB 2.0	2 GB de RAM 200 MB Disco Duro	
<b>Android</b>	Bluetooth SMART.  Sistema operativo: Android 4.3.4+  Samsung Galaxy S3, Samsung Galaxy S4, Sony Xperia SP, Sony Experia Z	Bluetooth 4.0  Sistema operativo: Android 4.4.3+  Samsung Galaxy S3, Samsung Galaxy S4, Sony Xperia SP, Sony Experia Z	Android 2.3 o posterior.
<b>IOS</b>	iOS 9.0 y superior  Compatible  iPhone 5 y superior, iPod Touch 6, iPad 3 o posterior, iPad mini.	iOS 6, 7 y 9+  Compatible  iPhone 4 o posterior, iPad 3 o posterior, iPod touch generación 5 y iPad mini.	IOS 8 o Posterior.

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar. 2017

## 1.9 Módulos de Comunicación Inalámbrica

Existen módulos de conexión inalámbrica como se muestra la tabla 6-1, con entradas/salidas digitales y analógicas que ofrecen compatibilidad con sistemas operativo como, *Android*, *Windows*, *Mac* y *Linux*, a diferentes velocidades de transmisión y recepción.

**Tabla 6-1:** Módulos de conexión inalámbrica

Características	ESP8266 NODE MCU	Bluetooth HC-06	Xbee
			
Procesador	ESP8266	-	-
Protocolo	802.11 b/g/n (TCP/IP)	802.15	802.15.4
Potencia	+19.5dBm		+18dBm
Voltaje de operación	3.3 V	3.3 V	0.5 – 3.8 V
Voltaje de Alimentación	5 V	3.3 – 6 V	2.1 – 3.6 V
Corriente de Operación	12mA	< 40mA	38mA
Corriente Sleep	< 10uA	< 1mA	-
Frecuencia	2.4 - 5GHz	2.4 GHz	2.4GHz
Alcance	100m	5 – 10 m	90m
Sensibilidad	-	<= -80 dBm	-96 dBm
Velocidad	22 – 54 Mbps	2 Mbps	250Kbps
Compatibilidad	Arduino	Bluetooth v2.0	-
MEMORIA RAM	-	-	-
Memoria Flash	4MB	-	-
Precio aproximado	\$11	\$15	\$45
Leguaje Programación	IDE Arduino	--	XCTU

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

De la tabla comparativa expuesta de los módulos de comunicación inalámbrica, se determinó que el dispositivo con mayor potencia, alcance, velocidad y menor precio es el módulo ESP8266 NodeMCU.

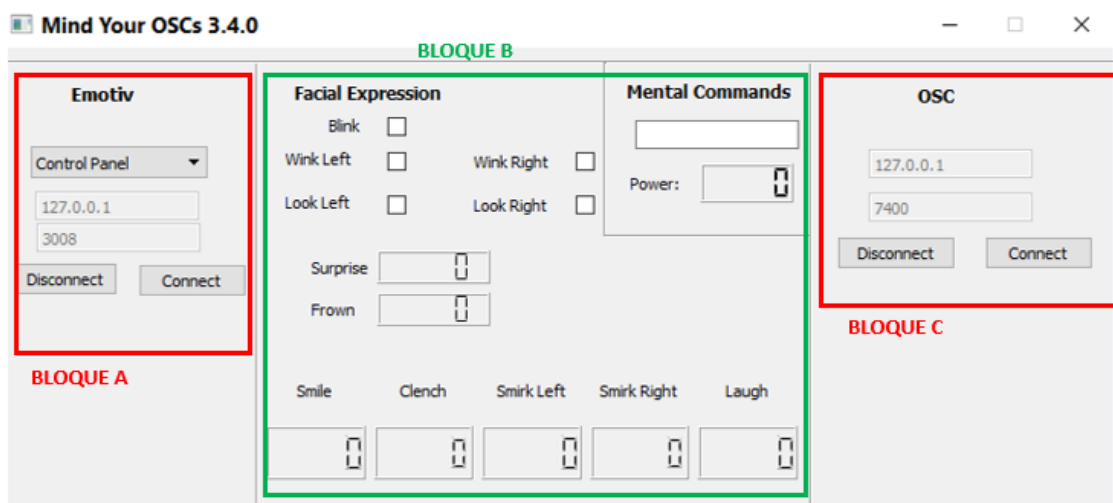
## 1.10 Protocolo MQTT

*MQTT* (*Message Queuing Telemetry Transport por sus siglas en inglés*) es un protocolo abierto y versátil dedicado a la *IoT* (*Internet Of Things por sus siglas en inglés*) desarrollado para la conectividad de uno a N-dispositivos, bajo el método de publicación y suscripción. (Sebastien Bonnet, 2015)

## 1.11 Processing

Es un *software* libre con un lenguaje de programación basado en java diseñado para entornos gráficos y de animación, disponible para plataformas como *Mac OS*, *Linux*, *Windows*.

En la figura 14-1 se muestra los bloques del proceso de la señal en *Mind Your OSC*, que consta de tres Bloques A, B y C. en el Bloque A el dispositivo *Emotiv Insight*, se conecta al CPX por el puerto 3008, en el bloque B se observa que instrucción se visualiza, valores comprendidos entre 0-1. Finalmente, en el bloque C se puede ver la dirección IP y el número de puerto (7400) por donde los datos (Datos que ingresan por el puerto 3008), se envían a *processing*.



**Figura 14-1:** Bloques de Proceso de la señal en *Mind Your OSC*  
. Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

## 1.12 Protocolo OSC

*OSC (Open Sound Control por sus siglas en inglés)* es un protocolo de comunicación entre ordenadores, sus principales ventajas: transmisión, flexibilidad, comunicación simultánea con varios dispositivos a través de un único mensaje (Gabriel Rapetti, 2010)

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Descripción del lugar de estudio.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), está ubicada en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo, su dirección Panamericana Sur km 1 1/2, de acuerdo a la carta topográfica GRS80-WGS84 de coordenadas  $1.6579^{\circ}$  S,  $78.6763^{\circ}$  W, detallada por el visor geográfico del instituto geográfico militar Ecuador. La figura 1-2, ilustra la ubicación geográfica del Centro de Atención Integral en Salud anexo al IESS de la ESPOCH, lugar donde se realiza la evaluación de la red Inalámbrica de Señales Cerebrales para ayudar a personas con capacidades físicas limitadas y otros lugares.



**Figura 1-2:** Ubicación geográfica del lugar de Estudio

Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

#### 2.2 Carácter de investigación del diseño e implementación.

En el presente trabajo se realiza un estudio cualitativo dando importancia a trabajos futuros con redes WSN dedicadas a las personas con discapacidad física, donde se pretende obtener pruebas de conexión y calidad de la red. Este punto de vista permite profundizar la experiencia social buscando una solución a sus necesidades mediante pruebas.

### **2.2.1 *Universo***

Según la definición de universo de Sampieri, este corresponde al conjunto de casos que concuerdan con determinadas especificaciones. Las personas de prueba corresponden a 15 personas de sexos distintos, en relación a la cantidad 10 son de sexo masculino y cinco femenino seleccionadas aleatoriamente de escuelas, colegios y universidades.

### **2.2.2 *Diseño muestral y criterio de selección***

Es un muestreo no probabilístico, donde los participantes son seleccionados de acuerdo a los criterios del trabajo de titulación y no al azar apoyándose en los objetivos y resultados que se debe alcanzar. Los criterios de la selección son los siguientes: residir en la provincia de Chimborazo y ser considerados entre 20 a 30 años de edad.

Finalmente, de acuerdo a los criterios se logra determinar que las unidades de observación corresponde a tres personas: Arelis Tipán, Oscar Sánchez y Jefferson Tipán, y una persona con discapacidad Jaqueline España Cruz parapléjica que ejerce como asistente de la secretaria del departamento médico de la ESPOCH con el fin de concluir si la red WSN es óptima para este grupo de personas.

### **2.2.3 *Técnicas e instrumentos de recolección de datos.***

La recolección de datos involucra técnicas en base a un periodo de prueba con el fin de diseñar e implementar una red inalámbrica óptima para los niveles de señales que presentan las personas con limitaciones físicas en investigaciones e implementaciones futuras.

El diseño e implementación de la red a través de señales cerebrales como ayuda a personas con capacidades físicas limitadas se determina mediante la preparación de valores a través de observación de campo no experimental o directa, donde hace referencia a profundizar el comportamiento de la red y las señales cerebrales, valores recolectados directamente por los autores, establecidos en la investigación realizada.



Se considera dentro de la observación directa a una persona de discapacidad física quien supera el 50% de discapacidad, registrado en el Consejo Nacional para Igualdad de Discapacidades. El instrumento utilizado para la recolección de datos fue una pauta de entrevista, respuestas grabadas en video de la adquisición de las señales, tratamiento y comunicación a los nodos finales. El análisis se basa en la búsqueda reflexiva de incluir a personas con discapacidad a la sociedad mediante redes inalámbricas con el fin de mejorar la calidad de vida.

### **2.3 Diseño de *hardware* y *software* de la red WSN**

En este capítulo se describe el diseño *software* y *hardware* de la Red Inalámbrica de Señales Cerebrales (RISC) de igual forma se determina los aspectos relevantes a ser considerados en el módulo de adquisición, tratamiento y comunicación de las señales con los respectivos diagramas de funcionamiento y la descripción de los dispositivos de la implementación por las cuales se escogieron cada uno de ellos.

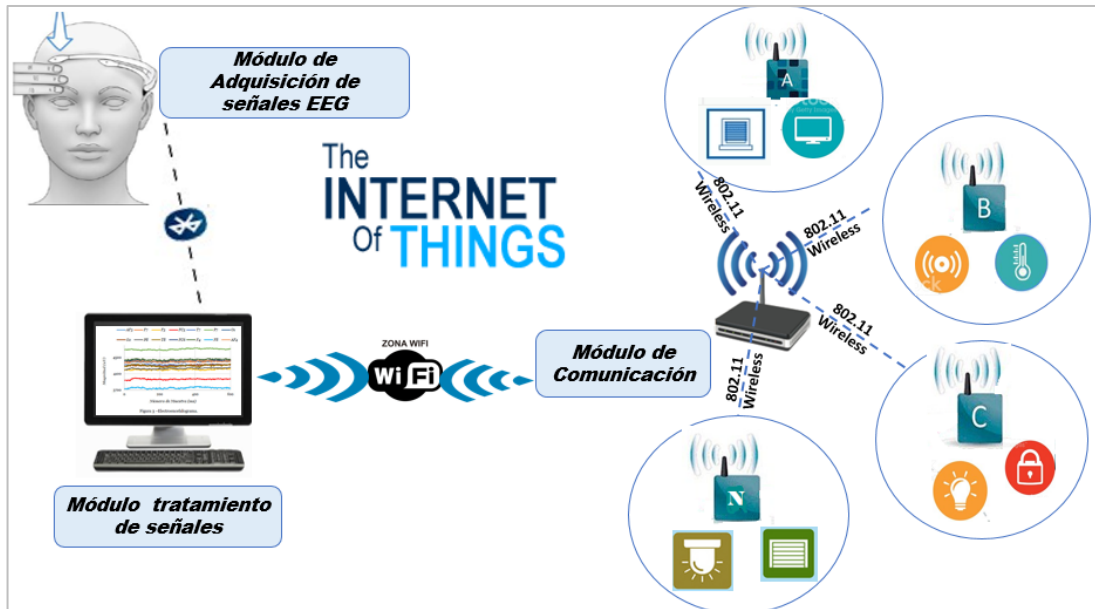
### **2.4 Requerimientos *hardware* de la RISC**

Apoyado en el estudio realizado en el capítulo anterior se determina las principales características del diseño de la red para el sistema WSN a través de señales cerebrales como ayuda a personas con limitaciones físicas, estos son:

- Fácil instalación y operación.
- Alto rendimiento de los componentes
- Bajo consumo de energía.
- Dispositivos compatibles con el estándar 802.11
- Bajo costo.
- Fuente de alimentación de voltaje variable.

## 2.5 Concepción de la arquitectura del sistema

La figura 2-2 detalla la arquitectura de la Red Inalámbrica de Señales Cerebrales, que consiste en tres módulos principales: módulo de adquisición de señales, módulo de tratamiento y módulo de comunicación conectados inalámbricamente.



**Figura 2-2:** Arquitectura de la Red Inalámbrica de Señales Cerebrales

Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

**Módulo de Adquisición de Señales:** Su función es adquirir señales cerebrales mediante sensores que registran la actividad eléctrica del cerebro en tiempo real, permitiendo la conexión inalámbrica del dispositivo neurosensorial a través de *Bluetooth 4.0*.

**Módulo de Tratamiento de Señales:** Se encarga de recibir todas las señales que son transmitidas por el dispositivo neurosensorial, para visualizar y realizar la comunicación mediante tres programas de forma secuencial.

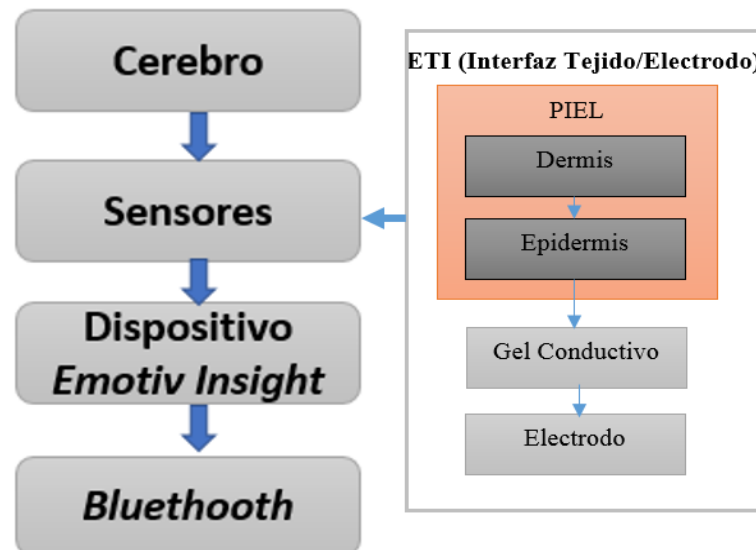
**Módulo de Comunicación:** Se encarga de establecer la comunicación a los nodos finales, utilizando protocolos de comunicación que permiten la conexión inalámbrica a través de direcciones IP, controlando los eventos físicos del hogar.

## 2.6 Diseño de la Arquitectura de la Red Inalámbrica de Señales Cerebrales (RISC)

Determinado los requerimientos del sistema RISC y concebida la arquitectura, a continuación, se presenta el diseño de cada módulo.

### 2.6.1 Módulo de adquisición de señales EEG

La figura 3-2 detalla los bloques para la adquisición de señales EEG, se muestra el proceso de conexión en cuatro bloques: cerebro, sensores, dispositivo *Emotiv Insight* y *Bluetooth*. El bloque de sensores capta las ondas eléctricas que emite el cerebro para llegar a la dermis y epidermis. Se aplica un gel conductivo para aumentar la sensibilidad de recepción por el electrodo o sensores.



**Figura 3-2:** Bloques para la adquisición de señales EEG

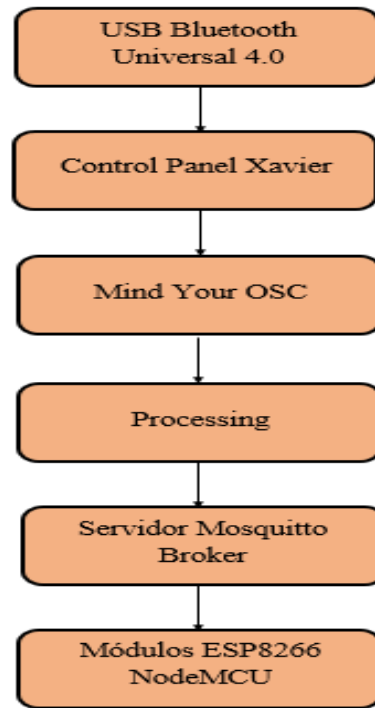
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

El dispositivo *Emotiv Insight*, utiliza el estándar internacional 10-20, para localizar sus sensores en los siguientes puntos: AF3, AF4, T7, T8, Pz. (Emotiv, 2017)

### 2.6.2 Módulo Tratamiento de señales cerebrales

La figura 4-2 muestra los bloques de tratamiento de las señales faciales o cognitivas, digitalizadas por el dispositivo *Emotiv* para enviar al entrenador CPX, que permite al usuario interactuar con las funciones establecidas por el *software*, que se conecta a la herramienta *Mind Your Osc* por el

puerto 3008 bajo el protocolo TCP/IP, que cumple la función de *bridge* para la comunicación con *processing* a través del puerto 7400, los dos puertos utilizan la dirección de red física del computador. Las señales recibidas en *processing*, oscilan entre 0.1 a 1. Para el control de los eventos físicos debe ser mayor a 0.7 valor programado en el IDE de *Processing*.

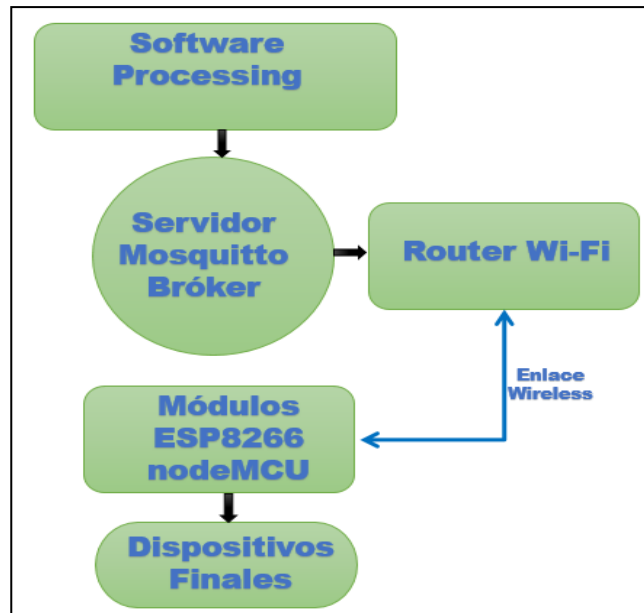


**Figura 4-2:** Bloques de tratamiento de señales faciales o cognitivas  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar. 2017

Las funciones que se determinan se reprograman bajo el IDE de Arduino con el objetivo de desarrollar un lenguaje de máquina para la comunicación con los dispositivos finales. La comunicación entre los dispositivos y el neuro-receptor *Emotiv* se realiza a través del servidor *Mosquitto Bróker* que utiliza el protocolo MQTT creando un entorno de red *Wi-Fi* empleando tópicos.

### 2.6.3 Módulo de comunicación

La figura 5-2 muestra el proceso de comunicación con los nodos sensores. Luego que la señal llega a *processing*, dentro de su programación se encuentra un control de la señal, si esta supera el valor de 0.7 se realiza una publicación al servidor *mosquitto bróker* que trabaja bajo el protocolo MQTT por el puerto 1883. La publicación la realiza el módulo ESP8266 suscrito al *topic* (*Right, Left, Smile y Frown por sus siglas en inglés*) para establecer la comunicación y activar los eventos físicos.



**Figura 5-2:** Proceso de comunicación con los nodos sensores  
 Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar. 2017

## 2.7 Requerimientos software de RISC

Se describe los requerimientos de los tres módulos que debe tener el sistema RISC.

### a. *Requerimientos software para el módulo de adquisición de señales EEG*

- Compatibilidad con los sistemas operativos: Mac, Linux, Ios, Android, Windows.
- Seleccionar protocolos de comunicación.
- Protocolos que permita asignar direcciones IP
- Elegir el servidor o (HOST) determinado para la conexión con las estaciones de trabajo.

### b. *Requerimientos software para el módulo tratamiento de señales.*

- Flexibilidad de manejo de instrucciones que permita tener una interfaz interactiva.
- La comunicación inalámbrica sea robusta

### c. *Requerimientos software para el módulo de comunicación.*

- La latencia de la red no debe incrementar al agregar sensores adicionales de la RISC.
- Protocolo eficiente para establecer la comunicación con los nodos sensores finales.
- Tener una red inalámbrica robusta que permita el emparejamiento de los nodos autorizados.

## 2.8 Descripción de los *softwares* de desarrollo

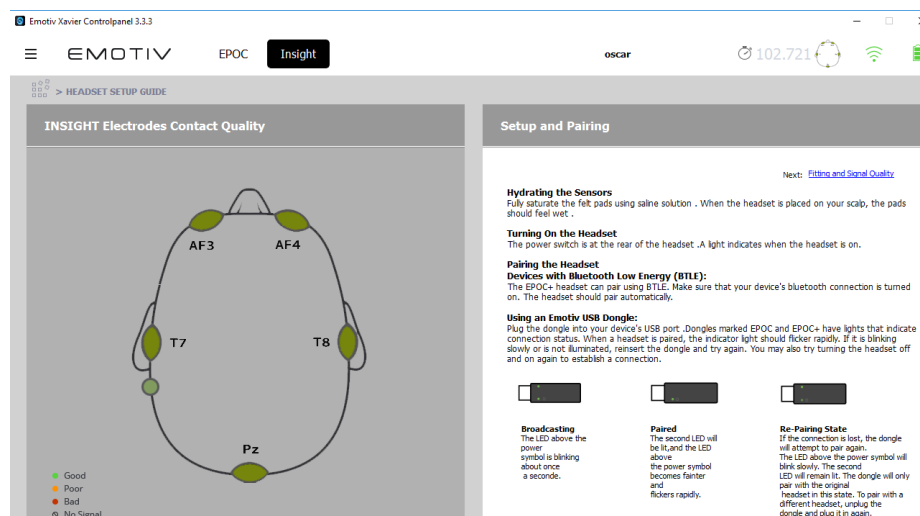
Permite manejar tres módulos que conforma la red RISC, usando programación de entorno Java y protocolos de comunicación, facilitando el transporte de los datos inalámbricamente bajo el estándar 802.11

### 2.8.1 *Processing*

Desarrollado en el año 2001 en el MIT por Casey Reas y Ben Fry, trabaja con interfaces animadas orientada a objetos gráficos. La comunicación bidireccional del módulo ESP8266 se realiza con *Processing* que cuenta con varias librerías de comunicación entre ellas *Oscp5* compatible con otros protocolos (Jordi Linares Pellicer, 2008 pág. 2). Esta librería permite conectarse desde *processing* al *software Mind Your Osc* para extraer los datos del *Emotiv*. (Andreas Schlegel, 2011).

### 2.8.2 *Control Panel Xavier (CPX)*

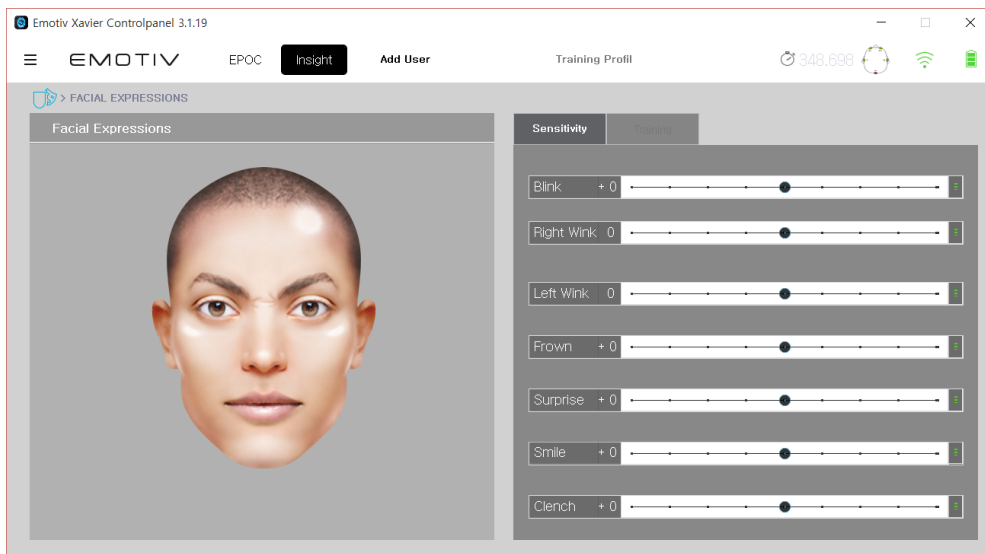
Permite observar las señales EEG emitidas por *Emotiv Insight*, que cuenta con señales faciales o comandos mentales donde las características propias del *software* permiten calibrar la sensibilidad de la señal. La figura 6-2 muestra la Interfaz de *Emotiv Control Panel Xavier*, la que requiere la creación de una cuenta, para acceder a las funciones del *software*.



**Figura 6-2:** Interfaz de *Emotiv Control Panel Xavier*

Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

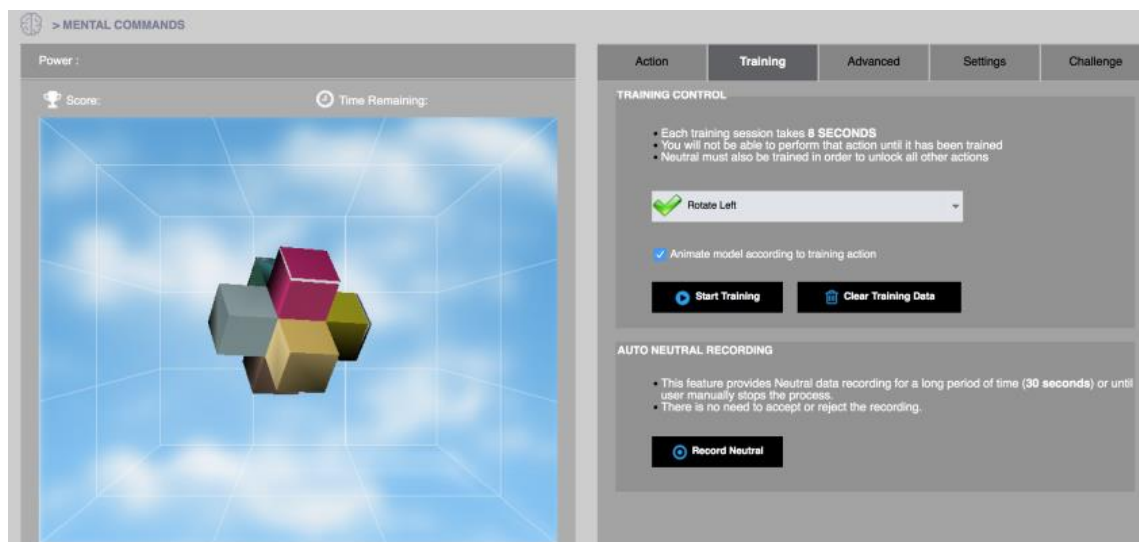
Expresiones Faciales. – En la figura 7-2 muestra la interfaz de expresiones faciales, entre la cuales existen siete opciones como: parpadeo (*blink*), guiño derecho (*right wink*), guiño izquierdo (*left wink*), fruncir el ceño (*frown*), suspirar (*surprise*), sonreír (*smile*), apretar (*clench*). Para el control del evento físico se utiliza la función: *smile* y *frown*,



**Figura 7-2:** Interfaz de expresiones faciales

Fuente: Guía de Instalación Emotiv, 2017.

Señales Cognitivas. – La figura 8-2 muestra la interfaz de las señales cognitivas, las funciones que ofrece son: siete faciales y 12 cognitivas, de las que se tomó *left* y *right*, antes de entrenarse con estas dos funciones se debe ajustar la opción neutral, que permite aumentar el nivel de sensibilidad en las funciones a usar (Sergio Daniel Guevara, 2012 p. 35)

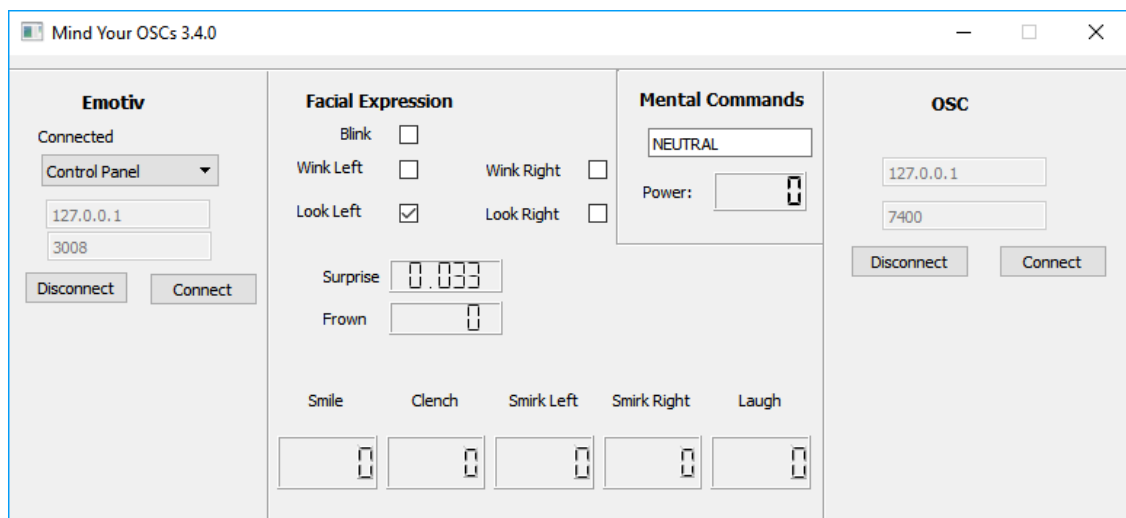


**Figura 8-2:** Interfaz de señales cognitivas.

Fuente: Guía de Instalación Emotiv, 2017.

### 2.8.3 Mind Your Osc

Permite vincular el *software* de entrenamiento CPX a *processing*, usando la dirección física de red del computador 127.0.0.1. La comunicación se realiza por el puerto 3008 del CPX a *Mind Your Osc* y por el puerto de salida 7400 a *Processing*. La figura 9-2 se muestra la interfaz de la herramienta Osc, donde se visualiza en forma numérica, el rango de 0 -1 del entrenamiento.



**Figura 9-2:** Interfaz de la herramienta Osc  
Fuente: Guía de Instalación Emotiv,2017.

### 2.8.4 Mosquito Bróker

Es un servidor que usa el protocolo MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) desarrollado para la comunicación maquina a máquina, para establecer la comunicación se requiere de un *topic* de la red. Los datos se envían a la dirección correcta usando publicadores y suscriptores (Themes Macho, 2016). En la figura 10-2 se muestra el estado del puerto 1883, el símbolo del sistema permite ingresar a MS-DOS para identificar el número de puerto que utiliza el servidor *Mosquito bróker* para establecer la comunicación hacia la red, por el protocolo TCP/IP.



Conexiones activas			
Proto	Dirección local	Dirección remota	Estado
TCP	0.0.0.0:135	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:445	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:1883	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:2869	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:5357	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:49152	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:49153	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:49154	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:49155	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:49156	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:49158	0.0.0.0:0	LISTENING
TCP	0.0.0.0:49159	0.0.0.0:0	LISTENING

**Figura 10-2:** Estado del puerto 1883

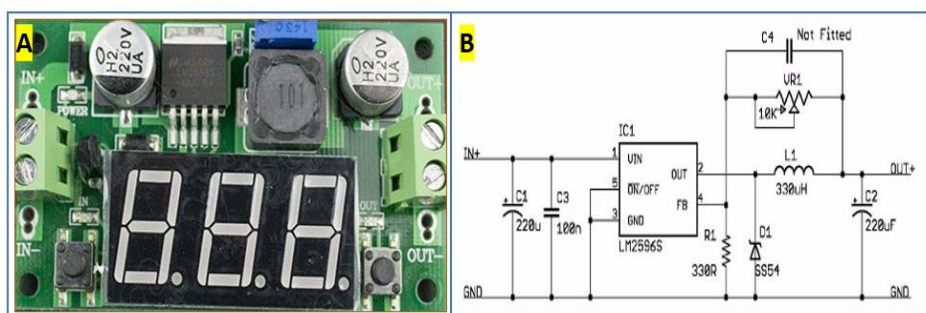
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar. 2017

## 2.9 Descripción de los componentes que conforman el sistema RISC

A continuación, se procede a detallar el *hardware* para la comunicación de las señales cerebrales a sus estaciones de trabajo (nodos).

### 2.9.1 Módulo regulador de voltaje LM2596

La figura 11-2 se observa el módulo regulador LM2596, diseñado para suministrar voltajes de 1.3 - 40 VCC, cuenta con tres *displays* de siete segmentos que indica el voltaje de alimentación y el voltaje entregado. (Electronilab, 2017). La figura 11-2.a ilustra el módulo PCB y la figura 11-2.b muestra el diagrama esquemático del regulador de voltaje que dispone de dos capacitores electrolíticos que permite tener voltajes estables, donde el inductor L1 mantiene la corriente estable y el capacitor C2 un voltaje libre de impureza eléctrica.



**Figura 11-2:** Módulo de poder LM2596: (a) Módulo PCB (b) Diagrama de Conexión

Fuente: (Electronica, 2008)

### 2.9.2 Router TP-LINK

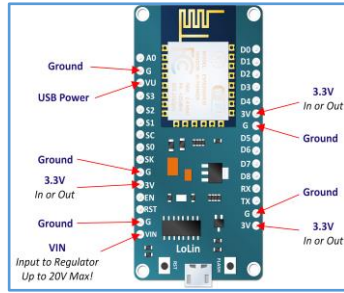
Permite que las señales digitales a través del *módem* se transformen en analógicas y la conexión de los nodos sensores que estén autenticados con la dirección IP del servidor. Cuenta con las siguientes características estándar *IEEE* 802.11 b/g/n con una tasa de transmisión de 150Mbps, encriptación WPA/WPA2 que ayuda a la red ser robusta evitando que intrusos se emparejen sin autorización, trabaja a 2.4 GHz. (tp-link TL-WR740N, 2017). La figura 12-2 muestra el diseño del router TL-WR740N, su tamaño reducido hace que ocupe poco espacio dentro del hogar, con una ganancia de 5 dBi a una potencia de transmisión de 20dBm llegando a consumir 5W de potencia, el alcance de transmisión máxima es de 15 metros con -85 dBm sin obstáculos. El equipo es ideal para trabajar en espacios reducidos como el hogar.



**Figura 12-2:** Diseño del router TL-WR740N  
Fuente: Tp-link.com

### 2.9.3 Módulo Wi-Fi ESP8266 NODEMCU

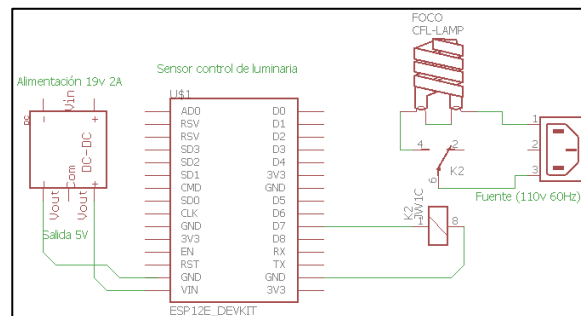
La terminología “*NodeMCU*” se refiere al *firmware* en lugar del ESP8266. El *firmware* utiliza el lenguaje de secuencias de comandos *Lua*, basado en el SDK *Espressif* Non-OS SDK for ESP8266. Programable en el lenguaje del IDE de arduino, con conectividad USB micro c y *Wi-Fi*. Se usa en la etapa de comunicación del servidor bróker hacia los nodos finales y para la recepción de las señales, emitidas por el *Router*. La integración del dispositivo a la red se realiza por líneas de código que contiene los *topics*, suscripciones y publicaciones de las instrucciones emitidas por el *software* de *processing*. (Carles Ubach Granados, 2017). La figura 13-2 se detalla la estructura física del módulo ESP8266 NodeMCU, se alimenta con 5v por el jumper Vin, este dispositivo proporciona tres salidas de 3.3V.



**Figura 13-2:** Estructura física del módulo ESP8266 NodeMCU  
**Fuente:** (henrysbench, 2016)

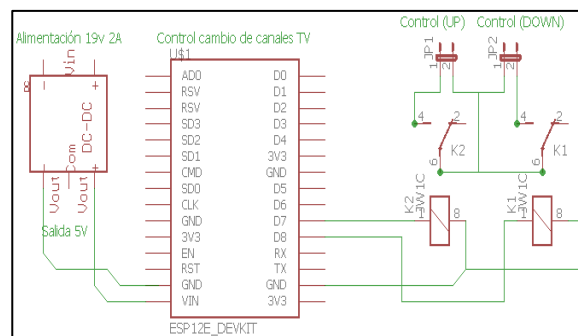
## 2.10 Diagrama de conexión de los Nodos de Control.

La figura 14-2, detalla las conexiones realizadas del nodo de control EA. La fuente de alimentación principal proporciona una tensión de 2A con 19V, que alimenta la fuente regulable, con voltaje de salida de 5V para energizar el módulo Wi-Fi ESP8266, por el jumper vin, que permite encender y vincularse con el servidor *Mosquitto Bróker*. El terminal D7 controla el evento físico, el *Relay* trabaja de 3-5V magnetizando la bobina por el terminal 1 y 8, acción que permite cerrar el circuito uniendo el terminal seis y cuatro conectando la línea neutra proporcionada por la toma de 110V al foco.



**Figura 14-2:** Diagrama de control de EA  
**Fuente:** TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

En la figura 15-2 se muestra el esquema eléctrico para el nodo de control A&D, las conexiones son las mismas que la figura 14-2 con la diferencia que existe dos actuadores para el control del evento físico.



**Figura 15-2:** Diagrama de control de A&D  
**Fuente:** TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Se demuestran los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a los módulos y al diseño de la red WSN. Se evalúa cada módulo de la red WSN a través de señales cerebrales integrando el *hardware* y *software* del diseño. Se realiza la caracterización del módulo de comunicación mediante pruebas de calidad de enlace, *jitter*, pérdida de paquetes, cobertura y pruebas del módulo de adquisición de señales.

#### 3.1 Caracterización del Sistema RISC

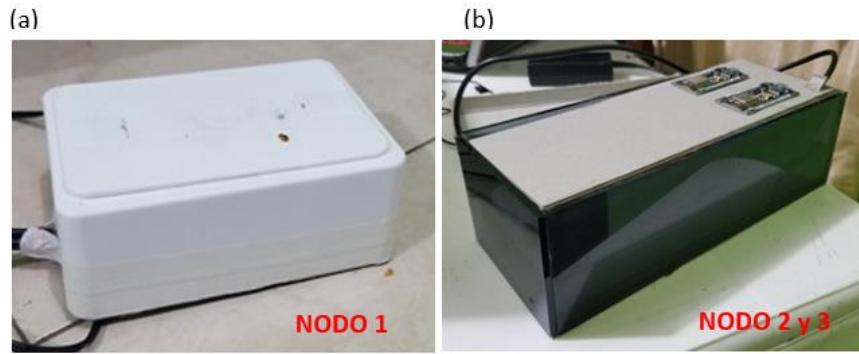
En la figura 1-3 se muestra el sistema RISC, del lado izquierdo se observa los tres módulos en estado inactivo, del lado derecho el sistema activado, ejecutando el control de los eventos físicos con sus respectivos nodos de control A&D y EA.



**Figura 1-3:** Sistema RISC

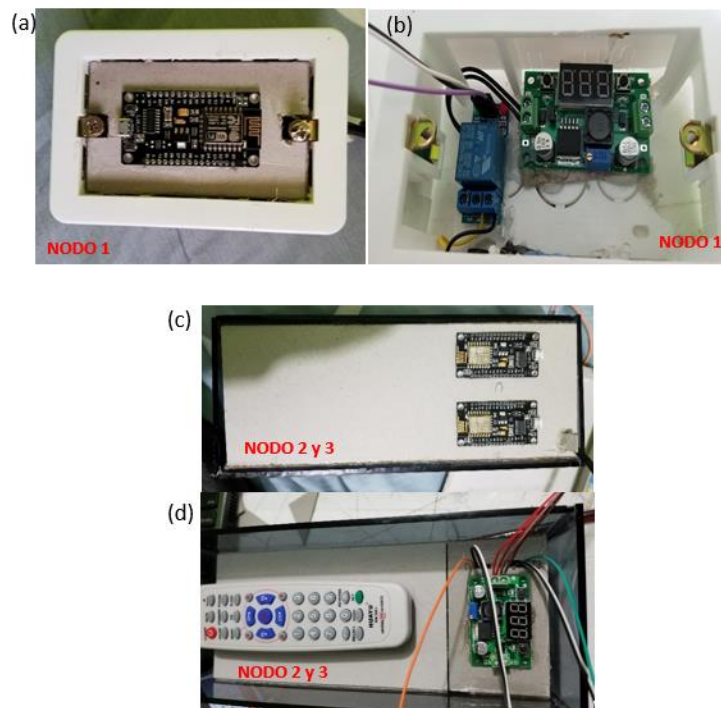
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

El sistema RISC consta de los nodos A&D: cambio de canales ascendente y descendente, EA: encendido y apagado de la luminaria. En la figura 2-3.a se muestra el diseño físico del nodo EA que consiste en encender y apagar la luminaria y la figura 2-3.b muestra el boceto físico del nodo A&D que realiza el cambio de canales ascendente y descendente, que se ejecutan a través de las instrucciones faciales y cognitivas.



**Figura 2-3:** Nodos Sensores: (a) Diseño físico del nodo EA, (b) Boceto físico  
**Fuente:** TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

En la figura 3-3(a y b) se muestra la parte externa e interna del nodo EA que posee un soporte para el módulo *Wi-Fi* y las conexiones del actuador conectada la tarjeta reguladora de tensión. La figura 3-3. (c y d) se observa la parte externa e interna del nodo A&D con el respectivo soporte y conexiones de los elementos de mando de control, actuador y la tarjeta reguladora de tensión.



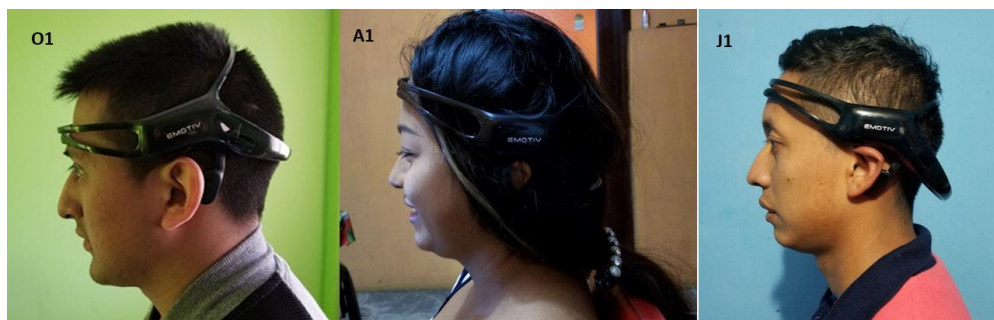
**Figura 3-3:** Nodos EA y A&D: (a) Externa, (b) Interna, (c) Externa, (d) Interna  
**Fuente:** TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

### 3.1.1 Caracterización del Módulo de Adquisición de Señales Cerebrales.

Las pruebas que se realizan en este módulo consisten en medir el tiempo que tarda para ejecutar las instrucciones: *left right*, *smile frown*, el tiempo y distancia de conexión del dispositivo *Emotiv* al CPX. Las muestras fueron tomadas a tres personas con edades entre 20 a 26 años de distinto sexo, durante cinco interacciones para cada instrucción.

#### 3.1.1.1 Pruebas de tiempo y distancia de conexión del *Emotiv Insight*

En la Figura 4-3 se muestra la ubicación del dispositivo *Emotiv Insight* en los sujetos de prueba, O1, A1 y J1. Donde para O1 se adapta correctamente a su corteza cerebral, A1 por el exceso de volumen de cabello la conexión requiere de más tiempo y J1 que presenta un vacío en el sensor PZ del cráneo.



**Figura 4-3:** Ubicación del dispositivo *Emotiv*  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

En la tabla 1-3 se muestra el tiempo y distancia de conexión que consiste en medir la conectividad entre el dispositivo *Emotiv Insight* al CPX, se tomó tres tiempos a diferentes distancias para determinar el estado de conectividad.

**Tabla 1-3:** Tiempo y distancia de conexión

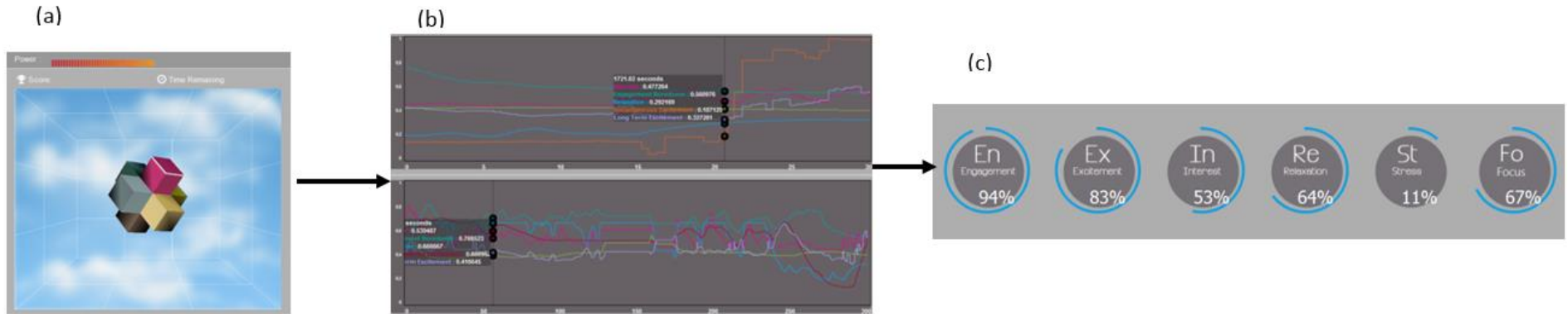
Sujeto	Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3		
	Tpo. de Conexión	Distancia	Estado	Tpo de Conexión	Distancia	Estado	Tpo de Conexión	Distancia	Estado
A1	2:43 min	1 m	Exitosa	3:15 min	2 m	Regular	5:36 min	3 m	Inestable
O1	2:02min	1m	Exitosa	3:05 min	2 m	Regular	4:05 min	3 m	Inestable
J1	2:23 min	1m	Exitosa	3:49min	2 m	Regular	4:53 min	3 m	Inestable

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar

En la tabla expuesta se determinó que a mayor distancia la conexión es inestable, el tiempo de conexión depende del contacto de los sensores al cuero cabelludo donde A1 que hace referencia a una persona de sexo femenino que presenta un gran volumen de cabello, por lo tanto, la distancia es directamente proporcional al tiempo de conexión donde resulta que el tiempo aumenta.

#### *3.1.1.2 Pruebas de conectividad en el CPX*

En la figura 5-3.a se muestra los rangos de las señales emitidas por A1, O1 y J1 en el CPX, la figura 5-3.b muestra el valor de la señal en 50 segundos de haberse conectado el dispositivo *emotiv* al *software* de entrenamiento y finalmente la figura 5-3.c que indica los niveles de porcentaje de las 6 emociones (nervioso, interesante, estresado, relajado, excitado, concentrado).



**Figura 5-3:** (a) Rangos de las Señales Emitidas por A1, O1 y J1, (b) Valor de la señal en 50 segundos, (c) Niveles de Porcentaje de las Emociones  
**Fuente:** TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

En la tabla 2-3, se muestra el registro de datos de la señal del software CPX al conectarse con *Emotiv Insight*, el valor máximo que toma en 50 segundos después de haberse iniciado la conexión a la ventana de la señal de emociones para tomar estos valores en la ventana de grabación y visualización de datos porcentuales durante el tiempo de 10 minutos.

**Tabla 2-3:** Registro de datos de la Señal

Identificador	Valor (CPX)	Valor (Tiempo de la Señal) En 50 segundos	Emoción (Tiempo Señal)	Porcentaje (%)
A1	0.53 – 0.83	0.477772	Nervioso	76
O1	0.63 – 0.89	0.572342	Estresado	53
J1	0.47 – 0.83	0.432134	Nervioso	67

**Realizado por:** TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar



De la tabla 2-3 se obtuvo un porcentaje del 76% en un tiempo de 0.477772 segundos que pertenece a A1 de sexo femenino quien manifestó que se sentía nerviosa, resultados que se visualizan por el elevado porcentaje respecto a O1 que presenta un bajo porcentaje del 53%.

### 3.1.1.3 Pruebas faciales

En la figura 6-3 se muestra la imitación del gesto facial en el CPX, interfaz donde se realiza la calibración de la sensibilidad de la instrucción, en la parte izquierda se muestra el rostro virtual y en la derecha el sujeto de prueba J1.



**Figura 6-3:** Imitación del gesto facial en el CPX.  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

En la tabla 3-3 se muestra la prueba de entrenamiento del gesto facial, que consiste en medir las veces que las instrucciones *smile* y *frown* exceden el valor 0.7 de una muestra de cinco repeticiones durante 10 minutos.

**Tabla 3-3:** Prueba de entrenamiento de gesto facial

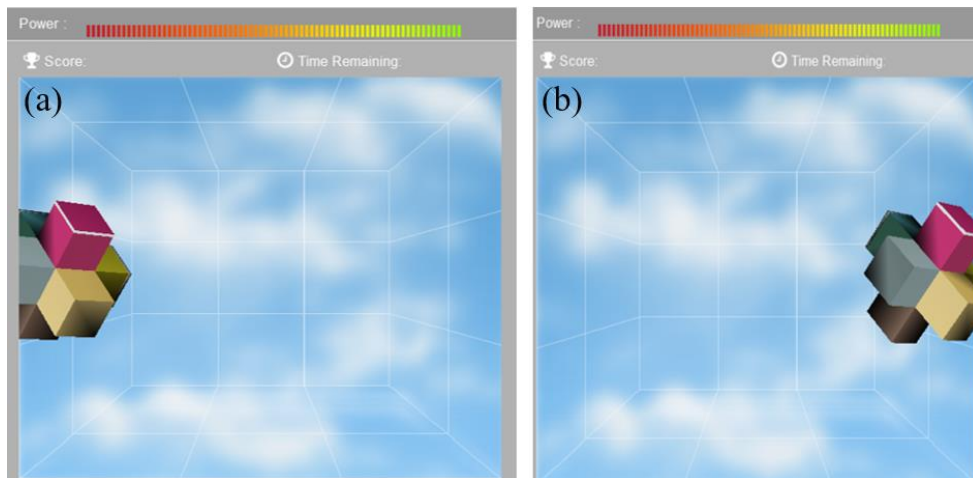
	Núm. Intentos	Valor Obtenido ( <i>Smile</i> )	Valor Obtenido ( <i>Frown</i> )
<b>Sujeto A1</b>	1	0,45	0,34
	2	0,67	0,58
	3	0,76	0,78
	4	0,89	0,93
	5	1	1
<b>Sujeto O1</b>	1	0,42	0,33
	2	0,64	0,47
	3	0,73	0,76
	4	0,75	0,86
	5	1	1
<b>Sujeto J1</b>	1	0,48	0,41
	2	0,53	0,49
	3	0,78	0,83
	4	0,83	0,88
	5	1	1

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar

De la tabla expuesta los cinco primeros minutos de calibración se determinaron dos valores incorrectos, los minutos restantes se reconfiguro la sensibilidad de *smile* y *frown* donde se obtuvo tres valores correctos mayores a 0,7 comprendidos entre 0 a 1 para la activación del nodo A&D (Cambio de canales TV).

### 3.1.1.4 Pruebas Cognitivas

En la figura 7-3.a, se muestra el control de la instrucción mental *left* y en la figura 7-3.b la instrucción *right*, la barra de entrenamiento del nivel de la señal se observa en la parte superior de las dos figuras.



**Figura 7-3:** (a) Control de la instrucción mental *left* (b) Control de la instrucción mental *right*  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

En la tabla 4-3, se muestra los datos del nivel de entrenamiento representado numéricamente el valor de las instrucciones *left* y *right* obtenidos en el *Mind Your OSC*, durante 10 minutos para verificar la recepción en el CPX.

**Tabla 4-3:** Nivel de Entrenamiento

Sujeto	Núm. Intentos	Nivel de Instrucción <i>Left</i>	Nivel de Instrucción <i>Right</i>
A1	1	0.38	0,79
	2	0.59	0.45
	3	0.33	0.55
	4	0.87	0.82
	5	0.89	0.79
O1	1	0.27	0.39
	2	0.34	0.61
	3	0.35	0.57
	4	0.89	0.49
	5	0.78	0.84
J1	1	0.23	0.32
	2	0.28	0.63
	3	0.55	0.74
	4	0.73	0.76
	5	0.74	0.81

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar

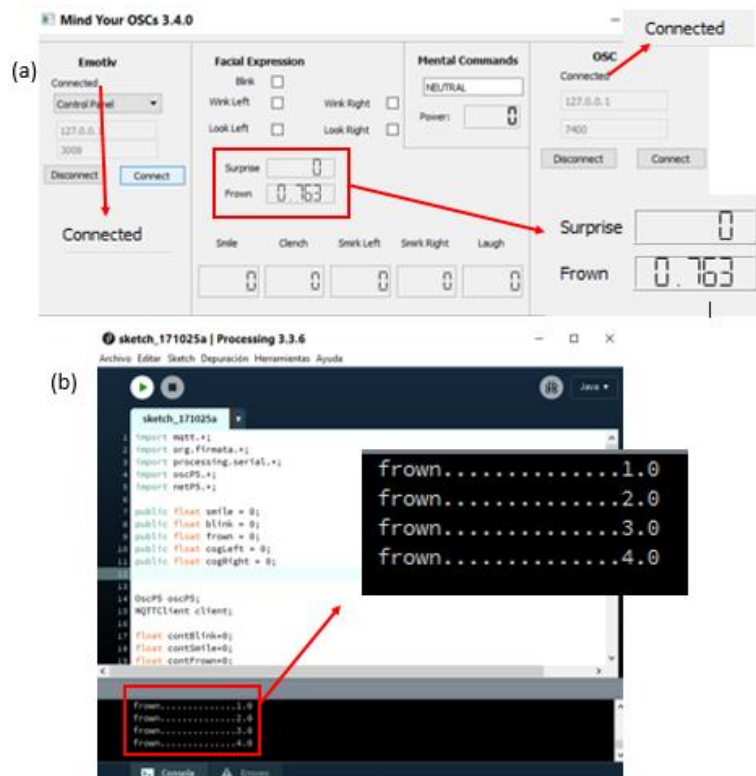
En la tabla expuesta se obtuvo valores que dependieron del nivel de entrenamiento, se comprobó que el sujeto A1 tiene más control de la función *right* con tres interacciones que sobrepasan el 0.7, el sujeto O1 tuvo dos interacciones correctas para *left* y una para *right* donde se determina que posee mayor control del hemisferio derecho y finalmente para el sujeto J1 todo lo contrario al sujeto O1 tiene mayor control en su hemisferio izquierdo.

### 3.1.2 Caracterización del Módulo de Tratamiento de las Señales Cerebrales.

En este módulo las pruebas consisten en verificar la conectividad de *Mind Your OSC* a *Processing* y la conexión entre el servidor *Mosquitto bróker* a *Processing*.

#### 3.1.2.1 Pruebas de conectividad Mind Your OSC – Processing

Las pruebas de conectividad se realizan mediante la vinculación con *Mind Your OSC* como se muestra en la figura 8-3.a donde los puertos 3008 y 7400 se encuentran conectados enviando y recibiendo la instrucción *frown* o *smile* a un valor numérico el caso de *frown* a 0.763. En la figura 8-3.b se muestra la recepción de la instrucción (*frown*).

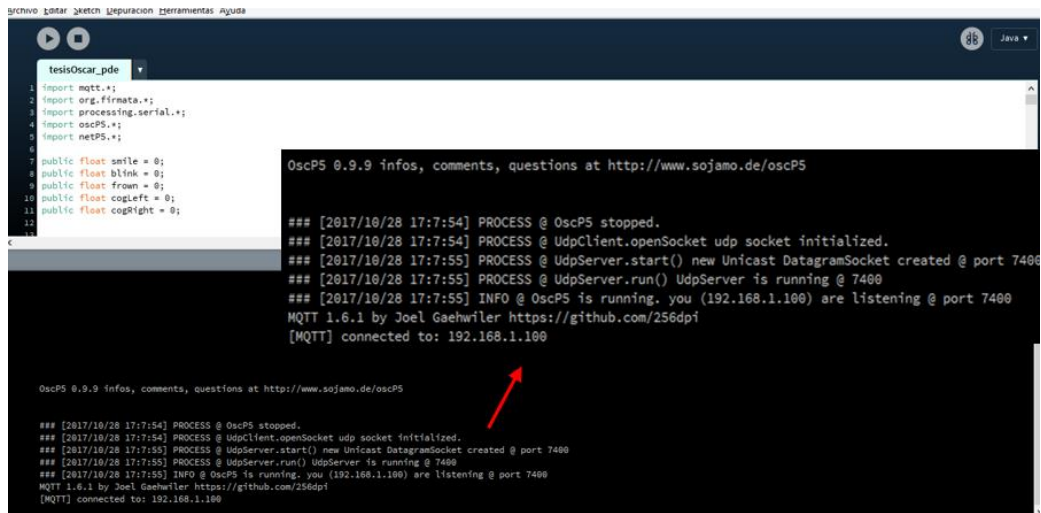


**Figura 8-3:** (a) *Mind Your OSC*, (b) *Processing*  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

Se determina la conexión cuando la señal se muestra en el monitor serial en la parte inferior del *processing* de la instrucción emitida desde el dispositivo *Emotiv Insight*.

### 3.1.2.2 Pruebas de conectividad Processing – Mosquito Bróker

Las pruebas de conexión consiste en ejecutar el *processing* para conectarse por una dirección fija IP: 192.168.1.100 al servidor bróker que trabaja bajo MQTT, ejecutándose en segundo plano como se muestra en la figura 9-3.



```
tesisOscar_pde
1 import mqtt.*;
2 import org.fformats.*;
3 import processing.serial.*;
4 import oscPS.*;
5 import netPS.*;
6
7 public float smile = 0;
8 public float blink = 0;
9 public float frown = 0;
10 public float cogleft = 0;
11 public float cogright = 0;
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

OscPS 0.9.9 infos, comments, questions at http://www.sojamo.de/oscPS

### [2017/10/28 17:7:54] PROCESS @ OscPS stopped.
### [2017/10/28 17:7:54] PROCESS @ UdpClient.openSocket udp socket initialized.
### [2017/10/28 17:7:55] PROCESS @ UdpServer.start() new Unicast DatagramSocket created @ port 7400
### [2017/10/28 17:7:55] PROCESS @ UdpServer.run() UdpServer is running @ 7400
### [2017/10/28 17:7:55] INFO @ OscPS is running. you (192.168.1.100) are listening @ port 7400
MQTT 1.6.1 by Joel Gaehtler https://github.com/256dpi
[MQTT] connected to: 192.168.1.100

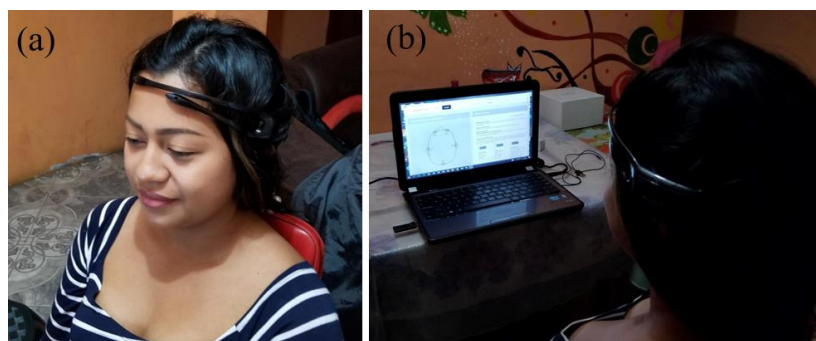
OscPS 0.9.9 infos, comments, questions at http://www.sojamo.de/oscPS

### [2017/10/28 17:7:54] PROCESS @ OscPS stopped.
### [2017/10/28 17:7:54] PROCESS @ UdpClient.openSocket udp socket initialized.
### [2017/10/28 17:7:55] PROCESS @ UdpServer.start() new Unicast DatagramSocket created @ port 7400
### [2017/10/28 17:7:55] PROCESS @ UdpServer.run() UdpServer is running @ 7400
### [2017/10/28 17:7:55] INFO @ OscPS is running. you (192.168.1.100) are listening @ port 7400
MQTT 1.6.1 by Joel Gaehtler https://github.com/256dpi
[MQTT] connected to: 192.168.1.100
```

**Figura 9-3:** Conectividad de *Processing* a *Mosquito Bróker*  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

### 3.1.3 Caracterización del Módulo de Comunicación.

Las pruebas de este módulo consisten en medir los tiempos de retardo de las instrucciones, el promedio y un promedio total para determinar el porcentaje de efectividad al ejecutarse en los nodos EA (Encendido y apagado), A&D (Cambio de Canales) de una muestra de tres personas (A1, O1, J1) en cinco tiempos por cada instrucción durante 10 minutos, la eficiencia de la calidad de la red (perdida, retardo de los paquetes y ancho de banda) y cobertura. En la figura 10-3.a, se muestra a A1 de perfil izquierdo realizando el entrenamiento de las instrucciones *left* y *right* y la figura 10-3.b de vista al monitor para la conexión a los programas y ejecutar las instrucciones aplicado al entorno real del hogar.



**Figura 10-3:** (a) A1 de perfil izquierdo, (b) Vista al monitor  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

### 3.1.3.1 Pruebas Nodo de control EA de la luminaria (encendido y apagado)

Las pruebas consisten en tomar cinco tiempos para cada instrucción que realizan los sujetos A1, O1 y J1 obteniendo promedios de tiempo por cada sujeto para después conseguir un porcentaje total de efectividad en respuesta a las señales emitidas (*left* y *right*).

En la figura 11-3.a, se muestra la ejecución de la instrucción *left* (apagado) y la figura 11-3.b la instrucción *right* por parte del sujeto A1 de sexo femenino de cabello largo ubicado en el centro de la sala a un metro del dispositivo receptor (*Bluetooth 4.0*), donde se analizó los tiempos de retardo de la señal.



**Figura 11-3:** A1: (a) Instrucción *left*, (b) Instrucción *right*  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

En la tabla 5-3 se muestran el tiempo en segundos que tarda en encender y apagar la luminaria al realizar las instrucciones *left* y *right*, en 10 minutos, con entrenamiento de 54% y 17% respectivamente, con muestras de cinco interacciones aplicadas al entorno del hogar.

**Tabla 5-3:** Tiempo en segundos que tarda encender y apagar la luminaria

Arelis Tipán: A1		
	Apagar ( <i>Left</i> ). Tiempo [s]	Encender ( <i>Right</i> ), Tiempo [s]
	5.5	2.05
	0.89	7.59
	4.94	11.75
	2.30	3.65
	1.65	0.78
<b>Total</b>	<b>15.28</b>	<b>25.82</b>
<b>Prom.</b>	<b>3.056</b>	<b>5.164</b>

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

De la tabla expuesta se determinó, que apagar la luminaria se realiza en menos tiempo que encender con un promedio de 15,28 segundos, esto se debe a que las proyecciones del cerebro son cruzadas, por lo tanto, el sujeto A1 es derecha, información que se verifico con la entrevista a A1, quien afirmó ser derecha.

En la figura 12-3.a, se muestra la ejecución de la instrucción *left* (apagado) y la figura 12-3.b la instrucción *right* (encendido) por parte del sujeto O1 de sexo masculino con cabello corto, ubicado a un metro del dispositivo receptor (*Bluetooth 4.0*), donde se analizó los tiempos de retardo de la señal.



**Figura 12-3:** O1: (a) Instrucción *left*, (b) Instrucción *right*  
 Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

En la tabla 6-3 se muestran el tiempo en segundos que tarda encender y apagar la luminaria al realizar las instrucciones *left* y *right* durante cinco muestras para cada una, estas pruebas se realizaron en otra habitación donde el resultado en los tiempos fueron los normales bajo la especificación técnica de *emotiv* que una instrucción debe tardar 20 segundos en ejecutarse, con una distancia de un metro al receptor (*Bluetooth 4.0*), durante un periodo de entrenamiento de 10 minutos para la instrucción *left* y *right* de 48% y 15% respectivamente.

**Tabla 6-3:** O1: Tiempo en segundos que tarda encender y apagar la luminaria

<b>Oscar Sánchez: O1</b>		
	<b>Apagar (<i>Left</i>).Tiempo [s]</b>	<b>Encender (<i>Right</i>), Tiempo [s]</b>
	2.24	4.35
	2.48	0.80
	8.23	0.80
	8.98	6.15
	2.57	6.01
<b>Total</b>	<b>24.5</b>	<b>18.11</b>
<b>Prom.</b>	<b>4.9</b>	<b>3.622</b>

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

De la tabla expuesta se obtiene un promedio menor para la instrucción *right*, donde el sujeto O1 tiene más habilidad para encender la luminaria, como se muestra en las cinco interacciones tomadas donde se presentó un tiempo de 0.80, por lo tanto, se determina que el sujeto necesita mayor entrenamiento para apagar la luminaria.

En la figura 13-3.a, se muestra la ejecución de la instrucción *left* (apagado) y la figura 12-3.b la instrucción *right* (encendido) por parte del sujeto J1 de sexo masculino de cabello corto ubicado un metro del dispositivo receptor (*Bluetooth 4.0*), estos datos se realizaron durante un periodo de entrenamiento de 10 minutos con un porcentaje para la instrucción *left* y *right* de 56% y 15% respectivamente.



**Figura 13-3:** J1: (a) Instrucción *left*, (b) Instrucción *right*  
**Fuente:** TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

En la tabla 7-3 se muestran el tiempo que tarda en encender y apagar la luminaria al realizar las instrucciones *left* y *right*, estas pruebas se realizaron en el mismo entorno de O1 resultados obtenidos a una distancia de un metro al receptor (*Bluetooth 4.0*) de una muestra de cinco interacciones para cada instrucción.

**Tabla 7-3:** J1: Tiempo en segundos que tarda encender y apagar la luminaria

<b>Jefferson Tipán: J1</b>		
<b>Núm. #</b>	<b>Apagar (<i>Left</i>). Tiempo [s]</b>	<b>Encender (<i>Right</i>), Tiempo [s]</b>
1	1.68	1.87
2	4.43	1.48
3	2.34	2.04
4	4.31	1.92
5	1.71	2.16
<b>Total</b>	<b>14.4</b>	<b>9.28</b>
<b>Prom.</b>	<b>2.88</b>	<b>1.856</b>

**Realizado por:** TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

De la tabla expuesta se obtiene un promedio de 1.856 segundos para la instrucción *right*, con la menor interacción de 1.48 segundos valor representativo para la instrucción *left* con 1.68 con una diferencia de 0.20 segundos, determinando que ambas instrucciones tienen el mismo nivel de entrenamiento.

### 3.1.3.2 Resultados del nodo de control EA

En la tabla 8-3, se muestra la suma total de los promedios del nodo de control EA de los sujetos A1, O1 y J1, de las instrucciones *left* y *right*, que permite obtener un valor para medir en porcentaje la eficiencia de la señal al viajar por los distintos módulos de la RISC. La eficiencia se toma en relación a las características de *Emotiv Insight* donde se menciona que 20 segundos es lo ideal para realizar una acción, de aquí en adelante las tablas de eficiencia serán en relación a lo antes dicho.

**Tabla 8-3:** Suma total promedios nodo de control EA.

Sujeto	Prom. <i>Left</i> Tiempo [s]	Prom. <i>Right</i> Tiempo [s]
A1	3.056	5.164
O1	4.9	3.622
J1	2.88	1.856
<b>Total</b>	<b>10.836</b>	<b>10.642</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>54,18 %</b>	<b>53,21 %</b>

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

De la tabla expuesta se obtiene el promedio 10.642 segundos, el más representativo de las dos instrucciones, tiempo que determinar la capacidad que el cerebro puede encender la luminaria, respecto a *left* con una diferencia de 0.194, estableciendo que ambas funciones pueden realizar sin problema las dos acciones (encender y apagar), con una eficiencia por el nodo de control EA de 53,21 % en 10 minutos de entrenamiento.

### 3.1.3.3 Pruebas del nodo de control A&D (cambio de canales)

La prueba consiste en tomar cinco tiempos para cada instrucción que realizan los sujetos A1, O1 y J1 obteniendo promedios de tiempo por cada sujeto consiguiendo un porcentaje total de efectividad en respuesta a las señales emitidas (*smile* y *frown*). En la figura 14-3 se muestra al sujeto A1 realizando las instrucciones *smile* y *frown* para el cambio de canales ascendente y descendente en el entorno real de un hogar, donde el nodo A&D se encuentra en línea de vista a la TV.



**Figura 14-3:** A1: (a) Instrucción *smile* (b) Instrucción *frown*  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017



En la tabla 9-3 se muestra el cambio de canales del sujeto A1, realizadas con las instrucciones *smile* y *frown* en un tiempo de 10 minutos con nivel de 54 % y 17% de entrenamiento, con diferencia que los tiempos de respuesta para realizar gestos faciales incrementan considerablemente.

**Tabla 9-3:** Cambio de Canales: A1

Arelis Tipán: A1		
Núm. #	Up ( <i>Smile</i> ). Tiempo [s]	Down ( <i>Frown</i> ), Tiempo [s]
1	11.44	25.83
2	7.53	20.69
3	14.57	4.81
4	19.13	15.49
5	1.42	5.97
<b>Total</b>	<b>54.09</b>	<b>72.79</b>
<b>Promedio</b>	<b>10.818</b>	<b>14.558</b>

Realizado por: TIPÁN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

De la tabla expuesta se obtuvo un promedio de 14.558 segundos para *frown* y *smile* de 10.81 donde se determina que la mejor instrucción para el cambio de canales es ascendente, estos valores pueden mejorar con entrenamiento.

En la figura 15-3 se muestra al sujeto O1 realizando las instrucciones *smile* y *frown* para el cambio de canales ascendente y descendente en el entorno real de un hogar, donde el nodo A&D se encuentra en línea de vista a la TV.



**Figura 15-3:** O1: (a) Instrucción *smile* (b) Instrucción *frown*  
Fuente: TIPÁN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

En la tabla 10-3 se muestra el cambio de canales de O1, con un entrenamiento para *smile* y *frown* de 48 % y 15 % respectivamente en 10 minutos, para determinar cuál de las dos instrucciones durante las cinco interacciones presenta el mejor valor de la señal emitida por el sujeto O1.

**Tabla 10-3:** Cambio de Canales: O1

Oscar Sánchez: O1		
Núm. #	Up ( <i>Smile</i> ). Tiempo [s]	Down ( <i>Frown</i> ), Tiempo [s]
1	1.05	1.87
2	1.77	3.92
3	2.27	4.13
4	1.09	4.99
5	2.14	5.56
<b>Total</b>	<b>8.32</b>	<b>20.47</b>
<b>Prom.</b>	<b>1.664</b>	<b>4.094</b>

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

Se determinó un valor máximo de 1.05 segundos en la primera interacción de la instrucción *smile*, valor representativo respecto a la primera muestra de 1.87 segundos y promedios de 1.664 y 4.094 respectivamente de la acción *frown*, por lo tanto, se concluye que *smile* presenta mejor respuesta de la señal.

En la figura 16-3 se muestra al sujeto J1 realizando las instrucciones *smile* y *frown* para el cambio de canales ascendente y descendente en el entorno real de un hogar, donde el nodo A&D se encuentra en línea de vista a la TV.



**Figura 16-3:** J1: (a) Instrucción *smile* (b) Instrucción *frown*  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

En la tabla 11-3 se muestra el cambio de canales de J1, con el 56 % y 15% para *smile* y *frown* respectivamente donde se determinó los promedios que mejor respuesta tenga en función de las señales emitidas por el Sujeto J1.

**Tabla 11-3:** Cambio de canales: J1

<b>Jefferson Tipán: J1</b>		
<b>Núm. #</b>	<b>Up (<i>Smile</i>), Tiempo [s]</b>	<b>Down (<i>Frown</i>), Tiempo [s]</b>
1	2.24	1.93
2	13.09	5.22
3	4.31	1.70
4	5.5	4.16
5	3.89	4.09
<b>Total</b>	<b>29.03</b>	<b>17.1</b>
<b>Prom.</b>	<b>5.806</b>	<b>3.42</b>

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

En la tabla expuesta se obtiene valores de 2 a 15 segundos, con un valor máximo y mínimo de 13.09 y 2.24 respectivamente para la instrucción *smile*, los mismo que son superados por la acción *frown* con valores comprendidos de 1 a 6 segundos con valor máximo y mínimo de 5.22 y 1.70. Considerando lo permitido de 20 segundos para realizar una instrucción, J1 está fuera del límite permitido para la instrucción *smile* con un 29.03 segundos excediendo en 9.03 segundos.

#### 3.1.3.4 Resultados del nodo de control A&D de promedios.

En a tabla 12-3 se muestra la suma de los promedios de A1, O1 y J1, donde se obtiene un valor para *smile* de 18.288 segundos respecto a *frown* que excede el valor permitido, se concluye que el gesto facial se ve interferido por el movimiento de los músculos al sonreír que se asemeja a fruncir.

**Tabla 12-3:** Suma de los Promedios del nodo dos y tres de: A1, O1 y J1

<b>Sujeto</b>	<b>Prom. <i>Smile</i> Tiempo [s]</b>	<b>Prom. <i>Frown</i> Tiempo [s]</b>
A1	10.818	14.558
O1	1.664	4.094
J1	5.806	3.42
<b>Total</b>	<b>18.288</b>	<b>22.072</b>

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

Para finalizar se recuerda que la página oficial de *Emotiv* afirma que, “*El sistema puede ser entrenado para reconocer un solo comando en menos de 20 segundos.*”. Para la tabla 13-3 se muestra la efectividad de las instrucciones de forma individual de las cuatro funciones donde se determinó el porcentaje que dependió del entrenamiento en el sistema RISC.

**Tabla 13-3:** Efectividad en recibir las instrucciones.

<b>Prom. Y Porcn.</b>	<b><i>Left</i></b>	<b><i>Right</i></b>	<b><i>Smile</i></b>	<b><i>Frown</i></b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>
Totales de prom	10.836	10.642	18.288	22.072		15.46
Porcn. Total	54.18%	53.21%	91.44%	110.36%		
Porcn. de Efec.	45.82%	46.79%	8.56%	10.36%	111,53	<b>27.88%</b>

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017.

En conclusión, el 27.88% corresponde al entrenamiento de la persona durante 10 minutos para las cuatro funciones *left*, *right*, *smile* y *frown*, valor que concierne sobre el 100% de una hora de entrenamiento.

### 3.1.3.5 Pruebas del módulo de comunicación entre el servidor y los nodos sensores ESP8266

- Pruebas de cobertura

La cobertura de la red inalámbrica se realizó con el *router* inalámbrico N 150Mbps TL-WR740N, la figura 17-3 muestra la configuración del ancho de canal del *router*, cuyo valor es de 40Mhz y la selección del canal por defecto automático, se midió la propagación de la señal dentro del hogar, donde existe obstáculos como: Paredes, puertas de madera, etc.

**Figura 17-3:** Configuración del ancho de canal del Router  
Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

La antena del dispositivo *router* tiene una ganancia de 5dBi, valor determinado por el documento técnico de fabricación (tp-link, 2017). Para medir la intensidad de la señal se usó una aplicación *WiFi analyzer* instalado en un *smartphone* con sistema operativo *Android 7.0*. La tabla 14-3 detalla los niveles de intensidad de la señal propagada obtenidas en el sistemas RISC.

**Tabla 14-3:** Niveles de intensidad de la señal propagada

Distancia (m)	Potencia recibida (dBm)	Intensidad de señal
1	-44	EXCELENTE
2	-51	MUY BUENA
3	-53	
4	-55	
5	-63	BUENA
6	-67	REGULAR
7	-70	
8	-73	
12	-76	SIN SEÑAL
15	-82	
19	-90	

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

Los niveles de intensidad arrojados en esta prueba a diferentes distancias, determinó que la potencia de propagación es directamente proporcional a la distancia. Este análisis permitió establecer la distancia máxima de colocación de los nodos sensores de la red RISC, las pruebas realizadas determinaron que la distancia ideal es de 13 a 14 metros para tener una red estable.

- Pruebas de calidad de enlace

El rendimiento de la red o la calidad del enlace se determinó por los siguientes factores: Pérdida de datagramas o paquetes, la variación del *Jitter* o latencia y el ancho de banda, estas pruebas se realizaron por medio del protocolo TCP (Protocolo de Control de Transmisión) y UDP (Protocolo de Datagramas de Usuario).

Todas las pruebas mencionadas se realizaron usando un computador con *Windows* 8.1 y un *smartphone* con sistema Android. La figura 18-3 muestra la interfaz de *Iperf*, para ambos sistemas operativos mencionados, cuyo software es utilizado para enviar tráfico a la red.



**Figura 18-3:** Interfaz Iperf  
**Fuente:** TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

La distancia del cliente (*smartphone*) y el servidor (*windows*), es de siete metros con una propagación de señal *wireless*, con potencia de -70dBm.

- Prueba de Pérdidas de paquetes y variación de la latencia (*Jitter*)

Esta prueba se realizó usando el protocolo UDP, los valores recomendados para tener una buena calidad de enlace, los paquetes perdidos no superen el 1%, este porcentaje se consideró en redes que soporta servicio de VoIP. (Mingorance Puga, 2012), la latencia determinó el tiempo que se demora en llegar los paquetes desde el inicio al final de la comunicación y el *jitter* determinó la variación de los datos enviados por la red *wireless*.

En la Figura 19-3 se observó el número de puerto y las direcciones Ip de los hosts, el servidor local *windows* tiene la dirección 192.168.1.100 y escucha por el puerto 5001, la dirección del cliente *smartphone* tiene la dirección 192.168.1.2 que se enlazó al servidor por el puerto 42123,

el número de datagramas o paquetes que recibe el servidor es 1470 bytes, los paquetes recibidos se evalúan en 3 periodos de 10 segundos cada uno.

```
C:\>iperf -s -u -i 1
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 64.0 KByte (default)

[156] local 192.168.1.100 port 5001 connected with 192.168.1.2 port 42123
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Jitter      Lost/Total Datagrams
[156] 0.0- 1.0 sec   126 KBytes    1.03 Mbits/sec  2.457 ms    1767332922/ 88 (2e+
009%)
[156] 1.0- 2.0 sec   125 KBytes    1.02 Mbits/sec  12.909 ms   3/ 90 (3.3%)
[156] 2.0- 3.0 sec   126 KBytes    1.03 Mbits/sec  6.053 ms   1/ 89 (1.1%)
[156] 3.0- 4.0 sec   128 KBytes    1.05 Mbits/sec  6.026 ms   0/ 89 (0%)
[156] 4.0- 5.0 sec   126 KBytes    1.03 Mbits/sec  1.939 ms   0/ 88 (0%)
[156] 5.0- 6.0 sec   131 KBytes    1.07 Mbits/sec  4.829 ms   0/ 91 (0%)
[156] 6.0- 7.0 sec   126 KBytes    1.03 Mbits/sec  3.564 ms   0/ 88 (0%)
[156] 7.0- 8.0 sec   129 KBytes    1.06 Mbits/sec  4.095 ms   0/ 90 (0%)
[156] 8.0- 9.0 sec   128 KBytes    1.04 Mbits/sec  2.482 ms   4/ 893 (0.45%)
[156] 9.0-10.0 sec   128 KBytes    1.04 Mbits/sec  2.482 ms   4/ 893 (0.45%)
[156] 0.0-10.0 sec   1.25 MBytes    1.04 Mbits/sec  2.482 ms   4/ 893 (0.45%)
[156] local 192.168.1.100 port 5001 connected with 192.168.1.2 port 58652
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Jitter      Lost/Total Datagrams
[156] 0.0- 1.0 sec   125 KBytes    1.02 Mbits/sec  13.711 ms   0/ 87 (0%)
[156] 1.0- 2.0 sec   116 KBytes    953 Kbits/sec  4.812 ms   2/ 83 (2.4%)
[156] 2.0- 3.0 sec   139 KBytes    1.14 Mbits/sec  2.860 ms   0/ 97 (0%)
[156] 3.0- 4.0 sec   128 KBytes    1.05 Mbits/sec  2.178 ms   0/ 89 (0%)
[156] 4.0- 5.0 sec   128 KBytes    1.05 Mbits/sec  4.744 ms   0/ 89 (0%)
[156] 5.0- 6.0 sec   129 KBytes    1.06 Mbits/sec  5.795 ms   0/ 90 (0%)
[156] 6.0- 7.0 sec   125 KBytes    1.02 Mbits/sec  2.594 ms   0/ 87 (0%)
[156] 7.0- 8.0 sec   131 KBytes    1.07 Mbits/sec  11.769 ms  0/ 91 (0%)
[156] 8.0- 9.0 sec   129 KBytes    1.05 Mbits/sec  10.256 ms  0/ 89 (0%)
[156] 9.0-10.0 sec   123 KBytes    1.05 Mbits/sec  12.056 ms  2/ 893 (0.22%)
[156] 0.0-10.0 sec   1.25 MBytes    1.05 Mbits/sec  12.056 ms  2/ 893 (0.22%)
[156] local 192.168.1.100 port 5001 connected with 192.168.1.2 port 35408
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Jitter      Lost/Total Datagrams
[156] 0.0- 1.0 sec   86.1 KBytes    706 Kbits/sec  5.759 ms   0/ 60 (0%)
[156] 1.0- 2.0 sec   169 KBytes    1.39 Mbits/sec  13.220 ms  1/ 119 (0.84%)
[156] 2.0- 3.0 sec   121 KBytes    988 Kbits/sec  11.222 ms  0/ 84 (0%)
[156] 3.0- 4.0 sec   89.0 KBytes    729 Kbits/sec  14.258 ms  0/ 62 (0%)
[156] 4.0- 5.0 sec   134 KBytes    1.09 Mbits/sec  18.600 ms  1/ 94 (1.1%)
[156] 5.0- 6.0 sec   102 KBytes    835 Kbits/sec  23.182 ms  4/ 75 (5.3%)
[156] 6.0- 7.0 sec   181 KBytes    1.48 Mbits/sec  4.240 ms   2/ 128 (1.6%)
[156] 7.0- 8.0 sec   131 KBytes    1.07 Mbits/sec  9.604 ms  1/ 92 (1.1%)
[156] 8.0- 9.0 sec   128 KBytes    1.05 Mbits/sec  7.825 ms   0/ 89 (0%)
[156] 9.0-10.0 sec   128 KBytes    1.04 Mbits/sec  5.088 ms   8/ 892 (0.9%)
[156] 0.0-10.0 sec   1.24 MBytes    1.04 Mbits/sec  5.088 ms   8/ 892 (0.9%)
[156] 0.0-10.0 sec  1 datagrams received out-of-order
recvfrom failed: Interrupted function call.
```

Figura 19-3: Número de puerto y las direcciones Ip de los hosts

Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

La tabla 15-3 detalla el promedio de valores de la red, que se adquirieron por las pruebas realizadas, el servidor escucha por el puerto 5001 en UDP y envían 30 paquetes, cuyo porcentaje y tiempo se detallan a continuación.

Tabla 15-3: Promedio de los valores de la red.

Muestras	# de paquetes	% Datagrama Perdidos	Jitter (ms)
1	10	0.485	5.3531
2	10	0.262	8.1874
3	10	0.974	10.8548
<b>Total</b>	30	1.721	24.3953
<b>Promedio</b>	-	<b>0.5736</b>	<b>8.13176</b>
<b>Prom/paquete</b>	-	-	<b>0.27</b>

Realizado por: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

Se observa que el 0.57 % representa al total de paquetes perdidos de los 1470 bytes de información transmitida en la red, por lo tanto, la red cumple con el primer factor de calidad del enlace. El promedio de reenvío del total de los paquetes es 8,13 ms por lo que cada muestra tendría un promedio de 0.27 ms para completar la transmisión total de la información, dicho valor es imperceptible al usuario, pudiendo distinguir hasta 200 ms de latencia.(Molina, 2011)

- Prueba de ancho de banda

Representa la cantidad de información que se puede descargar o subir en la red, en un determinado tiempo, el caudal de información depende del servicio adquirido por el ISP. La velocidad de conexión de los nodos ESP8266 *NodeMCU* está determinado por el fabricante, que puede llegar a tener velocidades de 11Mbps, 54Mbps, y 600Mbps, el requerimiento mínimo del ESP8266 para que exista conexión estable es de 921Kbps cuyo valor debe proporcionar el enlace inalámbrico. (Germán Martín, 2017)

- Prueba de Ancho de banda bidireccional del cliente al servidor

Esta prueba consiste en medir la capacidad de transmisión del enlace cuando los nodos *Wi-Fi* que están funcionando, se realizaron 3 peticiones al servidor *Iperf* que está escuchando por el puerto 5001.

En la figura 20-3 se observó la conexión de los hosts y los puertos, las peticiones tienen una duración de 10 segundos cada una, para evaluar el ancho de banda de cada petición se valora cada segundo.

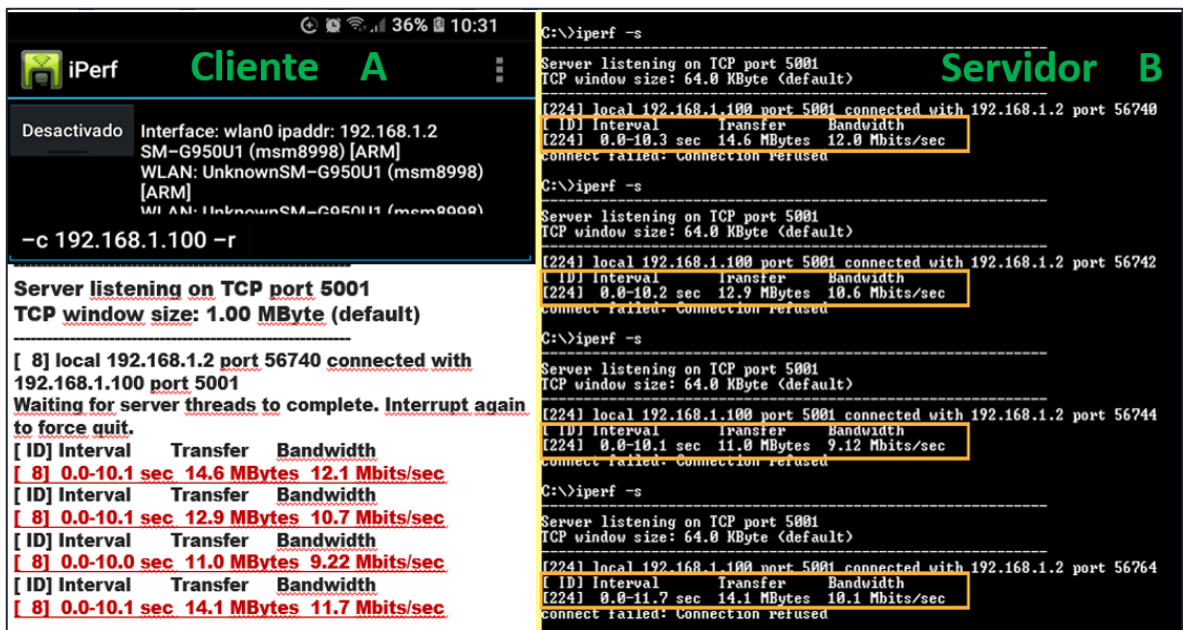


Figura 20-3: Conexión de los hosts y los puertos

Fuente: TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

Los resultados determinan que al enviar un paquete TCP con un tamaño de un MB, la primera petición transmitió 12.1 Mb en 10 segundos, la segunda 10.6 Mb en 10 segundos, la tercera 9.22 Mb en 10 segundos y la cuarta 11.7 Mb en 10 segundos.

La tabla 16-3 detalla la capacidad, tiempo y ancho de banda, de los paquetes enviados cuyos promedios se realizaron enviando cuatro peticiones con una duración de 10 segundos cada una.

**Tabla 16-3:** Capacidad, tiempo y ancho de banda

Peticiones	Tamaños transferidos (Mbytes)	Tiempo de duración de cada paquete. (Seg)	Bandwidth Cliente. (Mbits/seg)	Bandwidth Servidor (Mbits/seg)
1	14.6	10	12.1	12
2	12.9	10	10.7	10.6
3	11.0	10	9.22	9.12
4	14.1	10	11.7	10.1
Total	52.6	30	43.72	41.82
Promedio	13.15	-	10.93	10.455

**Realizado por:** TIPAN Jefferson & SANCHEZ Oscar, 2017

Los resultados de las pruebas del enlace bidireccional cliente-servidor, se determinó que en promedio las cuatro peticiones enviaron un total de 13.15 MB de información, que fueron transmitidos por el cliente con un ancho de banda de 10.93 *Mbps*, el servidor envió el mismo tamaño de información con un ancho de banda de 10.455 *Mbps*.

Se determinó que cumple con el requerimiento mínimo para tener una comunicación estable entre el servidor *Mosquito Bróker* y los módulos ESP8266, la comunicación bidireccional tiene un ancho de banda que supera los 10 *Mbps*, proporcionándonos los 921Kbps que se necesita para que nuestra red sea robusta y no tenga pérdidas de bits en la comunicación.



## CONCLUSIONES

- Se determina que las actividades que se realiza con más frecuencia son las de tipo Instrumental de la Vida Diaria, que consiste en el control de electrodomésticos y diferentes dispositivos en el hogar.
- La topología estrella empleada en este proyecto afirma que las estaciones de trabajo están directamente conectadas a un nodo central, este tipo de red permite balancear el excesivo tráfico de información en toda la red.
- Se determina que el mejor dispositivo de adquisición de señales cerebrales en relación al costo es *Emotiv Insight*, consta de cinco sensores y dos de referencia para eliminar el ruido, compatibles con múltiples sistemas operativos.
- Con las pruebas de comunicación realizadas en el sistema RISC, se determina que la perdida de paquetes o datagramas de la red es de 0.57 % del 1 % permitido, donde la calidad de servicio es robusta para la red, un *jitter* de 8.13 milisegundos para 1470bytes de información transmitida y 72.12 % que depende del entrenamiento de la persona.

## RECOMENDACIONES

- Realice encuestas que determinen las necesidades primordiales dentro del hogar relacionadas a la activación o desactivación de eventos físicos de la vida diaria, para tener datos estadísticos que ayuden a la investigación.
- Para futuros trabajos investigue las nuevas tecnologías inalámbricas con el objetivo de escoger la topología de red más adecuada que cumpla con los requerimientos del sistema RISC e integre micro computadoras como *Raspberry o LattePanda*.
- Para la captación de las señales cerebrales con *Emotiv Insight*, se debe evitar movimientos bruscos e innecesarios en el periodo de entrenamiento, es importante que la persona mantenga durante el período de entrenamiento la concentración, para obtener resultados satisfactorios.
- Para que la comunicación sea estable no se debe colocar los nodos finales a distancias que superen los -82dBm de la potencia de propagación evitando de esta manera la pérdida de datagramas y el incremento del *jitter*.

## BIBLIOGRAFÍA

1. “*Actividades de la Vida Diaria*”. [En línea] Bogotá-Colombia, 2014. [Consulta: 17 de octubre de 2017.]. Disponible en: <http://www.cocemfecyl.es/index.php/discapacidad-y-tu/66-actividades-de-la-vida-diaria-avd>
2. “*Gateway USB-Wifi*”. [En línea] 2 de agosto de 2008. [Consulta: 6 de octubre de 2017.]. Disponible en: <http://www.blogelectronica.com/gateway-usb-wifi/>
3. “*Guía de Instalación Emotiv*”. [En línea] 2017. [Consultado: 15 de octubre de 2017.]. Disponible en: <https://www.emotiv.com/product/emotiv-insight-5-channel-mobile-eeg/>
4. **ABARCA, Paola.** “*Impulsos Eléctricos Neuronales*”. [En línea] 25 de septiembre de 2012. [Consulta: 3 de octubre de 2017.], Disponible en: <https://es.slideshare.net/lpa1202/neuronas-impulsos-eléctricos-y-transmisión-sinptica>
5. **ACHILA, Diana** “*Estado del Arte de las Redes de Sensores Inalámbricos*”. [En línea] Barcelona-España, 2013, p.6. ISSN: 2344-8288, Vol 2, N. 1[Consulta: 28 de septiembre de 2017.]. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tia/article/viewFile/4437/6856>
6. **BOLONIA, Clara.** “*La Reserva: Cuales son las partes de una Neurona.*” [En línea] 5 de junio 2017, Santa Cruz-Chile, 2017, pg.9 [Consulta: 3 de octubre de 2017.]. Disponible en: [http://www.lareserva.com/home/Cuales\\_son\\_las\\_partes\\_de\\_una\\_neurona](http://www.lareserva.com/home/Cuales_son_las_partes_de_una_neurona)
7. **BONNET, Sebastien.** “*MQTT: un protocolo específico para el internet de las cosas*”. [En línea] 2015. [Consulta: 15 de octubre de 2017.]. Disponible en: <http://www.digitaldimension.solutions/es/blog-es/opinion-de-expertos/2015/02/mqtt-un-protocolo-especifico-para-el-internet-de-las-cosas/>
8. **CARBALLO, Juan.** “*Realidad Virtual y Exoesqueletos para combatir la paraplejia*”. [En línea] 2016. [Consulta: 16 de octubre de 2017.]. Disponible en: <http://www.ticbeat.com/tecnologias/realidad-virtual-y-exoesqueletos-para-combatir-la-paraplejia/>
9. **CARLSON, Neil R.** *Fisiología de la Conducta. ed. 2<sup>da</sup>.* Madrid: Pearson Education, 2014, pp.20-30. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-fisiologia-de-la-conducta-8-ed/9788478290727/1051196>
10. **El Ciudadano.** *Ecuador Inmediato, 55.63% de ecuatorianos utiliza internet, según Ministerio de Telecomunicaciones.* [En línea] Quito-Ecuador, 2017. [Consulta: 13 de octubre de 2017.] Disponible en: [http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news\\_user\\_view&id=2818816397](http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=2818816397)

11. **El Universo.** *Internet Fijo leja al 36% de los hogares ecuatorianos.* [En línea] Guayaquil-Ecuador, 2017. [Consulta: 13 de octubre de 2017.] Disponible en: <http://www.eluniverso.com/noticias/2017/07/02/nota/6258349/internet-fijo-llega-36-hogares>
12. **ESPINOZA, Leonardo.** *"Electroencefalografía Inalámbrica Una mirada actual y propuesta de sistema portátil".* [En línea] Universidad Técnica Federico Santa María, Facultad de Informática, Valparaíso- Chile, 2016, pp 23-34 [Consulta: 12 de octubre de 2017.] Disponible en: [http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo323/2s15/projects/reports/LeonardoEspinosa\\_WirelessEEG.pdf](http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo323/2s15/projects/reports/LeonardoEspinosa_WirelessEEG.pdf)
13. **Espressif Systems.** *"Aprendiendo Arduino Wifi en Arduino".* [En línea] 2013. [Consulta: 14 de octubre de 2017.] Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/wifi/>
14. **Feed New.** *"Latch en el mundo IoT integrado con Mosquito MQTT Bróker"* [En línea] 2017. [Consulta: 15 de octubre de 2017.]. Disponible en: <http://www.sysguru.org/latch-en-el-mundo-iot-integrado-con-mosquito-mqtt-broker-mosquito-latch-iotelevenpaths/>
15. **Gabriela González.** *"Protocolo XMPP y donde se utiliza".* [En línea] 2014. [Consulta: 15 de octubre de 2017.]. Disponible en: <https://hipertextual.com/archivo/2014/07/protocolo-xmpp/>
16. **GARCIA, Bellon M.** *"Electroencefalografía en cuidados crítico",* Revista Electrónica Anestesiología, Vol. 5, pág. 233. [En línea] 28 de septiembre 2012. Disponible en: <http://anestesiologia.org/2012/electroencefalografia-en-cuidados-criticos/>
17. **GUEVARA MOSQUERA, Sergio Daniel.** *"Adquisición de Señales Electroencefalográficas para el Movimiento de un Prototipo de silla de Ruedas en un Sistema BCI (Tesis de Grado)".* [En línea]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Facultad de Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica, Cuenca – Ecuador. 2012. pp. 8-9. [Consulta: 10 de octubre de 2017]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3212/1/UPS-CT002509.pdf>
18. **INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo).** *Tecnologías de la Información y Comunicaciones.* [En línea] Ecuador, 2016. [Consulta: 13 de octubre de 2017.] Disponible en: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion\\_Tics\\_2016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion_Tics_2016.pdf)
19. **Instituto de Educación Secundaria Ramón Pignatelli.** *"Sistema Nervioso y Propagación de los impulsos eléctricos".* [En línea] 5 de abril de 2013. [Consultado: 4 de octubre de 2017.]. Disponible en: <http://agrega.educacion.es/repositorio/1406201>

[3/46/es\\_2013061412\\_9103939/SistemaNervioso/propagacin\\_del\\_impulso\\_nervioso.html](http://www.chw.net/2013/08/emotiv-insight-el-dispositivo-portatil-que-lee-tus-ondas-cerebrales/)

20. **LOSTAUNAU, Nelson.** “*Aparato inalámbrico monitorea la actividad del cerebro y la traduce en datos significativos que pueden ser interpretados*”. [En línea] 7 de agosto de 2013. [Consulta: 15 de octubre de 2017.]. Disponible en: <http://www.chw.net/2013/08/emotiv-insight-el-dispositivo-portatil-que-lee-tus-ondas-cerebrales/>
21. **MAILA, Edison Santiago.** “*Prototipo de silla de ruedas controlada mediante señales eléctricas producidas por el cerebro (Tesis de Grado)*”. [En línea] Universidad Tecnológica Equinoccial, Ingeniería Mecatrónica, Ecuador-Quito 2005. pp. 35-50. [Consulta: 3 de octubre de 2017.], Disponible en: [http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia\\_e\\_innovacion/vol3num7/Revista\\_de\\_Tecnologia\\_e\\_Innovaci%C3%B3n\\_V3\\_N7\\_13.pdf](http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol3num7/Revista_de_Tecnologia_e_Innovaci%C3%B3n_V3_N7_13.pdf)
22. **MAROTO ROMÁN, Sebastián.** “*Desarrollo de Aplicaciones basadas en WSN (Tesis de Grado)*”. [En línea], Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Informática, Valencia-España, 2010, pág. 65-80. [Consulta: 12 de octubre 2017.] Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8592/PFC%20-%20DESARROLLO%20DE%20APLICACIONES%20BASADAS%20EN%20WSN.pdf>
23. **MARZO, Rocio Alegre.** “*Interfaz Mental Para El Control de Aplicaciones. (Tesis de Pregrado)*”. [En línea] Universidad politécnica de Valencia. Ingeniería Informática, Valencia - España 30 de septiembre de 2013. [Consulta: 17 de octubre de 2017.]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/32734/Memoria.pdf?sequence=1>
24. **MERCADO, Daniel.** “*EcoloHosting Tecnología que ayudan a personas Discapacitadas*”. [En línea], EEUU ,3 de mayo 2013. [Consulta: 17 de octubre de 2017.]. Disponible en: <https://ecolohosting.com/8-tecnologias-que-ayudan-a-personas-discapacitadas/>
25. **MSP; & CONADIS.** “*Porcentajes por cada provincia en el Ecuador*”. [En línea] 2015. [Consulta: 15 de octubre de 2017.]. Disponible en: [http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/09/estadistica\\_conadis.pdf](http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/09/estadistica_conadis.pdf)
26. **National Instruments.** “*Red de Sensores Inalámbricos*” [En línea] 22 de abril de 2009. [Consulta: 5 de octubre de 2017.]. Disponible en: <http://www.ni.com/white-paper/7142/es/>
27. **OMS.** “*Informe Mundial sobre la Discapacidad*” [En línea] 13 de mayo de 2011. [Consultado: 15 de octubre de 2017.]. Disponible en: [http://www.who.int/disabilities/world\\_report/2011/summary\\_es.pdf?ua=1](http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/summary_es.pdf?ua=1)

28. **ORTEGA, Jordán; & PACHECO, Alejandro.** "*Propuesta a Punto de sistema de Electroencefalografía Portátil. (Tesis de Grado)*" [En línea] Universidad de La Laguna, Facultad de Electrónica, Santa Cruz-España, 2015, pág. 34-40. [Consulta: 13 de octubre de 2017.] Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/967>
29. **PALACIOS L.; & PALACIOS. E.** "*La epilepsia a través de los siglos.*" Bogotá: Horizonte, 1999.pp 84-100. [En línea]Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/recis/v1n1/v1n1a9.pdf>
30. **Philips & Accenture.** Emotiv. [En línea] California-USA, 2017. [Consulta: 12 de octubre 2017] Disponible en: <https://www.emotiv.com/brain-controlled-technology/>.
31. **PRIETO, Alberto; et al.** "*Brain Computer Interfaces (BCI).*" [En línea] Buenos Aires-Argentina, 2013. [Consulta: 5 de octubre de 2017.] Disponible en: [https://atc.ugr.es/pages/docencia/no\\_reglada/tendencias\\_ic/media/doc/bci\\_aprieto\\_julio2013\\_v1/%21](https://atc.ugr.es/pages/docencia/no_reglada/tendencias_ic/media/doc/bci_aprieto_julio2013_v1/%21)
32. **RAPETTI, Gabriel.** "*Introducción al OSC (Open Sound Control)*" [En línea] 2010. [Consultado: 15 de octubre de 2017.]. Disponible en: <https://www.inventable.eu/2010/08/03/introduccion-al-osc-open-sound-control-primer-parte/>
33. **REILLY, O.** "*The Definitive Guide Creating and Administering Wireless Networks (Estándares Inalámbricos)*". [En línea] 6 de agosto de 2015. [Consulta: 6 de octubre de 2017.]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Est%C3%A1ndares\\_Inal%C3%A1mbricos](https://www.ecured.cu/Est%C3%A1ndares_Inal%C3%A1mbricos)
34. **SENPLADES.** "*Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo*". [En línea] 2013, pp. 160-167. [Consulta: 2 de octubre de 2017.] Disponible en: <http://www.buenvivre.gob.ec/objetivo-4.-fortalecer-las-capacidades-y-potencialidades-de-la-ciudadania>
35. **SLANZI GINO, Alessandro.** "*Estudio del Impacto del Uso de Electroencefalograma en la Identificación de Website Key Objets (Tesis de Grado)*". [En línea] Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago de Chile, 2014. pág. 45-67 [Consulta: 14 de octubre de 2017.] Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131815/Estudio-del-impacto-del-uso-de-electroencefalograma-en-la-identificacion-de-website-keyobjects.pdf?sequence=1>.
36. **SparkFun.** "*Sparfkfun Start Something Wi-Fi MOdule'ESP8266*". [En línea] 2017. [Consulta: 17 de octubre de 2017]. Disponible en: <https://www.sparkfun.com/products/13678>
37. **VALAREZO, María Cristina.** "*Ministerio de Inclusión Económica y Social*". [En línea] Quito-Ecuador ,5 de julio de 2013, p.10-12. [Consultado: 2 de octubre de 2017.]. Disponible en: <http://www.inclusion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/Modelo-de-Atenci%C3%B3n-de-Discapacidades.pdf>

- 38. VIALFA, Carlos.** “*Redes Inalámbricas*”. [En línea] 27 de Julio de 2017. [Consulta: 5 de octubre de 2017.] Disponible en: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalámbricas>
- 39. WASHO, Carnoa.** “*Inseguridad en Tecnologías de Ondas cerebrales*”. [En línea] 2016 Consulta: 5 de octubre del 2017]. Disponible en: <http://www.antrono.cl/threads/inseguridad-en-tecnolog%C3%ADas-de-ondas-cerebrales-eeg.1227253/>

## ANEXOS

### ANEXO A. DATASHEET DE EMOTIV INSIGHT

#### Especificaciones



# Emotiv Insight

## Brain Activity Tracker

A sleek, 5 channel, wireless headset that records and translates your brainwaves into meaningful data you can understand.

 EDISON AWARDS

**Emotiv Insight** is the only device on the market that offers 5 EEG + 2 reference sensors for a higher spatial resolution that provides you with more in depth information on your brain activity.

**Optimize, Measure & Create**

- Optimize your brain fitness and performance.
- Measure you or your family's cognitive health and wellbeing.
- Create amazing applications with our APIs and analysis tools.

**Detect Performance**  
Insight measures and tracks your Attention, Focus, Engagement, Interest, Excitement, Affinity, Relaxation and Stress levels.

**Detect Mental Commands**  
Insight deciphers basic mental commands such as push, pull, levitate, rotate and hard to visualize commands such as disappear.

**Detect Facial Expressions**  
Insight detects facial expressions such as blinks, winks, frown, surprise, clench and smile.

**Sensor Technology**  
Insight uses a proprietary polymer sensor that offers great electrical conductivity without any preparation whatsoever.

**Advanced Electronics**  
Insight uses advanced electronics that are optimized to produce clean, robust signals during everyday use.

**Compatibility**  
Insight is compatible with Mac, Android, and Windows Platforms. iOS and Linux coming soon.

---

#### Technical Specifications

<b>Signals</b> 5 channels: AF3, AF4, T7, T8, Pz 2 references: Left Mastoid Process	<b>Wireless Data transmission</b> Bluetooth 4.0 LE Proprietary wireless, 2.4GHz band	<b>Signal Resolution</b> Data transmission rate: 128 or 256 samples per second per channel
<b>Battery</b> Internal Lithium Polymer battery 480mAh, 4 hours minimum run time	<b>Motion Sensor</b> 9 axis sensor (3x gyro, 3x accelerometer, 3x magnetometer)	<b>Minimum voltage resolution:</b> 0.51uV least significant bit
		<b>Frequency response:</b> 0.5-43Hz

## ANEXO B. MÓDULO ESP8266 NodeMCU

### Características

#### 1.2. Features

- 802.11 b/g/n
- Integrated low power 32-bit MCU
- Integrated 10-bit ADC
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- Supports antenna diversity
- WiFi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
- Support STA/AP/STA+AP operation modes
- Support Smart Link Function for both Android and iOS devices
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IR Remote Control, PWM, GPIO
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4s guard interval
- Deep sleep power <10uA, Power down leakage current < 5uA
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)
- +20 dBm output power in 802.11b mode
- Operating temperature range -40C ~ 125C
- FCC, CE, TELEC, WiFi Alliance, and SRRC certified

### Mejores Aplicaciones



## 1.5. Major Applications

Major fields of ESP8266EX applications to Internet-of-Things include:

- Home Appliances
- Home Automation
- Smart Plug and lights
- Mesh Network
- Industrial Wireless Control
- Baby Monitors
- IP Cameras
- Sensor Networks
- Wearable Electronics

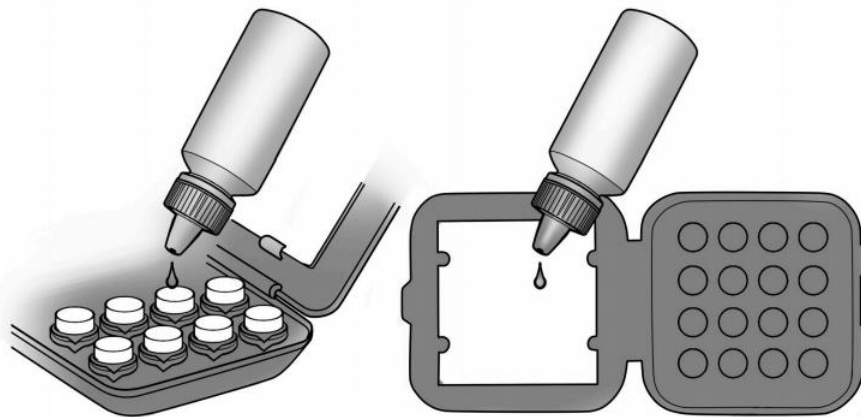
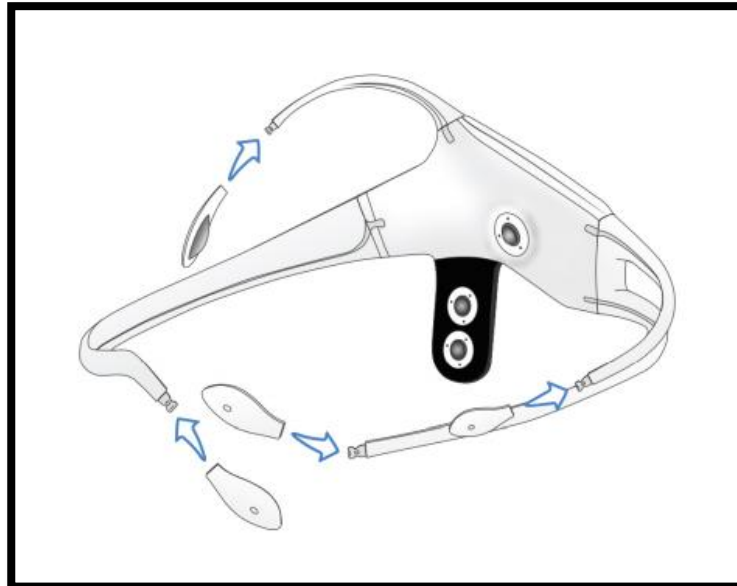
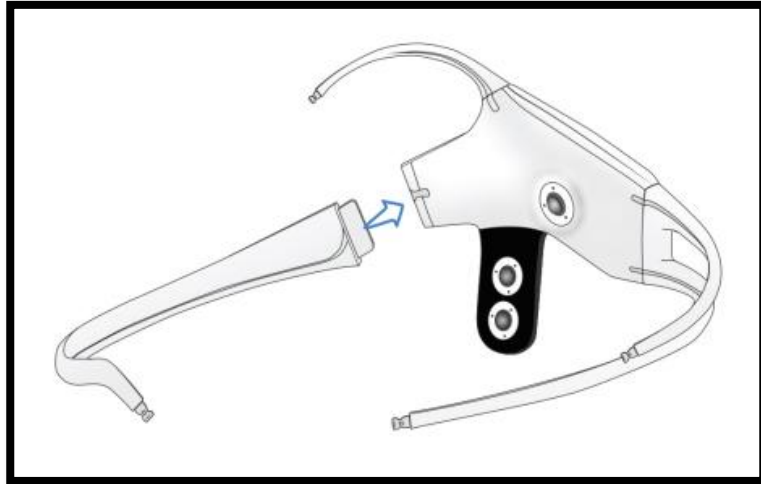
### Características Eléctricas

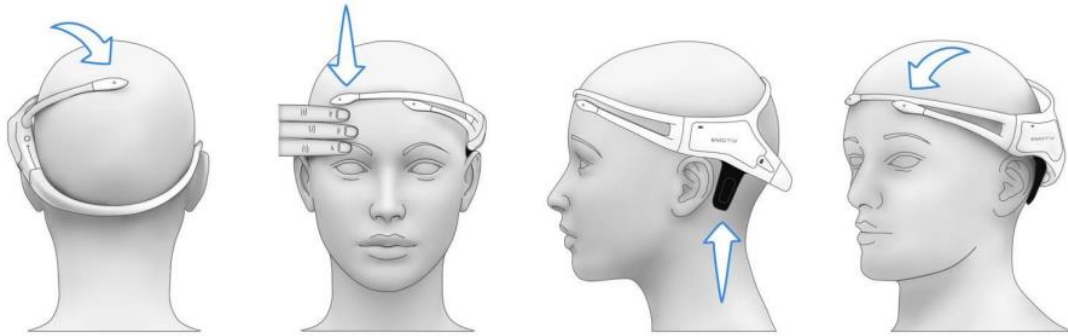
Parameters		Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Storage Temperature Range			-40	Normal	125	°C
Maximum Soldering Temperature		IPC/JEDEC J-STD-020			260	°C
Working Voltage Value			3.0	3.3	3.6	V
I/O	$V_{IL}/V_{IH}$		-0.3/0.75 $V_{IO}$		0.25 $V_{IO}$ /3.6	V
	$V_{OL}/V_{OH}$		N/0.8 $V_{IO}$	0.1 $V_{IO}$ /N		
	$I_{MAX}$				12	mA
Electrostatic Discharge (HBM)		TAMB=25°C			2	KV
Electrostatic Discharge (CDM)		TAMB=25°C			0.5	KV

### Sensibilidad de Recepción

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412		2484	MHz
Input impedance		50		$\Omega$
Input reflection			-10	dB
Output power of PA for 72.2Mbps	15.5	16.5	17.5	dBm
Output power of PA for 11b mode	19.5	20.5	21.5	dBm
Sensitivity				
DSSS, 1Mbps		-98		dBm
CCK, 11Mbps		-91		dBm
6Mbps (1/2 BPSK)		-93		dBm
54Mbps (3/4 64-QAM)		-75		dBm
HT20, MCS7 (65Mbps, 72.2Mbps)		-72		dBm
<b>Adjacent Channel Rejection</b>				
OFDM, 6Mbps		37		dB
OFDM, 54Mbps		21		dB
HT20, MCS0		37		dB
HT20, MCS7		20		dB

**ANEXO C. INSTRUCCIONES PARA ARMAR EMOTIV INSIGHT**





## ANEXO D. DATASHEET DEL MÓDULO RELE

鼎特力材料 86-0-3753170  
 鼎特力电子 L1 86-21-84970699  
 鼎特力电子 深圳 86-755-83298787  
[Http://www.10by.com.tw](http://www.10by.com.tw)

RELAY ISO9002	SRD	
---------------	-----	--

**1. MAIN FEATURES**

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
  - Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

**2. APPLICATIONS**

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.  
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

**3. ORDERING INFORMATION**

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Lead	Contact form
SRD	03 05 06 08 12 24 48 VDC	S-Standard type	L-0.3W	A-1 form A B-1 form B C-1 form C
	F-Flux Free type	F10.45W		

**4. RATING**

CCC FILE NUMBER:CCC03001003729 7A/240VDC  
 CCC FILE NUMBER:CCC03001003731 10A/250VDC  
 UL/CUL FILE NUMBER: E167996 10A/125VAC 28VDC  
 TUV FILE NUMBER: R50056114 10A/250VAC 30VDC

**5. DIMENSION<sub>(unit:mm)</sub> DRILLING<sub>(unit:mm)</sub> WIRING DIAGRAM**

### 6. COIL DATA CHART (AT20 ° C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) □	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75%Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	08	08	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
SRD (Standard)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1200				
	48	48	10	4500	abt. 0.51W			

### 7. CONTACT RATING

Item	Type	
	FORM C	SRD FORM A
Contact Capacity	7A	10A 30VDC
Resistive Load (cosφ=1)	30VDC	10A 240VAC
Inductive Load (cosφ=0.4 L/R=7msec)	10A 125VAC	5A 120VAC
	250VAC	5A 28VDC
Max. Allowable Voltage	3A 120VAC	250VAC/110VDC
	3A 28VDC	120VAC/30VDC
Max. Allowable Power Factor	250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
	30VAC/240W	120VAC/300W
Contact Material	AgCdO	AgCdO

**8. PERFORMANCE (at initial value)**

Item	Type	SRD
Contact Resistance		100mΩ Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength	Between-coil & contact	1500VAC 50/60HZ (1 minute)
	Between contacts	1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance		100 MΩ Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching Mechanically		300 operation/min
	Electrically	30 operation/min
Ambient Temperature		-25℃ to +70 °C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Endurance		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
	Error Operation	
Shock		100G Min.
	Error Operation	
Life Expectancy		10 <sup>6</sup> Min.

### 9. REFERENCE DATA

