

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**

**TALLER DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA I
INFORME FINAL**

**TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA
SILLAS DE RUEDAS USANDO ARDUINO PARA PERSONAS
CON PARAPLEJIA Y TETRAPLEJIA**

Alumna:

- Zarzosa Baez, Yvette Maite

Código: 201512410

Semestre Académico: 2022 – 1

Índice

- DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO EN UNA SILLA DE RUEDAS USANDO ARDUINO PARA PERSONAS CON PARAPLEJIA Y TETRAPLEJIA	3
1. Planteamiento del Problema	3
1.1. Problema general:	3
1.2. Problemas específicos:	3
1.3. Importancia y justificación del estudio	4
1.4. Limitaciones del Estudio	4
2. Objetivos	4
2.1. General	4
2.2. Específicos	4
3. Marco Teórico.....	4
3.1. Estado del arte	5
3.2. Definición de términos básicos	7
4. Metodología del estudio	8
4.1. Tipo y método de investigación	8
4.2. Variables de investigación	8
4.3. Población de estudio	8
4.4. Muestra	9
4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
4.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	10
5. Aspectos administrativos	12
5.1. Cronograma de actividades	12
o	12
5.2. Presupuesto	13
6. Referencias Bibliográficas	13

DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO EN UNA SILLA DE RUEDAS USANDO ARDUINO PARA PERSONAS CON PARAPLEJIA Y TETRAPLEJIA

1. Planteamiento del Problema

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI, en [1] se encontró que la discapacidad motora (dificultad para moverse o caminar y/o para usar brazos o piernas), es la que más afecta, alcanzando 932 mil personas (59,2%), dificultad para ver (50,9%), para oír (33,8%), para entender o aprender (32,1%), para relacionarse con los demás (18,8%) y para hablar o comunicarse (16,6%).

La desventaja que imposibilita o limita su desempeño motor de las personas parapléjicas o tetrapléjicas generalmente requiere de la ayuda de otras personas para realizar las actividades de la vida diaria y esto evita que sean productivos ante la sociedad por lo que el desarrollo de sistemas electrónicos para la adaptación de una silla de rueda cumple una función específica haciendo que estas personas con esta discapacidad puedan mejorar su calidad de vida sin depender de otras personas.

1.1. Problema general:

¿Cómo diseñar un sistema electrónico en una silla de ruedas usando Arduino para personas con paraplejia y tetraplejia?

1.2. Problemas específicos:

- ¿Cómo diseñar el sistema electrónico en una silla de ruedas para mejorar la libertad de movimiento de una persona con paraplejia y tetraplejia?
- ¿Cómo desarrollar un algoritmo en Arduino para personas con paraplejia y tetraplejia?
- ¿De qué manera simular el sistema electrónico propuesto?

1.3.Importancia y justificación del estudio

Este proyecto de investigación su importancia radica en poner en funcionamiento a la silla cumpliendo con las condiciones de operación estándar para este tipo de sistemas, mediante la programación que permita al usuario desplazarse de forma libre dentro del área donde se encuentre brindando comodidad. El implementar la silla se lleva a cabo con la finalidad de ayudar a personas con paraplejia y tetraplejia, en el proceso de independencia (actividad social, educativa, cultural, deportiva) y reincorporación en la sociedad.

1.4.Limitaciones del Estudio

Al ser esta investigación muy amplia, nos limitaremos solo a la aplicación para personas mayores de edad. Además, solo implementará una maqueta a tamaño escala 1 en 10 para pruebas en laboratorio.

2. Objetivos

2.1.General

Diseñar un sistema electrónico en una silla de ruedas usando Arduino para personas con paraplejia y tetraplejia.

2.2.Específicos

- Diseñar el sistema electrónico en una silla de ruedas para mejorar la libertad de movimiento de una persona con paraplejia y tetraplejia
- Desarrollar un algoritmo en Arduino para personas con paraplejia y tetraplejia.
- Simular el sistema electrónico sistema propuesto.

-

3. Marco Teórico

3.1.Estado del arte

En [2] Fausto et. al. propusieron un diseño de un sistema para controlar una silla de ruedas, mediante las señales eléctricas cerebrales de un paciente con paraplejía. La aplicación software para detectar las ondas cerebrales lo desarrollaron en la plataforma LabVIEW, mediante bibliotecas de vínculos dinámicos (edk.dll) de Emotiv y librerías de Arduino. Las señales de electroencefalografía generadas por el usuario (emoción, participación/aburrimento, frustración y meditación) fueron observadas y medidas usando un waveform. La prueba del sistema la realizaron con un paciente de 40 años de edad, con paraplejía espástica causada por una fractura en la columna vertebral. Ellos obtuvieron un índice de efectividad mayor del 85 %. El índice de carga de trabajo que obtuvieron fue de un 60,33 %, con índices de cargas individuales relevantes: demanda mental con 22,67 % y rendimiento con un 30 %.

En [3] Markus et. al. desarrollaron un nuevo método de propulsión de sillas de ruedas basado en el mango que sigue un movimiento cíclico dentro de los rangos de movimiento ergonómicos de las articulaciones donde su objetivo de este estudio fue medir las fuerzas de propulsión manual, las excursiones articulares y los pares netos articulares para este novedoso dispositivo de propulsión y comparar su rendimiento con la propulsión tradicional de sillas de ruedas con llantas de empuje. Presumieron que, en condiciones similares, las excursiones conjuntas de este novedoso dispositivo basado en el mango permanecerán dentro de su rango ergonómico y que la efectividad de las fuerzas de propulsión será mayor, lo que conducirá a fuerzas de propulsión promedio más bajas en comparación con la propulsión con borde de empuje y reducirá el riesgo de lesión. Ocho sujetos parapléjicos impulsaron el nuevo dispositivo con dos cargas diferentes en un banco de pruebas personalizado para sillas de ruedas. Utilizaron sensores de fuerza y captura de movimiento de video para monitorear la cinemática y la cinética de las articulaciones del hombro y la muñeca. Las cargas de hombro y muñeca se calcularon utilizando un modelo de propulsión de silla de ruedas de extremidad superior modificado disponible en OpenSim. Sus resultados muestran que con este

novedoso dispositivo de propulsión, las excursiones articulares están dentro de los rangos ergonómicos recomendados, lo que da como resultado una reducción del rango de movimiento de hasta un 30 % en el hombro y hasta un 80 % en la muñeca, mientras que las fuerzas máximas resultantes promedio se redujeron en hasta un 20% en comparación con la propulsión push-rim. Además, los pares netos inferiores tanto en el hombro como en la muñeca demuestran el potencial de este novedoso sistema de propulsión para reducir el riesgo de lesiones en las extremidades superiores.

En [4] Ayodeji et. al. diseñaron una silla de ruedas apropiada para satisfacer sus necesidades utilizando materiales de bajo costo y fácilmente disponibles para lograr este producto. Evaluaron la silla de ruedas existente antes de realizar su modificación para justificar la mejora establecida. Para que logren esto, la silla de ruedas fue rediseñada con un centro de gravedad bajo para mejorar la estabilidad con la introducción de un gato hidráulico de gran tamaño para ayudar al ajuste de altura. Llevaron a cabo una evaluación del desempeño de la silla de ruedas desarrollada para garantizar la estandarización en el cumplimiento de las necesidades de los usuarios previstos. Sobre la base de la facilidad de operación a una altura elegida de 2 m utilizando pulsos generados, se registraron 79 pulsos/minutos para la silla de ruedas mejorada frente a los 95 pulsos/minutos de la silla de ruedas existente. Además, las sillas de ruedas modificadas y existentes tardan 28 y 36 segundos en alcanzar la altura establecida, respectivamente. Ofrecieron confinamiento para el ajuste a la posición de altura deseada y proporcionaron movilidad en la posición elevada elegida.

En [5] Kader et. al. propusieron una silla de ruedas semi autónoma con control de movimiento de la cabeza. Esta silla de ruedas puede ayudar a cualquier paciente parapléjico, así como a personas discapacitadas a moverse en lugares interiores o exteriores sin la ayuda de otras personas. Utilizaron un sensor de acelerómetro de 3 ejes para detectar el movimiento de la cabeza y se basa en el movimiento de la cabeza; se controlan dos motores de corriente continua para desplazar la silla de ruedas. El sistema también tiene dos sensores de sonar para detectar el obstáculo en la dirección delantera o trasera de la silla de ruedas para evitar choques o accidentes. En

caso de accidente, tiene la capacidad de detectar la colisión e informar al familiar mediante el envío de un SMS a través de un módem GSM con información de ubicación.

3.2. Definición de términos básicos

- Arduino: Según [6] es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont).
- Silla de ruedas: Según [7] es un dispositivo de movilidad con ruedas en el que el usuario se sienta. El dispositivo se impulsa manualmente (girando las ruedas con la mano) o mediante diversos sistemas electrónicos. Las sillas de ruedas son utilizadas por personas con dificultades para deambular por limitaciones físicas, fisiológicas o enfermedad. El dispositivo viene en variaciones que permiten la propulsión manual por el ocupante sentado girando las ruedas traseras a mano, o la propulsión eléctrica por motores. A menudo hay empuñaduras detrás del asiento para permitir que terceras personas empujen. Una silla de ruedas manual básica incorpora un asiento, reposapiés y cuatro ruedas: dos ruedas giratorias en la parte delantera y dos ruedas grandes en la parte trasera. Las dos ruedas más grandes de la parte trasera suelen tener aros de material plástico o metal, normalmente siendo de 24 pulgadas.
- Paraplejia: Según [8] es la parálisis de los miembros inferiores debida al compromiso de las vías motoras secundaria a una lesión medular en los segmentos toracolumbares. Cuando la lesión es completa, se afectan las vías motoras, sensitivas y autónomas, con pérdida de la sensibilidad somática y de la movilidad voluntaria por debajo del nivel de la lesión, incontinencia urinaria y fecal, espasticidad, hiperreflexia, atrofia muscular, infertilidad y disfunción sexual en los hombres.

- **Tetraplejía:** Según [9] también conocida como cuadriplejía, es una parálisis causada por una enfermedad o lesión que tiene como consecuencia la pérdida parcial o completa del uso de las cuatro extremidades y del torso. La paraplejía es similar con la diferencia de que no afecta a los brazos. La pérdida suele ser sensorial y motora, es decir, hay una falta de sensibilidad y de capacidad de control.
- **MACROTELLECT BRAINLINK LITE EEG HEADSET V2.0:** Según [10] se caracteriza por un diseño sencillo y una gran comodidad. La diadema de piel suave se adapta perfectamente a cualquier tamaño de cabeza y es adecuada para niños y adultos. Los sensores de onda cerebral en la frente miden las actividades cerebrales y transmiten los datos a través de una conexión inalámbrica a cualquier dispositivo inteligente. La evaluación permite una interacción directa, dependiendo de qué software. Se pueden identificar diferentes estados de ánimo como enfoque, tranquilidad y emoción para utilizarlas con numerosas aplicaciones (juegos, educación, bienestar y salud).

4. Metodología del estudio

4.1. Tipo y método de investigación

El tipo de investigación es aplicada y tecnológica. En cuanto al método de investigación, es empírico y experimental.

4.2. Variables de investigación

La variable independiente es: ARDUINO UNO.

La variable dependiente es: Sistema electrónico en una silla de ruedas.

4.3. Población de estudio

La población o universo de estudio está orientado a la respuesta que tendrán las personas con paraplejía y tetraplejía del distrito de San Juan de Lurigancho, hacia el sistema electrónico para las sillas de ruedas.

Actualmente en el Perú según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI, en [1] se encontró que la discapacidad motora (dificultad para moverse o caminar y/o para usar brazos o piernas), es la que más afecta, alcanzando 932 mil personas (59,2%), dificultad para ver (50,9%), para oír (33,8%), para entender o aprender (32,1%), para relacionarse con los demás (18,8%) y para hablar o comunicarse (16,6%).

Datos estadísticos del CONADIS indican que es muy bajo la obtención de estos tipos de sillas modelos ya que su costo es muy elevado van desde sumas de \$2,300.00 hasta \$6,000.00 [11]. El uso de una silla manual no es tampoco una solución porque desde el punto de vista psicológico la dependencia genera deficiencia del pensamiento social y baja autoestima.

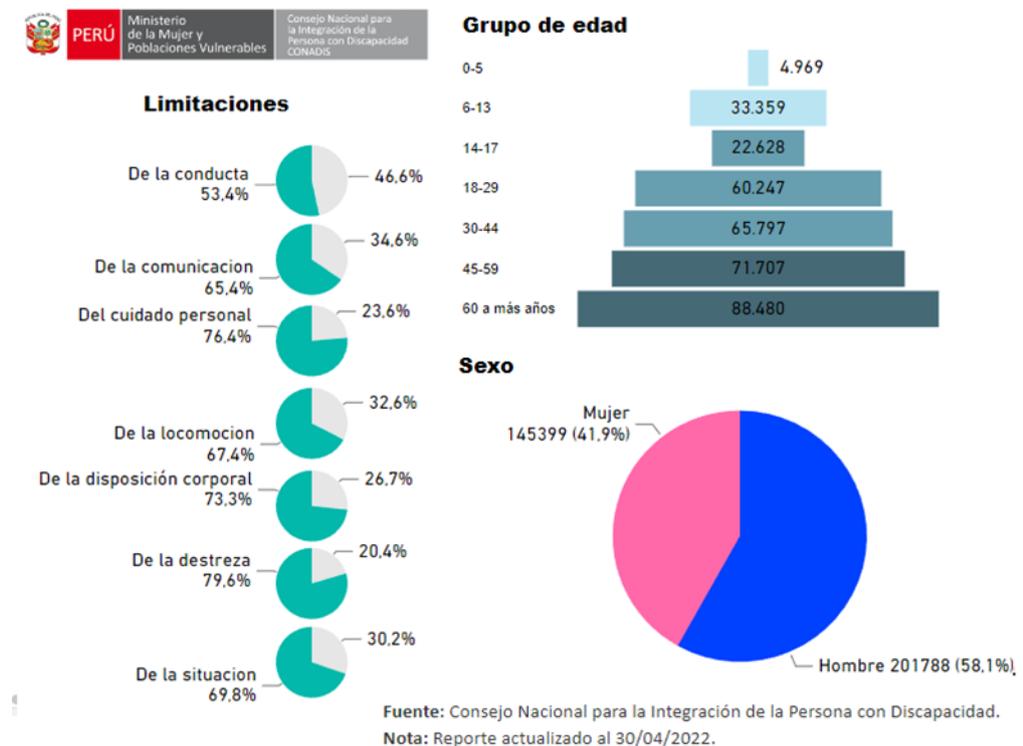


Figura 01. Gráfico de población del Ministerio de la Mujer y Poblaciones vulnerables.

4.4.Muestra

Características de la muestra o participantes

Entre las características que deberá presentar la muestra, destacan las siguientes:

- Un grupo de 15 personas con el propósito de poder evaluar o registrar las respuestas obtenidas del sistema.
- Un grupo de 20 personas con edad comprendida entre los 18 a 60 años con el propósito de realizar la calibración de la data previamente obtenida.

4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se empleará un encefalograma (EEG) con el fin de evaluar o registrar los resultados obtenidos al momento que el paciente piense en su modo de desplazamiento; de frente, atrás, derecha e izquierda o un giro de 360°. Los resultados servirán para detectar patrones y poder desarrollar la programación para el Arduino.

A continuación, se indican los equipos a utilizarse en este proyecto de investigación, así como también sus principales características:

- ARDUINO UNO
- BrainLink LITE EEG Headset
- Controlador de motor SparkFun Dual H-Bridge L298

4.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Primeramente, se tendrá un BrainLink Lite EEG Headset, que es un electroencefalograma con la forma de una vincha que estará colocado en la cabeza de la persona parapléjica o tetrapléjica el cual estará conectado con el Arduino por medio del módulo Bluetooth que brindará los datos del encefalograma.

Seguidamente esta información pasará al Arduino donde se procesará obteniendo como salida la dirección deseada por la persona, la cual se transmitirá al controlador puente H.

Debido a que la señal de salida de un Arduino está limitada a 255mA no puede controlar los motores necesarios para mover la silla de manera directa por lo que es necesario el uso del controlador puente H.

A través de Arduino el puente H se encargará de que los motores de la silla empiecen a moverse de acuerdo a lo que la persona elija.

Finalmente, este diseño será alimentado por medio de dos bancos de baterías, uno para el controlador y los motores, otro para el Arduino.

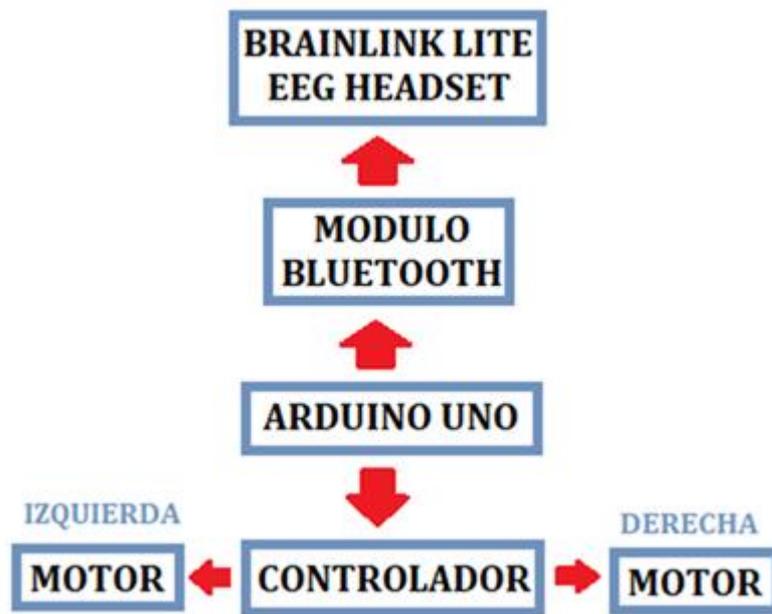


Figura 02. Diagrama de bloques de procesamiento

5. Aspectos administrativos

5.1. Cronograma de actividades

○

ACTIVIDADES	AÑO 2022																							
	JULIO				AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Revisión bibliográfica	■	■	■	■																				
2. Entrevista con personas con paraplejia y tetraplejia					■	■	■	■																
3. Planteamiento del Brainlink basado en la experiencia de los pacientes							■	■	■	■	■	■												
4. Planteamiento del algoritmo usando Arduino									■	■	■	■	■	■	■	■								
5. Implementación del algoritmo usando Arduino.															■	■	■							
6. Análisis de las características principales de la paraplejia y tetraplejia.															■	■	■							
7. Implementación del sistema electrónico usando Arduino para personas con paraplejia y tetraplejia																	■	■	■					
8. Diseño y ensamblado del prototipo completo.																		■	■	■	■			
9. Obtención de pruebas y resultados finales.																			■	■	■	■		
10. Redacción del informe técnico																					■	■	■	■

5.2.Presupuesto

	Dispositivos / Bienes / Materiales		Precio (S/.)
	Características	Cantidad	
1	Arduino	1	180.00
2	BrainLink Lite EEG Headset	1	1060.00
3	Modulo Bluetooth	1	12.00
4	Controlador SparkFun Dual H-Bridge L298	1	40.00
5	Banco de baterías	2	180.00
6	Silla de ruedas	1	600
TOTAL			xx.00

6. Referencias Bibliográficas

- [1]. INEI, “Nota de prensa”, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/en-el-peru-1-millon-575-mil-personas-presentan-alg/> [Accedido: 18-May-2022]
- [2]. F. Freire-Carrera, O. Chadrina, E. Maila-Andrango, V. Drozdov. “Diseño de sistema para controlar una silla de ruedas mediante señales eléctricas cerebrales.” Medisur. vol 17, pp. 1-14, Noviembre 2019.
- [3]. M. Puchinger, P. Stefanek, K. Gestaltner, M. G. Pandey and M. Gföhler, "In Vivo Biomechanical Assessment of a Novel Handle-Based Wheelchair Drive," in IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 29, pp. 1669-1678, 2021, doi: 10.1109/TNSRE.2021.3105388.
- [4]. S. P. Ayodeji, M. G. Kanakana and M. K. Adeyeri, "Modification and performance evaluation of height adjustable paraplegic wheelchair," 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM), 2015, pp. 1-8, doi: 10.1109/IEOM.2015.7093723.
- [5]. M. A. Kader, M. E. Alam, N. Jahan, M. A. B. Bhuiyan, M. S. Alam and Z.

Sultana, "Design and implementation of a head motion-controlled semi-autonomous wheelchair for quadriplegic patients based on 3-axis accelerometer," 2019 22nd International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCIT48885.2019.9038512.

- [6]. Arduino.cl, "¿Qué es Arduino?", 2022. [En línea]. Disponible en: <https://arduino.cl/que-es-arduino/> [Accedido: 18-May-2022]
- [7]. Tododisca, "Silla de ruedas: Información y diferencias", 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.tododisca.com/sillas-de-ruedas-informacion-y-diferencias/> [Accedido: 18-May-2022]
- [8]. M. Moreno and A.Rey, Pilar., "Paraplejia: pasado y futuro del ser. Index de Enfermería", Scielo, vol 18 num 3, pp 185-189, 2009.
- [9]. Sunrise Medical," Tetruplejia: causas, tratamientos y cuidados", 2018. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/01D3z4> [Accedido: 18-May-2022]
- [10]. Amazon, "Macrotellect BrainLink Lite V2.0 EEG Headset", 2020. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/pfwooj> [Accedido: 20-May-2022]
- [11]. CONADIS, "Registro nacional de la persona con discapacidad", 2022. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/HIKpjb> [Accedido: 31-May-2022]

MATRIZ DE CONSISTENCIA

DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO EN UNA SILLA DE RUEDAS USANDO ARDUINO PARA PERSONAS CON PARAPLEJIA Y TETRAPLEJIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general:	Objetivo general:		
¿Cómo diseñar un sistema electrónico en una silla de ruedas usando Arduino para personas con paraplejia y tetraplejia?	Diseñar un sistema electrónico en una silla de ruedas usando Arduino para personas con paraplejia y tetraplejia.	Variable independiente: Arduino UNO	Tipo de investigación: Aplicada y tecnológica.
Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Variable dependiente: Sistema electrónico en una silla de ruedas	Temporalidad Transversal
¿Cómo diseñar el sistema electrónico en una silla de ruedas para mejorar la libertad de movimiento de una persona con paraplejia y tetraplejia?	Diseñar el sistema electrónico en una silla de ruedas para mejorar la libertad de movimiento de una persona con paraplejia y tetraplejia.		Metodología Empírico y experimental
¿Cómo desarrollar un algoritmo en Arduino para personas con paraplejia y tetraplejia?	Desarrollar un algoritmo en Arduino para personas con paraplejia y tetraplejia.		Población Personas parapléjicas y tetrapléjicas.
¿De qué manera simular el sistema electrónico propuesto?	Simular el sistema electrónico propuesto.		Muestra Personas del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima

ANEXOS

Anexo 1. Gráfico de población del Ministerio de la Mujer y Poblaciones vulnerables.

Anexo 2. Diagrama de bloques de procesamiento

Anexo 3. Matriz de consistencia