



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Departamento de Tecnología.

Diseño de sistema electrónico de Monitoreo y Rehabilitación Motora, a través de las condiciones psicomotoras presentes en niños diagnosticados con Síndrome de West, en la ciudad de Managua, Diciembre 2020.

Seminario de Graduación como requisito final para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Autoría:

María Mercedes Rizo Balladares.

Tutor:

MSc. Milcíades Ramón Delgadillo Sánchez.

Asesor Metodológico:

MSc. Karen María Acevedo Mena.

Asesor Médico:

Dra. Ivette Auxiliadora Pilarte Centeno.

Dr. José Ramón Leiva.

Managua, Diciembre 2020.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Departamento de Tecnología.

Diseño de sistema electrónico de Monitoreo y Rehabilitación Motora, a través de las condiciones psicomotoras presentes en niños diagnosticados con Síndrome de West, en la ciudad de Managua, Diciembre 2020.

Seminario de Graduación como requisito final para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Autoría:

María Mercedes Rizo Balladares.

Tutor:

MSc. Milcíades Ramón Delgadillo Sánchez.

Asesor Metodológico:

MSc. Karen María Acevedo Mena.

Asesor Médico:

Dra. Ivette Auxiliadora Pilarte Centeno.

Dr. José Ramón Leiva.

Managua, Diciembre 2020.

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza y perseverancia para continuar en este proceso de poder aportar mis conocimientos y experiencias a una causa social, así mismo tener la grata oportunidad de culminar una etapa más de mi vida y recibir uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en un ejemplo a seguir. Es un orgullo y privilegio ser su hija, son los mejores padres.

A mis hermanos (a) por estar siempre presentes, incentivándome a seguir adelante y a dar el ciento por ciento de mis capacidades para marcar un paso más hacia nuevas oportunidades y proyectos de vida, por el apoyo moral que me brindaron.

A todas las personas que han sido parte fundamental para el análisis y la validación médica de este proyecto investigativo, permitiendo que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por glorificar mi vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Martín Rizo y María Teresa Balladares. Mis hermanos, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mi esposo: Jairo González e hijo: Ángel González Rizo, por su paciencia, amor, apoyo y orgullo de creer en mis capacidades y de darme el valor de continuar por encima de las adversidades que conlleva una disciplina, ejercida mayormente por hombres.

Agradezco a mis docentes del Departamento de Tecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, a los familiares de nuestro principal protagonista **J.J.R** por su valiosa confianza, tiempo y aporte.

Mi total admiración a **J.J.R** por ser un ejemplo de amor a la vida, de constancia, de fuerza y valor para vivir cada día contra viento y marea, como si fuera el último día. Brindando alegría y felicidad a esos ángeles que te rodean y de los cuales aprenden lo mejor de ti.

Valoración del Docente

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

Managua, diciembre del 2020

MSc. Elim Campos

Director

Departamento de Tecnología

Estimado Maestro:

El motivo de la presente es para comunicarle que he guiado, orientado y revisado el trabajo de Seminario de Graduación elaborado por el bachiller: María Mercedes Rizo Balladares de la carrera de Ingeniería Electrónica, el cual lleva por título: **TEMA: Diseño de sistema electrónico de Monitoreo y Rehabilitación Motora, a través de las condiciones psicomotoras presentes en niños diagnosticados con Síndrome de West, en la ciudad de Managua, Diciembre 2020.**

No omito manifestarle que hemos seguido el proceso de elaboración del documento y consideramos que cumple con los requisitos establecidos por la Universidad. Por lo tanto, solicito realizar trámites requeridos para el proceso de defensa y titulación.

Sin más a que referirme, le saludo cordialmente.

Atentamente,

MSc. Milcíades Delgadillo

Tutor

Resumen

El presente documento pretende informar al lector, en el análisis y proyección de la propuesta para el diseño de un sistema electrónico para el monitoreo de convulsiones y a la vez de rehabilitación motora para un niño menor de edad, identificado como Paciente S.W, diagnosticado con Síndrome de West a sus cinco meses de vida, en un hospital capitalino, en el año 2016. La finalidad del proyecto es realizar un monitoreo que permita mantener en vigilia constante los espasmos del paciente S.W, y poder avisar a los familiares mediante un sistema de alarma en caso de una variación que pueda perjudicar la salud del infante. Paralelo a ello se contribuirá a mediano plazo, con un mecanismo electrónico para la rehabilitación motora, e integrar un sistema emergente de reanimación incluyendo oxigenoterapia a través del método por electrolisis, como apoyo a las crisis. El sistema se compone de dos fases, experimental y simulado: Fase de monitoreo y fase de rehabilitación.

Palabras claves:

Síndrome de west, biomedicina, monitoreo, rehabilitación, oxigenoterapia.

Índice

1	Introducción	1
2	Antecedentes	2
3	Planteamiento del Problema.	4
4	Justificación	6
5	Objetivos	7
5.1	General	7
5.2	Específicos	7
6	Marco Teórico	8
6.1	Síndrome de West.	8
6.1.1	<i>Clasificación.</i>	8
6.1.2	<i>Etiología.</i>	9
6.1.3	<i>Fisiopatología.</i>	9
6.1.4	<i>Manifestaciones Clínicas.</i>	10
6.1.5	<i>Diagnostico Diferencial.</i>	11
6.1.6	<i>Tratamiento.</i>	12
6.2	Métodos Terapéuticos.	13
6.2.1	<i>Terapias complementarias.</i>	13
6.3	Herramientas electrónicas y Tecnológicas encaminadas al Diagnóstico Clínico, Monitoreo Eficaz y Tratamiento Terapéutico implementadas en pacientes con S.W.	22
6.3.1	<i>Instrumentos para el diagnóstico clínico.</i>	22
6.3.2	<i>Dispositivos para el monitoreo.</i>	30
6.3.3	<i>Aplicación de las nuevas tecnologías para la rehabilitación.</i>	34
6.3.4	<i>Robótica y Realidad Virtual para neurorrehabilitación.</i>	35
6.4	Especificaciones técnicas de los dispositivos a utilizar en el diseño y simulación del Sistema Electrónico de monitoreo.	37
6.4.1	<i>Sistema Electrónico de monitoreo.</i>	37
6.4.2	<i>Sistema Electrónico de rehabilitación.</i>	43
7	Diseño Metodológico	45
7.1.	Tipo de estudio:	45
7.2.	Universo:	45
7.3.	Área de estudio:	46
7.4.	Población y Muestra:	46
7.4.1	<i>Muestreo:</i>	47
7.5.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos:	47

7.6. Procedimientos para la recolección de datos:	47
7.6.1. <i>Datos incluidos en el Formato de Entrevista:</i>	48
7.7. Matriz de definición u operacionalización de variables:	49
7.8. Plan de análisis y procesamiento de datos e información:	51
8 Desarrollo	52
8.1 Descripción de las señales y variables físicas durante convulsiones, para tratamiento y modelación en el monitoreo del paciente S.W.	52
8.1.1 <i>Fundamento del Diagnóstico.</i>	52
8.1.2 <i>Tratamiento y Modelación de la señal.</i>	59
8.1.3 <i>Parámetros puntuales fuera del EEG.</i>	62
8.1.4 <i>Posibles secuelas o daños severos.</i>	64
8.2 Descripción de las metodologías médicas que permitan la integración terapéutica al sistema de rehabilitación automática.	66
8.2.1 <i>Método de Bobath.</i>	66
8.2.2 <i>Método Kabat o de los movimientos complejos.</i>	68
8.2.3 <i>Método de Rood.</i>	69
8.2.4 <i>Patrones básicos del movimiento.</i>	70
8.2.5 <i>Puntos claves.</i>	71
8.3 Diseño del sistema electrónico para el monitoreo de convulsiones del paciente S.W.	72
8.3.1 <i>Lógica del sistema electrónico para el monitoreo.</i>	73
8.3.2 <i>Hardware.</i>	77
8.3.3 <i>Circuito general del sistema de monitoreo.</i>	83
8.3.4 <i>Diagrama de Flujo de programación del sistema de monitoreo.</i>	86
8.4 Simulación mediante software del sistema electrónico para la rehabilitación motora del paciente, con integración de mecanismo emergente ante una convulsión.	91
8.4.1 <i>Lógica del sistema electrónico para rehabilitación motora.</i>	91
8.4.2 <i>Integración de las metodologías medicas terapéuticas al sistema de rehabilitación.</i>	92
8.4.3 <i>Generador de oxígeno por Electrolisis.</i>	94
8.4.5 <i>Simulación 3D de la silla de ruedas.</i>	96
8.5 Resultados	99
8.5.1 <i>Simulación del circuito equivalente al sensor de frecuencia cardiaca.</i>	99
8.5.2 <i>Simulación del circuito Tx. (Maestro).</i>	99
8.5.3 <i>Simulación del circuito Rx. (Esclavo).</i>	100
8.5.3 <i>Simulación del sistema en general.</i>	101
9 Conclusiones	102

10 Recomendaciones	103
10.2 Recomendaciones de seguridad.	104
10.1 Recomendación Médica.	105
11 Bibliografía	106
12 Anexos	108
12.1 Forma de la señal recolectada por el Pulsómetro.	108
12.2 Señal Tratada y digitalizada por el Pulsómetro.	108
12.3 Tarjeta de atención integral.	108
12.4 Casa de habitación del paciente.	109
12.5 Formato de entrevista a familiar del paciente.	110
12.6 Formato de entrevista a Neuro fisiatra.	112
12.7 Tabla de costos de producción del sistema electrónico de monitoreo.	113
12.8 Video de consulta externa para valoración a paciente. (en archivo)	113

Índice de Figuras.

Figura. 01 EEG en Fase de Sueño.	8
Figura. 02 TEP con alta actividad cerebral.....	10
Figura. 03 Espasmo Infantil.....	10
Figura. 04 EEG de vigilia interictal de lactante 5 meses.....	11
Figura. 05 Ejercicio de flexión de miembros superiores.	14
Figura. 06 Sesión de Hidroterapia, a paciente PCI.....	16
Figura. 07 Fases del Método de Padovan.	19
Figura. 08 Kinesiología para lograr Gestos Motores.....	20
Figura. 09 Practica del NeurofeedBack.....	21
Figura. 10 Electroencefalógrafo.	23
Figura. 11 A. Esquema y B. colocación de electrodos de contacto.....	24
Figura. 12 Colocación electrodos de malla.	25
Figura. 13 Montaje para un registro monopolar.....	26
Figura. 14 Montaje registro bipolar.....	26
Figura. 15 Montajes Recomendados para EEG.....	28
Figura. 16 Resonador Magnético y sus componentes.	29
Figura. 17 Vista en 3D del cuerpo humano en una Resonancia Magnética.	30
Figura. 18 Electro miógrafo.	31
Figura. 19 Estimulación del Nervio Túnel Carpiano.....	32
Figura. 20 Estimulación del nervio mediano.....	32
Figura. 21 Sensor de Cama.....	33
Figura. 22 Sensor portable de muñeca.	34
Figura. 23 A) Soporte manual, artesanal. B) Soporte electrónico.....	34
Figura. 24 Zuatzu, ejemplo de tecnología para la rehabilitación.....	36
Figura. 25 Sistema de Rehabilitación Amadeo.	37
Figura. 26 Pulsómetro.	38
Figura. 27 Vista de frente sensor LM35	38
Figura. 28 Partes internas Atmega328P.	39

Figura. 29 Modulo HC-05.	40
Figura. 30 Esquema del diodo Led.	41
Figura. 31 Esquema electrónico Buzzer.	41
Figura. 32 Partes internas del Módulo LCD.	42
Figura. 33 Partes internas, Modulo adaptador LCD.	42
Figura. 34 Proceso de Electrolisis.	43
Figura. 35 Ubicación geográfica Jonathan González.	46
Figura. 36 Campo de Investigación - ubicación.	46
Figura. 37 Registro EEG ejecutado 26 marzo 2019.	60
Figura. 38 Actividad Theta registrada en EEG.	61
Figura. 39 Daño Cerebral.	65
Figura. 40 Terapia de postura, Supino.	67
Figura. 41 Punto clave distal, Tobillo-Pies.	68
Figura. 42 Cepillado rápido.	69
Figura. 43 Habilidades Motora Gruesa.	71
Figura. 44 puntos claves.	72
Figura. 45 Colocación del Sensor Pulsómetro.	77
Figura. 46 Diodo Emisor.	79
Figura. 47 Fotodiodo.	79
Figura. 48 Amplificador Transimpedancia.	80
Figura. 49 Esquema de filtro pasa alto.	80
Figura. 50 Amplificador operacional y filtro paso bajo	80
Figura. 51 Amplificador seguidor no inversor.	81
Figura. 52 Diagrama del Diodo Zener.	81
Figura. 53 Amplificador comparador.	81
Figura. 54 Simulación electrónica sistema monitoreo.	85
Figura. 55 Diagrama electrónico del circuito maestro.	89
Figura. 56 Montaje en físico del circuito maestro.	89
Figura. 57 Diagrama electrónico del circuito esclavo.	90

Figura. 58 Montaje en físico Circuito esclavo.....	90
Figura. 59 Inhibición Refleja, flexión de cabeza.....	93
Figura. 60 Flexión de piernas.	93
figura. 61 sistema de administración de O ₂	96
figura. 62 representación gráfica silla estándar.	96
figura. 63 modo verticalizador, vista en plano lateral derecho.....	97
figura. 64 silla de ruedas vista en plano frontal.....	97
Figura. 65 Silla de ruedas vista en plano lateral izquierdo.....	98
Figura. 66 Generador de oxígeno.	98
Figura. 67 paciente S.W, prueba experimental circuito Tx.....	100
Figura. 68 paciente S.W, prueba experimental, circuito Rx.....	100
Figura. 69 Forma de la señal analógica de pulso cardiaco.	108
Figura. 70 Forma de la señal digitalizada de pulso cardiaco.....	108
Figura. 71 Tarjeta de control paciente.	108
Figura. 72 Vivienda vista de frente.	109
Figura. 73 Vivienda vista interna.	109

Índice de Tablas.

Tabla 01. Canales para usar para montaje de EEG.....	27
Tabla 02. Matriz MOVI.....	49
Tabla. 03 Diagnóstico Clínico de paciente con S.W.	54
Tabla. 04 Comparación de parámetros.	61
Tabla. 05 Parámetros durante crisis convulsiva.	63
Tabla. 06 Costos de producción sistema electrónico de monitoreo.	113

Índice de Diagramas.

Diagrama. 01 Representación de bloques del sistema de monitoreo.	73
Diagrama. 02 Representación lógica del Pulsómetro.....	74
Diagrama. 03 Representación lógica del circuito Tx.	75
Diagrama. 04 Representación lógica del circuito Rx.	76
Diagrama. 05 Representación lógica de programación Sistema de monitoreo.	86
Diagrama. 06 Representación de bloques del sistema electrónico de rehabilitación motora.....	91
Diagrama. 07 Representación lógica del sistema de rehabilitación motora.	92

1 Introducción

El Síndrome de West (S.W.) es una encefalopatía epiléptica, caracterizada por la tríada electroclínica de espasmos epilépticos, retardo del desarrollo psicomotor y patrón electroencefalográfico de hipsarritmia en el electroencefalograma. (Revista Neurológica 2011, p52).

El presente documento está orientado a informar acerca de la realización del diseño de un Sistema Electrónico para el Monitoreo de convulsiones y Rehabilitación motora en infantes con S.W.

La investigación de campo se ampliará específicamente en el caso de un paciente menor de edad, residente del barrio capitalino Jonathan González quien presentó espasmos infantiles a los cinco meses de edad. Por situación económica de la familia y a la falta de organismos o centros de apoyo ante esta enfermedad en el país, carece de un debido custodio y rehabilitación de su condición motora.

Se abordará resumen clínico del paciente con el fin de describir el escenario actual de salud, así mismo se dará a conocer métodos y herramientas tecnológicas que aporten al tratamiento terapéutico de esta afección neurológica.

Posterior se diseñará sistema electrónico para el monitoreo de convulsiones/estimulador muscular, a través de softwares que permitan integrar y simular las diferentes etapas del desarrollo del sistema en general.

Se elaborará el prototipo del sistema de monitoreo para medir las diferentes variables físicas presentes en una crisis convulsiva y finalmente se pondrá a prueba con el fin de validar el correcto funcionamiento.

2 Antecedentes

Las referentes investigaciones que se incluyen a continuación se han realizado previamente con diferentes directrices, pero se toman en cuenta como punto de partida para fundamentar el proyecto en estudio.

En Latinoamérica se ha aprovechado el avance tecnológico para desempeñar una serie de investigaciones en el ámbito médico, que permiten dar auge a nuevos tratamientos eficaces y fáciles de aplicar.

Actualmente la Ingeniera Biomédica (Llanos Mora, 2020) tuvo el objetivo de desarrollar un sistema inalámbrico que permitiera predecir crisis epilépticas en pacientes adultos de una clínica de Lima-Perú, mediante los síntomas sensoriales pre ictales (antes de una convulsión) agregando una serie de sensores que serían los encargados de recolectar información de los signos vitales del paciente. Los datos obtenidos se enviarían vía SMS al personal asistencial con el fin de tomar diferentes acciones en referencia a tratamientos farmacológicos.

Para (Salazar Neyra, 2020) esta oportunidad no se hizo esperar, tuvo la iniciativa de proponer un sistema generador de señales eléctricas, como tratamiento ante los dolores musculares ocasionados por el estrés. Partiendo de que este es un problema que la mayoría de las personas lo padecen, y que con la técnica de aplicar calor y frío en zonas específicas se puede minimizar el dolor.

Señala que en el Perú los estudios sobre la aplicación de la electroestimulación para el alivio de dolores, combinada con técnicas de fisioterapia ayuda al fortalecimiento y reducción de dolor producido por lesiones lumbares, sin demostrar efectos secundarios negativos.

Concluyó que la electroestimulación transcutánea nerviosa es eficaz en comparación con los medicamentos para el alivio de dolor.

Hoy en día el síndrome de West representa una de las formas de epilepsia más grave que puede acontecer en la edad infantil ocupando quizás el segundo lugar de severidad detrás de la epilepsia mioclónica severa de la infancia. Su conocimiento clínico remonta a la primera mitad del siglo XIX cuando se hace una descripción inicial en la prestigiosa revista Lancet, el 26 de enero de 1841, en una carta de W.J West en la que relata las manifestaciones presentadas en su propio hijo de 4 meses de edad.

No fue hasta 1960 en el IX coloquio de Marsella que se le designa el epónimo de síndrome de West. Casi 100 años después Gibbs traduce los hallazgos electroencefalográficos de la patología y hacen mención del término hirsarritmia.

Se caracteriza por una triada clásica de espasmos infantiles, trazado electroencefalográfico hirsarrítmico y retraso o detención del neurodesarrollo. Aunque este último no es imprescindible para el diagnóstico.

Su incidencia ha sido estimada entre 1:4,000 a 1:6,000 nacidos vivos. Se puede presentar en cualquier etnia y tiene discreto predominio en los varones, anualmente se estima que 2 millones de nuevos casos son diagnosticados en todo el mundo. (Cristina Herrera Dir. de Com. F.S.W., 2019).

Según (Arroyo, 2018) señala que el tratamiento farmacológico consiste principalmente en la administración de anticonvulsivos (Acido Valproico, Vigabatrin, Benzodiazepinas) con el fin de evitar mayor daño cerebral. Tuvo como objetivo describir el S.W. ampliamente, puesto que presentan algún tipo de deterioro neurológico ya sea cognitivo o motor, para lo cual la fisioterapia, terapia ocupacional y la estimulación temprana ayudan a superar el retraso motor o cognitivo y así mejorar la calidad de vida de los niños que la padecen.

3 Planteamiento del Problema.

Cada día somos más conscientes de que el desarrollo del cerebro del niño no depende solamente de su genética y que este desarrollo no viene dado con el nacimiento. Sino que se produce gracias a cada experiencia brindada al bebé por su entorno. Para que las neuronas con las que nace el bebé se activen y funcionen son necesarios gran cantidad y calidad de estímulos de todo tipo (sonoros, visuales, táctiles, olfativos, gustativos y de movimiento).

El Síndrome de West es una forma severa de epilepsia dependiente de la edad, que se asocia a espasmos infantiles, hipsarritmia y un retraso o detención en el desarrollo psicomotor. A pesar de los avances médicos aún se conoce poco sobre su fisiopatología y su etiopatogenia, siendo una patología de difícil manejo.

En el presente estudio se ha abordado el caso de un infante de cuatro años, diagnosticado con esta condición a los cinco meses de edad y tratado por medico neurólogo de base del Hospital Militar Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños. Debido al poco conocimiento de tal padecimiento, en el país (también a nivel centroamericano) no existe tratamiento o mecanismo terapéutico y tecnológico específico que aporte a la mejoría motora, en centros especializados de rehabilitación existe la carencia de equipos electrónicos que sean usados para estimular los nervios de los músculos en miembros superiores e inferiores.

Así mismo los problemas económicos que los familiares enfrentan, ya que por su condición deben proporcionar una dieta balanceada, utensilios de higiene de primera necesidad, medicamentos que no siempre los facilita el hospital. Y sin dejar de mencionar las diferentes enfermedades (entre ellas respiratorias) a las que está expuesto debido a su sistema inmune deficiente.

Otra parvedad que afrontan es la asistencia eficaz ante una crisis convulsiva, ya que a veces el niño se encuentra dormido sea en la habitación o en la sala de la vivienda y en ocasiones entre las doce de la media noche y tres de la madrugada presenta espasmos de hasta diez minutos o espasmos repetitivos en lapsos de cinco minutos durante una hora e ignorando la situación debido a la carencia de una herramienta visual o auditiva que indique lo que está ocurriendo para poder asistir al niño.

Dado que cada crisis desencadena una serie de comportamientos neuro físicos que van degradando la salud mental, así mismo un sinnúmero de neuronas se dañan provocando lesiones en el área afectada, y estas a su vez inducen a la desactivación de los nervios que controlan la estructura muscular, ocasionando hipotonía.

Pero, basándonos en los conocimientos eléctricos-electrónicos, y el aprovechamiento de las nuevas tecnologías:

¿De qué manera podemos controlar las crisis convulsivas? O ¿Qué medidas podemos tomar en casa para minimizar el riesgo de daño neurológico y psicomotor a mayor escala? Y ¿Cómo podemos prevenir la Hipotonía Muscular?

4 Justificación

La electromedicina es la especialidad de las Ciencias de la Salud que estudia y analiza el cuidado de la Salud desde el punto de vista de la Tecnología sanitaria. Consiste en la correcta planificación, aplicación y desarrollo de equipos y técnicas utilizadas en los exámenes y tratamientos médicos, así como el control de calidad de los equipos empleados y el control y prevención de los riesgos asociados.

El retraso psicomotor es común, incluso antes de la aparición de los espasmos, la detección de un grado variable de retraso psicomotor se evidencia a edad temprana. Entre los signos importantes de deterioro se encuentran: la pérdida del seguimiento visual, de la prensión voluntaria de los objetos, retardo mental y la aparición de hipotonía muscular. La terapia ocupacional tiene como objetivo mejorar las capacidades funcionales del niño con Síndrome de West. Se busca corregir el déficit motor lo que implica control cefálico, de tronco, bipedestación y marcha, así mismo prevenir las deformidades.

La falta de seguimiento en hospitales y centros especializados es inminente debido a la casi nula disponibilidad de quipos tecnológicos, autómatas o eléctricos e inclusive mecánicos y a la gran demanda de atención por parte de pacientes con otras afecciones.

Tomando en cuenta el aporte de la electromedicina y debido a las necesidades que se estiman en pacientes con S.W, se ha propuesto el diseño un Sistema Electrónico de monitoreo y rehabilitación motora, que permita vigilar las crisis y maximizar las intervenciones terapéuticas para mejorar significativamente la calidad de vida tanto para los familiares, como para el paciente. Para ello se describirán distintas áreas del desempeño psicomotor a través del diagnóstico clínico del infante objeto de investigación.

Se pretende desarrollar sistema de medición de las variables fisiológicas variantes durante una crisis, diseñar y acoplar maniobras físicas a un sistema hidráulico-electrónico que realice estimulación a los nervios de músculos en miembros superiores e inferiores, también agregar un sistema de primeros auxilios ante convulsiones prolongadas.

5 Objetivos

5.1 General

- ▶ Diseñar un Sistema Electrónico de monitoreo y rehabilitación motora, a través de las condiciones psicomotoras presentes en niños diagnosticados con Síndrome de West, en la ciudad de Managua, Diciembre 2020.

5.2 Específicos

- Describir los tipos de señales y variables fisiológicas durante una convulsión, para tratarlas y modelarlas en el monitoreo del paciente S.W.
- Describir las metodologías médicas que permitan la integración terapéutica a un sistema de rehabilitación automática.
- Diseñar Sistema electrónico para el monitoreo de crisis convulsivas de paciente S.W.
- Simular mediante software el funcionamiento del sistema electrónico para la rehabilitación motora del paciente S.W, con integración de mecanismo emergente ante una convulsión.

6 Marco Teórico

El siguiente acápite detalla conceptos, términos, técnicas, vocabularios y frases, que se encontrarán a lo largo del avance de este escrito, para una mejor comprensión del lector.

6.1 Síndrome de West.

Es una encefalopatía epiléptica¹ dependiente de la edad caracterizada por espasmos epilépticos, retardo del desarrollo psicomotor y patrón electroencefalográfico de hipsarritmia² en el electroencefalograma, aunque uno de estos elementos puede estar ausente. (Lancet, 1841).

La **Figura.01** muestra un Electroencefalograma durante la fase REM del sueño. El diagnóstico de síndrome de West se realiza mediante la detección de hipsarritmias en el EEG, desapareciendo estas durante esta fase del sueño.

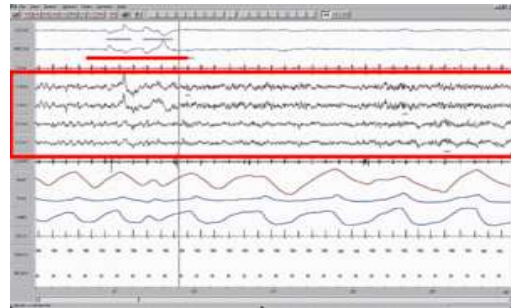


Figura. 01 EEG en Fase de Sueño.

Fuente: (Lancet, 1841)

6.1.1 Clasificación.

1) Idiopático:

Incluye aquellos casos en los cuales no existe una lesión estructural³ subyacente ni anomalías neurológicas. Existe predisposición genética y son por lo general dependientes de la edad. Se caracterizan por presentar antecedentes familiares de otras formas de epilepsia idiopática o crisis febriles o desarrollaron durante el seguimiento un raso genético en el EEG (Electroencefalograma) como respuestas foto convulsivas⁴, descargas de punta-onda rolándicas. El desarrollo neuropsicológico fue normal en todos los niños. Criptogénico:

¹ Enfermedad que afecta al Encéfalo.

² Término médico, designado para determinar un patrón anormal en el EEG.

³ Tipo de lesión, alojada en alguna parte del cerebro, pero que solo es posible identificar por Resonancia Magnética.

⁴ Estimulo visual que forma patrones en el tiempo y espacio (luces estroboscópicas) ocasionando crisis convulsivas.

Se refiere a aquellos síndromes en los cuales se presume que sean sintomáticos pero la causa está oculta.

2) Sintomático:

Se refiere a un síndrome en el cual las crisis son el resultado de una o más lesiones estructurales cerebrales identificables. Constituye el grupo más frecuente.

6.1.2 Etiología.

Existen diversos factores etiológicos prenatales, perinatales y postnatales.

- 1) Factores Prenatales: Displasia cerebral, Anomalías cromosómicas, Infección, Enfermedades metabólicas, Síndrome congénito, Injuria hipóxico-isquémica, entre otros.
- 2) Factores Perinatales: Los daños perinatales incluyen lesiones difusas a causa de encefalopatía hipóxico-isquémica y lesiones focales como la poroencefalia ocasionada por trastornos cerebrovasculares que se presentan entre las 28 semanas de embarazo y los primeros 7 días de vida, como también Hipoglicemia.
- 3) Factores Postnatales: Infección, Hemorragia y trauma, Encefalopatía hipóxico-isquémica, Tumor cerebral.

6.1.3 Fisiopatología.

Existen varias teorías que tratan de explicar el mecanismo de aparición del síndrome. La edad de aparición sugiere la implicación de fenómenos de inmadurez cerebral en la base del fenómeno. La edad típica de aparición coincide con la época de formación de dendritas y de mielinización de los axones neuronales, lo que parece avalar esa teoría. Diversos autores postulan que un desequilibrio en la producción de neurotransmisores del tallo cerebral podría originar la hipsarritmia y los espasmos epilépticos (por aumento de los sistemas serotoninérgico o adrenérgico, o por inhibición del sistema colinérgico). Esta teoría se sustenta en la disminución de la duración de la fase REM del sueño en estos pacientes, que coincide con fases de disminución del patrón de hipsarritmias y con una menor frecuencia de aparición de espasmos. Varios estudios con tomografía por emisión de positrones y de flujo sanguíneo cerebral apoyan la influencia de estructuras o señales anómalas corticales en el desarrollo del cuadro.

La **Figura. 02** muestra una Tomografía por Emisión de Positrones (TEP), donde las áreas en rojo indican una alta actividad cerebral.

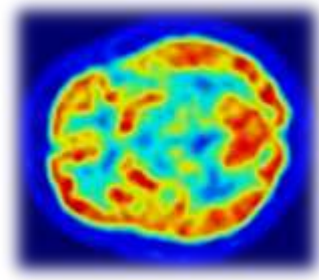


Figura. 02 TEP con alta actividad cerebral.

Fuente: (Lancet, 1841)

6.1.4 Manifestaciones Clínicas.

Se inicia en la mayoría de los pacientes durante el primer año de vida y más frecuentemente entre los 3 y 7 meses de edad. Se caracteriza por la aparición de espasmos epilépticos, retardo del desarrollo psicomotor y anomalías en el electroencefalograma (usualmente de tipo hipsarritmia).

- 1) Espasmos epilépticos: Los espasmos se caracterizan por la contracción brusca, generalmente bilateral y simétrica de los músculos del cuello, tronco y miembros. Se acompaña de una breve pérdida de la conciencia. Existen tres tipos principales de espasmos **Figura. 03**: en flexión, extensión y mixtos.

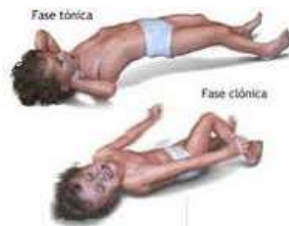


Figura. 03 Espasmo Infantil.

Fuente: (Lancet, 1841)

- 2) Retardo del desarrollo psicomotor: Un gran número de pacientes con síndrome de West presentan retardo psicomotor antes del comienzo de los espasmos.

Aunque estos niños pueden presentar regresión en el desarrollo psicomotor cuando los espasmos aparecen, esta situación no representa un cambio significativo en su condición. Es más evidente la regresión en el desarrollo psicomotor en aquellos pacientes en los que previamente tienen un desarrollo psicomotor normal.

- 3) Anomalías en el electroencefalograma: El EEG determina la actividad eléctrica del cerebro por medio de electrodos adheridos al cuero cabelludo. El EEG característico del síndrome de West es el denominado hipsarritmia (enlentecimiento y

desorganización de la actividad eléctrica cerebral, trazado anárquico, con mezcla aleatoria de puntas y ondas lentas, y todas ellas independientes entre una y otra derivación sobre el cuero cabelludo).

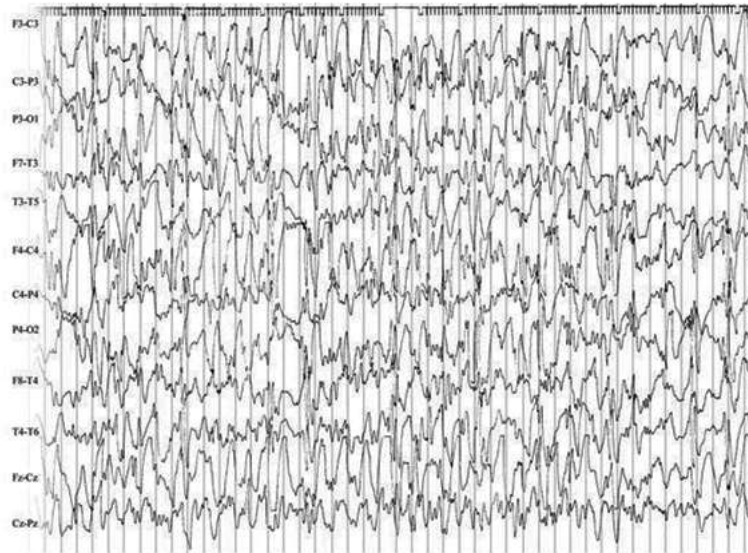


Figura. 04 EEG de vigilia interictal de lactante 5 meses.

Fuente: (Lancet, 1841)

La **figura. 04** muestra el electroencefalograma de una lactante de 5 meses. Durante la vigilia se observa trazado desorganizado de base: presencia de ondas, descargas de punta-onda y polipunta-onda generalizadas continuas de gran amplitud. Hipsarritmia clásica.

6.1.5 Diagnostico Diferencial.

Se debe realizar el diagnóstico diferencial⁵ con trastornos no epilépticos como: Cólicos del lactante, Mioclonía benigna de la infancia temprana, Postura de opistótonos por la espasticidad, Reflujo gastroesofágico.

También se debe realizar con síndromes epilépticos como:

Epilepsia mioclónica del lactante.

⁵ Procedimiento para determinar enfermedad mediante la exclusión de otras posibles causas que presenten un cuadro clínico semejante al que el paciente padece.

- 1) Encefalopatía mioclónica precoz y el síndrome de Ohtahara⁶, que se inician en la etapa neonatal. (S. Ohtahara, 1976).

Hay formas precoces de espasmos infantiles como es el caso del síndrome de Ohtahara o Encefalopatía Epiléptica Infantil Precoz con Salvas Supresión. Por otro lado, existe la tendencia reconocida de los espasmos infantiles a evolucionar a un síndrome de Lennox-Gastaut⁷, que en casos rebeldes es de aproximadamente de un 30% (pero no en los idiopáticos).

6.1.6 Tratamiento.

1) Fármacos:

- a. Piridoxina: Es una vitamina que se administra en primera medida, para descartar la posibilidad de crisis por falta de esa vitamina.
- b. ACTH: Fue el primero en demostrar su eficacia en el tratamiento de la enfermedad.
- c. Ácido Valproico: La valoración a largo plazo demostró la estabilidad del resultado inicial en el control de los espasmos infantiles y, lo que, es más, se comprobó la preservación del potencial cognitivo de los pacientes.
- d. Vigabatrina: A medio plazo su eficacia parece ser similar a la del ACTH, a corto plazo su toxicidad es menor y su eficacia se consigue en un tiempo más corto.
- e. Prednisona: Es muy eficaz en el tratamiento de las convulsiones. Se acompaña frecuentemente de efectos secundario.
- f. Topiramato: Es un antiepiléptico con numerosos mecanismos de acción.

⁶ Es una enfermedad paroxística convulsiva perteneciente al grupo de encefalopatías epilépticas de la infancia de aparición temprana, caracterizada clínicamente por espasmos tónicos y convulsiones mioclónicas.

⁷ Es una variante de epilepsia infantil de difícil manejo, que aparece entre los dos y seis años de vida, y que se caracteriza por convulsiones frecuentes y diversas; a menudo se acompaña de discapacidad intelectual y problemas conductuales.

2) Quirúrgico:

Cuando el tratamiento médico ha fracasado y estamos ante un lactante que no presenta una lesión difusa severa e irremediable en su sistema nervioso, se plantea ir un poco más allá en el tratamiento de los espasmos infantiles, intentando su control por métodos potencialmente más resolutivos.

La cirugía pese al buen papel que pueda tener en el control de las crisis, no tiene una influencia excesivamente brillante en el desarrollo psicomotor de estos niños de forma directa.

6.2 Métodos Terapéuticos.

Generalmente son implementados para buscar soluciones a partir de síntomas y malestares concretos, ofreciendo un mapa general de los recursos disponibles y más adecuados para cada tipo de problemática y persona. Para el Síndrome de West, se han efectuados los siguientes recursos terapéuticos con el fin de maximizar las intervenciones de rehabilitación.

6.2.1 *Terapias complementarias.*

La mayoría de las nuevas conexiones y circuitos neuronales se forman en los tres primeros años de vida. De aquí que la estimulación sea “temprana”, su período de aplicación se extiende hasta los seis años. Ésta es una de las razones por las que se realiza la estimulación temprana, para aprovechar el momento adecuado en el que es posible incidir en el desarrollo cerebral de los infantes. Podemos estimular el sistema nervioso (cerebro) buscando solucionar problemas muy diversos.

1) Floortime⁸.

Técnica que parte de la premisa de que un adulto puede ayudar a un niño a ampliar sus círculos de comunicación al ponerse a su nivel de desarrollo, y a partir de ahí fortalecer sus habilidades. (Infobae, 2017).

⁸ Modelo de trabajo terapéutico que busca mejorar la comunicación en los niños que tienen dificultades para expresarse y lo hace considerando su nivel de desarrollo, sus diferencias individuales y las relaciones con su entorno primario.

A menudo es incorporada a actividades de juegos en el piso, se pretende ayudar al niño en el desarrollo de su crecimiento tanto emocional como intelectual en los siguientes aspectos:

- a. Autorregulación e interés en el mundo que lo rodea.
- b. Intimidad o un amor especial por el mundo de las relaciones humanas.
- c. Comunicación bidireccional.
- d. Comunicación compleja.
- e. Ideas emocionales.



Figura. 05 Ejercicio de flexión de miembros superiores.

Fuente: (Infobae, 2017)

La **Figura. 05** demuestra un momento de juego y ejercicios de interacción de cuidadores primarios con infante, en la que se percibe un nivel de desarrollo bajo sobre la escala de desarrollo normal.

2) Comunicación Aumentativa y Alternativa.

Es un conjunto estructurado de códigos verbales y no verbales, expresados a través de canales no vocales (gestos, signos, símbolos gráficos, etc), necesitados o no de soporte físico, los cuales sirven para llevar a cabo actos de comunicación por sí solos o como apoyo parcial. Se llama Alternativa cuando el sistema sustituye completamente el habla y la llamamos Aumentativa cuando el sistema es un complemento del habla.

Existen dos tipos de sistemas de "Comunicación Aumentativa Alternativa" necesitados o no de soporte físico.

Los sistemas sin soporte físico, donde los mensajes son producidos por el usuario, como la Lengua de señas, la dactilografía, etc. Y los sistemas con soporte físico que son aquellos que requieren para la expresión del lenguaje un instrumento, como computadores, comunicadores, tablero de conceptos, etc.

¿Cómo se implementa?

1. Juguetes con switch (pulsadores) para afianzar concepto causa-efecto y participar de una actividad lúdica.
2. Tableros/carpetas de comunicación para facilitar la comunicación diaria.
3. Tableros de actividad que permiten interactuar con el otro.
4. Sistemas de comunicación: PECS⁹ (sistema de comunicación por intercambio de figuras) y Comunicación total-Habla signada a través de los cuales se busca prioritariamente adquirir y/o mejorar la intencionalidad comunicativa. (Pirámide educacional, 2020).
5. Lengua de Señas Argentina, signados de palabras claves, gestos de uso común y códigos gestuales.
6. Dispositivos con salida de voz para facilitar una intervención en un diálogo o juego; para trabajar turnos conversacionales, etc.
7. Equipamiento específico: sillas adaptadas, montajes, punteros (de dedo, de boca, de cabeza), atriles, mesas, ortesis, etc.
8. Programas de computación interactivos y educativos. La principal desventaja hasta el momento, de estos sistemas con soporte físico es la dificultad que presentan para ser transportados.

3) Hidroterapia

Es una alternativa científica que consiste en el tratamiento de todo el cuerpo o de algunas de sus partes en medio acuático. Este proceso terapéutico contribuye a la curación

⁹ Es un sistema alternativo/aumentativo de la comunicación único, desarrollado en USA en el año 1985 por Andy Bondy, PhD y Lori Frost, MS, CCC-SLP.

de las enfermedades más diversas porque actúa sobre el metabolismo, el sistema nervioso central, sistema nervioso periférico, circulación sanguínea y además aporta elementos al desarrollo comportamental¹⁰ de las personas. (Diccionario abierto neurológico., 2020).

La estimulación se hace a través del agua. Por lo tanto, dentro de una piscina el niño o niña recibe las sensaciones que produce el agua y esto le permite disminuir tensiones, mejorar su relación corporal con su realidad ver **Figura. 06**. También el contacto del cuerpo con el cuerpo de otros, proporciona el fortalecimiento de mayores relaciones afectivas tanto con las personas que realizan la actividad como con el grupo que asiste a la práctica creando y construyendo a largo plazo una relación importante en términos de seguridad y confianza.



Figura. 06 Sesión de Hidroterapia, a paciente PCI.

Fuente: (Bustamante, 2018).

4) Terapia de Movimiento Rítmico y Reflejos Primitivos

¿Qué son los Reflejos Primitivos?

Los reflejos primitivos son unos movimientos automáticos y estereotipados controlados por el tronco cerebral, y ejecutados sin que la corteza cerebral se involucre. Los posee el feto y el bebé en sus primeros meses de vida para poder sobrevivir y adaptarse al entorno. Si estos reflejos no se han desarrollado y/o madurado bien en esta etapa, de mayor el niño puede tener dificultades en las habilidades motoras y visuales, en la capacidad de atención y concentración y en el aprendizaje.

¹⁰ Actitud o conducta de un individuo con su modo de portarse ante los demás.

¿Qué es la Terapia del Movimiento Rítmico (TMR)?

Cuando nacemos las diferentes partes del cerebro existen, pero aún no trabajan apropiadamente; para que trabajen como una unidad es necesario desarrollarlas y conectarlas entre sí. Es la estimulación del cerebro a través de los diferentes sentidos y los movimientos rítmicos del bebé los que permitirán el crecimiento y las conexiones de las células nerviosas y la mielinización de las fibras nerviosas.

Si por alguna razón el cerebro del niño no ha recibido suficiente estímulo de los diferentes sentidos, para que las redes nerviosas se desarrollen y las diferentes partes del cerebro se conecten, el niño puede mostrar un retraso en el desarrollo, dificultades en el habla, dificultades para regular el nivel de actividad (Déficit de Atención e hiperactividad, TDAH), reflejos primitivos, disfunciones visuales y problemas de equilibrio.

La Terapia del Movimiento Rítmico provoca una estimulación sensorial que desarrolla y conecta entre sí las diferentes partes del cerebro, concretamente estimula el crecimiento de la red nerviosa en los ganglios basales¹¹ y en el cerebelo y sus conexiones con otras partes del cerebro. (Bustamante, 2018).

¿En qué consisten los Movimientos Rítmicos?

Los ejercicios de la terapia del movimiento rítmico son sencillos pero muy eficaces. Imitan en muchos aspectos los movimientos de desarrollo que realizan los bebés y los niños de forma natural y espontánea mientras crecen.

Son movimientos de todo el cuerpo, se hacen en el suelo y se pueden hacer de forma activa y pasiva; las partes del cerebro que se estimulan son diferentes en cada caso. Para que sean movimientos efectivos es preciso hacerlos de forma muy exacta.

5) Cromoterapia

Cotidianamente se puede observar la relación de los colores y el comportamiento de las personas: en días soleados, éstas tienden a ser más expansivas, alegres; en días

¹¹ Conjunto de masas gris, situado dentro de cada hemisferio cerebral, capaces de controlar la postura y el movimiento voluntario.

nublados, se puede observar un comportamiento menos extrovertido con tendencia a la utilización de ropas oscuras o de tonos neutros.

Naturalmente, los ojos están sensibilizados de acuerdo con la frecuencia de vibración de la luz¹², lo que elabora en el cerebro la “sensación de color”. A partir de ese principio, la utilización del color comenzó a ser considerado como remedio eficaz para la curación de enfermedades y esa terapia ha sido usada desde las antiguas civilizaciones.

Para que la enfermedad desaparezca, se deben sustituir por pensamientos constructivos, sentimientos de amor y alegría, actos de ayuda - fuentes de la salud mental, emocional y física. Al considerar ahora que todo pensamiento se expresa en vibraciones cuyos colores reflejan su calidad, se llega a la conclusión que cada persona matiza su propio universo por los colores predominantes de su carácter o de sus reacciones emocionales habituales.

6) El Método Padovan.

Es una aproximación simple, y al mismo tiempo muy compleja, como todas las leyes y procesos de la naturaleza. Se basa en una recapitulación de las fases del neurodesarrollo¹³, usada como estrategia para rehabilitar el sistema nervioso: después de perder sus funciones (como en el caso de un accidente); para impulsar el desarrollo, como en los casos de retraso y disturbios del desarrollo; para mejorar la calidad del funcionamiento e integración del sistema nervioso, como en los casos de dificultades de aprendizaje, hiperactividad, etc.; y actualmente también es muy usado en los casos de procesos degenerativos del sistema nervioso, como Parkinson y Alzheimer, consiguiendo muy buenos resultados. (Mas, 2015).

El método Padovan trabaja los ejercicios tradicionales que provienen del método Doman de Reorganización Neurofuncional¹⁴, éstos ayudan al niño en su conjunto,

¹² Es una práctica englobada dentro de la medicina alternativa y considerada como pseudoterapia que sostiene que la luz de color o los entornos que tienen determinado color son útiles para el tratamiento de enfermedades o mejorar la salud.

¹³ Proceso de desarrollo lento o rápido del sistema nervioso durante los primeros 20 años de vida del ser humano, este proceso se encuentra en 5 fases.

¹⁴ Fue creado por Glenn J. Doman, quien estudió casos de niños con lesiones cerebrales que lograron desarrollar habilidades cognitivas superiores a las habilidades de niños sanos. Consiste en una serie de cinco tarjetas con frases en letras grandes y de una misma categoría, para aprenderlo de forma rápida y practicándolo tres veces al día.

mejorando muchos de los problemas que padecen niños con dificultades de lenguaje, pues dichas dificultades vienen a menudo asociadas a otras y a casos de autismo, lesión cerebral, trisomía, déficit de atención con o sin hiperactividad, dislexia, etc.

Estos ejercicios tratan de imitar a la naturaleza en la evolución del desarrollo del niño, por lo que se trabajan movimientos que hace el bebé de forma natural, realizándolos continuada e intensivamente para lograr vencer posibles lagunas o desajustes surgidos durante el desarrollo.

Durante la realización de los ejercicios se recitan poemas y canciones con lo que se trabaja además el ritmo y la sincronización de movimientos junto a la audición y la imaginación. Esto aporta también un elemento lúdico al tratamiento.

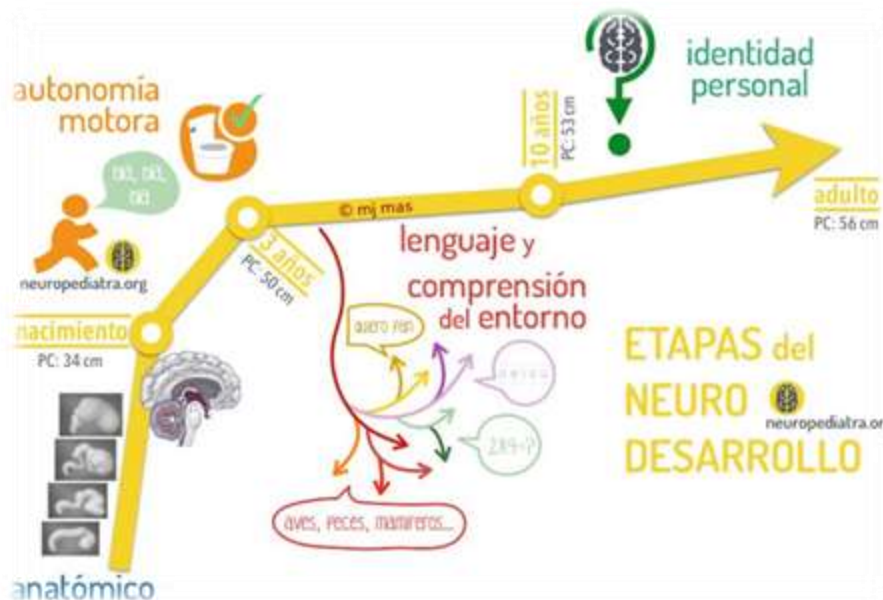


Figura. 07 Fases del Método de Padovan.

Fuente: (Mas, 2015).

La **Figura. 07**, describe el proceso del neurodesarrollo continuo a través de etapas (no hay separación de este, ni existen dichas etapas). Pero en todo momento suceden simultáneamente múltiples procesos y adquisiciones de muy variadas habilidades desde el embrión del ser humano hasta los 20 años de edad, tiempo estimado para la madurez de la corteza cerebral. Aunque siempre hay alguna adquisición que “protagoniza” cada etapa, porque en ese momento tiene mayor peso o su aparición es más notoria que las demás.

7) Kinesiología y Psicomotricidad.

La kinesiología es hoy uno de los métodos de salud que más se aplica en el campo de interacción denominada cuerpo-mente. La palabra significa ciencia del movimiento.

La kinesiología¹⁵ utiliza el test muscular cualitativo y el lenguaje corporal como referencia para mejorar, integrar y relacionar aspectos físicos, nutricionales, emocionales, mentales y energéticos de la persona. (Ejercicios Kinesiología, Salud medica, 2019).

El test muscular cualitativo valora la calidad de la reacción, a través del músculo, a diferentes estímulos, situaciones y contextos. Utilizando éste como sistema biocomunicativo, la kinesiología es un sistema que intenta mejorar y optimizar las funciones del ser humano.



Figura. 08 Kinesiología para lograr Gestos Motores.

Fuente: (Ejercicios Kinesiología, Salud medica, 2019).

En la **Figura. 08**, se observa el uso de la Kinesiología, con el fin de inhibir ciertos reflejos e incorporar gestos motores que los pacientes carecen. La sesión dura una hora y los padres están presentes durante la consulta acompañando al infante. En la primera visita se pregunta toda la historia familiar y luego se hace la evaluación física del niño.

8) Terapia Ocupacional.

¹⁵ Se dedica a la compensación de las tensiones mecánicas en el organismo, por medio de la comprobación de 12 a 42 músculos asignados a los diferentes meridianos.

Ciencia o disciplina orientada a analizar e instrumentar las ocupaciones del hombre para tratar su salud; entendiendo a la misma como el bienestar biopsicosocial y no solo a la ausencia de la enfermedad.

El terapeuta ocupacional aborda el déficit en los componentes motores, cognitivos, sensor perceptivos y psicosociales que afectan el desempeño funcional de un individuo en las áreas de auto valimiento, productividad y esparcimiento.

Las metas del tratamiento se dirigen a ayudar a los individuos a lograr una actitud positiva hacia sus capacidades y modificar gradualmente su habilidad disminuida con vistas a una mayor independencia en sus actividades.

9) Fonoaudiología

La Fonoaudiología¹⁶ es una especialidad que se dedica al estudio y tratamiento de los procesos normales y patológicos de la comunicación humana, en las áreas de habla, lenguaje, audición y voz.



Figura. 09 Practica del NeurofeedBack.

Fuente: (Cardó, 2012).

En la **Figura. 09**, se muestra la preparación de una manera significativamente rápida y efectiva a un niño para que posteriormente sea tratado con Terapia del lenguaje y de esta manera ahorrar gran cantidad de tiempo en terapias que pueden durar varios años. Con NeurofeedBack (retroalimentación) se puede trabajar en los lóbulos que están

¹⁶ Se ocupa de evaluar, diagnosticar e intervenir en los trastornos de la comunicación humana.

directamente relacionados con la audición, la discriminación de los sonidos y el lenguaje; y así con otras funciones primordiales en el desarrollo psicomotor del niño.

10) Musicoterapia

La Musicoterapia se desarrolla como una forma de terapia que implementa el uso de la música y sus elementos, a través de experiencias musicales y de las relaciones que se desarrollan por medio de ellas, con el objeto de atender diversas necesidades a nivel intrapersonal e interpersonal, ayudando a las personas a promover su salud y mejorar su calidad de vida.

6.3 Herramientas electrónicas y Tecnológicas encaminadas al Diagnóstico Clínico, Monitoreo Eficaz y Tratamiento Terapéutico implementadas en pacientes con S.W.

Todos los campos de la medicina se han beneficiado con los avances tecnológicos. Los trastornos del neurodesarrollo (TND) están entre las áreas de investigación más interesantes y desafiantes en neurociencia moderna. Una pregunta para hacernos es si estos nuevos recursos han tenido algún impacto en la comprensión, identificación y tratamiento. Este impacto lo podemos considerar en diversas áreas: la comprensión del neurodesarrollo normal, el mecanismo del neurodesarrollo anormal, las posibilidades diagnósticas, la utilidad terapéutica, entre otros.

6.3.1 *Instrumentos para el diagnóstico clínico.*

1) Electroencefalógrafo.

La Electroencefalografía es el registro y evaluación de los potenciales eléctricos generados por el cerebro y obtenidos por medio de electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo.

El electroencefalograma (EEG) es el registro de la actividad eléctrica de las neuronas del encéfalo. Dicho registro posee formas muy complejas que varían mucho con la localización de los electrodos y entre individuos. Esto es debido al gran número de interconexiones que presentan las neuronas y por la estructura no uniforme del encéfalo. (Barea Navarro, 2017).



Figura. 10 Electroencefalógrafo.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

La **Figura.10**, muestra un electroencefalógrafo tradicional (modelo clásico y características básicas) el cual cuenta con un panel conector de electrodos, unidad de control foto-estimulador, set de electrodos, módulo de grabación, panel de información y base.

A. Captación del EEG.

La actividad bioeléctrica cerebral puede captarse por diversos procedimientos:

- Sobre el cuero cabelludo.
- En la base del cráneo.
- En cerebro expuesto.
- En localizaciones cerebrales profundas.

Para captar la señal se utilizan diferentes tipos de electrodos:

- Electrodo superficiales: Se aplican sobre el cuero cabelludo.
- Electrodo basales: Se aplican en la base del cráneo sin necesidad de procedimiento quirúrgico.
- Electrodo quirúrgicos: para su aplicación es precisa la cirugía y pueden ser corticales o intracerebrales.

El registro de la actividad bioeléctrica cerebral recibe distintos nombres según la forma de captación:

- Electroencefalograma (EEG): cuando se utilizan electrodos de superficie o basales.

- Electrocorticograma (ECoG): si se utilizan electrodos quirúrgicos en la superficie de la corteza.
- Estéreo Electroencefalograma (E-EEG): cuando se utilizan electrodos quirúrgicos de aplicación profunda.

B. Tipos de electrodos:

Superficiales: Existen varios tipos:

a) Adheridos. Son pequeños discos metálicos de 5 mm de diámetro. Se adhieren con pasta conductora y se fijan con colodión que es aislante. Aplicados correctamente dan resistencias de contacto muy bajas (1-2 kilo ohmios).

b) De contacto. Consisten en pequeños tubos de plata clorurada roscados a soportes de plástico. En su extremo de contacto se colocan una almohadilla que se humedece con solución conductora. La **figura. 11**, muestra el esquema y colocación de los electrodos de contacto donde se sujetan al cráneo con bandas elásticas y se conectan con pinzas de «cocodrilo». Son de colocación muy fácil, pero incómodos para el paciente. Por eso no permiten registros de larga duración.

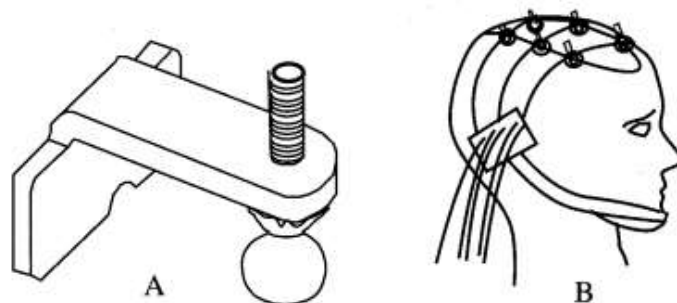


Figura. 11 A. Esquema y B. colocación de electrodos de contacto.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

c) En casco de malla. De introducción reciente. Los electrodos están incluidos en una especie de casco elástico. Existen cascos de diferentes tamaños, dependiendo de la talla del paciente. Como se observa en la **Figura. 12**, se sujetan con cintas a una banda torácica. Como características más importantes presentan la comodidad de colocación.



Figura. 12 Colocación electrodos de malla.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

C. Montajes de un EEG

Para proceder a registrar el EEG se parte de una serie de electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo en situaciones precisas, tal como ya se ha explicado, según el sistema internacional diez-veinte¹⁷. Cada electrodo es un punto de registro. Sin embargo, para poder realizar este registro es preciso disponer de dos terminales. Por esto habrá que seleccionar cuáles de los electrodos deben ser la fuente de señal registrada.

En el electroencefalógrafo, dependiendo del número de canales disponibles y del propósito específico del registro a realizarse debe seleccionar entre Registros Monopolares y Registros Bipolares.

En los Registros Monopolares o Referenciales se toma la señal de cada uno de los electrodos independientemente de la de los demás. En esta situación el electrodo de registro se llama electrodo activo y el segundo cable de entrada al equipo se toma de un electrodo llamado de Referencia. Tal como se muestra en la **Figura. 13**.

¹⁷ Método reconocido internacionalmente para describir y aplicar la ubicación de los electrodos en el contexto de un EEG.

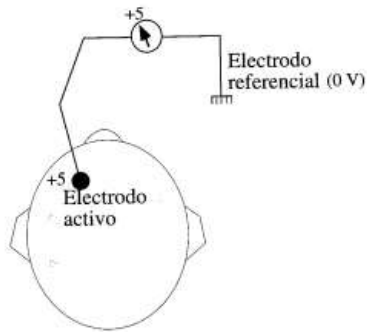


Figura. 13 Montaje para un registro monopolar.

Fuente: (Barea Navarro, 2017)

En los Registros Bipolares se toman parejas de electrodos, dos a dos y se registran las diferencias de tensión entre cada par de puntos. Los dos electrodos de cada pareja son activos. Así graficado en la **Figura. 14**.

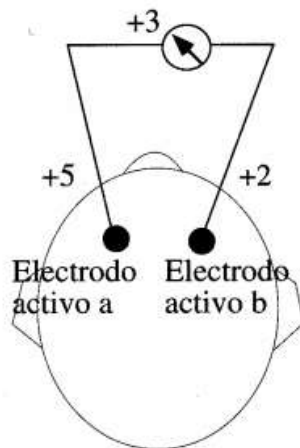


Figura. 14 Montaje registro bipolar.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

En los Montajes Longitudinales se registra la actividad de pares de electrodos dispuestos en sentido anteroposterior de cada mitad del cráneo. En los Montajes Transversales se realizan registros de pares de electrodos dispuestos transversalmente según los planos sagitales anterior, medio o posterior.

D. Normas para el montaje y registro del EEG:

- Registrar como mínimo 8 canales.
- Utilizar el sistema diez-veinte para colocación de electrodos.

- Cada sesión rutinaria de registro EEG debe incluir como mínimo un montaje de los tres tipos principales: referencial, longitudinal bipolar y transversal bipolar.

Tabla 01. Canales para usar para montaje de EEG.

Canales	LB	TB	R
1	FP1-F3	FP1FP2	FPI-A1
2	F3-C3	F7-F3	FP2-A2
3	C1-P3	F3-Fz	F3-A1
4	P3-O1	Fz-F4	F4-A2
5	FP2-F4	F4-F8	C3-A1
6	F41-C4	A1-T3	C4-A2
7	C4-P4	T3-C3	P3-A1
8	P4-O2	C3-Cz	P4-A2
9	FP1-F7	Cz-C4	O1-A1
10	F7-T3	C4-T4	O2-A2
11	T3-T5	T4-A2	F7-A1
12	T5-O1	T5-P3	F8-A2
13	FP2-F8	P3-Fz	T3-A1
14	F8-T4	Pz-P4	T4-A2
15	T4-T6	P4-T6	T5-A1
16	T4-O2	O1-O2	T6-A2

Fuente: (Evaluación Neurológica, 1989).

En la **Tabla.1** se muestran los 16 canales recomendados por la «American Electroencephalographic Society» (1986)¹⁸ para cada uno de los tipos de montajes utilizados. (Evaluación Neurológica, 1989)

¹⁸ Estableció en 1986 normas de seguridad para el paciente, en el uso adecuado del electroencefalógrafo, conforme el sistema internacional diez-veinte.

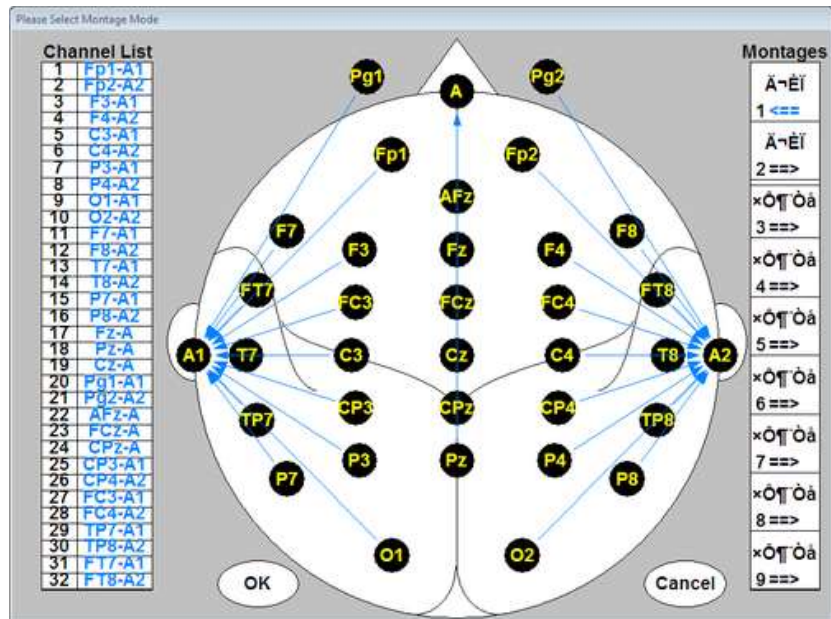


Figura. 15 Montajes Recomendados para EEG.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

En la **Figura. 15**, se observan los Montajes recomendados para EEG. LB, montaje longitudinal; TB, montaje transversal bipolar; R, montaje referencial. Según el sistema internacional diez-veinte y la sociedad americana de electroencefalografía.

2) Resonador Magnético.

El resonador magnético es un equipo especializado en la obtención de imágenes del cuerpo en 2 y 3 dimensiones por medio de un campo electromagnético muy potente quien es el encargado de estimular los átomos de hidrógeno y a su vez con pulsos de radiofrecuencia para receptor estas energías sobresalientes de los momentos de relajación y recuperación de los átomos.

Un equipo de Resonancia Magnética se compone de distintas partes, básicamente, como lo muestra la **Figura. 16**.

- Un imán de grandes dimensiones. Lo suficientemente grande para que pueda introducirse una persona o una parte de ella dentro del mismo.
- Un sistema emisor de radiofrecuencia, similar a una emisora de radio.
- Un sistema para hacer cambiar el campo magnético rápidamente, conocido como gradientes.

- Una bobina o antena, que se dispone alrededor del paciente y sirve para recoger la señal de radiofrecuencia emitida por nuestro cuerpo. Existen diferentes tipos en función del estudio a realizar (rodilla, cráneo, etc.).
- Una camilla, donde colocar al paciente para que pueda entrar en el imán.
- Un ordenador donde poder procesar las señales recibidas del cuerpo humano y poder generar imágenes.

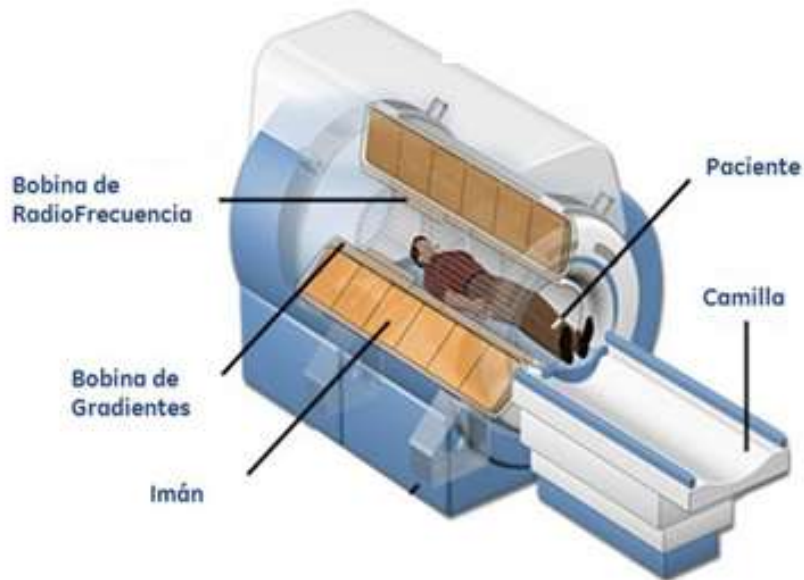


Figura. 16 Resonador Magnético y sus componentes.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

¿Cómo Funciona?

El resonador emite ondas de radiofrecuencia, que manipulan la posición magnética de los átomos del organismo (hidrógeno), lo cual es detectado por una gran antena y es enviado a una computadora. La computadora procesa y realiza millones de cálculos que crean imágenes del organismo, en dos y tres dimensiones.

A diferencia de otros tipos de técnicas aplicadas para la obtención de imágenes como los son los rayos X y la Tomografía Computarizada (TC), la Resonancia Magnética permite cortes más finos, y en varios planos, como lo muestra la **Figura.17** es más sensible para demostrar accidentes vasculares cerebrales, tumores y otras patologías.

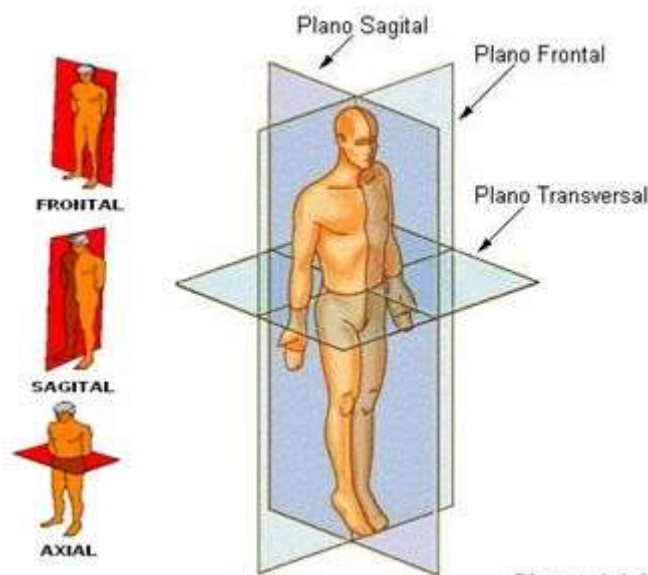


Figura. 17 Vista en 3D del cuerpo humano en una Resonancia Magnética.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

6.3.2 Dispositivos para el monitoreo.

La monitorización, en medicina, es la observación de una enfermedad, afección o uno o varios parámetros médicos a través del tiempo, que tiene como objetivo identificar la existencia de situaciones problemáticas que hay que evaluar o sobre las que hay que intervenir. La transmisión de datos de un monitor a una estación de monitorización a distancia se conoce como telemetría¹⁹ o biotelemedicina.

1) Electro miógrafo

La electromiografía es un examen muy utilizado en la ciencia médica para conocer la salud del sistema neuromotor, entre otros tantos usos que puede tener esta para el desarrollo de proyectos biomédicos. Pero presenta un problema desde el punto de vista de la electrónica, este es el ruido eléctrico, como también lo es el ruido de alta y baja frecuencia, además en muchos casos es costoso el uso de placas para la adquisición de datos.

¹⁹ Es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema.

Por esta razón se usa la entrada de micrófono de la computadora la cual presenta una solución a los dos problemas planteados anteriormente ya que están presentes filtros de alta calidad que permiten atenuar las señales parasitas y permite la adquisición de datos con la ayuda de un software (**Figura. 18**) .



Figura. 18 Electro miógrafo.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

Este equipo se usa para activar, registrar, llevar a cabo y exponer potenciales de acción nerviosos y musculares con el propósito de evaluar la función nerviosa y muscular. La técnica de estimulación nerviosa supra máximas repetidas de un nervio mientras se registran ondas magnéticas desde los músculos inervados por el nervio.

Los nervios motores son conductores electroquímicos, si se estimula eléctricamente un nervio motor, sensitivo o mixto, se produce una despolarización que se propaga por un medio en sentido proximal y distal, mediante un par de electrodos puestos cerca de este nervio, a cierta distancia del sitio de estimulación (**Figura. 19**).

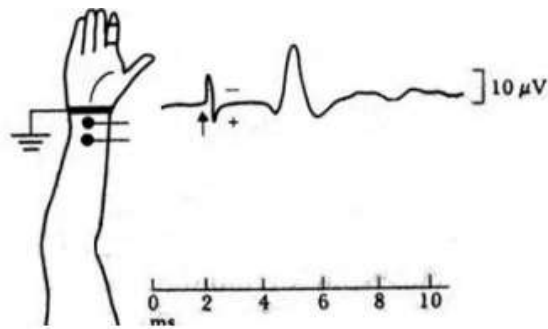


Figura. 19 Estimulación del Nervio Túnel Carpiano.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

La **Figura. 20** muestra un Electro miógrafo que capta la diferencia de potencial entre estos, la amplifica y la muestra en pantalla, el potencial que se muestra en la pantalla se denomina potencial de acción compuesto nervioso mixto si el nervio es motor y sensitivo; o potencial de acción compuesto sensitivo si las fibras que se estimulan o sitio donde se capta son exclusivamente sensitivos.



Figura. 20 Estimulación del nervio mediano.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

2) Sensores detectores de convulsiones.

Según la Organización Mundial de la Salud, la epilepsia es una enfermedad cerebral crónica que se caracteriza por convulsiones recurrentes y que afecta actualmente a casi 65 millones de personas en todo el mundo. Las convulsiones son sucesos breves de contracciones musculares que pueden llegar a afectar a una parte del cuerpo o a su totalidad.

Las crisis epilépticas se producen por cambios físicos en las células cerebrales y pueden llegar a afectar a funciones como el movimiento y el comportamiento, además pueden afectar a cualquier persona, en cualquier momento de su vida.

Actualmente empresas como Grupo Neat y MIT, cuentan con ensayos avalados por Microsoft, Intel y la NASA, acerca de sensores específicos para cubrir la necesidad de detección de convulsiones epilépticas, independientemente de la edad, el peso corporal o el tipo de convulsión.

El sensor de cama y el sensor de muñeca. Se trata de dos dispositivos que detectan de forma inmediata la aparición de una convulsión con movimiento y envían una alerta por radiofrecuencia al cuidador.

El sensor de cama es un dispositivo de pequeñas dimensiones y que ofrece un alto grado de sensibilidad, lo que permite detectar no sólo los movimientos repetidos provocados por una convulsión severa, sino que detecta también las suaves convulsiones que se presentan durante el sueño, en casos de epilepsias nocturnas tal como lo muestra la **Figura. 21**.



Figura. 21 Sensor de Cama.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

Por otra parte, el sensor de muñeca consiste en una pulsera que puede ser portada por el paciente las 24 horas de día. Este dispositivo está recomendado para personas mayores de 10 años y detecta los movimientos inconscientes de los brazos, que se presentan durante un ataque tónico-clónico generalizado, mejor conocido como epilepsia (**Figura. 22**).



Figura. 22 Sensor portable de muñeca.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

6.3.3 Aplicación de las nuevas tecnologías para la rehabilitación.

Introducir nuevas tecnologías en el ámbito de la neurorrehabilitación y contribuir a mejorar la autonomía funcional de los pacientes con problemas neurológicos ha sido tarea en las últimas décadas de un sinnúmero de hospitales europeos dedicados al desarrollo de investigaciones y proyectos referentes a esta problemática. Fomentar la innovación tecnológica para mejorar la eficiencia de los procedimientos en rehabilitación, generar información objetiva sobre cada procedimiento e investigar en nuevos productos de apoyo para la mejora de la calidad de vida de los pacientes.

Además de las nuevas máquinas, las que cuentan con más trayectoria en el tratamiento de apoyo terapéutico, como la Lokomat, la InMotion, las cintas de marcha, etc. también han evolucionado y son ahora más fáciles de acoplar al paciente, con movimientos muy realistas, más naturales.



A)

B)

Figura. 23 A) Soporte manual, artesanal. B) Soporte electrónico.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

Como se muestra en la **Figura. 23**, en el caso A) se observa la realización de terapia con un soporte manual y artesanal en el que los asistentes de enfermería deben empujar para poderlo mover y el paciente poder realizar los movimientos motores. En el caso B) encontramos diferentes cintas de marcha, en las que algunas incorporan un software que sitúan al paciente en un escenario natural (un paseo con árboles) y una cinta que se desplaza lateralmente o vibra para provocar los movimientos reflejos del paciente.

Esto ayuda a que el tratamiento de rehabilitación en pacientes sea más amplio, prolongando los ejercicios del fisioterapeuta con máquinas que, bien en casa o en el centro de rehabilitación, hagan más intensivo el tratamiento del paciente aumentando su carga de trabajo más allá de los ejercicios tradicionales.

6.3.4 Robótica y Realidad Virtual para neurorrehabilitación.

Por diferentes causas, el daño cerebral puede sobrevenir a niños, jóvenes y personas adultas. Y, a menudo, el proceso de neurorrehabilitación de los déficits que se producen suele ser largo, costoso e, incluso, aburrido.

Con la utilización de la robótica y de realidad virtual en la neurorrehabilitación, el elemento motivacional es mucho mayor, así como la capacidad de aprendizaje. Todo esto es posible al trabajar en un entorno lúdico, en el que se introduce el concepto de juego. Además, el software ligado al juego ofrece una experiencia dinámica e interactiva que propicia la superación. (Tendencias Científicas, 2020).

Las últimas tecnologías para la rehabilitación ayudan a los equipos terapéuticos a:

- Registrar de manera fidedigna la actividad de los pacientes.
- Graduar de forma muy precisa la dificultad de cada tarea.
- Valorar su ejecución.
- Definir mejor los objetivos.
- Aumentar los tiempos de entrenamiento y el número de repeticiones.
- Incrementar la adhesión al tratamiento.



Figura. 24 Zuatzu, ejemplo de tecnología para la rehabilitación.

Fuente: (Tendencias Cientificas, 2020).

Como se observa en la **Figura. 24**, Zuatzu es un ejemplo de utilización de los últimos medios técnicos. Con los medios más avanzados se trabajan distintos aspectos y capacidades: equilibrio, transferencia de pesos, movimiento, fuerza, atención, etc. Las máquinas nos ofrecen un feedback sobre cuánto y cuán bien se ha realizado un entrenamiento.

Así, se utilizan, entre otras herramientas:

- Sistemas alternativos de la comunicación, como el software The Grid 2.
- La plataforma web de rehabilitación y estimulación cognitivas NeuronUp.
- La cinta de marcha Hp Cosmos, con el sistema de fijaciones elásticas RoboWalk y el sistema Zebris, que permite realizar un análisis preciso del ciclo de marcha del paciente (longitud de paso, anchura, simetría, tiempos de apoyo, vector de fuerza y dirección).
- Los robots:
 - 1) Amadeo®, único sistema mecatrónico que permite el trabajo con los dedos de forma completamente individualizada, incluido el pulgar (**Figura. 25**).



Figura. 25 Sistema de Rehabilitación Amadeo.

Fuente: (Tendencias Cientificas, 2020).

2) Pablo®, un sensor que permite captar la fuerza de presión de diferentes agarres y pinzas y por otro lado cuenta en su interior con unos acelerómetros que permiten recoger la movilidad de las articulaciones de la mano. Mediante dispositivos como Multiboard y Multiball es posible el reentrenamiento de la fuerza de pinza y presión, de la movilidad de muñeca, antebrazo, codo y hombro.

3) Diego®, sistema robótico y de realidad virtual, de suspensión cenital y de baja inercia, desarrollado para la rehabilitación desde etapas muy tempranas de las extremidades superiores. Ofrece actividades de alcance en todos los puntos del espacio o patrones funcionales básicos, como llevarse la mano a la boca o a la cabeza. Coger y transportar objetos o realizar ejercicios como la natación son algunas de sus terapias virtuales.

6.4 Especificaciones técnicas de los dispositivos a utilizar en el diseño y simulación del Sistema Electrónico de monitoreo.

Los requerimientos de Hardware se detallan de la siguiente manera:

6.4.1 Sistema Electrónico de monitoreo.

Transductor de Variable Fisiológica.

1) Sensor de Pulso Cardíaco o Pulsómetro.



- Diámetro: 16mm
- Grosor: 3mm
- Voltaje de trabajo: 3V a 5V
- Corriente de trabajo: ~4mA a 5V

Figura. 26 Pulsómetro.

Fuente: (Chanci Arrubla, 2018).

2) Sensor de Temperatura LM35.

Su funcionamiento es bastante simple, la primera patilla o pin es para la alimentación necesaria para el sensor, que va de 4 a 30v, aunque puede variar en función del fabricante, en el centro, tenemos la patilla para la salida, es decir, la que dará una tensión u otra en función de la temperatura. Y la tercera patilla es de tierra tal y como se muestra en la (**figura. 27**).



Figura. 27 Vista de frente sensor LM35

Fuente: hardwarelibre.com.

- Tensión de salida proporcional a la temperatura: de -55°C a 150°C con tensiones de -550mV a 1500mV .
- Calibrado para grados Celsius.
- Tensión de precisión garantizada de 0.5°C a 25°C .
- Baja impedancia de salida.
- Baja corriente de alimentación ($60\ \mu\text{A}$).
- Bajo coste.

- Package SOIC, TO-220, TO-92, TO-CAN, etc.
- Voltaje de trabajo entre 4 y 30v.

Acondicionador de Señal.

1) Microcontrolador Atmega328P.

Carece de conector para alimentación externa y en su lugar ocupa un cable USB (Mini B), cada uno de los 14 pines digitales pueden ser usados como entrada o salida, usando las funciones pinMode, digitalWrite, y digitalRead. En la (**Figura. 28**), se puede apreciar los pines de conexión, opera a 5 voltios, cada pin puede proveer o recibir un máximo de 40mA y poseen una resistencia de pull-up (desconectada por defecto) de 20 a 50 kOhms. Además, algunos pines poseen funciones especializadas. (electronicoscaldas.com).

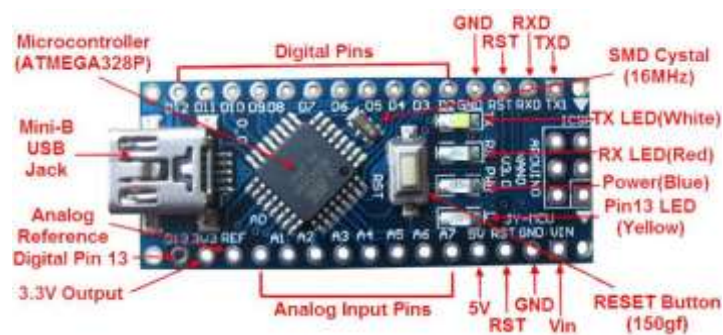


Figura. 28 Partes internas Atmega328P.

Fuente: Fuente: hardwarelibre.com.

- Tensión de entrada (recomendada): +7 a + 12 V.
- Tensión de entrada (límites): +6 a + 20 V.
- 14 pines GPIO (de los que 6 ofrecen salida PWM).
- 6 pines de entrada analógica.
- Corriente DC por pin de E/S: 40 mA.
- Memoria Flash de 32 KB (2 KB para cargador de inicio).
- SRAM de 2 KB.
- EEPROM de 1 KB.
- Admite comunicación serie IC.
- Frecuencia de reloj: 16 MHZ.
- Dimensiones: 0,73" x 1,7".

Enlace de datos.

1) Módulos Bluetooth.



Figura. 29 Modulo HC-05.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

El módulo suele venir configurado como esclavo, con velocidad de transmisión serial de 38400 bps ó 9600 bps (Dependiendo del nivel de KEY al alimentarlo), 1 bit de parada, y sin bit de paridad.

- Especificación bluetooth v2.0 + EDR (Enhanced Data Rate)
- Puede configurarse como maestro, esclavo, y esclavo con autoconexión (Loopback) mediante comandos AT
- Chip de radio: CSR BC417143
- Frecuencia: 2.4 GHz, banda ISM
- Modulación: GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
- Antena de PCB incorporada
- Potencia de emisión: ≤ 4 dBm, Clase 2
- Alcance 5 m a 10 m
- Sensibilidad: ≤ -84 dBm a 0.1% BER
- Velocidad: Asíncronica: 2.1 Mbps (max.)/160 kbps, sincrónica: 1 Mbps/1 Mbps
- Seguridad: Autenticación y encriptación (Password por defecto: 1234)
- Perfiles: Puerto serial Bluetooth
- Módulo montado en tarjeta con regulador de voltaje y 6 pines suministrando acceso a VCC, GND, TXD, RXD, KEY y status LED (STATE)

- Consumo de corriente: 50 mA.
- El pin RX del módulo requiere resistencia de pull-up a 3.3 V (4.7 k a 10 k). Si el microcontrolador no tiene resistencia de pull-up interna en el pin Tx se debe poner externamente.
- Niveles lógicos: 3.3 V. Conectarlos a señales con voltajes mayores, como por ej. 5 V, puede dañar el módulo
- Voltaje de alimentación: 3.6 V a 6 V
- Dimensiones totales: 1.7 cm x 4 cm aprox.
- Temperatura de operación: -20 °C a +75 °C

Indicadores de alarma.

1) Diodos LEDs.

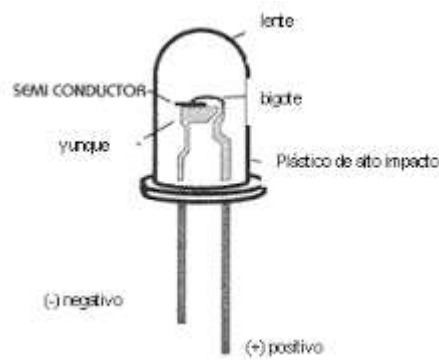


Figura. 30 Esquema del diodo Led.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

2) Buzzer o Bocina Activa.

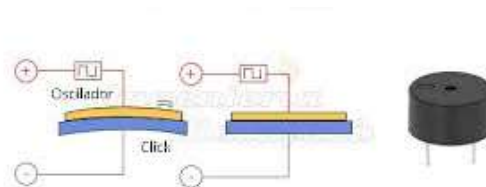


Figura. 31 Esquema electrónico Buzzer.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

Dispositivo de visualización.

1) Pantalla LCD Qapass 1602^a.

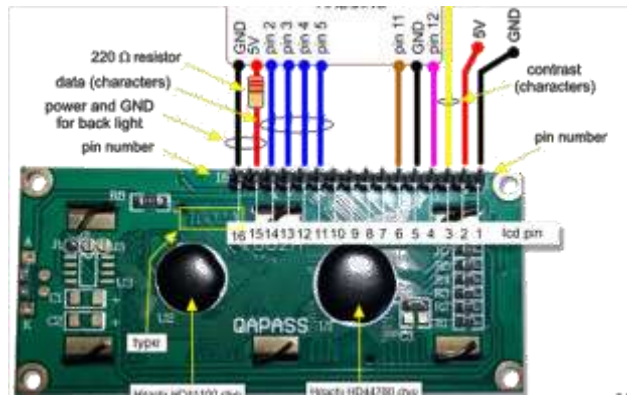


Figura. 32 Partes internas del Módulo LCD.

Fuente: electronicoscaldas.com

- 16 caracteres x 2 líneas.
- Caracteres de 5x8 puntos.
- Tamaño de caracter: 5.23 x 3 mm.
- Puede mostrar letras, números, caracteres especiales, y 8 caracteres creados por el usuario.
- Backlight de LED color azul.
- Caracteres color blanco.
- Interface paralela. Puede operar en modo de 8 bits, o de 4 bits para ahorrar pines del microcontrolador.
- Posee controlador KS0066U o equivalente on-board (compatible Hitachi HD44780).
- Voltaje de alimentación: 5 V.

2) Modulo Adaptador de LCD a interfaz I2C.



Figura. 33 Partes internas, Modulo adaptador LCD.

Fuente: electronicoscaldas.com.

- Voltaje de Alimentación: 5V DC.
- Controlador: PCF8574.
- Dirección I2C: 0x3F (en algunos modelos es 0x27).
- Compatible con el protocolo I2C.
- Jumper para Luz de fondo.
- Potenciómetro para ajuste de contraste.

6.4.2 Sistema Electrónico de rehabilitación.

GENERADOR DE OXIGENO POR ELECTROLISIS:

Es el proceso que separa los elementos de un compuesto por medio de la electricidad. En la (**figura. 34**) podemos apreciar dicho proceso, ocurre la liberación de electrones por los aniones en el ánodo (una oxidación) y la captura de electrones por los cationes en el cátodo (una reducción). (Contribuyentes, 2020).

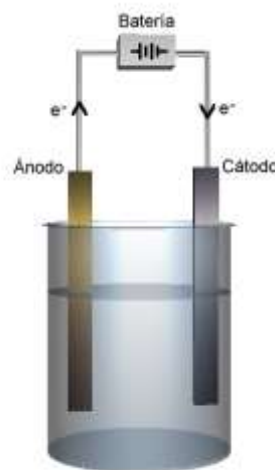


Figura. 34 Proceso de Electrolisis.

Fuente: (Contribuyentes, 2020).

Proceso.

1. Se aplica una corriente eléctrica continua mediante un par de electrodos conectados a una fuente de alimentación eléctrica y sumergidos en la disolución (en este caso se ocupa agua y como agente generador una sal).

2. Cada electrodo atrae a los iones de carga opuesta. Así, los iones negativos, o aniones, son atraídos y se desplazan hacia el ánodo (electrodo positivo), mientras que los iones positivos, o cationes, son atraídos y se desplazan hacia el cátodo (electrodo negativo).
3. La energía necesaria para separar a los iones e incrementar su concentración en los electrodos es aportada por la fuente de alimentación eléctrica.
4. En los electrodos se produce una transferencia de electrones entre estos y los iones, produciéndose nuevas sustancias (en este caso lo que se busca producir es Oxígeno, con la sal y el agua, pero también se producirá Hidrógeno). Los iones negativos o aniones ceden electrones al ánodo (+) y los iones positivos o cationes toman electrones del cátodo (-).

7 Diseño Metodológico

7.1. Tipo de estudio:

El presente estudio es de tipo Mixto (estudio de caso), se enfatiza en caracterizar el comportamiento psicomotor del paciente a analizar, para valorar la necesidad de diseñar un sistema electrónico de monitoreo y rehabilitación motora.

Será realizado en base a un diseño transversal ya que la recolección de los datos y el análisis de las variables se contemplaron al mismo tiempo. Se procesarán los datos suministrados por la madre del paciente S.W, así mismo los datos proporcionados por el médico neuro fisiatra de cabecera y se analizarán los comportamientos de las variables físicas que son afectadas al momento de una convulsión.

La investigación tiene un enfoque Cualitativo-Cuantitativo, dado que se integran técnicas e instrumentos propios del mismo, para la recolección de datos que dieron paso al conocimiento de las necesidades presentes en el núcleo familiar, como también las necesidades psicomotoras del paciente S.W, proyectando información a través de la entrevista verbal y escrita.

7.2. Universo:

Se desarrolló en el barrio Jonathan Gonzales, ubicado en el distrito I del municipio de Managua, en las coordenadas: Latitud 12° 8' 52" Norte y Longitud 86° 17' 40" Oeste. Con una extensión territorial de 42, 000 m², (**Figura. 35**). Fundado a finales de los años ochenta por militares del ejército popular sandinista.

Su nombre fue acuñado en memoria del contrarrevolucionario Jonathan González Morales quien vivía en las cercanías donde ahora está ubicado el nuevo Hospital Militar, junto a su madre y 13 hermanos. Para en 1973 muere a manos de la Guardia Nacional en Nandaime-Granada. Actualmente el barrio alberga una población de 485 familias.



Figura. 35 Ubicación geográfica Jonathan González.

Fuente: (Mapa Satelital. Google, 2020).

7.3. Área de estudio:

Se establece específicamente casa de habitación del paciente, ubicada en el Barrio Jonathan González-Managua en las coordenadas: Latitud $12^{\circ} 07' 50.4''$ Norte y Longitud $86^{\circ} 16' 36.3''$ Oeste. Con dirección de Ruta: Avenida 24 calle Sureste, de Pulpería Suguey 300 vrs Oeste, (**Figura. 36**).

La vivienda cuenta con los servicios públicos básicos, con un perímetro de 60 m^2 , construcción de mampostería básica distribuida de la siguiente manera: tres habitaciones, un baño, cocina, sala y porche en entrada principal (**ver anexo**).



Figura. 36 Campo de Investigación - ubicación.

Fuente: (Mapa Satelital. Google, 2020).

7.4. Población y Muestra:

El núcleo familiar consta de siete miembros, los cuales tres son menores de edad y cuatro son adultos. La muestra se reduce a un solo individuo, descrito como paciente S.W.

7.4.1 Muestreo:

No probabilístico.

7.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos:

El enfoque es de tipo mixto, se ameritó de técnicas como la observación al comportamiento psicomotor del paciente y entrevista verbal y escrita, aplicada tanto a la madre del paciente, como al médico que le da seguimiento en el área de neurofisiología.

- Directa: Entrevista que se realizó de manera verbal y escrita a un miembro de la familia (madre del paciente) y a uno de los médicos (neuro fisiatra) que brinda seguimiento permanente. La cual aportó información contundente del comportamiento físico y mental de nuestra muestra; por medio de la Observación (visita de campo) se pudo indagar un evidente retraso del desarrollo psicomotor, eventos leves de crisis o espasmos convulsivos y la angustiante necesidad por parte de los familiares.
- Indirecta: Revisión de documentos relacionados con información prenatal, neonatal, pediátrico y epicrisis de ingresos intrahospitalarios consecuentes de eventos críticos.

7.6. Procedimientos para la recolección de datos:

Primeramente, se abordó vía telefónica a la madre del paciente, proponiendo una idea de sistema electrónico que les facilite tanto la vigilancia permanente del menor, como la rehabilitación motriz a mediano plazo.

También se contactó vía telefónica a uno de los médicos que brinda acompañamiento en el proceso de mejora motriz y psicosocial, solicitando de sus conocimientos y profesionalismo para sustentar la investigación y poder llegar a una posible validación del proyecto mismo, en un futuro.

Se elaboró una guía de entrevista escrita con preguntas abiertas (**ver anexo**), la cual pretende determinar el comportamiento físico, típico, que tiene más predominio en el paciente al momento de una crisis, la concurrencia de dichos eventos, como también el conteo por mes de los episodios y los tipos de ejercicios que le proporcionan como apoyo a una estimulación eficaz. Además, se creó otro formato de entrevista, al médico, con el propósito de conocer a ciencia cierta los mecanismos y terapias convencionales implementadas en estos tipos de pacientes como aporte a su mejoría.

7.6.1. Datos incluidos en el Formato de Entrevista:

-Datos del paciente:

- Edad.
- Sexo.
- Comportamiento habitual.
- Horas de sueño.

-Datos de la madre:

- Desarrollo del embarazo.
- Información genética del conyugue.

-Datos del Médico:

- Especialidad.
- Años de experiencia.
- Comportamiento usual de pacientes con S.W.
- Tratamientos terapéuticos implementados en pacientes con S.W.

7.7. Matriz de definición u operacionalización de variables:

Tabla 02. Matriz MOVI.

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Dimensiones	Variable Operativa o Indicador	Técnicas de Recolección de Datos
<p><u>Objetivo Especifico 1.</u> Descripción de los tipos de señales y variables físicas que se alteran durante una convulsión, para tratarlas y modelarlas en el monitoreo del paciente S.W.</p>	<p>Metodología que permitirá conocer a través del diagnóstico clínico el estado físico del paciente S.W, con el objetivo de proporcionar variables tratables para el sistema de monitoreo.</p>	<p>1.1. Metodología 1.2. Diagnóstico clínico. 1.3. Variables tratables.</p>	<p>1.1.1 Revisión y análisis documental de información. 1.2.1 Familiares y médico de cabecera. 1.3.1 Dispositivos de medición.</p>	<p>-Observación. -Entrevista verbal y escrita. - Monitoreo.</p>
<p><u>Objetivo Especifico 2.</u> Descripción de las metodologías médicas que permitan la integración terapéutica a un sistema de rehabilitación automática.</p>	<p>Tomar técnicas de la terapia convencional acordes a las necesidades del paciente S.W, para unificarlas al sistema de rehabilitación.</p>	<p>2.1 Técnicas de terapia convencional. 2.2 Necesidades del paciente.</p>	<p>2.1.1 Recomendación médica. 2.2.1 Familiares y médico de cabecera.</p>	<p>-Entrevista verbal y escrita. -Observación.</p>

<p><u>Objetivo Especifico 3.</u></p> <p>Diseñar Sistema electrónico para el monitoreo de crisis convulsivas del paciente S.W.</p>	<p>Proceso de elaboración de la propuesta de trabajo, de acuerdo con pautas y procedimientos sistemáticos. Para lograr el beneficio planteado.</p>	<p>3.1. Elaboración.</p> <p>3.2. Procedimientos Sistemáticos.</p> <p>3.3. Beneficios planteados.</p>	<p>3.1.1 Software de programación.</p> <p>3.2.1 Dispositivos moduladores y acondicionadores de variables.</p> <p>3.3.1 Montaje electrónico del sistema.</p>	<p>- Observación.</p> <p>- Observación.</p> <p>- Experimental.</p>
<p><u>Objetivo específico 4.</u></p> <p>Simular mediante software el funcionamiento del sistema electrónico para la rehabilitación motora del paciente S.W, con integración de mecanismo emergente ante una convulsión.</p>	<p>Validación por medio de software gráfico, el funcionamiento eficaz, incluyendo el mecanismo de emergencia.</p>	<p>4.1. Validación.</p> <p>4.2. Funcionamiento eficaz.</p> <p>4.3 Mecanismo de emergencia.</p>	<p>4.1.1. Software de diseño.</p> <p>4.2.1. Simulación grafica del sistema.</p> <p>4.3.1. Mecanismos electrónicos.</p>	<p>-Observación.</p>

Fuente: (Asesora Metodológica 2020).

7.8. Plan de análisis y procesamiento de datos e información:

Los datos obtenidos y agregados a este documento se procesarán mediante software de Microsoft office, Word 2013, para la edición y formato de la información, así mismo al formato de entrevista, imágenes, gráficos y tablas que se encontrarán proyectados a lo largo de este informe.

También se trabajará en las citas y referentes bibliográficos con apoyo de Normas APPA séptima edición, presentadas en documento de Adobe Acrobat Document y facilitadas por tutora metodológica. Con el fin de dar crédito a los diferentes documentos consultados para apoyo y sustento informativo a la investigación, y respeto a sus debidos autores. Como también una correcta redacción de la tesis.

El sistema electrónico de monitoreo será diseñado a través de software de simulación lógico y gráfico, el cual permitirá visualizar un esquema de comportamiento análogo-digital de la señal o variable recolectada a partir de los transductores especificados.

Posterior se usará software de programación para montar la lógica a través de códigos a los microcontroladores, y remitir las instrucciones por medio de lenguaje de máquina a los demás dispositivos que realizaran las tareas especificadas en cada etapa del sistema.

Para el sistema electrónico de rehabilitación se usará software de simulación en 3D, con el fin de dar una visualización previa de la lógica y funcionamiento que tendrá el mismo, como también el diseño esquemático del mecanismo físico, con las respectivas mediciones.

8 Desarrollo

En este acápite se encontrará el progreso de los objetivos planteados para el diseño del sistema de Monitoreo de convulsiones y Rehabilitación motora.

8.1 Descripción de las señales y variables físicas durante convulsiones, para tratamiento y modelación en el monitoreo del paciente S.W.

Se presenta el caso de un niño de cuatro años con diagnóstico de Síndrome de West y Epilepsia Parcial, como consecuencia de incompatibilidad genética paternal. Residente del Barrio Jonathan González-Managua, Asistió a emergencias médicas pediátricas del Hospital Militar-Escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, por primera vez a los cinco meses de edad, sus convulsiones se acentuaron a la edad de un año y medio, lo que agravó el retraso psicomotor. Inició terapia física asistida para kinesioterapia y Postura en mayo del 2019, empleando técnicas manuales deficientes, en el centro de rehabilitación Aldo Chavarría-Managua.

8.1.1 Fundamento del Diagnóstico.

Se toma como referencia los datos clínicos de paciente menor de edad, el cual presenta síndrome de West. Durante gestación la madre indicó presentar múltiples amenazas de aborto debido a incompatibilidad sanguínea (producto de mismo factor RH madre y padre), y que no fue tratado a tiempo. Se da nacimiento por vía vaginal y sin complicaciones, de parto pretérmino con 37 semanas de gestación, su peso al nacer fue 2,600 g, talla de 46 cm y su perímetro cefálico 30 cm. (Rosales Herrera, 2020).

Acudió a consulta a los cinco meses de edad por presentar espasmo infantil tónico-clónico, estudios de imagenología reportaron trastornos neuronales y disminución del cuerpo calloso a su egreso fue calificado con epilepsia parcial y con tratamiento anti convulsionante. Así mismo recurrió nuevamente a ingreso de emergencia debido a picos febriles y convulsiones, por lo que medico neurólogo reclasificó diagnóstico como Síndrome de West, modificando también tratamiento permanente anticonvulsivo. (Historial médico, Hospital militar-escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños 2017-2020).

Durante su periodo de vida, ha mostrado otras patologías, algunas propias del síndrome y otras por contaminación las cuales han demandado a ingresos en unidad de cuidados intensivos pediátricos del hospital donde es atendido, agregando también otros tratamientos farmacológicos como apoyo a su estabilidad de salud.

Actualmente tiene cuatro años, cursando hemodinámicamente estable, sin embargo, presenta evidente retraso del desarrollo psicomotor. Por lo que se recomendó a los padres asistirlo en terapias complementarias que apoyen a la mejoría motora como kinesioterapia y Postura, en un centro de rehabilitación de la ciudad de Managua.

En la **Tabla. 03** se describen las fechas de consultas médicas (ingreso y egreso), así mismo los detalles de hospitalización donde los enunciados marcados en color rojo señalan algunas patologías permanentes.

Tabla. 03 Diagnóstico Clínico de paciente con S.W.

Edad	Fecha Ingreso/Egreso	Problemas de Ingreso	Exámenes Realizados	Tratamiento Farmacológico	Somatometria de Egreso
07 meses	08/01/2017 - 16/01/2017	<p>-Lactante menor. -Vacunas completas documentadas. -Desarrollo psicomotor adecuado. -Convulsión compleja.</p> <p>Paciente acude a emergencias acompañado de la madre, con historia que previo a buen estado general, inició movimientos del tronco y miembros superiores asociados a fasciculaciones, parpadeo y desviación de la mirada, que duran menos de 30 segundos, sin pérdida de la conciencia.</p>	<p>-Ultrasonido transfontalena (Normal). -TAC de cráneo (Encéfalo sin alteraciones). -Resonancia magnética de cráneo (Hipomielinización, Hipoplasia del cuerpo caloso, considerar complejo agiria-paquigiria). - Electroencefalograma (Anormal, daño cortico subcortical moderado).</p>	<p>-Líquidos de mantenimiento. -Levetiracetam anti convulsionante (Permanente).</p>	<p>-Lactante menor. -Probable retraso del desarrollo psicomotor. -Epilepsia parcial secundaria a agenesia cerebral.</p> <p>Durante la estancia intrahospitalaria, se descartó neuroinfección, RM reporta un trastorno de la migración neuronal y mielinización, disminución del cuerpo caloso. Neurología pediátrica diagnosticó como epilepsia parcial.</p>
10 meses	02/05/2017 - 07/05/2017	<p>-Lactante menor. -Vacunas completas documentadas. -Desarrollo psicomotor en riesgo. -Síndrome Febril.</p> <p>Paciente cursando clínica y hemodinámicamente estable,</p>	<p>-BHC. -EGO. -Creatinina.</p>	<p>-Líquidos de mantenimiento. -Acido Valproico (Permanente). -Levetiracetam (Permanente). -Clonazepam (Permanente).</p>	<p>-Eutrófico. -Lactante menor. -Probable retraso del desarrollo psicomotor. - Síndrome de West.</p> <p>Se descartaron patologías infecciosas meníngeas,</p>

		ingreso por presentar fiebre y convulsiones.			somnoliento por convulsiones, consecuentes de S.W.
01 año	03/07/2017 - 05/07/2017	- Síndrome de West. Ingreso por estado convulsivo prolongado de 15 min, administrándole 3 dosis de Diazepam sin presentar cambios, se le agregó Difenilidantoina mostrando mejora.	-Exámenes de rutina.	-Difenilidantoina. -Medicamentos de base.	-Estatus epiléptico resuelto. Por el antecedente patológico presente, se modificaron dosis de los medicamentos de base. Y por los efectos adversos de Difenilidantoina se decide retirar paulatinamente.
01 año	18/08/2017 - 21/08/2017	-Síndrome de West. Ingresa clínicamente estable, sin datos de dificultad respiratoria, signos vitales normales, presenta fiebre mayor a los 38°.	-Exámenes de rutina.	-Medicamentos de base. -Acetaminofén.	-Lactante mayor. -Eutrófico. -Síndrome de West. -Catarata Bilateral. Revisión general de optometrista, sospecha de observar catarata en ambos miembros oculares, se programa cita para posterior revisión clínica.
01 año	24/11/2017 - 27/11/2017	-Sinusitis. Congestión nasal y cuadros de fiebre, convulsión tónico-clónica.	-Radiografía de senos paranasales (obstrucción).	-Esomeprazol. -Domperidona. -Medicamentos de base.	-Sinusitis. Se mantiene medicamento de base y tratamiento para completar dosis en casa por sinusitis.
		-Virosis inespecífica. -Síndrome de West.	-General de orina.	-Medicamentos de base.	-Continúa medicamento de base. -Dieta General.

01 año	06/04/2018 - 08/04/2018	Ingreso por alzas térmicas, la cual no sede con Acetaminofén ni con supositorios. Presenta cansancio.	-Biometría hemática completa.	-Acetaminofen. -Metoclopramida.	-Caso sospechoso de dengue. Durante la estancia se descartó sospecha de dengue clásico.
01 año	14/08/2018 - 20/08/2018	-Desarrollo psicomotor en riesgo. -Síndrome de West. -Emaciado. Paciente presenta crisis tónica de 10 min, picos febriles. Se valora con neurología y se modifican supradosis de anti convulsionantes.	-Radiografía de tórax. -General de orina. -EEG digital. Biometría hemática.	-Medicamento de base. -Acetaminofen. -Suero oral a tolerancia.	-Desarrollo psicomotor en riesgo. -Dieta general. -Emaciado. EEG registró crisis, se logró controlar convulsiones y alzas térmicas. Se recomienda resonancia magnética de cráneo.
02 año	27/09/2018 - 16/10/2018	-Estatus convulsivo. -Retraso del desarrollo psicomotor. Presentó crisis convulsiva frecuentes durante tres días, durante ingreso se da evento tónico-clónico de 17 min. Se traslada a UCIP con sospecha de neuroinfección y datos de shock séptico. Se inicia apoyo aminérgico y se administra esquema de antibioticoterapia.	-Hemocultivo central y periférico. -Uro cultivo. -BHC. -TAC de cráneo. -Resonancia magnética de cráneo. -Cultivo de secreción bronquial. -Exámenes generales.	-Medicamentos de base. -Vancomicina. -Meropenen. -Ventilación Mecánica. -Nebulizaciones. -Catéteres subcutáneos. -Trasfusión paquete globular.	-Dieta general. -Medicamentos de base. -Reflujo Gastroesofágico grado III. -Displacia Cortical focal-bifrontal. -Disgénesia del cuerpo calloso. -Neumonía asociada a ventilador. TAC de cráneo reportó Edema Cerebral leve, suministro de medicamentos de amplio espectro para neumonía, RM de cráneo encontró Disgenesia más displacia.

02 año	31/01/2019 - 11/02/2019	-Cuadro respiratorio grave. -Taquicardico. -Sibilancia de inicio temprano. Se recibe paciente con silbidos en el pecho, dificultad respiratoria, barotrauma, virotrauma y volotrauma, se traslada a UCIP.	-Radiografía de tórax. -Biometrías. -Hemocultivo.	- Medicamentos de base. -Antibioticoterapia. -Nebulizaciones. -Trimetropin.	-Medicamentos de base. -Sibilancia temprana. -Acidosis resuelta. Se encontró neumonía grave por contaminación, acides respiratoria metabólica.
02 año	19/02/2019 - 28/02/2019	-Sibilancias. -Foco infeccioso vías respiratorias. -Síndrome de West. Ingresa a UCIP por dificultad respiratoria y picos febriles incontrolables.	-Cultivo rectal. -Hemocultivo. -BHC. -Hisopado nasofaríngeo.	-Medicamentos de base. -Clindamisisina. -Ceftriaxona. -Ranitidina. -Amoxicilina más acido clavulánico.	-Dieta blanda. -Sibilancia temprana. -Valoración cirugía pediátrica. Se encontró colonización por Klebsiella pneumoniae y pseudomona aeruginosa. Se valora para Gastrostomía debido a las recurrentes neumonías por micro aspiraciones.
02 año	06/03/2019 - 14/03/2019	-Neumonía grave. -Sibilancias. Se ingresa a UCIP por presentar vías aéreas obstruidas, dificultad respiratoria.	-Hemocultivo. -BHC.	-Medicamentos de base. -Amoxicilina más acido clavulánico.	-Dieta blanda. -Post quirúrgico. Se recurre a segunda cirugía por Funduplicatura de NISSEN.
		-Sinusitis aguda.	-BHC. -Biometría.	-Medicamentos de base. -Loratadina.	-Síndrome de West. -Dieta general.

03 años	06/08/2019 - 08/08/2019	Ingresa por problemas respiratorios, cansancio.		-Acetaminofén.	Se le agrega antialérgico para controlar sinusitis.
03 años	04/02/2020 09/02/2020	-Neumonía espirativa a repetición. -Síndrome de West. Presenta picos febriles, convulsiones y cansancio.	-Radiografía para nasal. - BHC. -Biometría.	-Amoxicilina más ácido clavulánico. - Medicamentos de base. -Loratadina. -Acetaminofén.	-Síndrome de West. -Dieta general. -Bronquiectasias cilíndricas. -Reflujo Gastroesofágico más Funduplicatura. -Rinitis. RX para nasal evidenció adherencias cilíndricas. Y se diagnostica con rinitis, por lo que se le indica tratamiento a base de Loratadina.

Fuente: (Historial médico, Hospital militar-escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños 2017-2020).

8.1.2 Tratamiento y Modelación de la señal.

Nuestro cerebro produce impulsos eléctricos (potenciales de acción) que viajan a través de nuestras neuronas. Estos producen ritmos que son conocidos como ondas cerebrales. Los impulsos eléctricos son información que viaja de neurona a neurona haciendo uso de cientos de miles de ellas para lograr transportarse y ejecutar una función determinada. La actividad de las ondas cerebrales puede ser observada en un electroencefalograma o EEG. (Guevara Perez, Ramos Loyo, & Corsi Cabrera, 2014).

Estas ondas son divididas en grupos, basadas en su contenido de frecuencia, la manera más común es dividir dichas frecuencias en bandas (Delta, Theta, Alpha, Beta y Gamma) las cuales se han definido mediante estudios de fenómenos psicológicos y fisiológicos asociados a la actividad cerebral.

Las oscilaciones obtenidas, resultan de la sumatoria de los potenciales post sinápticos excitatorios e inhibitorios, estas señales son de baja amplitud, pero gracias a una serie de amplificadores diferenciales, se logran magnificar y analizar.

Para la realización del diseño del proyecto propuesto, se solicita del análisis matemático y registros electrónicos de la onda que predomina durante la vigilia/sueño del paciente S.W. Por lo tanto, a continuación, se describe reporte de EEG efectuados en los últimos años.

Registro de Electroencefalograma.

Para el registro se usaron electrodos de oro y plata (Au y Ag) sobre el cuero cabelludo con pasta conductora que permitió amplificar la señal de dicha onda. (Historial médico, Hospital militar-escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños 2017-2020).

- EEG realizado 31 de enero del 2017, con equipo digital Neurospectrum5 de última generación y aplicando sistema internacional 10-20 para la colocación adecuada de electrodos acorde al perímetro cefálico del paciente.

Registró patrones de: onda longitudinal superior, onda longitudinal inferior y onda transversal. Con actividad cerebral desorganizada generalizada, con patrón de brote, **atenuación de forma intermitente** durante la estimulación en Vigilia. Siendo identificado como epilepsia generalizada severa e Hipsarritmia.

- Video de EEG digital realizado el 26 de marzo del 2019, con Maquina NIHON KOHDEN, aplicando sistema internacional 10-20 para la colocación de electrodos y 36 canales.

Registró patrones de: Integra gradiente, **ritmo de base THETA 5 CICLOS**, **ondas de muy alto voltaje**, escasos grafo elementos de sueño, grafo elementos en vigilia anormales (**brotos de onda aguda onda lenta**). Siendo el resultado final y actual de sueño asíncrono/asimétrico e hipsarritmia (**Figura. 37**).

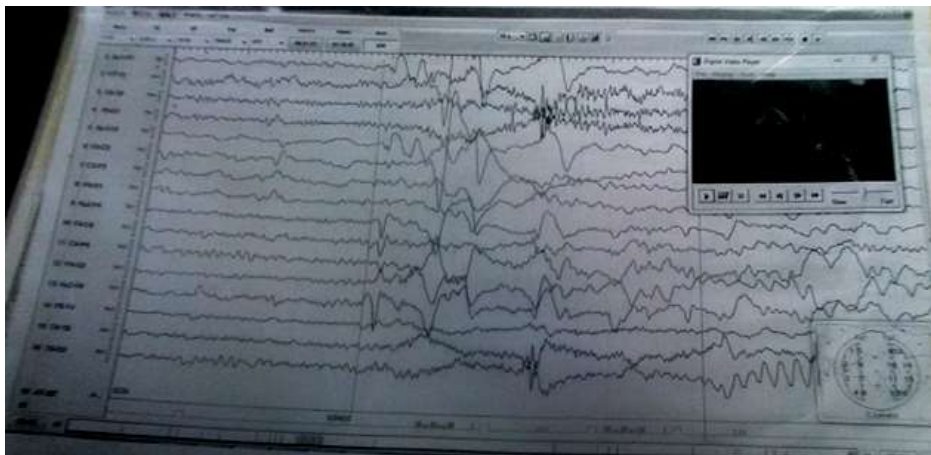


Figura. 37 Registro EEG ejecutado 26 marzo 2019.

Fuente: (Historial médico, Hospital militar-escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños 2017-2020).

Análisis del Registro.

Las Ondas Theta son oscilaciones electromagnéticas en el rango de Frecuencias de 3.5 y 7.5 Hz que se detectan en el cerebro a través del EEG y su amplitud varía entre los 20 y 100 μ V. Normalmente están asociadas con las primeras etapas de sueño (fase 1 y fase 2), pero también cuando el ser humano se encuentra sometido a altos niveles de estrés, éstas se generan tras la interacción entre los lóbulos Temporal y Frontal. (Guevara Perez, Ramos Loyo, & Corsi Cabrera, 2014).

En el caso del paciente S.W, se le realizo maniobras de activación. El ritmo base de Onda se examinó a partir de 5 ciclos (5 hojas), evidenciando que al momento de una crisis mayor a 10 segundos la actividad cerebral se alteró y se compararon los siguientes parámetros (**Tabla. 04**):

Tabla. 04 Comparación de parámetros.

Ritmo	Frecuencia cerebral	Voltaje	Frecuencia cardiaca	Observaciones
THETA	3.5 Hz	40 μ V	2 Hz	Parámetros normales y sin evidencia de crisis. Actividad de base con mayor amplitud y menor frecuencia.
	8 Hz-1Hz	473 μ V- 10 μ V	1.17Hz-2.5Hz	Durante la vigilia/sueño se evidencia la aparición de hipsarritmia y ondas difusas de alto voltaje más actividad de base caótica.

Fuente: (Historial médico, Hospital militar-escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, Registro EEG.2019).

En la **Figura. 38** se observa una descarga focal prolongada que adopta una morfología de actividad theta semirítmica (Registro EEG.2019). Con el registro obtenido usando electrodos de superficie se esboza una actividad theta irregular, el trazado obtenido en vigilia carece de los demás ritmos fundamentales de base descritos anteriormente y se reemplaza por abundante actividad theta rítmica en todas las áreas.

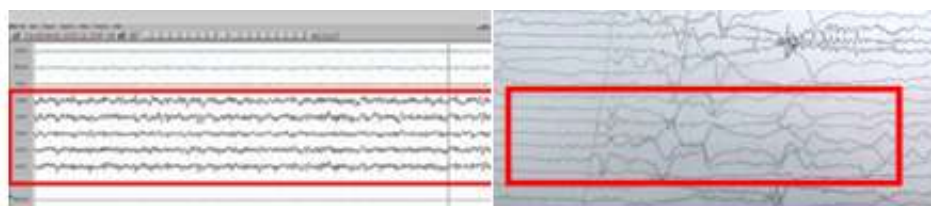


Figura. 38 Actividad Theta registrada en EEG.

Fuente: (Historial médico, Hospital militar-escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños, Registro EEG.2019).

Procesamiento de la señal.

La actividad rítmica del cerebro en un sujeto sano está caracterizada principalmente por cuatro tipos de actividades o ritmos como se ha mencionado anteriormente. (Guevara Perez, Ramos Loyo, & Corsi Cabrera, 2014)

Para poder definir un ritmo o banda final como resultado del EEG, se requiere de un sinnúmero de pruebas para promediar las derivaciones, de esta manera la actividad cerebral aleatoria es eliminada y se obtiene una onda de potenciales relacionados con eventos.

El EEG es una señal no estacionaria, en la cual se utiliza el análisis espectral clásico aplicando la Transformada de Fourier (TF) en el diagnóstico y monitoreo clínico, cuando los patrones de interés son estáticos. La teoría de Fourier establece que una señal

periódica $f(t)$ puede ser representada como una suma de señales exponenciales de frecuencias definidas en $w =, \pm \dots \pm 0, \pm w_0, \pm 2w_0, \dots$, formando un Espectro Discreto de Frecuencia con los componentes determinados por F_n .

Donde los componentes F_n representaran las ondas rítmicas de la señal EEG $f(t)$.

$$f(t) \approx \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{jn\omega_0 t} \quad (1)$$

$$F_n = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \quad (2)$$

Se suman los voltajes en cada punto temporal de cada prueba de medida, luego se divide cada uno por el número de intentos.

Se emplea el análisis espectral clásico para determinar la tendencia de los patrones del EEG durante el mapeo cerebral y diagnosticar condiciones patológicas cerebrales.

El mapeo topográfico de la actividad cerebral es un método que condensa la información espaciotemporal de los registros que se obtienen de las diferentes regiones del cerebro permitiendo así la localización espacial anatomo-funcional de fenómenos cerebrales de forma más amplia, sencilla y rápida.

Una vez adquirida la señal EEG $f(t)$, ésta es procesada mediante la técnica de Fourier **ec. 2)**, y separada su amplitud relativa espectral F_n en las cuatro bandas delta δ , theta τ , alfa α y beta β a través de software en computadora. El resultado es el potencial predominante en la imagenología espectral, tal y como se mostró en la **Tabla. 04** del registro EEG.

8.1.3 Parámetros puntuales fuera del EEG.

Variabilidad de la frecuencia cardíaca.

Es la variación en el tiempo del período entre dos latidos consecutivos. A diferencia de la frecuencia cardíaca que promedia el número de latidos por minuto, la VFC se basa en las pequeñas fluctuaciones que ocurren en el corazón debido a eventos internos o externos (Chanci Arrubla, 2018).

Está directamente ligada al sistema nervioso autónomo y se conoce como un marcador de riesgo cardiovascular. Los cambios en la VFC pueden ocurrir como

respuesta a estrés fisiológico o mental, enfermedades cardíacas o enfermedades no cardíacas, y tratamiento farmacológico o invasivo. Se ha convertido en una importante herramienta para identificar pacientes en riesgo de muerte cardiovascular y, teniendo en cuenta la relación que hay entre el corazón y el cerebro, se ha convertido en una herramienta de diagnóstico en la detección de problemas autónomos y en la predicción de diversos desórdenes neurológicos.

Sistema nervioso autónomo.

Tiene un componente simpático y otro parasimpático. La estimulación simpática ocurre en respuesta a estrés, ejercicio y enfermedades cardíacas, causando un incremento en la frecuencia cardíaca al aumentar la tasa de disparo del nodo sinusal, marcapasos del corazón. La actividad parasimpática resulta de la función de órganos internos, traumas, reacciones alérgicas y la inhalación de sustancias irritantes; ésta disminuye la tasa de disparo del nodo sinusal. Las contribuciones de ambos modulan la actividad del corazón. (Aquino & Aneiro, 2020).

En el paciente S.W, la respuesta parasimpática predomina durante la mayoría de las crisis por lo que la frecuencia cardiaca se ve afectada, causando desaturación de oxígeno conocida como apnea la cual produce un colapso en las vías respiratorias. Sin embargo, hay ocasiones en que las variantes crisis provocan un aumento en la saturación normal causando taquicardia (Historial médico, Hospital militar-escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños 2017-2020).

A continuación, se clasifica en la **Tabla. 05** datos relevantes en parámetros normales y durante crisis convulsiva.

Tabla. 05 Parámetros durante crisis convulsiva.

Arritmia	Frecuencia cerebral	Voltaje	Frecuencia cardiaca	Observaciones
	3.5 Hz	40 μ V	2 Hz	Parámetros normales
Bradicardia	8 Hz	473mV	1.17Hz	La saturación disminuye.
Taquicardia	1 Hz	10 μ V	2.5Hz	La saturación aumenta.

Fuente: (Historial médico, Hospital militar-escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños 2017-2020).

El pulso normal varía de acuerdo con diferentes factores; siendo el más importante la edad:

Niños de Meses: 130 a 140 Pulsaciones por minuto.

Niños: 80 a 100 Pulsaciones por minuto.

Adultos: 72 a 80 Pulsaciones por minuto.

Ancianos: 60 o menos pulsaciones por minuto.

En el caso del paciente S.W, se toma una frecuencia cardiaca estimada de 120 ppm equivalente a su edad, para poder modificar este dato a parámetros entendibles por el sistema de monitoreo se realizan los siguientes cálculos:

$$\frac{120 \text{ pul}}{60 \text{ min}} = 2\text{Hz Frecuencia normal. ec.3}$$

$$\frac{70 \text{ pul}}{60 \text{ min}} = 1.17\text{Hz Bradicardia. ec.4}$$

$$\frac{150 \text{ pul}}{60 \text{ min}} = 2.5\text{Hz Taquicardia. ec.5}$$

En estudios más precisos como la Polisomnografía, se establece un canal de Electrocardiograma para evidenciar las supuestas variaciones en la actividad cardiaca, durante las fases de sueño inducidas en dicho estudio. (Aquino & Aneiro, 2020).

Temperatura corporal.

Es otro signo presente en paciente S.W. La variación de la temperatura corporal se enmarca como un síndrome convulsivo o convulsiones febriles, que se presentan a edades de infancia y edad senil. Pero que también en esta condición de salud las alteraciones son evidentes.

Para nuestro paciente S.W, oscila entre los 35.8° C y 36.7°C respectivamente, por lo que a veces puede presentar cuadro de hipotermia y en algunos casos estatus febriles de mayor gravedad, los cuales dan paso a convulsiones, como se puede constatar en la **Tabla.03**. Dicha información se estará agregando al sistema de monitoreo (Historial médico, Hospital militar-escuela Dr. Alejandro Dávila Bolaños 2017-2020).

8.1.4 Posibles secuelas o daños severos.

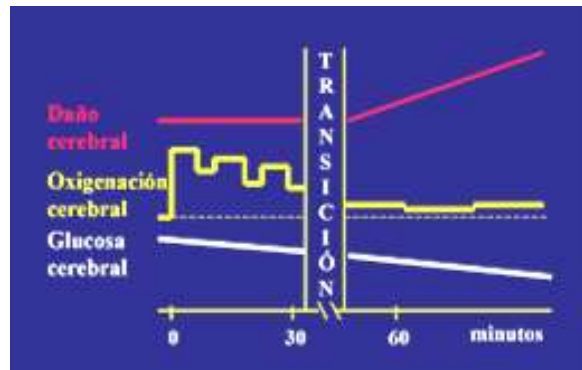


Figura. 39 Daño Cerebral.

Fuente: (Chanci Arrubla, 2018)

En la **Figura. 39** se describe el daño que se produce en la corteza cerebral, producto de una descarga mayor a los 400mv, la frecuencia cardiaca disminuye, por ende, los niveles de glucemia (sodio, potasio, calcio total, calcio iónico y magnesio) como principal sustrato energético se alteran, se evidencia una desaturación de oxígeno. (Chanci Arrubla, 2018).

Consecuencia de las múltiples descargas eléctricas cerebrales propias del S.W se produce daño a otros órganos vitales, ya que las variantes frecuencias y amplitudes desencadenan el riesgo de muerte súbita o cerebral y paros cardíacos. Por eso se precisa de otros mecanismos y métodos que solventen un mejor diagnóstico.

Se había mencionado que con un estudio más concreto (Polisomnografía) se puede monitorizar diferentes variables y saber cuál es el comportamiento que estas presentan durante un sueño inducido, con el fin de establecer conductas típicas de los pacientes.

Para ello se hace uso de métodos y equipos como: EEG (20 canales), ECG (1canal), Termistor buco nasal (1 canal), EOG (2 canales), EMG submentoniano (1 canal), EMG (2 canales) y Bandas torácicas (1 canal). (Aquino & Aneiro, 2020).

Todo este conjunto realiza el análisis de la actividad cerebral, actividad cardiaca, los patrones respiratorios y la arquitectura del sueño para evidenciar disturbios, variaciones o alteraciones de los diferentes signos vitales, como también la sincronía de las frecuencias cerebrales si es adecuado y organizado, durante el REM y las cuatro fases del sueño.

8.2 Descripción de las metodologías médicas que permitan la integración terapéutica al sistema de rehabilitación automática.

La estimulación temprana se conoce cómo la intervención terapéutica compuesta por medios, técnicas y actividades destinada a desarrollar el máximo potencial físico, cognitivo, emocional y social de cualquier niño con un alto riesgo ambiental y/o biológico. Se desarrolla durante los primeros años de vida, donde se corresponde con la inteligencia sensitivo-motora. El niño responde a estímulos sensitivos con repuestas motoras (Landeta Junquera, 2019).

Con la terapia física se busca mejorar el déficit motor presente en el paciente S.W, lo que implicaría control cefálico, de tronco, bipedestación y a largo plazo la marcha, asimismo la prevención de deformidades.

Para el proceso de rehabilitación de paciente S.W, nos enfocamos en tres métodos básicos, ajustados de acuerdo a las necesidades presentes y que serán incorporados a la lógica del funcionamiento sistemático y autónomo, del sistema electrónico de rehabilitación motora.

8.2.1 Método de Bobath.

Es un concepto terapéutico para el tratamiento global de personas con trastornos del sistema nervioso. Fue creado por el *Doctor Karel Bobath* (neurofisiólogo) y su mujer *Berta Bobath* (maestra) en los años cincuenta, basándose en los conocimientos de la neurociencia de aquellos días (Landeta Junquera, 2019).

Este método se fundamenta en los avances de la neurofisiología y neurociencia, en los conocimientos sobre el control motor, aprendizaje motor, plasticidad, y biomecánica. Se basa en los conocimientos sobre el control postural necesario para el desarrollo de una tarea, en la capacidad de ejecutar un movimiento selectivo (**Figura. 40**), en la habilidad de elaborar secuencias coordinadas de movimiento y variar los patrones de movimiento según las exigencias de la tarea desarrollada, así como en el papel de la aferencia sensorial en la conducta motriz y aprendizaje motor.



Figura. 40 Terapia de postura, Supino.

Fuente: (Landeta Junquera, 2019)

8.2.1.1 Aspectos del Método de Bobath.

Se toman en cuenta dependiendo del estado físico y psicomotor del paciente, para su respectiva modificación, cabe destacar que estos aspectos se asocian con la Kinesiología y terapia de postura, puesto que se complementan en la inhibición de tono muscular y los patrones de movimientos anormales, obteniendo paulatinamente un mejor resultado.

1. Razonamiento clínico del paciente:

Se identifican los impedimentos físicos que limitan la función motora, así mismo los componentes deficitarios del patrón de movimiento y se valoran en diferentes actividades o posturas.

2. Control postural:

Para que el paciente sea capaz de mantener una postura adecuada tras el daño neurológico, se orienta el tratamiento hacia una tarea, modificando el entorno y proporcionando apoyo externo.

3. Información sensorial:

El sistema nervioso central atiende a la información aferente sensitiva y propioceptiva, para producir una mejor respuesta eferente motora. El papel de la información sensitiva es fundamental al principio y durante el movimiento.

4. Tono muscular.

El tratamiento se centra en las causas específicas de los cambios en el tono: el control postural inadecuado, la hipersensibilidad cutánea, cambios en los patrones de activación muscular y la incapacidad del cese de la actividad constante.

5. Manejo global.

Cuando hay lesiones en el Sistema nervioso, los movimientos se realizan empleando estrategias de compensación. Según el Concepto Bobath, no hay que frenar las actividades que se realizan con compensación, si no identificarlas y modificarlas para que el movimiento sea lo más fluido y menos lesivo posible.

6. Reevaluación continúa:

Consiste en la medición de los resultados en los tres niveles de funcionalidad (locomotor, no locomotor y manipulativo) para reflejar los beneficios del tratamiento. Además de la observación, la experiencia y la información que nos transmite el paciente.

8.2.2 Método Kabat o de los movimientos complejos.

Es una técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva, que utiliza una serie de principios y técnicas de relajación o contracción de acuerdo con el objetivo deseado. Se implementa para obtener respuestas específicas del sistema neuromuscular a partir de la estimulación de los *órganos propioceptores*, es decir tiene como finalidad ayudar a adquirir el movimiento muscular (Landeta Junquera, 2019).



Figura. 41 Punto clave distal, Tobillo-Pies.

Fuente: (Landeta Junquera, 2019).

8.2.2.1 Aspectos del Método de Kabat.

En función de los resultados que se desean conseguir en el cuerpo, dicho método tiene varios objetivos dentro del organismo, uno de ellos es aumentar la fuerza muscular, además de aumentar la estabilidad y la amplitud del movimiento articular (**Figura. 41**).

También se plantea como objetivo mejorar la coordinación y el equilibrio corporal, en conjunto con la relajación y estiramiento de los grupos musculares involucrados.

8.2.3 Método de Rood.

Consiste básicamente en estimular los receptores sensoriales cutáneos. Se enfoca en el abordaje del tono muscular, el movimiento y la sensibilidad, esto se debe a que el sistema nervioso central es el encargado de estas funciones. Y cuando hay secuelas de un daño cerebral, dichas funciones por sí mismas no se pueden lograr (Landeta Junquera, 2019).

8.2.3.1 Aspectos del Método de Rood.

Está formado por varios elementos que buscan mejorar las condiciones del paciente, por lo que sus objetivos son normalizar el tono muscular utilizando la estimulación sensorial para generar una respuesta refleja, también busca con su intervención el control sensorio motor en base al desarrollo, además el movimiento deliberado y la repetición de este movimiento para el aprendizaje (**Figura. 42**).



Figura. 42 Cepillado rápido.

Fuente: (Landeta Junquera, 2019).

1. La técnica del cepillado rápido.

Consiste en cepillar rápidamente y realizar varias repeticiones en la piel o los dermatomas para conseguir un estímulo del umbral.

2. El golpeteo.

Se aplica generando toques moderados, pero ejerciendo una presión considerable sobre la superficie del músculo, con la idea de estimular sus fibras y conseguir una respuesta.

3. La vibración.

Cumple una función de estimulación propioceptiva.

4. El frío.

Esta técnica consigue la estimulación por medio de un agente físico, logrando el mismo efecto que con el cepillado rápido y el frote, generando en el paciente una respuesta postural y tónica.

5. El estiramiento muscular.

Es usado con el fin de provocar una inhibición de la contracción muscular, para impedir que se desarrolle una tensión excesiva del músculo y favorecer la alteración del tono muscular.

8.2.4 Patrones básicos del movimiento.

Se consideran tres específicamente, *movimientos locomotores* encargados de las destrezas de acción de traslación y movimientos del cuerpo en general estos pueden ser el arrastrarse, gatear, rodar, caminar, correr, brincar y combinaciones de los mismos. Cabe destacar que cada acción de movimiento tiene sus propias características que los diferencian el uno del otro, pero que cada ejercicio en la práctica involucra a dos o más partes del cuerpo (Landeta Junquera, 2019).

Los *movimientos no locomotores* se refieren a acciones de movimiento en un solo lugar, es decir, que se realiza movimiento del cuerpo alrededor de un punto, como por

ejemplo el doblar, estirar, torcer, halar y combinaciones de los mismos. Las características son únicas y como se ha mencionado trabajan una parte específica del cuerpo.

Y por último el patrón de *movimiento manipulativo* que especifica la acción que realizamos con las manos al emplear o manipular un objeto, por ejemplo, lanzar, atrapar, halar, empujar y batear. Se caracterizan por determinar el éxito a través de la velocidad, distancia y dirección. Así mismo las medidas para dominar los factores como, conocimiento o teoría, cantidad de practica o experiencia.



Figura. 43 Habilidades Motora Gruesa.

Fuente: (Landeta Junquera, 2019).

En la **figura. 43** se puede apreciar un sinnúmero de actividades propias del desarrollo psicomotor grueso, donde implica los tres movimientos antes mencionados, y que se van desarrollando a partir de los dos años.

8.2.5 *Puntos claves.*

Son puntos desde los cuales se reduce la espasticidad y se facilita simultáneamente reacciones posturales y movimientos más normales, en pacientes con secuelas psicomotrices provocadas por alguna lesión neurológica o algún accidente que haya ocasionado algún tipo de parálisis. Se trabaja en dos áreas como es puntos clave distales (manos y pies) y puntos clave proximales (cintura y pelvis), (**Figura. 44**), (Landeta Junquera, 2019).

Para nuestro paciente S.W, se hace una relación entre los métodos antes mencionados, los patrones básicos de movimiento y los puntos clave de motricidad, con el fin de integrar aspectos específicos que solventen la necesidad de una rehabilitación a la motricidad gruesa del paciente S.W. Por lo que en los siguientes acápites se detallarán

los procedimientos adecuados a ajustar en el sistema electrónico para la rehabilitación motora.

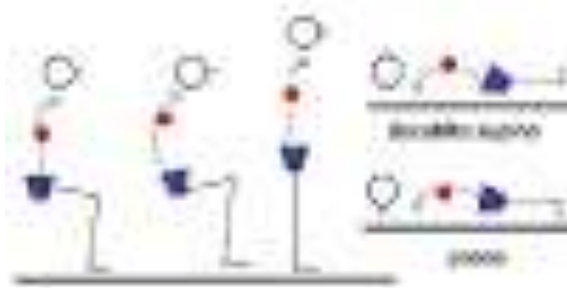


Figura. 44 puntos claves.

Fuente: (Landeta Junquera, 2019).

8.3 Diseño del sistema electrónico para el monitoreo de convulsiones del paciente S.W.

Para el diseño del sistema, se hace referencia de los datos recolectados en el tratamiento y modelación de la señal o potencial registrado en el último EEG del paciente S.W, así mismo los parámetros de temperatura corporal y la frecuencia cardíaca presentes en los eventos de bradicardia y taquicardia.

Existe una correlación entre la frecuencia cerebral y la frecuencia cardíaca, como se ha descrito en el primer acápite, al momento de las descargas eléctricas del cerebro hacia el cuerpo, los niveles de glucemia también presentes en la cadena estructural de la hemoglobina en la sangre se alteran. (Aquino & Aneiro, 2020).

Sí el bombeo de sangre del corazón hacia los demás órganos disminuye, la elasticidad de las arterias disminuye, por ende, los niveles de oxígeno presentes en la sangre se reducen, de ser lo contrario la sangre es tan espesa que se da una saturación de oxígeno y la hemoglobina aumenta.

Estos episodios suelen ocurrir cuando se dan crisis convulsivas, patologías hepáticas, problemas renales y así un sinnúmero de enfermedades y condiciones que alteran el buen estado físico y mental del ser humano.

Como fundamentos de la electrónica, se emplean diferentes dispositivos que permitan el procesamiento de los datos recolectados con el fin de llegar al resultado planteado y el uso de diferentes softwares para una mejor proyección del funcionamiento.

8.3.1 Lógica del sistema electrónico para el monitoreo.

Diagrama de bloques del sistema electrónico de monitoreo.

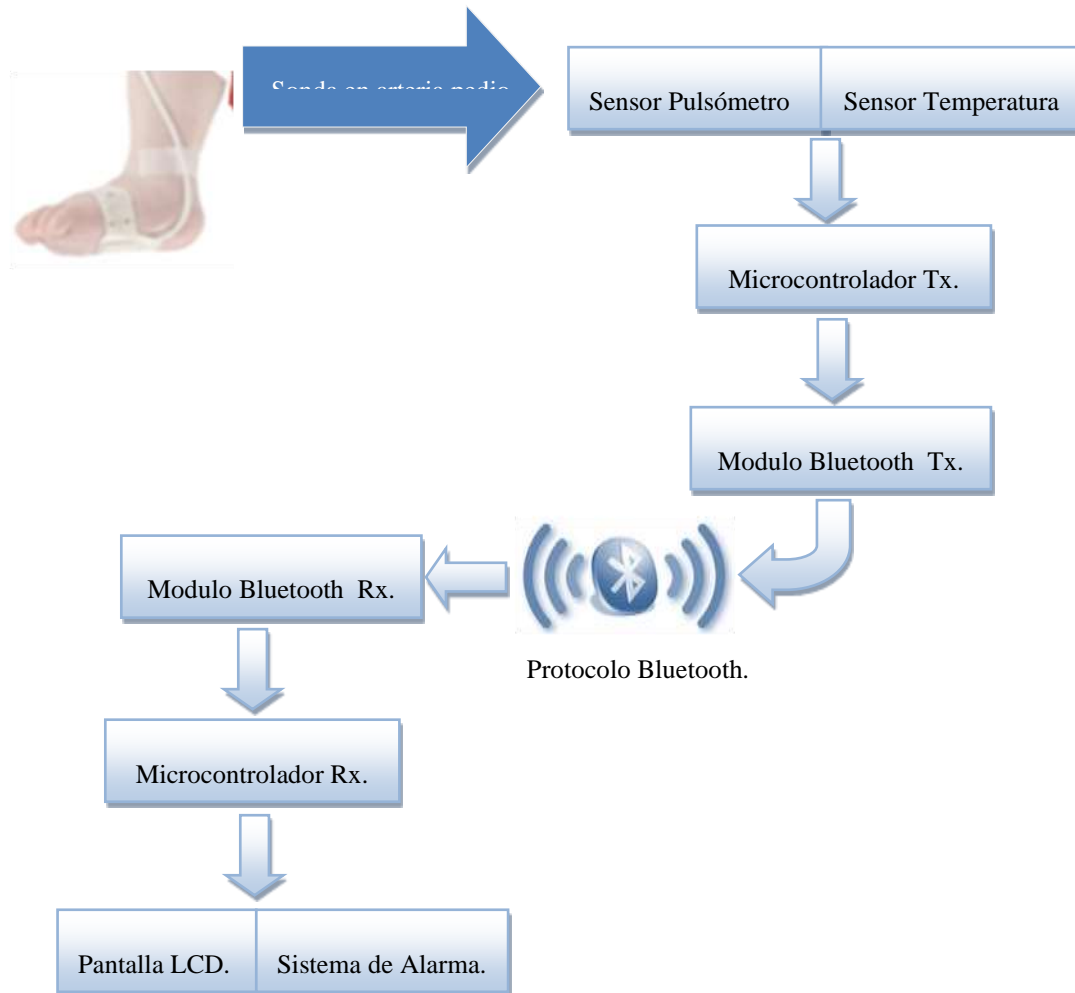


Diagrama. 01 Representación de bloques del sistema de monitoreo.

Lógica del circuito equivalente al Pulsómetro.

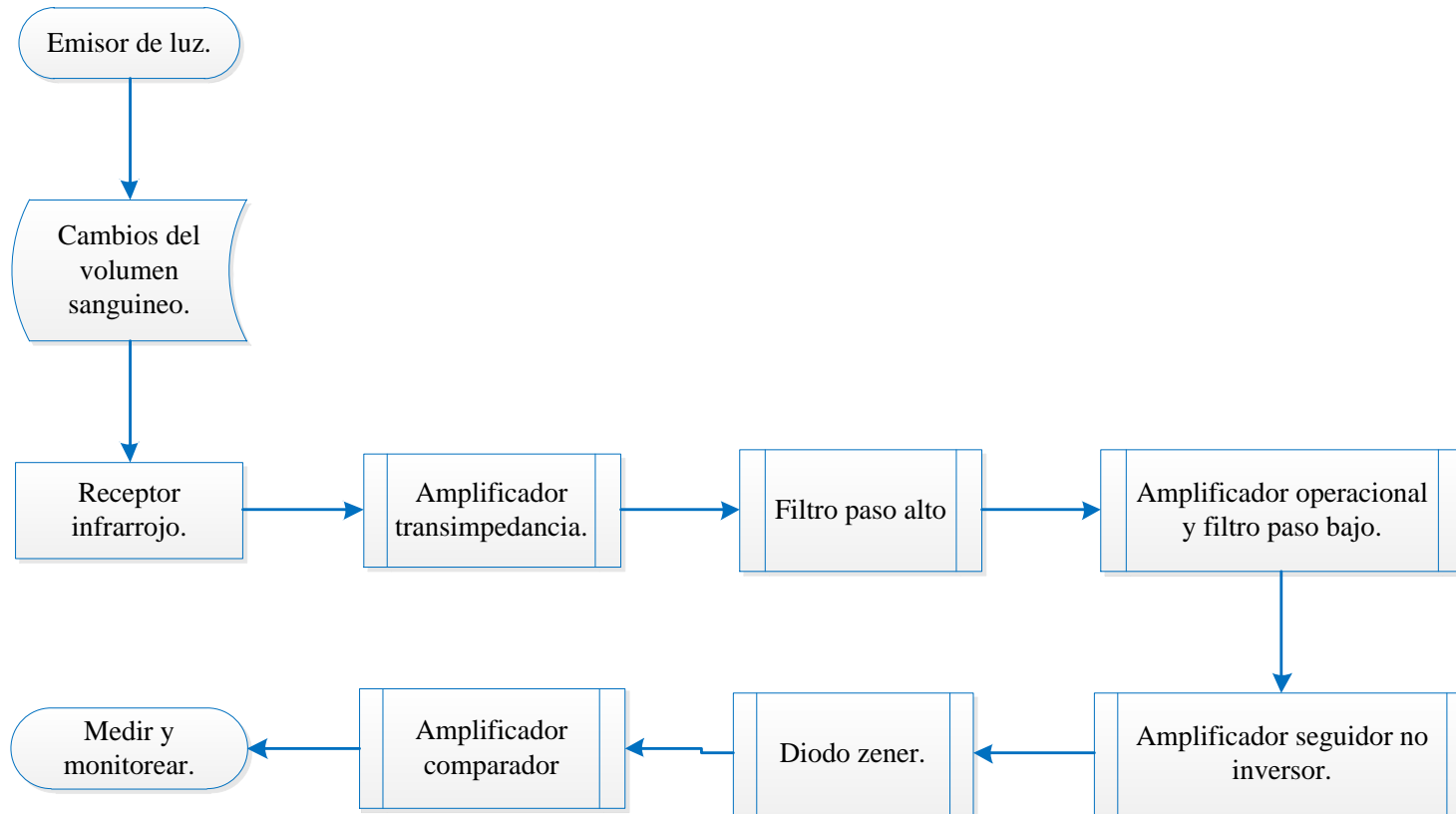


Diagrama. 02 Representación lógica del Pulsómetro.

Lógica del circuito Tx.

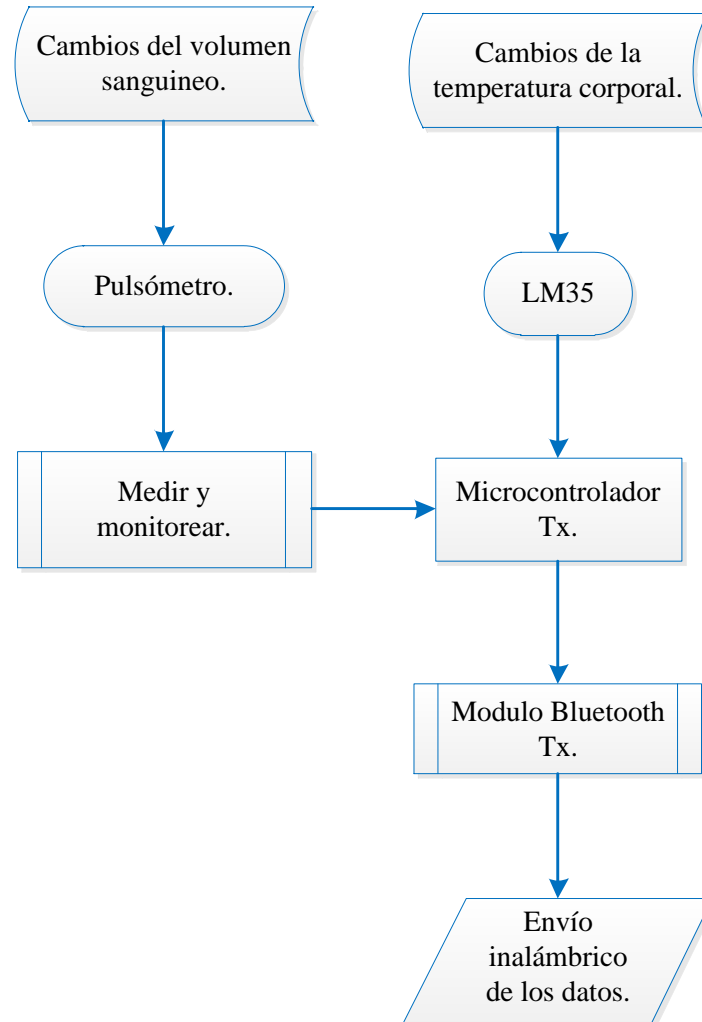


Diagrama. 03 Representación lógica del circuito Tx.

Lógica del circuito Rx.

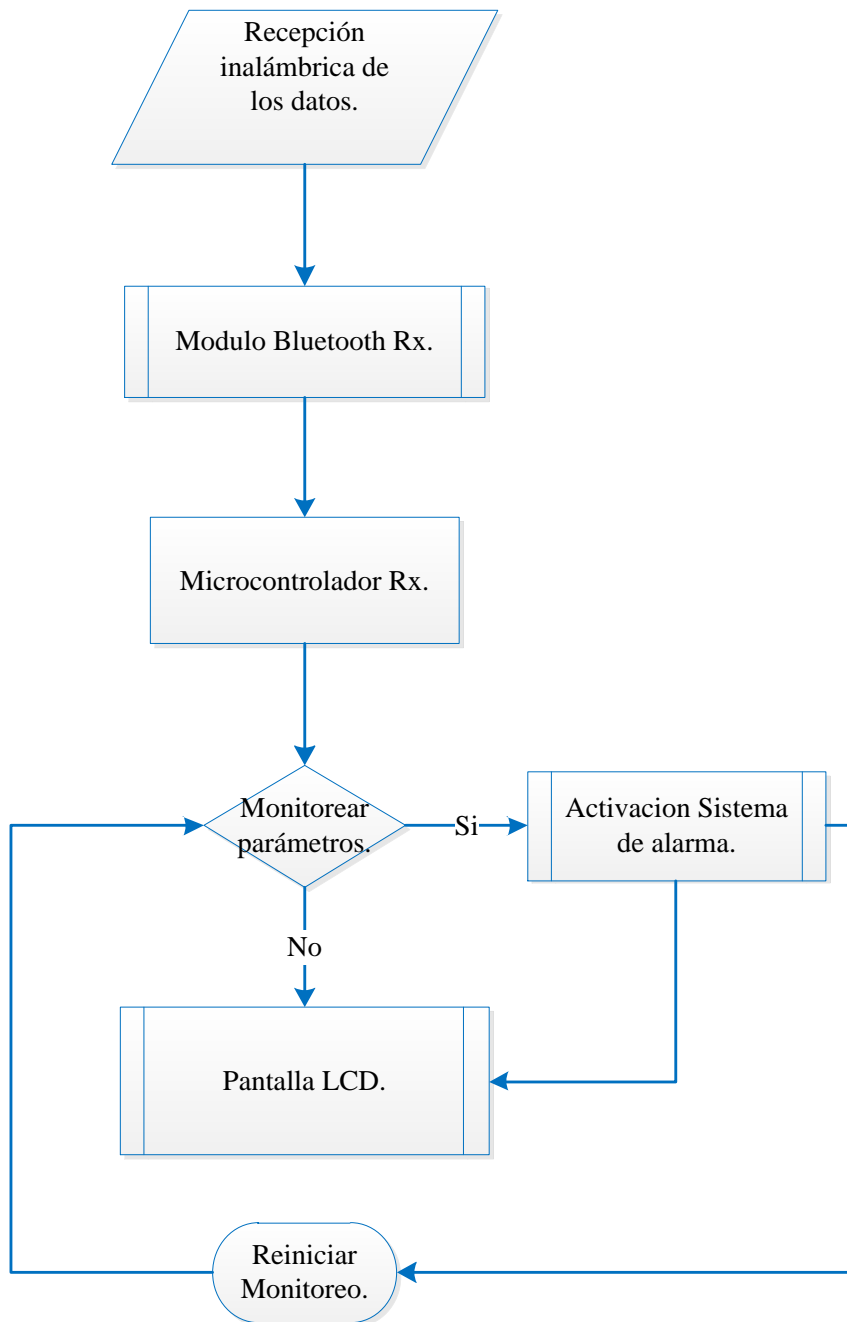


Diagrama. 04 Representación lógica del circuito Rx.

A continuación, se hace una descripción breve de los dispositivos que se estarán empleando en el diseño electrónico del sistema de monitoreo.

8.3.2 Hardware.

Los requerimientos de Hardware (ver marco teórico), se detallan de la siguiente manera:

Transductores de Variable Fisiológica.

1) Sensor de Pulso Cardíaco o Pulsómetro.

Es un dispositivo que permite medir la *frecuencia cardíaca* en tiempo real, esencialmente combina un sensor óptico para ritmo cardíaco con circuitos de amplificación y cancelación de ruido, haciéndolo rápido y fácil para obtener lecturas de pulso fiables.

Este dispositivo se basa en el principio de la fotopletismografía, también conocida como FPG. Es una técnica fundamentada en la medida y análisis de una señal óptica relacionada con los cambios en el volumen sanguíneo, así mismo la técnica de absorción óptica diferencial de los derivados de la hemoglobina. De esta forma es posible medir la componente pulsátil del latido del corazón y monitorearla. (Chanci Arrubla, 2018).

Para la disposición se precisa la colocación del sensor en la arteria Pedio ubicada en el dorso del pie derecho específicamente (**Figura. 45**), para leer el ritmo del corazón, ya que se trabajará con un pulsómetro de transmisión y se necesita que la arteria este mas sujeta a la estructura ósea para evitar inconvenientes con tejidos u órganos y tener una mejor recepción de la señal.



Figura. 45 Colocación del Sensor Pulsómetro.

Fuente: (Llanos Mora, 2020)

Funcionamiento y arquitectura.

Este método no invasivo usa un emisor de luz y un foto detector. La onda más fácil de identificar mediante este pulso es la del pulso arterial periférico, originada por la eyección ventricular, que se propaga por las arterias gracias a su elasticidad. La velocidad de propagación es de 8-10 m/s, de manera que la onda llega a las arterias más alejadas del corazón y también al sistema venoso periférico, antes de que haya terminado el período de evacuación ventricular.

La onda tiene una componente continua (DC) y se le superpone una componente alterna (AC). La componente continua se debe a la absorción constante de luz por parte del sistema venoso periférico, no arterial, de los tejidos, de los huesos, etc. y la componente pulsátil a la variación del pulso. Tiene una frecuencia aproximada de 1 Hz y representa alrededor de un 5% de la componente continua. (Barea Navarro, 2017).

NOTA: Dado que el sensor no se encuentra su equivalente en los programas de simulación, es necesario aclarar cómo se encuentra diseñado internamente con la finalidad de pautar como recolecta la señal fisiológica (**Diagrama.02**).

1. Emisor de luz.

El semiconductor LED modelo de Osram, SFH 487 P, con una longitud de onda pico de 880 nm y posibilidad de variación en el rango [800nm, 960 nm].

El LED convierte energía eléctrica en luz con un ancho de banda estrecho, casi siempre de 50 nm (**Figura. 46**). Son componentes pequeños, robustos, fiables y con una vida útil de más 105 horas por lo que se adecuan perfectamente a las exigencias del montaje.

Además, los LEDs tienen la ventaja de poseer un tiempo de encendido muy corto (menor a 1 milisegundo), para esta aplicación, la intensidad media del LED es constante y preferiblemente baja para evitar un recalentamiento excesivo de los tejidos biológicos con los que esté en contacto y así tratar de reducir el riesgo de un fallo por radiación no ionizante.

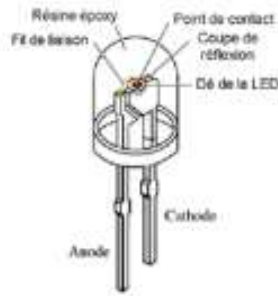


Figura. 46 Diodo Emisor.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

2. Receptor de luz.

Utiliza un fotodiodo que está construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Tiene integrado el modelo de osram SFH309FA que le corresponde al emisor de infrarrojos, con una longitud de onda típica de 900 nm, un rango de trabajo de -40°C a $+100^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad de 730nm a 1120nm (**Figura. 47**).



Figura. 47 Fotodiodo.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

3. Amplificador de transimpedancia

Tras la elección del sensor la primera etapa por la que pasará la corriente emitida por el fotodiodo será un amplificador de transimpedancia (**Figura.48**). Es un conversor de corriente a voltaje. Cuando le llega una corriente muy pequeña la transforma en un voltaje que es proporcional.

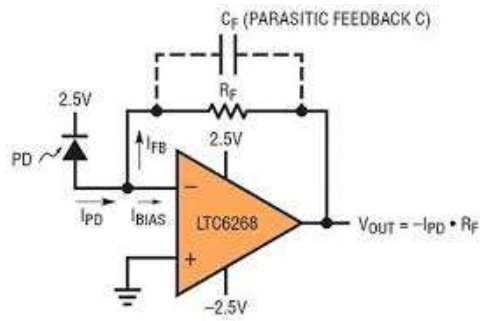


Figura. 48 Amplificador Transimpedancia.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

4. Filtro de paso alto.

Elimina la componente continua de la señal recibida (**Figura.49**), tras pasar por el amplificador de transimpedancia, con una frecuencia de corte de 0,7 Hz se considera que el espectro de la señal fotopletismográfica está por encima de los 0,7 Hz, por lo que todo lo que quede por debajo de esta frecuencia se considera parte de la componente continua.

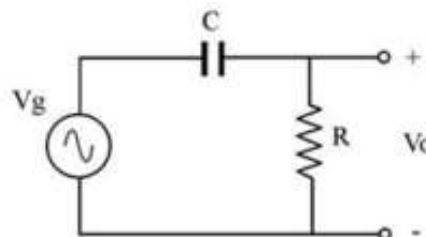


Figura. 49 Esquema de filtro pasa alto.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

5. Amplificador operacional con filtro paso bajo

Este circuito permite el paso de bajas frecuencias mientras que las altas frecuencias son atenuadas. La frecuencia de corte es: $f_c = 1/(2\pi \times 680.103 \times 100.10^{-9})$

9) $F_c = 2,34 \text{ Hz}$

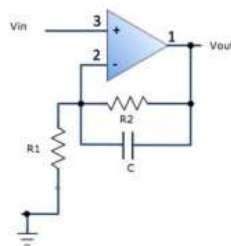


Figura. 50 Amplificador operacional y filtro paso bajo

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

6. Amplificador seguidor no inversor.

En último lugar se coloca un amplificador configurado como seguidor no inversor, también llamado buffer:

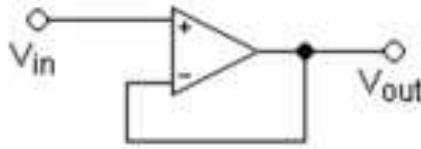


Figura. 51 Amplificador seguidor no inversor.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

7. Diodo Zener.

Utiliza un diodo zener con tensión zener $V_z = 3,3$ de tal forma que recorta la onda cuadrada.

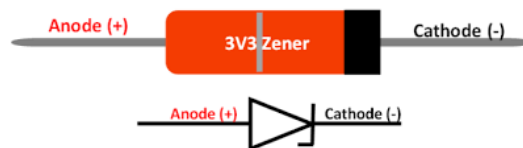


Figura. 52 Diagrama del Diodo Zener.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

8. Comparador de tensión Simple.

Finalmente, el Pulsómetro consta de un circuito amplificador, encargado de digitalizar la señal. Su trabajo es comparar una tensión variable con otra, normalmente constante, denominada tensión de referencia, obteniendo a la salida una tensión positiva o negativa.

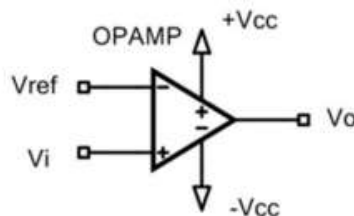


Figura. 53 Amplificador comparador.

Fuente: (Barea Navarro, 2017).

2) Sensor de Temperatura LM35.

En este caso se debe hacer una calibración de 1°C de variación. A su salida genera una señal analógica de un voltaje diferente según la temperatura que esté captando en cada momento.

Acondicionador de Señal.

Para el procesamiento de las señales se requiere de un circuito integrado programable para monitorear las pulsaciones cardíacas y la variante temperatura corporal, por lo que se propone un microcontrolador de gama baja, debido a su sencilla programación y también reducido tamaño.

Enlace de datos.

Acoplado las necesidades del paciente S.W, y las problemáticas por cuidado, se ha decidido trabajar el sistema por dos etapas, donde la primera es la recolección de la señal ya procesada.

Una vez finalizada la recepción de la señal, es necesario transmitirla a un sistema de alarma que es la segunda etapa (Barea Navarro, 2017). Para evitar trastornos metabólicos en el paciente S.W, y que los dispositivos no sean invasivos, se hará uso de una radiofrecuencia segura (2,4 GHz). Puesto que permite las comunicaciones sin cables ni conectores y la posibilidad de crear redes inalámbricas domésticas para sincronizar el monitoreo ante una convulsión con altos parámetros.

1) Módulos Bluetooth.

Módulo Bluetooth HC-05 es un dispositivo que soporta conexiones inalámbricas a través del protocolo “bluetooth”. Se puede comportar como esclavo o maestro, los cuales sirven para escuchar peticiones de conexión y otros para generar peticiones de conexión. (Barea Navarro, 2017).

El módulo suele venir configurado como esclavo, con velocidad de transmisión serial de 38400 bps ó 9600 bps (Dependiendo del nivel de KEY al alimentarlo), 1 bit de parada, y sin bit de paridad.

Indicadores de alarma.

Para la constante vigilia del paciente, se agregará un sistema de alarma a través de diodos LEDs y un Buzzer. Este permitirá en el momento de una crisis avisar a los familiares y que puedan estar alerta.

Específicamente se usará un Diodo LED ultrabrillante rojo de 5mm, por sus características puede percibirse a grandes distancias; y un Buzzer Activo, que, por ser un dispositivo electromecánico, imita el sonido de una campana a una frecuencia fija y permite ser escuchado también a larga distancia.

Dispositivo de visualización.

Se agrega a la segunda etapa del sistema de monitoreo, un dispositivo que visualice las mediciones de la frecuencia cardiaca y la temperatura corporal.

1) Pantalla LCD Qapass 1602^a.

Generalmente es una pantalla de cristal líquido, que se usa para desplegar algún tipo de información, se usa en diferentes aplicaciones para visualizar de manera automática algún dato, resultados de un proceso determinado y también para posibilitar una interfaz visual efectiva de interacción con los usuarios. (electronicoscaldas.com).

Modulo Adaptador de LCD a interfaz I2C.

Compatible con la pantalla LCD 1602 que usaremos, podremos simplificar los pines de conexión, utilizando solo 2 pines (SDA y SCL). Este módulo está basado en el controlador I2C PCF8574, que es un Expansor de Entradas y Salidas digitales controlado por I2C (electronicoscaldas.com).

8.3.3 Circuito general del sistema de monitoreo.

Para un mejor entendimiento de la operatividad del sistema de monitoreo, se hizo montaje electrónico de los dispositivos antes mencionados y se realizó la debida conexión, en la plataforma de simulación del programa Proteus V8, 2. Conforme la lógica del diagrama de bloques (**Diagrama.01**) y la representación lógica de programación. (**Diagrama. 05**).

En la **Figura. 54**, se aprecia la etapa inicial de recolección de las variables fisiológicas, luego la etapa de transmisión de la información, con los parámetros debidamente establecidos y enviada finalmente a la siguiente etapa de recepción de la

información, donde se debe realizar comparación de las variables, sí en el lapso del tiempo estimado ocurre una variación de éstas. Y de ser así, se visualizarán esos parámetros comparados en la pantalla LCD, pero, a la vez se activará el sistema de alarma.

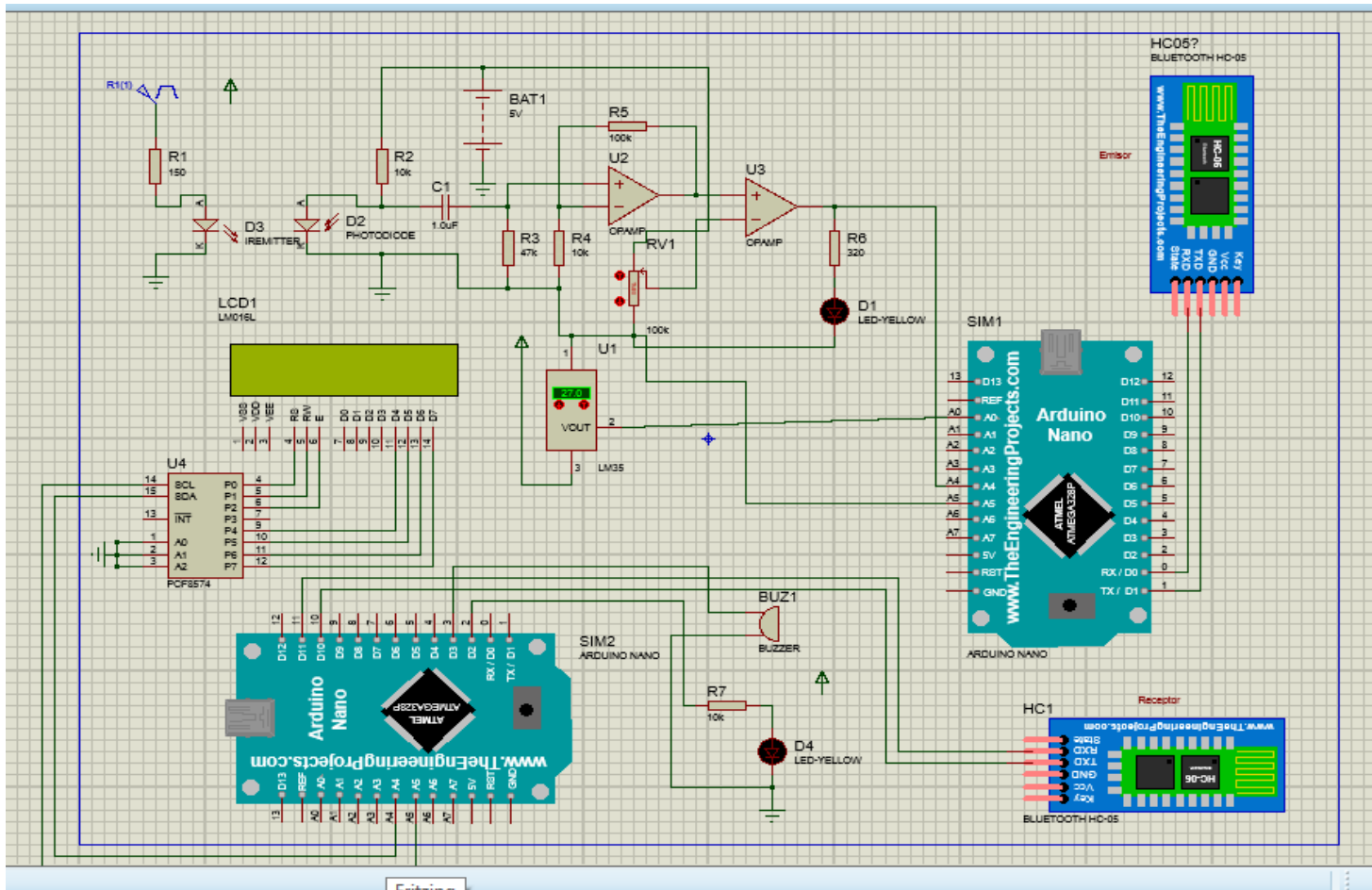


Figura. 54 Simulación electrónica sistema monitoreo.

Fuente: propia autoría, montado en Proteus v8, 2.

8.3.4 Diagrama de Flujo de programación del sistema de monitoreo.

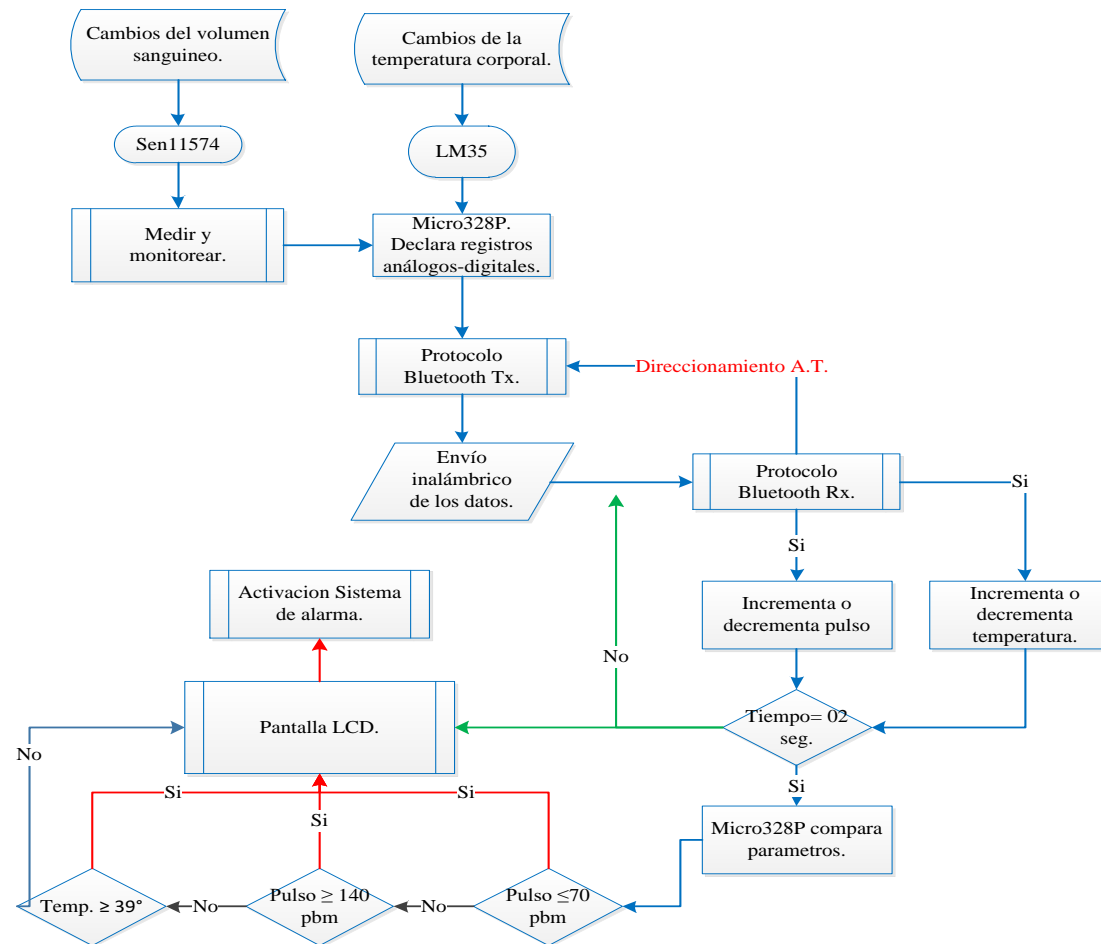


Diagrama. 05 Representación lógica de programación Sistema de monitoreo.

Emparejamiento de los Módulos Bluetooth.

Se denomina Bluetooth al protocolo de comunicaciones diseñado para dispositivos de bajo consumo que cumple con las especificaciones *IEEE* y que funciona utilizando radiofrecuencias dentro de un ancho de banda permitido y controlado. El estándar fue diseñado para que multitud de dispositivos se pudieran conectar entre sí independientemente del fabricante.

Siguiendo este protocolo, cuando los dispositivos se encuentran dentro del radio de alcance se conectan entre sí mediante radiofrecuencia. La banda de radiofrecuencia utilizada por cualquier dispositivo que utilice esta tecnología se denomina banda *ISM* (Industrial, Scientific and Medical), es una banda segura y que se mueve en frecuencias proporcionadas por Reglamento de Radiocomunicaciones de la *UIT*, las cuales son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica. (Garcia Ruiz, Moya de la Torre, & Pancela Mendez, 2019).

Antes de realizar la programación de códigos en los circuitos transmisores y receptores, se debe hacer el emparejamiento o direccionamiento de los módulos a través de comandos de atención (AT). Para ello se usó el software de Arduino, al cual se le importó la librería *SoftwareSerial* para poder habilitar la comunicación serie con los microcontroladores que gobiernan cada circuito.

Se estableció configuración a cada módulo HC-05, donde se declaró:

➤ **Modulo Bluetooth Tx., Master:**

AT+NAME= Master.

AT+CMODE= 0

AT+UART= 57600,0,0

AT+ADDR= 98d3,31,4009d3.

➤ **Modulo Bluetooth Rx., Slave:**

AT+NAME= Slave.

AT+CMODE= 0

AT+UART= 57600,0,0

AT BIND= 98d3,31,4009d3.

Los comandos AT son instrucciones que forman parte de un estándar creado para protocolos de comunicación con los *modems*, y que debido a su gran utilidad se fueron integrando y desarrollando para otros ámbitos de comunicaciones. (Garcia Ruiz, Moya de la Torre, & Pancela Mendez, 2019).

- **Para el bluetooth Tx.** Se configuró en modo AT2, siendo la primera línea de código, el cambio del nombre es decir de HC-05 a Master. En la segunda línea de código, el módulo necesita saber si se va a conectar con un dispositivo en particular o con cualquiera que esté disponible (en este caso, el cero representa a otro dispositivo con la dirección especificada).

Con el tercer comando AT, se cambió la velocidad de comunicación que el módulo trae por defecto. Así mismo en la última línea de código para obtener la dirección del módulo.

- **Para el bluetooth Rx.** Se configuró en modo AT2, siendo la primera línea de código, el cambio del nombre es decir de HC-05 a Slave. En la segunda línea de código, el módulo necesita saber si se va a conectar con un dispositivo en particular o con cualquiera que esté disponible (en este caso, el cero representa a otro dispositivo con la dirección especificada).

Con el tercer comando AT, se cambió la velocidad de comunicación que el módulo trae por defecto. Así mismo se aplica la última línea de código cuando nuestro modulo está configurado como maestro, y a la vez el modo de conexión está en 0 (CMODE=0) el cual indica que nos vamos a conectar al dispositivo esclavo en particular.

Circuito Tx (circuito maestro).

Se acopló el Pulsómetro, encargado de registrar la señal eléctrica detectada por el emisor y luego tratada a través de los circuitos para finalmente convertirla en señal cuadrada con parámetros digitales leíbles por el microcontrolador. Así mismo se calibró el sensor de temperatura (**Figura. 55**).

Posterior se realizó condiciones de programación en el microcontrolador Tx. para enviar los datos a través del módulo Bluetooth Tx. hacia el siguiente circuito.

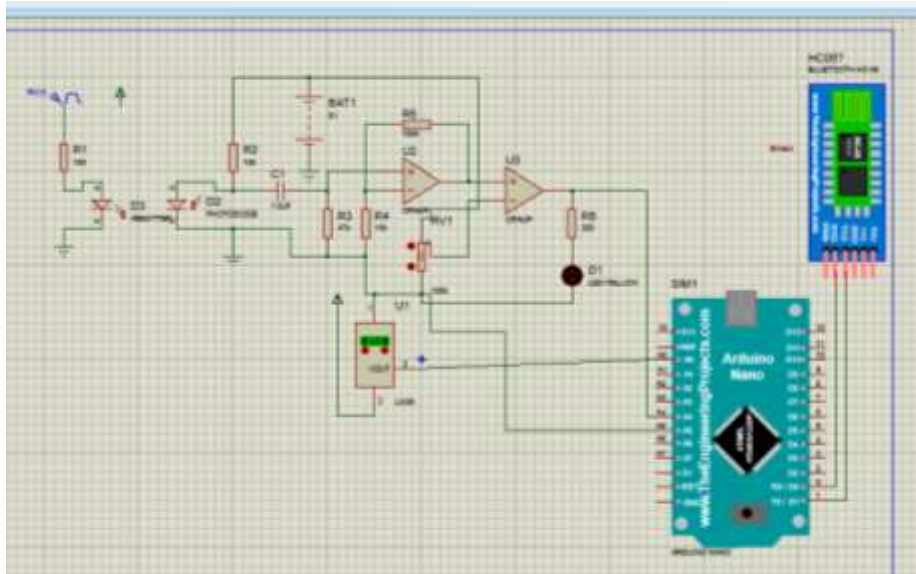


Figura. 55 Diagrama electrónico del circuito maestro.

Fuente: propia autoría, montado en Proteus v8, 2.

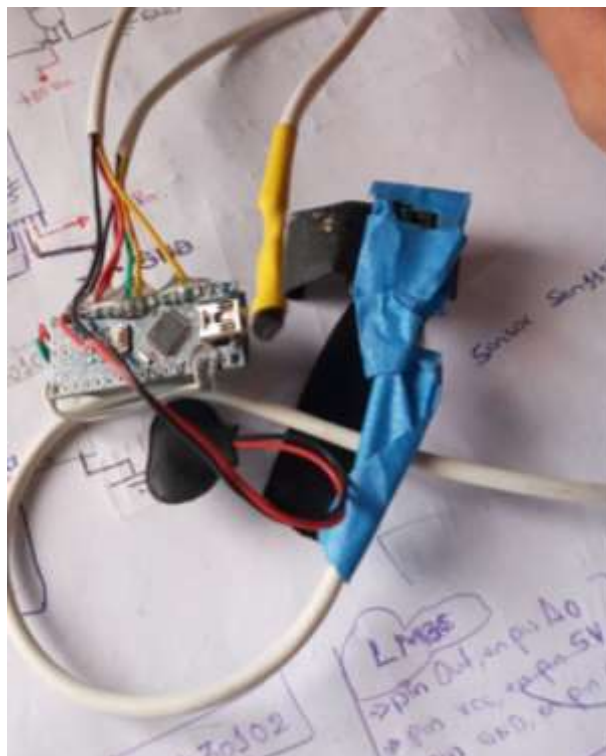


Figura. 56 Montaje en físico del circuito maestro.

Fuente: propia autoría.

Circuito Rx (circuito esclavo).

Debe recibir los parámetros de las variables fisiológicas, comparar cada 02 segundos dicha información, visualizarla y si hay variantes, mandar a activar la alarma. Para cumplir su función, igualmente se programó el microcontrolador Rx (**Figura. 57**).

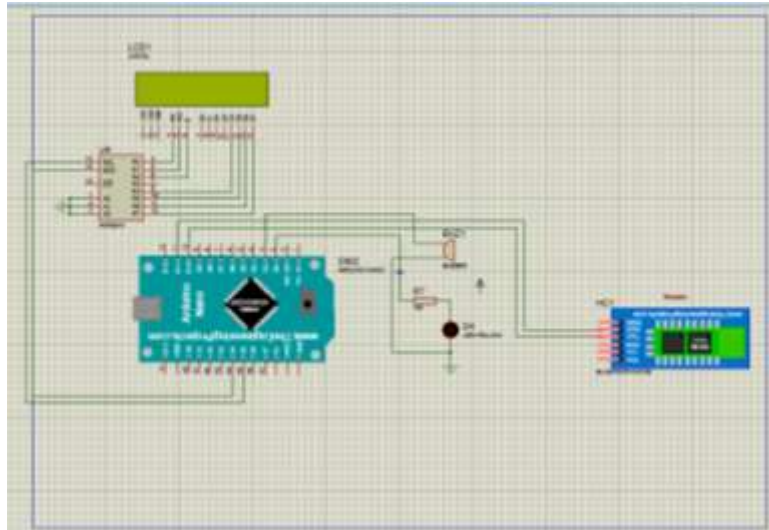


Figura. 57 Diagrama electrónico del circuito esclavo.

Fuente: propia autoría, montado en Proteus v8, 2

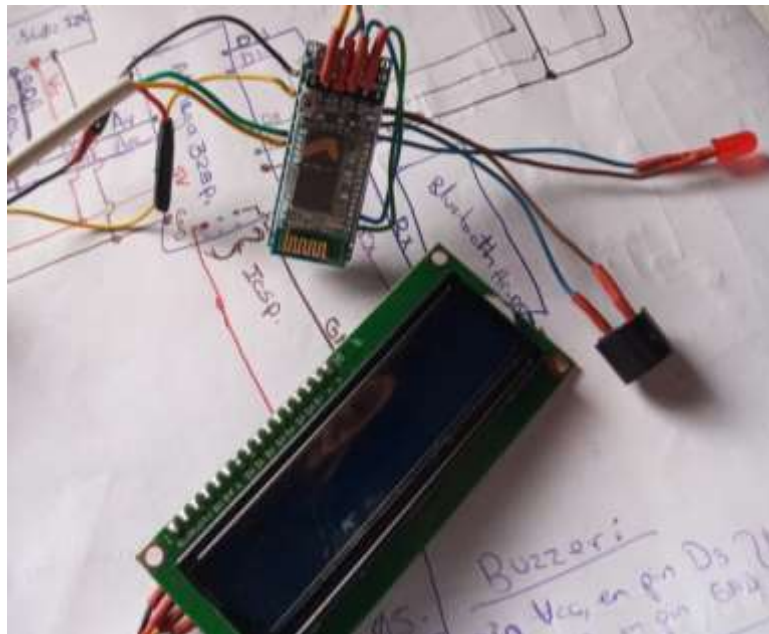


Figura. 58 Montaje en físico Circuito esclavo.

Fuente: propia autoría.

8.4 Simulación mediante software del sistema electrónico para la rehabilitación motora del paciente, con integración de mecanismo emergente ante una convulsión.

A través de la observación y valoración de las discapacidades funcionales del paciente S.W, se planifica el programa de tratamiento terapéutico que abarca todas y cada una de sus carencias y dificultades.

Para realizar todos estos ejercicios de manera autónoma y electrónica, a continuación, se plantea el diagrama de funcionamiento lógico:

8.4.1 Lógica del sistema electrónico para rehabilitación motora.

Diagrama de bloques del sistema electrónico de rehabilitación.

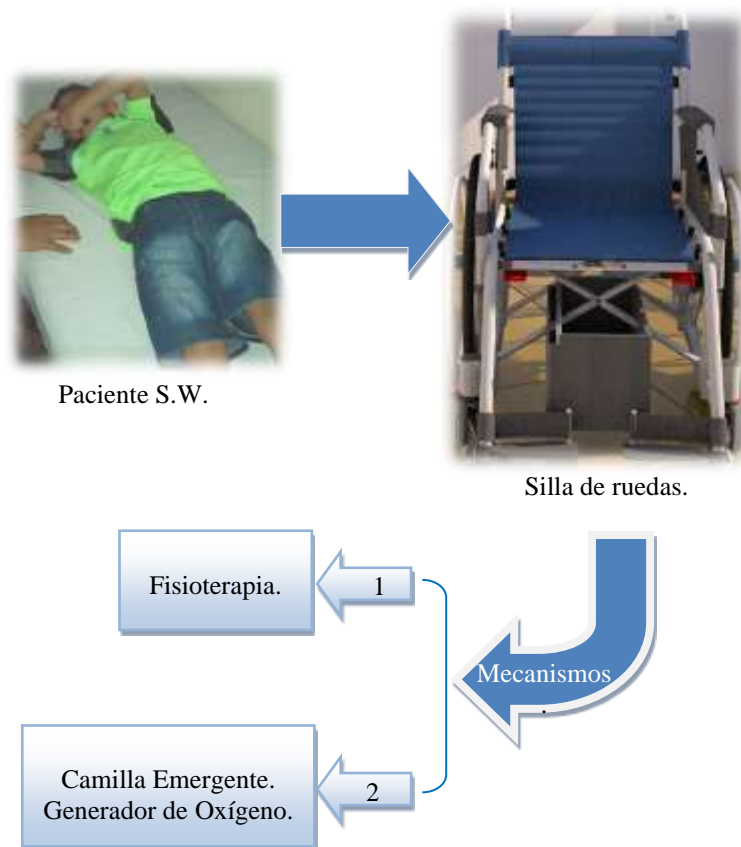


Diagrama. 06 Representación de bloques del sistema electrónico de rehabilitación motora.

Lógica del circuito electrónico de rehabilitación.

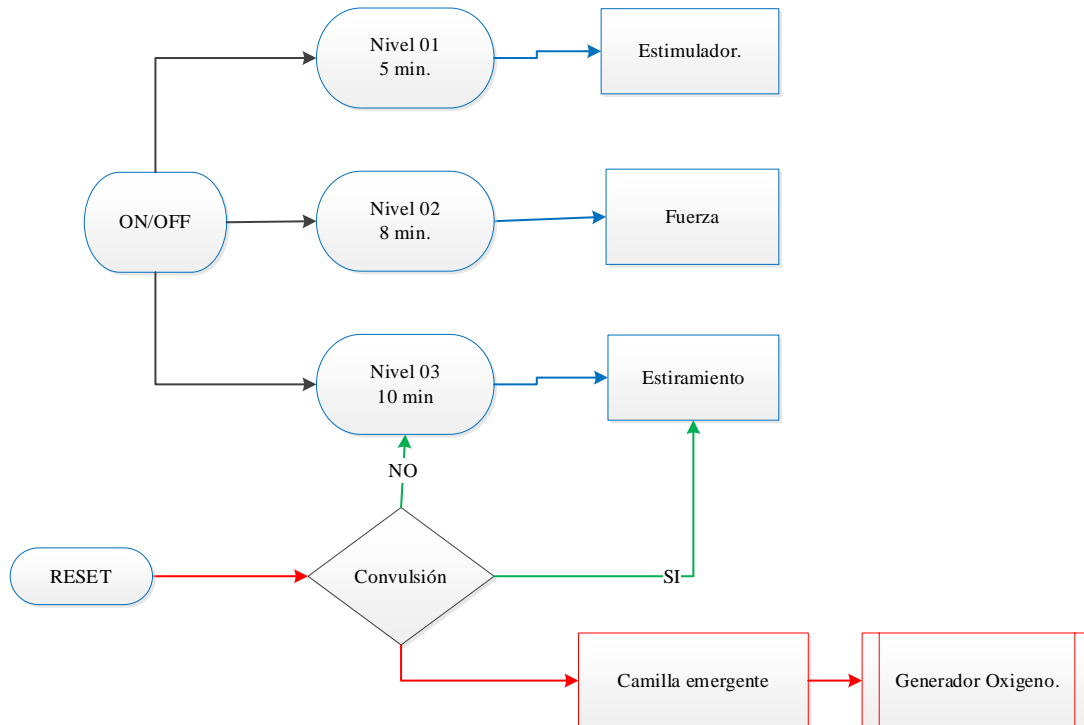


Diagrama. 07 Representación lógica del sistema de rehabilitación motora.

8.4.2 Integración de las metodologías medicas terapéuticas al sistema de rehabilitación.

Se abordan los diferentes métodos ya mencionados en los acápitos anteriores, para una mejor comprensión del **Diagrama. 07**, se hace una breve explicación de los niveles de funcionalidad que se pretende ejecute la silla de ruedas.

Nivel 01, basado en el método Kabat y método de Rood.

- Respuesta específica del sistema neuromuscular, a través de relajación y contracción de los diferentes músculos.
- Mejoramiento del tono muscular, neuro feedback para el aprendizaje de movimientos.

Nivel 02, basado en los patrones básicos de movimiento (movimiento no locomotor).

- Acciones de movimiento en un solo lugar.
- Fortalecimiento del tono muscular.

Nivel 03, basado en el método de Bobath y puntos claves.

a) Flexión de la cabeza con flexión de la cintura escapular hacia adelante: Inhibe la espasticidad o espasmos extensores, facilita la posición de sentado o los giros hacia un lado.

b) Extensión diagonalmente hacia atrás: al igual que la abducción horizontal inhibe la espasticidad flexora, facilita la apertura de mano y dedos.



Figura. 59 Inhibición Refleja, flexión de cabeza.

Fuente: (Cardó, 2012).

c) Flexión de las piernas: Facilita abducción y rotación externa, así como la flexión dorsal de tobillos.

d) Posición supina: De manera horizontal cabeza extendida, brazos extendidos sobre la cabeza, columna extendida, facilita la extensión da caderas y piernas.



Figura. 60 Flexión de piernas.

Fuente: (Cardó, 2012)

8.4.3 Generador de oxígeno por Electrolisis.

A lo largo del desarrollo de este proyecto se ha mencionado de adaptar un método emergente al sistema de rehabilitación (**ver marco teórico**), de modo que pueda aprovecharse las características electrónicas de la silla de ruedas (**Diagrama. 07**), para una asistencia en el momento de una crisis prolongada.

Dado que la investigación ha sido desarrollada con la debida asistencia médica y soportada bajo diferentes investigaciones de otros autores, la propuesta de este método queda como una **hipótesis nula**. A continuación, se detalla normas técnicas que prohíben en nuestro país la elaboración de oxígeno a través de este método, para consumo humano o como uso medicinal.

Normas internacionales:

1. NTE INEN-ISO 80000-1.

TÍTULO: CANTIDADES Y UNIDADES - PARTE 1: GENERALIDADES (ISO 80000-1:2009, IDT).

La norma ISO 80000-1 fue elaborada por el comité técnico ISO/TC 12, Magnitudes y unidades, en cooperación con IEC/TC 25, Cantidades y unidades.

Establece lo siguiente: La regulación de diferentes magnitudes físicas con sus unidades de medidas respectivamente, en dependencia del tipo de uso de carácter científico o educativo a nivel internacional (OMS, 2016).

2. Norma Tecnológica NTE-IGO.

Instalaciones de Gas: Oxígeno.

Instalaciones canalizadas para suministro continuado de oxígeno, protóxido de nitrógeno o aire comprimido respirables en botellas para uso médico, desde la central de almacenamiento, hasta el punto de consumo, a través de equipos auxiliares para aplicaciones en centros hospitalarios (OMS, 2016).

3. Norma ISO 80601-2-69:2020.

Material electrosanitario — Parte 2-69: Requisitos particulares relativos a la seguridad básica y al funcionamiento esencial de los dispositivos de concentración de oxígeno.

Especifica los requisitos para la seguridad básica y el rendimiento esencial de un concentrador de oxígeno en combinación con sus accesorios, en lo sucesivo denominados equipos EM, destinados a aumentar la concentración de oxígeno del gas destinado a ser suministrado a un solo paciente.

Dichos concentradores de oxígeno son, en general, diseñados para su uso en un entorno de atención domiciliar para un solo paciente en una variedad de entornos, incluido el transporte público y privado, así como el transporte aéreo (OMS, 2020).

Las normas antes mencionadas, dejan claro que no es posible realizar la reacción química a través del método por electrolisis para la obtención de oxígeno para consumo del paciente S.W. Los niveles de concentración deben ser al $93 \pm 5\%$ puro, es decir, debe estar libre (sin agentes externos contaminantes u otros tipos de gases) y filtrado para poder ser consumido por el paciente.

Así mismo dilucidan las especificaciones de distribución para el uso domiciliar y los riesgos ante el uso inadecuado de este si llegase a tener contacto con otro tipo de gas. Como también la obtención específica por magnitudes y sus respectivas unidades de medición.

Para consumo del paciente S.W, se debe tomar en cuenta la producción y dosificación correcta (especificada por un médico), ya que la finalidad es prestar asistencia al momento de una convulsión y la cantidad de oxígeno debe ser solamente para apoyo respiratorio, a través de una mascarilla o puntas nasales.

En la **figura. 61**, se describe los dos tipos de inhalación que se pueden incorporar al paciente, puede ser por mascarilla (Reinhalación parcial) o por puntas nasales (Reinhalación no parcial). La dosis permitida va de acuerdo a la saturación normal del paciente y de la cantidad que amerita como apoyo respiratorio.

○ SISTEMAS DE BAJO FLUJO

*Macara de Reinhalación
Parcial*



*Macara de No Re- Inhalación
Parcial*

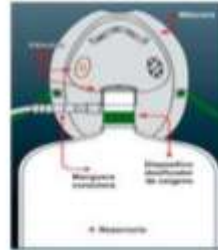


figura. 61 sistema de administración de O₂

Fuente: (Oxigenoterapia pediátrica, 2020)

8.4.5 Simulación 3D de la silla de ruedas.

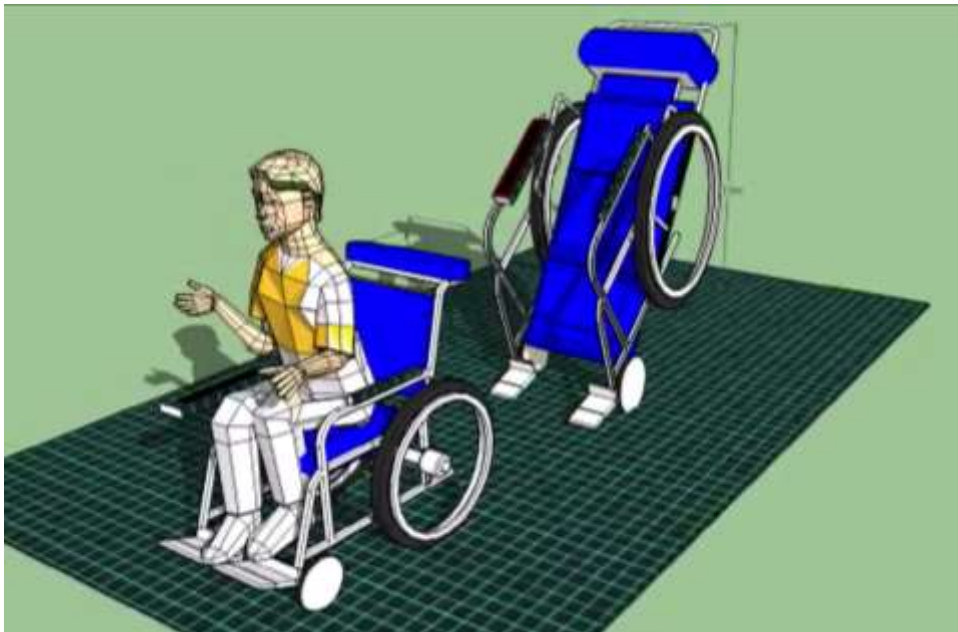


figura. 62 representación gráfica silla estándar.

Fuente: Propia autoría, montado en Sketchup 2020.

Para el diseño gráfico de la silla de ruedas se tomó en cuenta los siguientes datos:

Las dimensiones de una silla de ruedas estándar son: · Las dos ruedas traseras de 60 cm de diámetro y las dos ruedas delanteras de unos 20 centímetros. Ancho total de la silla acostumbra a ser de unos entre 50 y 70 cm. · Profundidad del asiento de 40 cm. aproximadamente. Altura del respaldo de 45 cm. aproximadamente.

La **figura. 62**, demuestra un primer plano aproximado a la idea que se tiene de la silla de ruedas, puesto que se pretende sea multifuncional. Por medio de dispositivos electrónicos (hidráulicos y neumáticos) se pueda variar distintas posiciones.

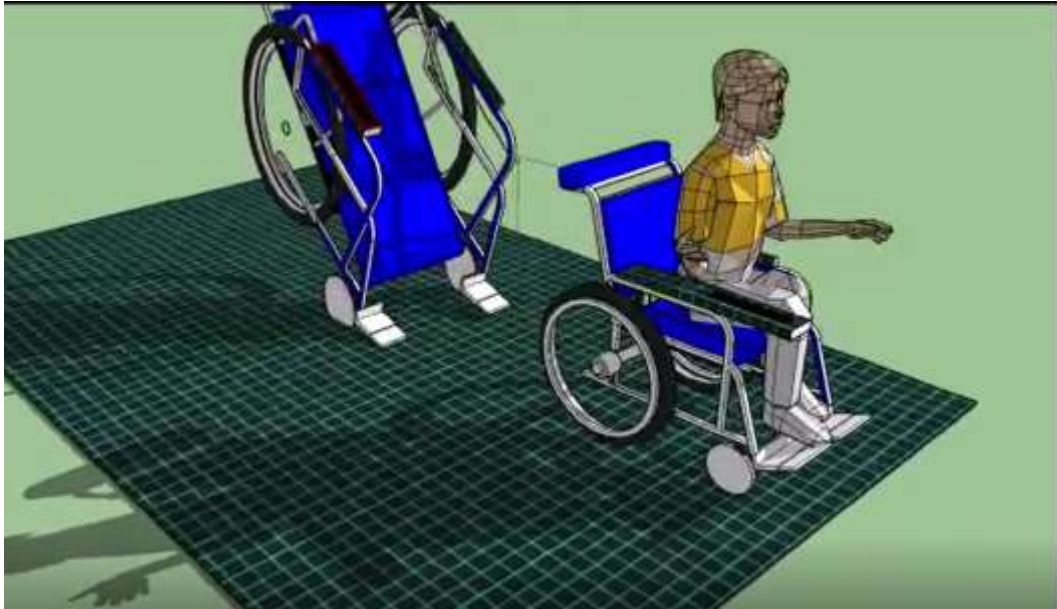


figura. 63 modo verticalizador, vista en plano lateral derecho.

Fuente: Propia autoría, montado en Sketchup 2020.

La posición de verticalizador (**figura. 63**), permitirá que el paciente S.W, tenga la opción de realizar terapia de movimientos locomotores, para el estiramiento de miembros y músculos (**ver diagrama. 07**).



figura. 64 silla de ruedas vista en plano frontal.

Fuente: Propia autoría, montado en Sketchup 2020.



Figura. 65 Silla de ruedas vista en plano lateral izquierdo.

Fuente: Propia autoría, montado en Sketchup 2020.

En la **figura. 65** se aprecia un segundo diseño de la estructura de la silla, cabe mencionar que se toma en cuenta un diseño ergonómico, destacando como prioridad el bienestar del paciente S.W. evitando que los mecanismos provoquen lesiones o laceraciones cutáneas.



Figura. 66 Generador de oxígeno.

Fuente: Propia autoría, montado en Sketchup 2020.

En el diseño preliminar, la parte baja, entre las ruedas (**Figura. 66**), llevará sujetado el generador de oxígeno el cual será activado una vez que la silla pase a posición horizontal y se bloqueen los mecanismos de freno de la silla como tal.

Dado que es una propuesta a futuro, y que el paciente S. W, no está en condiciones físicas para realizar pruebas de este, (**ver recomendación médica, en el apartado de recomendaciones**). A través de la plataforma de simulación 3D Sketchup v2020, se hizo el montaje de una primera proyección de la silla de ruedas (**Figura.62**), con el fin de ir adecuando mecanismos electrónicos.

8.5 Resultados

8.5.1 Simulación del circuito equivalente al sensor de frecuencia cardiaca.

La primera etapa del circuito es un Amplificador con filtro de paso alto cuya misión es en primer lugar establecer una frecuencia de corte de 7,2 Hz.

Tras el filtro de paso alto se coloca un amplificador operacional inversor. De tal manera que la señal obtenida en el nodo 1 esta invertida y únicamente se ha dejado pasar el flanco de subida de la señal correspondiente al pulso cardiaco.

La siguiente etapa es la del comparador simple. En la entrada positiva del amplificador, correspondiente al nodo 4 en el esquema del circuito de la simulación, hay un divisor de tensiones y una fuente de alimentación de 15 V de tal manera que la tensión en el nodo 4 es de -3,6 V.

A la salida se obtiene una onda cuadrada de amplitud +15V,-15V y cada flanco de subida se corresponde con un pulso cardiaco.

Para limitar esta amplitud a -3,3V,+3,3V se utiliza un diodo Zener con tensión Zener $V_z = 3,3$ de tal forma que recorta la onda cuadrada.

Se utiliza con el fin de adecuar la amplitud de la onda cuadrada que hemos obtenido en el amplificador a valores más próximos a los convencionales en concreto -0.6 V para el cero lógico (no puedo conseguir cero voltios), y 3.3V para el uno lógico (**ver anexo**).

8.5.2 Simulación del circuito Tx. (Maestro).

La aplicación directa del controlador como parte del circuito maestro (configurado como Tx) junto al módulo Bluetooth, básicamente es contar durante 02 segundos y repetidamente, los pulsos provenientes de la etapa del Pulsómetro, mandar la lectura de

los pulsos cardiacos hacia el circuito esclavo con su respectivo parámetro. De igual manera, la temperatura corporal (**Figura. 67**).



Figura. 67 paciente S.W, prueba experimental circuito Tx.

Fuente: (propia autoría, día de prueba N° 03, 2020).

8.5.3 Simulación del circuito Rx. (Esclavo).

El circuito esclavo que consta también de otro microcontrolador y el módulo Bluetooth (configuración Rx.) compara los datos suministrados y si hay de bradicardia (<70 ppm), normal (entre 120ppm), taquicardia (>140 ppm) o aumento de temperatura (>39°C), manda a activar el sistema de alarma. (**Figura. 68**).

Al cumplir esta función el sistema, se estará logrando el monitoreo constante ante eventos de mayor prolongación, se manejará un mejor control en el cuidado del paciente. Los dispositivos de aviso tanto el LED rojo como el Buzzer activo, permitirán reaccionar a los familiares que se encuentren en la vivienda al momento de una crisis.

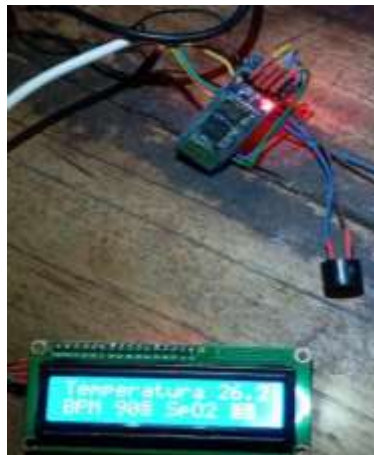


Figura. 68 paciente S.W, prueba experimental, circuito Rx.

Fuente: (propia autoría, día de prueba N° 03, 2020).

8.5.3 Simulación del sistema en general.

Finalmente se llevó a cabo la realización de pruebas físicas con el prototipo elaborado para el sistema electrónico de monitoreo, en el paciente S.W, las pruebas fueron sujetas a un lapso de dos horas consecutivas, evidenciando por el momento el correcto funcionamiento conforme la lógica planificada (**ver videos en anexos**).

En cuanto al sistema electrónico de rehabilitación, es una parte del proyecto propuesto que sigue sujeto a análisis y proyección, dado que en este documento no se detalló los dispositivos electrónicos específicos para tal tarea y a mediano plazo no se puede ejecutar para pruebas físicas.

Se debe realizar mejora en cuanto a diseño de la silla de ruedas, conforme peso y talla del paciente S.W se deben especificar los medios electrónicos que serán los encargados de ejecutar cada punto clave, realizar cálculos numéricos para la alimentación de todo el sistema electrónico y la electrolisis para el generador de oxígeno.

9 Conclusiones

Para el planteamiento del sistema estudiado, se realizó investigaciones referentes a la electromedicina. Se consultó bibliografía médica de la condición de salud que actualmente presenta el paciente menor de edad sujeto a esta investigación. Así mismo, términos médicos, instrumentos, tratamientos y técnicas para un mejor entendimiento de la afección y desarrollo de todo el sistema electrónico propuesto.

El sistema electrónico de monitoreo permitió dar una asistencia controlada al cuidado del paciente S.W, pues teniendo una medición de las variables fisiológicas, podemos decir que el cuidador puede realizar sus tareas cotidianas sin necesidad de estar cerca del paciente, ya que el panel de visualización con el sistema de alarma integrado le permitirá darse cuenta si está ocurriendo una convulsión.

Para la simulación en 3D del sistema electrónico de rehabilitación, se hizo uso de plataformas de diseño gráfico, con el fin de ilustrar al lector y crear una pauta de cómo funcionaría el sistema si se llegase a realizar físicamente.

Se integraron los diferentes métodos médicos a la lógica de funcionamiento de la silla de ruedas, también el sistema emergente con apoyo de oxigenoterapia.

El inconveniente que se encontró fue la accesibilidad de los dispositivos en las plataformas de simulación, por lo que se recurrió al análisis equivalente de circuitos montados en otros escenarios para fines parecidos.

Esto entorpece la propuesta de mejora en los prototipos que se diseñan a partir de un mecanismo existente o nó. A nivel centroamericano hay un reto en las nuevas tecnologías de robótica artificial, como también en la realidad virtual puesto que no contamos con ello para desarrollar proyectos o al menos simularlos.

Para esta condición de salud no se ha trabajado en algún mecanismo eficaz para apoyar en las terapias, sin dejar de mencionar la falta de equipos y la falta de capacitación al personal. Ya que el S.W. es una afección neurológica no común como otras, esta solo se da en 1 paciente por cada 4, 000 niños nacidos. Que hoy en día la O.M.S la tiene registrada como una de las enfermedades raras en el mundo, y por tal razón se maneja poca información de esta.

10 Recomendaciones

El sistema de monitoreo de convulsiones y rehabilitación motora es una idea de prototipo que a mediano plazo se puede implementar, partiendo del análisis médico rendido en esta investigación.

En la etapa de recolección de la señal, finalmente se trabajó con las frecuencias cardiacas pulsantes de menor y mayor ritmo, así mismo se dispuso a monitorear la temperatura corporal del paciente. Como se menciona en el acápite del desarrollo del primer objetivo hay una correlación de los parámetros físicos presentes en el niño.

Para poder entender sus comportamientos, se estimó de métodos físicos, matemáticos y médicos con el fin de apreciar diferentes soluciones electrónicas que se acoplen al rumbo de vida del paciente.

Se hace mención de que este sistema está dividido en grupos de circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento dan origen a sistemas por separados (monitoreo y rehabilitación), pero que el resultado es un conjunto de procesos ligados uno con otro.

Es decir, que, en el proceso del monitoreo, se realiza mediciones de las variables con el fin de dar asistencia al momento que ocurra una variación de estas, como ya lo hemos explicado. Si se logra controlar paulatinamente las crisis convulsivas del paciente, veremos un avance a mediano plazo del desarrollo motor, puesto que cada crisis desencadena un fallo en cientos de miles de neuronas, que ya no se pueden regenerar.

Esto provoca un retraso en los patrones de movimiento psicomotor y la motricidad gruesa se ve afectada. Sin embargo, al lograr el objetivo de monitoreo, se estará logrando una madurez cerebral y el paciente podrá ser sometido a la ejecución de diferentes ejercicios que el sistema electrónico de rehabilitación le proporcionará. Logrando así el aprendizaje de estos y la independencia motora de actividades cotidianas propias de la edad.

Como al sistema electrónico de rehabilitación se le realizó un análisis para la integración terapéutica de los patrones de movimientos, puntos clave y los diferentes métodos de fisioterapia. En la simulación debe integrarse estos datos para la realización de ejercicios específicos y directos, con el fin de que mermen la carencia de estos al desarrollo de nuestro paciente en estudio.

La ventaja es que la automatización de la silla de ruedas permitirá usar sus características electrónicas, para la modificación emergente a una camilla, que se podría posicionar de manera horizontal con la finalidad de usarla en el caso que ocurra una convulsión prolongada y el paciente amerite de apoyo respiratorio.

Se colocaría al paciente en postura Lateral-Decúbito, e inmediatamente se le proporcionaría oxigenoterapia, de tal manera que la crisis valla disminuyendo y el paciente valla recuperando poco a poco los signos vitales.

Para el sistema de monitoreo, se recomienda el uso de 12 horas continuas (preferiblemente por las noches, donde se prolongan las convulsiones). Recordando que el sistema emisor es alimentado por batería y esta debe cambiarse periódicamente.

10.2 Recomendaciones de seguridad.

Para el sistema electrónico de monitoreo, los circuitos deben estar aislados de humedad y altas temperaturas, así mismo evitar el contacto de objetos metálicos a los módulos bluetooth. Ya que ocasionan corto circuito e interferencias, lo que daría lugar a lecturas erróneas al estar dentro del rango de la red que estos forman.

Por ser un prototipo, debe someterse a pruebas, antes de validar su funcionamiento.

En el caso del sistema electrónico de rehabilitación, como se aclaró en el apartado del desarrollo, el método por electrolisis no es seguro para la obtención de oxígeno de consumo humano, por lo que se descarta tal proceso y se deja como una HIPOTESIS NULA.

En la silla de ruedas, se tiene que integrar en los distintos puntos clave, accesorios ergonómicos que ayuden a la comodidad del paciente S.W y cinturones de seguridad para evitar caídas o golpes.

A pesar de que se proyecta a futuro que el sistema sea autómatas, se exige, al momento de someter al paciente S.W a dicho sistema la compañía de un cuidador adulto. Este debe estar al pendiente del proceso de rehabilitación, ya que, como todo sistema electrónico en algún momento puede presentar fallas.

10.1 Recomendación Médica.

Podemos observar como un circuito sencillo, no es fácil de demostrar, se requiere del entendimiento según el campo donde se desarrolle para poder entregar un buen resultado.

Es de suma importancia mencionar que actualmente el estado físico del paciente carece de flexibilidad y estabilidad. El sinnúmero de convulsiones prolongadas que ha sufrido ha dado paso a un evidente retraso del desarrollo psicomotor, medico neurólogo de seguimiento constata que dicho desarrollo se encuentra en parámetros mínimos asociados a un infante de seis meses de edad.

Los patrones de comportamiento al momento de la crisis son mixtos, algunas veces pueden presentarse en extensión, flexión, desvanecimientos y combinados (**consultar marco teórico**). Puede adoptar cualquiera de estas, por lo que se recomienda no asistirlo al momento de la crisis, que, al intentar romper esas posiciones, se puede ocasionar desgarramiento muscular u otro tipo de lesiones.

Los métodos descritos en los acápites anteriores para la rehabilitación, contra indican a tomar en cuenta las capacidades cognitivas y adaptativas del paciente, se debe tener presente el estado físico y psicológico, la edad y muy importante la tolerancia a el esfuerzo físico que conlleva desarrollar diferentes ejercicios de fuerza y capacidad.

También mencionamos la importancia de la recomendación médica por parte del especialista en Neuro fisiatría (Dr. José Ramón Leiva) quien ha evaluado a nuestro paciente en estudio (**ver video en anexos**), como no apto para ser sometido al sistema electrónico de rehabilitación. Dado que la madurez cerebral presente no permitiría el feedback o una retroalimentación de los ejercicios propuestos, se tendría que esperar a la edad pertinente y volver a evaluar los parámetros de desarrollo. Por lo que se sugiere seguir optando por la terapia convencional.

Por tales razones, explicamos del por qué se decidió trabajar de manera simulada el sistema electrónico de rehabilitación, a sí mismo los costos económicos que este conlleva y que una vez realizado tendríamos que someterlo a pruebas para verificar su correcto funcionamiento y sí se logró el objetivo deseado. Pero también se tendría que hacer la búsqueda de otro paciente con S.W. y con mejor estabilidad física y psicomotriz (80% de sus capacidades motoras) para poder evaluarlo.

11 Bibliografía

- Aquino, J., & Aneiro, R. (2020). Alteraciones de la frecuencia cardiaca por estimulación cerebral electroconvulsiva. *Revista Cubana de Medicina.*, 03-05.
- Arroyo, M. F. (16 de 11 de 2018). Síndrome de West. *Revista de la Facultad de Ciencias Medicas, Universidad de Cuenca*, 70-72.
- Barea Navarro, R. (2017). Instrumentación Biomédica, Departamento de electrónica. *Apuntes de electrónica.*, 36-48.
- Bustamante, J. (2018). Neuroanatomía funcional. En J. Bustamante, *Terapias complementaria* (págs. 50-62). Bogotá: Celsus.
- Cardó, S. (03 de enero de 2012). *NeurofeedBack, Fundación Cadah*. Obtenido de Fundación Cadah.or: <http://www.fundacioncadah.org>
- Chanci Arrubla, D. (2018). *Dispositivo portátil para el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en tiempo real. Epilepsia*. Envigado, Colombia.: Universidad de Antioquia/EIA. Ingeniería Biomédica.
- Contribuyentes. (13 de Octubre de 2020). *página web abierta*. Obtenido de wikipedia en español: wikipedia.com
- Cristina Herrera Dir. de Com. F.S.W. (29 de Noviembre de 2019). *Fundación Síndrome de West*. Obtenido de www.sindromedewest.org
- Diccionario abierto neurológico*. (1 de Abril de 2020). Obtenido de sitio web de diccionario abierto: <http://www.diccionarioabiertoneurologico.com>
- Ejercicios Kinesiología, Salud medica*. (18 de junio de 2019). Obtenido de [saludmed.com](http://www.saludmed.com): <http://www.saludmed.com>
- Evaluación Neurológica. (1989). *Sociedad Americana de EEG*, 8-39.
- García Ruiz, J., Moya de la Torre, E., & Pancela Méndez, A. (2019). *Detección e Identificación de dispositivos bluetooth, para control de acceso*. Valladolid, España.: Instituto de las tecnologías avanzadas, Universidad de Valladolid.
- Guevara Pérez, M. A., Ramos Loyo, J., & Corsi Cabrera, M. (2014). *Sistema para la adquisición computarizada del EEG y los potenciales relacionados a eventos*. México D.F.: Revista Mexicana de Psicología.
- Infobae. (17 de Marzo de 2017). *Floortime, la terapia que ayuda a niños con dificultades de comunicación*. Obtenido de sitio web infobae.: <http://www.infobae.com>
- Lancet. (1841). West. Una forma particular de convulsiones infantiles. En Lancet, *West. Una forma particular de convulsiones infantiles* (págs. 724-5).
- Landeta Junquera, M. (09 de mayo de 2019). *Página web abierta Fisioterapia Online*. Obtenido de [fisioterapiaonline.com](http://www.fisioterapiaonline.com): <https://www.fisioterapia-online.com>

- Llanos Mora, E. E. (2020). Diseño de un sistema inalámbrico de monitoreo para pacientes epilépticos de la clínica Anglo Americana. En L. M. Erika, *Diseño de un sistema inalámbrico de monitoreo para pacientes epilépticos de la clínica Anglo Americana*. (págs. 18-25). Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Mapa Satelital. Google. (03 de Mayo de 2020). Obtenido de Google maps.com: <https://www.google.com/maps/place/Barrio+Jonathan+Gonzalez,+Managua/@12.1329734,-86.2825353,16z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8f7155de74bb6bb3:0x8d651f15d37bd78e!8m2!3d12.1333775!4d-86.277434>
- Mas, M. J. (16 de Diciembre de 2015). *Neuronas en crecimiento, etapas del neurodesarrollo*. Obtenido de Neuropediatria.org: <https://neuropediatria.org>
- Rosales Herrera, K. (03 de Mayo de 2020). Estudio de Caso Síndrome de West. (M. M. Rizo Balladares, Entrevistador)
- S. Ohtahara, Y. Y. (1976). *Pronóstico del estudio de seguimiento clínico y electroencefalográfico a largo plazo del síndrome de Lennox, especialmente con referencia a la relación con el síndrome de West*. (tercera edición ed.). Japon, Lapon: En folia.
- Salazar Neyra, C. A. (2020). *Propuesta de un generador de señales eléctricas para el tratamiento de dolor muscular, causados por estrés laboral*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú.
- Tendencias Científicas. (2020). *Blog.*, 05-17.

12 Anexos

12.1 Forma de la señal recolectada por el Pulsómetro.

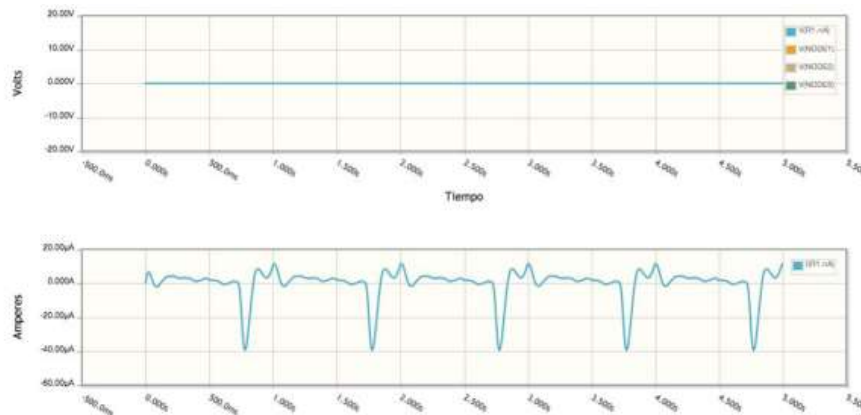


Figura. 69 Forma de la señal analógica de pulso cardiaco.

12.2 Señal Tratada y digitalizada por el Pulsómetro.

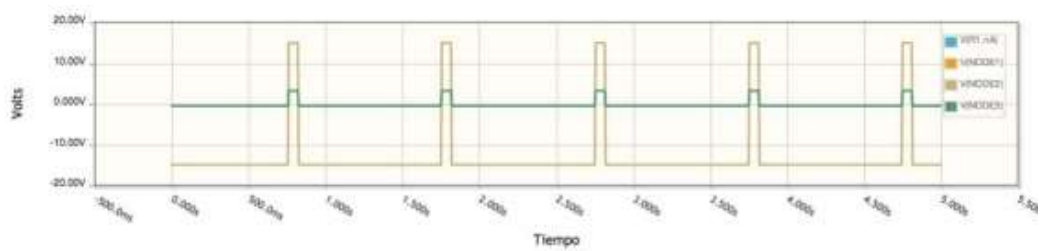


Figura. 70 Forma de la señal digitalizada de pulso cardiaco.

12.3 Tarjeta de atención integral.



Figura. 71 Tarjeta de control paciente.

Fuente: (Rosales Herrera, 2020).

12.4 Casa de habitación del paciente.



Figura. 72 Vivienda vista de frente.

Fuente: (Rosales Herrera, 2020).



Figura. 73 Vivienda vista interna.

Fuente: (Rosales Herrera, 2020).

12.5 Formato de entrevista a familiar del paciente.

DIRECCIÓN:

Las entrevistas de esta investigación fueron realizadas por María Mercedes Rizo Balladares, estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Unan-Managua.

➤ TÉCNICA:

El tipo de entrevista utilizado fue la entrevista abierta junto con la información que proporciona la investigación. Se realizaron 10 preguntas por entrevista, relacionadas con peso y talla del paciente, comportamiento habitual, horas de sueño, etc.

➤ FECHA DE REALIZACIÓN:

Las entrevistas fueron realizadas el 17 de mayo de 2020.

➤ LISTADO DE ENTREVISTADOS:

1. Karla Mariza Rosales Herrera.

Madre de familia del paciente S.W.

2. José Ramón Leiva.

Medico Neuro fisiatra.

Hospital de Rehabilitación Aldo Chavarría.

María Mercedes Rizo Balladares -ENTREVISTA Madre de familia.

1. Llenar datos personales del paciente:
2. Llenar datos personales de los progenitores:
3. ¿Cómo tuvieron conocimiento sobre el Síndrome de West?
4. ¿A través de qué método y bajo qué criterios se basaron para el diagnóstico?
5. ¿A qué edad empezaron las crisis convulsivas? ¿Qué comportamiento físico adoptó el paciente S.W?
6. Actualmente ¿Cuáles son los medicamentos normados para controlar las crisis convulsivas? ¿Cuáles son las dosificaciones y efectos adversos que estos conllevan para la salud del paciente S.W?
7. ¿El paciente ha recibido o se encuentra en algún programa de rehabilitación psicomotriz?
8. Como tutor del paciente S.W ¿Cuáles han sido las carencias y dificultades que han sufragado desde el diagnóstico clínico?
9. ¿Qué medidas se han tomado en casa para un efectivo cuidado del paciente?
10. A futuro ¿Cree posible la mejoría de las condiciones psicomotoras del paciente? ¿Bajo qué criterios los considera?

12.6 Formato de entrevista a Neuro fisiatra.

María Mercedes Rizo Balladares -ENTREVISTA Medico Neuro fisiatra.

1. Llenar datos personales del médico:
2. ¿Cómo tuvo conocimiento sobre el Síndrome de West?
3. ¿Cómo tuvo conocimiento del paciente en estudio?
4. ¿Cómo ha visualizado el comportamiento psicomotriz del paciente S.W?
5. ¿Qué tratamientos terapéuticos se pueden implementar en la vida cotidiana del paciente S.W?
6. Actualmente ¿Considera pertinente que el paciente se dote con apoyo de mecanismos electrónicos, para la realización de las terapias? Si o no ¿Por qué?
7. Si se integra un sistema de monitoreo electrónico en casa para mejor cuidado. ¿Cree usted que ayudaría a mermar los efectos nocivos de las crisis convulsivas en el paciente S.W?
8. Al momento de una crisis de mayor prolongación. ¿Qué medidas de contingencia se pueden tomar para la reanimación de los signos vitales?
9. A futuro ¿Cree posible la mejoría de las condiciones psicomotoras del paciente? ¿Bajo qué criterios los considera?
10. ¿Maneja conocimiento de otros pacientes con esta misma condición de salud? ¿Los comportamientos de un paciente con otros son variantes o iguales? ¿Por qué?

12.7 Tabla de costos de producción del sistema electrónico de monitoreo.

**Sistema Electrónico de Monitoreo.
Noviembre 2020 - Enero 2021.**

Ítem	Artículo	Cant.	Costo Ud.	Subtotal
1	Atmega Micro 328P	2	285	570
2	Batería DC 09 volt	1	45	45
3	Buzzer Activo	1	30	30
4	Diodo LED Rojo	1	4	4
5	Modulo HC-05 v2	2	330	660
6	Modulo LCD I2C	1	100	100
7	Pantalla LCD 1602	1	51	51
8	Resistencia 220 ohm	1	4	4
9	Sensor LM35	1	60	60
10	Sensor MAX 30102	1	240	240
11	Soket para batería	1	48	48
TOTAL				C\$ 1,812.00
Otros materiales.				
Ítem	Artículo	Cant.	Costo Ud.	Subtotal
1	Acrílico transp. 60x60	1	310	310
2	Barra de silicón	5	5	25
3	Belcrop tela yd.	1	25	25
4	Pega loca HUNTER	5	10	50
5	Tela Nylon yd.	1	45	45
TOTAL				C\$ 455.00

Costo de Producción.

Concepto	Costo	Total
Materia prima	1812	1812
Otros materiales	455	455
Energía eléctrica	200	200
Combustible	500	500
Mano obra ind.	150	150
TOTAL, FINAL		C\$ 3,117.00

Tabla. 06 Costos de producción sistema electrónico de monitoreo.

12.8 Video de consulta externa para valoración a paciente. **(en archivo)**