



**Universidad  
Israel**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"**

**MAESTRÍA EN**

**ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

*Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021*

**PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER**

<b>Título del proyecto:</b>
Automatización de la medición energética y transmisión de datos en la planta de Baker Hughes - Ecuador mediante SCADA.
<b>Línea de Investigación:</b>
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
<b>Campo amplio de conocimiento:</b>
Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)
<b>Autor/a:</b>
Montesdeoca Ipiales Juan Carlos
<b>Tutor/a:</b>
PhD. Maryory Urdaneta

**Quito – Ecuador**

**2024**

## APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, PhD. Mayory Urdaneta con C.I: 1759316126 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: automatización de la medición energética y transmisión de datos en la planta de Baker Hughes - Ecuador mediante SCADA.

Elaborado por: Montesdeoca Ipiales Juan Carlos, de C.I: 1803274883, estudiante de la Maestría: Electrónica y Automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 11 de marzo de 2024

---

**Firma**

## DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, Montesdeoca Ipiales Juan Carlos con C.I: 1803274883, autor/a del proyecto de titulación denominado automatización de la medición energética y transmisión de datos en la planta de Baker Hughes - Ecuador mediante SCADA. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 11 de marzo de 2024



Firmado electrónicamente por:  
**JUAN CARLOS  
MONTEDEOCA  
IPIALES**

---

**Firma**

## Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	1
Objetivo general	2
Objetivos específicos	3
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	3
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.1. Contextualización general del estado del arte	5
1.2. Proceso investigativo metodológico	6
CAPÍTULO II: PROPUESTA	8
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	8
<b>2.1.1 AUTOMATIZACIÓN</b>	8
<b>2.1.1.1 AUTOMATISMO SECUENCIAL</b>	9
<b>2.1.1.2 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN</b>	10
<b>2.1.1.3 DESVENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN</b>	10
<b>2.1.1.4 OPCIONES DE AUTOMATIZACIÓN</b>	11
<b>2.1.2 PROCESO INDUSTRIAL</b>	14
<b>2.1.2.1 ¿Qué caracteriza a un proceso industrial?</b>	14
<b>2.1.2.3 ¿Qué tipos de procesos industriales existen?</b>	15
<b>2.1.2.4 PROCESO</b>	16
<b>2.1.3 RASPBERRY</b>	17
<b>2.1.4 NODE RED</b>	21
<b>2.1.4.1 Fundamentos</b>	23
<b>2.1.4.2 Funcionamiento</b>	24
<b>2.1.4.3 Entorno de uso de NODE-RED</b>	26
<b>2.1.4.4 Guía de NODE - RED</b>	27
<b>2.1.4.5 Eliminar el valor de una variable</b>	29
<b>2.1.4.6 Rangos</b>	29
<b>2.1.4.7 Arrays en NODE-RED</b>	31
<b>2.1.4.8 Detección de cambios</b>	33
<b>2.1.4.9 Importar y exportar</b>	34

<b>2.1.4.10 Herramientas y plataformas similares</b>	35
<b>2.1.4.11 Instalación NODE-RED</b>	36
<b>2.1.5 GRAFANA</b>	36
<b>2.1.5.1 Grafana Dashboard</b>	37
<b>2.1.5.2 Características de Grafana</b>	38
<b>2.1.5.3 Modelos de Grafana</b>	39
<b>2.1.5.4 Ventajas de Grafana</b>	40
<b>2.1.5.5 Comparación entre herramientas</b>	40
2.2 Descripción de la propuesta	42
2.3 Validación de la propuesta	53
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	56
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	58
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63
Bibliografía	63
ANEXOS	65

## Índice de tablas

Tabla 1: Descripción de perfil de validadores.....	53
Tabla 2: Criterios de evaluación .....	53
Tabla 3: Escala de Evaluación .....	54
Tabla 4: Matriz de articulación.....	56

## Índice de figuras

Figura 1: Control de procesos .....	10
Figura 2: Circuito de control para la inversión de giro de una red cableada .....	11
Figura 3: Programación para arrancar o parar un motor con lógica programada .....	12
Figura 4: Control de procesos de lazo abierto .....	12
Figura 5: Control de procesos de lazo cerrado .....	13
Figura 6: Proceso Industrial.....	15
Figura 7: Sistema de chip SoC de Raspberry.....	18
Figura 8: Memoria de acceso aleatorio (RAM) de Raspberry Pi .....	19
Figura 9: Módulo de radio de Raspberry Pi .....	20
Figura 10: Circuito Integrado de gestión de energía (PMIC) de Raspberry Pi .....	20
Figura 11: Ejemplo de estructura de programación de la herramienta NODE-RED.....	21
Figura 12: Red y flujo de datos entre nodos.....	23
Figura 13: Nodos por defecto en NODE-RED.....	24
Figura 14: Instalación de nodos externos.....	25
Figura 15: Entorno de uso de NODE RED .....	26
Figura 16: Uso Timestamp en NODE-RED.....	27
Figura 17: Uso de ventana de depuración en NODE-RED.....	27
Figura 18: Menú nodo “change” de NODE-RED .....	28
Figura 19: Eliminar el valor de una variable de NODE-RED .....	28
Figura 20: Menú nodo “range” de NODE-RED.....	29
Figura 21: Cambiar rango de números en NODE-RED .....	30
Figura 22: Envío de array con números decimales en NODE-RED .....	31
Figura 23: Establecer el redondeo al entero próximo en NODE-RED.....	31
Figura 24: Redondeo Array de decimales en NODE-RED.....	32
Figura 25: Menú del nodo “rbe” de NODE-RED.....	32
Figura 26: Detección de cambios de parámetros en NODE-RED .....	33
Figura 27: Exportación de flujo en NODE-RED .....	33
Figura 28: Importación de flujo en NODE-RED .....	34
Figura 29: Grafana Dashboard .....	36
Figura 30: Arquitectura de cuatro niveles planteada .....	42
Figura 31: Diagrama de bloques para registro de mediciones eléctricas .....	43
Figura 32: Organizador gráfico de adquisición de datos .....	44
Figura 33: Conexión de medidores hacia el switch .....	45
Figura 34: Controlador .....	46
Figura 35: Servidores.....	46
Figura 36: Reporteador ABB con licencia para BUKER HUGHES .....	47
Figura 37: Visualización de datos .....	50
Figura 38: Widgets utilizados en Grafana.....	51
Figura 39: Modificación de widgets en Grafana .....	51
Figura 40: Datos en tiempo real .....	59

## INFORMACIÓN GENERAL

### Contextualización del tema

Este proyecto de investigación se centra en la planta de la compañía Baker Hughes la región sud americana basada en la ciudad de Quito, en la provincia de Pichincha. Desde hace más de 100 años ha estado involucrado en la tecnología que cambió los albores de la era del petróleo y cuenta con una vasta experiencia en la industria de Oil & Gas.

Baker Hughes es actualmente un proveedor líder de gestión de campos petroleros con más de 29 centros operativos en todo el mundo, incluidos centros de servicio en Estados Unidos, México, Colombia, Perú, Argentina, Ecuador y Venezuela.

Hoy es la empresa de bombas eléctricas de ambiente más grande del mundo y líder en tecnología BES, controladores de velocidad VSD y cables de alimentación para estos sistemas, que mejoran la eficiencia del bombeo a través de varias patentes sistema.

Tiene más de 30 años de experiencia. Además de API e IEEE, trabajamos bajo estándares internacionales de calidad como ISO9001, ISO 14001 y OHSAS 18001.

Baker HUGUES Ecuador 1 almacén ancla en Quito, 1 depósito ancla en Coca y 4 depósitos satélite (Campo Tarapoa), Bloque Sur, Repsol y Pluspetrol Ecuador.

Sistemas de Activación Artificial (ALS) cuenta con 65 ingenieros o técnicos de campo, 15 ingenieros de aplicaciones, 11 ingenieros de programación de conexiones, 8 ingenieros de gestión de fallas y calidad, 18 procesos productivos y trabajadores de producción. Personal, 4 coordinadores de operaciones de almacén y de logística y seguridad

BAKER HUGUES está integrada por profesionales experimentados, técnicos, expertos e ingenieros que crean un ambiente de trabajo respetuoso y dinámico, trabajan con un alto grado de profesionalismo y están siempre decididos a alcanzar los objetivos de la empresa.

La medición de energía es una parte esencial para comprender y cuantificar verdaderamente los valores del consumo de energía y saber que podemos obtener resultados reducidos o potencialmente aumentar el consumo.

En América Latina, el equilibrio y excedente de recursos energéticos posibilita la transformación de la electricidad; considerar los recursos naturales renovables o no renovables y el impacto en la reducción de emisiones de gas.

La energía es un recurso importante para el desarrollo de empresas e industrias; es decir, es el motor del mundo en el que vivimos, sabiendo que algunas industrias no tienen indicadores energéticos automatizados y no implementan políticas de gestión energética.

Por ello, este trabajo está diseñado para proporcionar un análisis teórico-práctico de la automatización en la medición del suministro eléctrico y la transferencia de datos a la unidad central, que permitirá el seguimiento de los indicadores de consumo eléctrico y, por tanto, el control remoto.

Además, este estudio permitirá que el entorno educativo y académico, donde existe poca investigación en dichas áreas.

### **Problema de investigación**

En la actualidad BAKER HUGUES ubicado en Quito cuenta con un área de 3757m<sup>2</sup>, conformado por un taller de ensamble y reparación descritas en inglés como Assembly, Maintenance and Overhaul (AMO) con un área de 1185m<sup>2</sup> donde se realiza las actividades de ensamble, desensamble, reparación, ensayo de equipos, además de control de calidad de los productos; dentro del departamento de ingeniería que brinda soporte técnico a diferentes áreas y localizaciones para tener una empresa segura y de alta calidad que depende de terceros para el correcto desarrollo de la parte energética.

En este contexto, el problema de la medición energética es la carencia de la automatización de la misma, porque se mantiene un control y medición a través de otras empresas, pudiendo optimizar recursos, reducir los riesgos de HSE y tener un mejor control del mismo.

Para adquirir las mediciones del consumo energético del taller de AMO, se debe esperar a que los técnicos de la otra empresa realicen el trabajo y así determinar si la medición está en óptimas condiciones o no, siendo un recurso demoroso.

Es por dicha razón que existe la necesidad de medir y transmitir energía de forma automatizada mediante sistemas SCADA para reducir el tiempo de control, la exposición humana y crear estándares de calidad de los equipos.

### **Objetivo general**

Implementar un sistema automatizado de medición energética y transmisión de datos en la planta de Baker Hughes – Ecuador mediante SCADA.

### **Objetivos específicos**

- Identificar los equipos y tecnología adecuados para la implementación del sistema SCADA y de la medición automática de parámetros eléctricos en la planta de producción de Baker Hughes en Ecuador.
- Diseñar un sistema automatizado de medición energética utilizando el analizador de redes M4M 30 de ABB.
- Determinar el software para la adquisición de datos y el despliegue de información en tiempo real de consumo energético en la planta de producción de Baker Hughes en Ecuador.
- Integrar el sistema automatizado de medición energética y transmisión de datos en los sistemas SCADA de Baker Hughes.
- Evaluar la efectividad y eficiencia del sistema SCADA implementado en la planta de producción de Baker Hughes en Ecuador mediante la comparación del consumo energético antes y después de su implementación.

### **Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:**

Este proyecto propone hacer una automatización de medición energética y transmitir los datos obtenidos, por ello es necesario evaluar los sistemas energéticos de la empresa e identificar los parámetros necesarios para hacerlo.

Además de mejorar el suministro de energía a través del estudio de calidad, reducir el costo de mantenimiento, mejorar la seguridad del trabajador, disminuir los costos de energía y por ende los de la empresa; así como también preservar el medioambiente y conservar los recursos naturales para nuestras futuras generaciones.

Por lo cual la empresa BAKER HUGUES será la beneficiaria de este sistema, pudiendo así mejorar en todos los procesos el control de calidad, sin contar que se podrá tener una alta capacidad operativa de la planta, para así brindar un soporte 24/7 en los talleres de servicio que cubren la actividad de sus clientes y brindan soluciones adecuadas y de forma rápida.

## CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. Contextualización general del estado del arte

Leobardo Santiago Paz, en la revista “La Electrónica en la Tecnología, la Educación y la Sociedad” escrita en 2021, propuso automatizar el consumo eficiente de la energía a nivel doméstico; introducir nuevas tecnologías utilizando hardware y software libres; e instalarlos en casa. Con esta automatización se pueden minimizar los consumos de electricidad, agua y combustible, de modo que se pueden utilizar sistemas automatizados para un control inteligente, garantizando sobre todo la seguridad y el bienestar (Paz, 2021).

En un artículo de 2018 escrito por Aucay y Guamán de la Facultad de Ingeniería y Tecnología Electrónica de la Universidad del Azuay, utilizaron tecnología PLC para crear una red doméstica a través de la cual se midió corriente, voltaje y potencia activa mediante un conjunto de circuitos de CA, el consumo de energía en la red estará ubicada fuera de la casa y la información del interior de la casa se transmitirá a través de la red al medidor de la compañía eléctrica. Todo ello se realizará mediante equipos PLC (Aucay & Guamán, 2018).

El proyecto de grado de Alessandro en 2014 fue sobre: Sistemas de gestión de energía doméstica (HEMS) para gestionar y monitorear el consumo de electricidad de dispositivos electrónicos domésticos. Para que los propietarios y usuarios comprendan el consumo de electricidad en sus hogares y así aumentar la conciencia sobre el consumo de energía, el diseño propone facilitar el desarrollo conjunto de redes de comunicación, PLC y tecnologías inalámbricas (Alessandro, 2014).

En 2013, Rafiei y Eftekhari propusieron un enfoque práctico para el uso de contadores inteligentes "Análisis automático (AMI) e Imágenes avanzadas (AMR)", diseñado con la combinación de dos técnicas de comunicación: Wi-Fi y PLC. Además, la tecnología Wi-Fi se encarga de enviar mensajes entre nodos a ambos lados de la estación, la tecnología PLC se puede utilizar en líneas de alta y baja tensión para transmitir datos desde dispositivos a terminales de mensajes. El nodo central está ubicado en la estación de distribución (Rafiei & Eftekhari, 2013).

La rama de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional en el año 2013 los ingeniero Marco Morales y Juan Rodríguez desarrollaron de un sistema de medición autónomo que tenía como característica principal facturar los valores que han sido consumidos mensualmente, este sistema cuenta un contador eléctrico monofásico que a través de un display muestra la energía consumida, permitiendo que posterior la información sea enviada a una página web a través del módulo GPRS y así manipular los datos y calcular los costos generados por la medición (Morales & Rodriguez, 2013).

En 2012, la empresa noruega Livgard realizó un estudio sobre un sistema de lectura automática de contadores denominado AMR, basado en la implementación de nuevas tecnologías destinadas a analizar la energía y las opiniones de los consumidores. Esta investigación puede examinar los efectos positivos de la tecnología AMR. Dado que estos servicios incluyen monitoreo continuo del consumo de energía, facturación sencilla, gestión y control de clientes sencillos, es un servicio confiable y rentable tanto para consumidores como para empresas (Livgard, 2012).

En la rama de Ingeniería Electrónica de la Universidad Salesiana ubicada en la ciudad de Cuenca en el año 2012, se realiza un análisis de la factibilidad de implementar un sistema AMI mediante contadores inteligentes; este estudio fue creado para la Empresa Eléctrica de Azogues; se planteó con la realización de lecturas, cortes y reconexiones de forma remota; además, de identificar pérdidas eléctricas que representan elevados costos en las compañías de distribución energética. En la presente investigación se implementa protocolos de comunicación que soportan redes inteligentes y que analizan los estándares como lo son: IEC 60870-6, IEC 61968, IEC 62351, IEC 61850 e IEC 61850-7-410 donde se descubrió que la norma que se encarga de realizar la medición y control de medidores es la IEC 61968 (Arisalde, 2012).

## **1.2. Proceso investigativo metodológico**

Este proyecto describe cómo realizar experimentos de investigación cuyo objetivo es utilizar la electricidad para resolver problemas. En 2012, "Mendoza" realizó un estudio experimental, que se considera el primer método científico para resolver el problema y ayuda a encontrar métodos apropiados para futuras investigaciones.

Este estudio tiene las características de un proyecto de investigación aplicada y explicativa, a través del cual se pretende dar solución al problema planteado; La aplicación de conocimientos técnicos y teóricos determina qué se debe hacer, qué usar, qué software usar y la implementación del sistema final.

Realizar investigaciones de campo en las instalaciones de BUKER HUGHES para obtener datos útiles y obtener información confiable y segura para lograr un desarrollo óptimo y sustentable del sistema con una visión ética y profesional.

Mediante estudios de lectura bibliográfica se puede obtener información de bases de conocimiento, artículos científicos y publicaciones en Internet para adaptar diferentes enfoques al tema de investigación y así ampliar el conocimiento para el proyecto en cuestión.

Los datos están destinados a mejorar la asignación, gestión y toma de decisiones de recursos.

El programa se implementará utilizando estrategias y procesos que permitan encontrar soluciones y sobre todo la sostenibilidad de la investigación; monitorear, analizar y revisar el desempeño de la empresa como parte de un plan de gestión o energético, y se puede comparar el estado actual con el estado futuro una vez finalizado el proyecto.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA

### 2.1 Fundamentos teóricos aplicados

#### 2.1.1 Automatización

Se puede decir que todas las industrias comprenden una serie de máquinas. Algunas son sencillas, y otras más complejas. Posterior de un proceso y cambio secuencial, estas logran transformar las materias primas en productos finales. Como forma de mejorar estos productos. Al inicio las actividades eran totalmente manuales, sin embargo, con el paso del tiempo los ojos, manos y cerebro de los trabajadores se han ido sustituyendo por alternativas eléctricas y electrónicas conocidos como “sensores, actuadores y controladores lógicos programables”. Las operaciones automatizadas se basan en tres elementos: Los sensores que por medio de estos se obtienen las señales y medidas necesarias del proceso controlado; A continuación, los controladores lógico programable. Por último, se lleva a cabo una acción dada por los actuadores (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

La palabra autómatas se lleva a cabo desde la antigüedad a aquellos tipos de artificios en las que una fuente de energía impulsa un dispositivo combinado con el ingenio que permite el movimiento de seres animados en forma de imitación (Moreno, 2018).

En los autómatas conocidos del siglo XVIII se genera un bucle o tiene lugar un proceso de replicación cíclica, entre ellos se puede mencionar al autor de Android de 1760, Frederic de Knauss. La Panharmónica fue fundada en 1808 por Leonard Maelzel de Ratisbona. Los autómatas fueron expuestos en Suiza y Francia por los conocidos hermanos Droz. En el curso de un tiempo el autómatas que provocó mucha intriga, fue de Kempelen el "jugador de ajedrez"; que comprendía en una caja con un tablero sobre el que un autómatas movía piezas y se movía contra un humano, ganando sistemáticamente (Moreno, 2018).

Debido a los avances de la electricidad y la electrónica surgió una nueva generación de autómatas, y esta nueva generación pudo no simplemente reproducir determinados comportamientos sino realmente imitar las funciones intelectuales. La industria aplica autómatas llamados robots que se pueden manipular para realizar labores de montaje y desmontaje (Moreno, 2018).

Según James Watt en el año de 1775. En tanto que la máquina de doble efecto fue inventada y construida en el año de 1784, esta máquina estaba equipada con dos automatizaciones que mantenían una velocidad constante en el eje de salida a pesar de las fluctuaciones en la carga (Moreno, 2018).

#### **2.1.1.1 Automatismo Secuencial**

La automatización secuencial denominado un sistema en el que su funcionamiento utiliza una secuencia de pasos claramente diferenciados según un aglomerado de reglas predeterminadas. En un simple caso, el final de cada fase es detectado por un sensor que indica el inicio de la próxima fase a ejecutarse. Las circunstancias de la transición entre etapas toman la forma de condiciones lógicas que pueden ser más o menos complejas y estas pueden llegar a convertir o transformar el estado del sistema controlado (Moreno, 2018).

La automatización secuencial funciona basándose en la lógica de cable o lógica cableada, especialmente por los llamados armarios de relés, siendo la implementación más habitual de un buen número de instalaciones industriales en el período histórico, grabado en función del programa. A través de ordenadores, controladores programables o sistemas en microprocesadores (Moreno, 2018).

El término automatización hace referencia a la eliminación sea total o parcial de la implicación humana en la realización de tareas diversas como agrícolas, domésticas, industriales, científicas o administrativas. La automatización se utiliza en las áreas más sencillas, como el control de temperatura en un horno o cocina, o el control de la secuencia de la máquina, y en las zonas más complejas; el control informático de una unidad química o el control automatizado de un negocio bancario (Moreno, 2018).

Los componentes principales dentro de la automatización son los preaccionadores, transductores y sensores de información como relés, contadores, entre otros; los actuadores conocidos como motores, medios de desplazamiento lineal, etc., y los medios de tratamiento de la información, especialmente ordenadores y microprocesadores (Moreno, 2018).

### **2.1.1.2 Ventajas de la Automatización**

Cada día hay mayor cantidad de empresas que optan por perfeccionar los procesos mediante el uso de máquinas automatizadas para minimizar las tareas repetitivas. Por tanto, la automatización se ha convertido en una ventaja para el negocio que decide invertir en ella. Se tiene algunos beneficios como: (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

- Las posibilidades para accidentes son reducidas. Las acciones que el operario realiza manualmente o que impliquen un alto riesgo pueden ser sustituidas por máquinas para la seguridad del operador (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).
- Las tareas manuales implican largas horas. Un sistema automatizado permite reducir el tiempo de producción repitiendo una labor con precisión y eficiencia (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).
- Reducir el tiempo de finalización de tareas. El trabajo de forma manual o por el profesional requiere mucho tiempo. Los sistemas automatizados le permiten acortar el tiempo de producción repitiendo las tareas con precisión y rapidez (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).
- La reducción de la fuerza laboral optimiza las operaciones de la empresa, ya que reduce los costos operativos, aumenta la rotación en la línea de producción continua y, por lo tanto, aumenta la productividad (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

### **2.1.1.3 Desventajas de la Automatización**

La automatización es un verdadero progreso para las empresas o industrias que pretenden invertir en automatización. Pero, también tiene algunas desventajas (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

- Dado que el sistema requiere mantenimiento y actualización, la mano de obra debe estar capacitada, lo que significa altos costos (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).
- La agencia tecnológica todavía será un dato a considerar, correcto a que la agencia se vinculará con el comerciante en cuestiones de expansión y mantenimiento (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).
- La inversión previa es grande, además, asimismo hay que conservar en cuentecilla la saldo y el arrojo de saldo de la máquina (Mireya Zapata, 20 de

junio del 2021).

- Reemplazar personas por máquinas puede provocar pérdidas de empleo (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

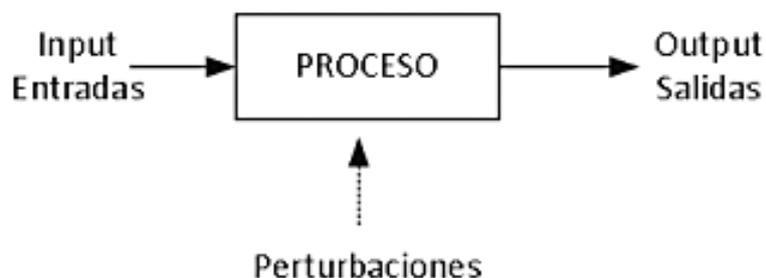
#### 2.1.1.4 Opciones de Automatización

Se resalta que la mecanización o automatización utiliza la tecnología para monitorear y controlar equipos y máquinas. Este monitoreo y guardia se puede cablear para proyectar eléctricamente. Ahora bien, para delimitar y presentar los componentes de cableado y dialéctica del programa, es urgente generalizar algunos términos como son: (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

- Contacto: Elemento que permite abrir o cerrar un circuito eléctrico (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).
- Instrucción: Acción realizada en un sistema de control para cambiar un estado (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).
- Transmisor: Capta variables de proceso mediante sensores y envía señales estandarizadas a largas distancias (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).
- Control: método de controlar el estado de equipos, máquinas o procesos (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).
- Actuador: Componente que actúa directamente sobre un proceso (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).
- Sensores: componentes que permiten medir diversas señales como presión, temperatura, nivel, presencia (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

Figura 1

*Control de procesos*



La Figura 1 se puede ver la notificación de una forma cíclica que se introduce en un sistema, evolución u meta con el cese de modificarlo y controlarlo. Existen diferentes opciones de vigilancia, las más populares formas de vigilancia son de onda natural y la vigilancia de onda cerrado (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

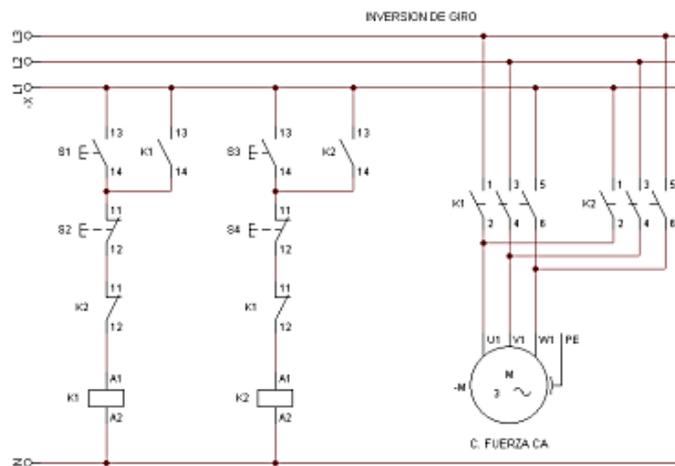
Las opciones de automatización de acuerdo con una clasificación tecnológica son:

### Lógica cableada

Conocida como lógica de escalera; esta utiliza circuitos, interruptores eléctricos, relés y otros componentes conectados para operar en una secuencia de control lógica. Se proporcionan un circuito de control y circuito de alimentación. Como ejemplo se tiene en la Figura 2, que muestra el cambio de giro del motor (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

Figura 2

*Circuito de control para la inversión de giro de una red cableada*



Cambiar un circuito requiere cambiar todos los cables y componentes de ese circuito. Este tipo de circuito se utiliza para instalaciones sencillas. (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021)

### Lógica programada

En la lógica programada se reemplaza componentes de control como relés, contactos auxiliares, temporizadores, contadores, etc. Un PLC también se llama controlador o relé programable (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

Para que el sistema funcione según la lógica del programa, la computadora debe estar construida por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y el lenguaje de programación utilizado por la IEC, usado por el Fabricante de PLC. En esta situación, los cambios en el programa no cambian las llamadas de entrada y salida del PLC. Un ejemplo de esta lógica se puede ver en la Figura 3. Este es un programa en escalera para iniciar o detener el movimiento de un motor (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

Figura 3

*Programación para arrancar o parar un motor con lógica programada*

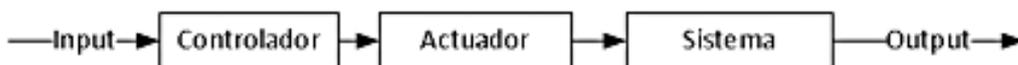


### Control en lazo abierto

Como se observa en la Figura 4, la señal el input que ingresa al proceso sufre una transformación para tener como resultado la salida (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

Figura 4

*Control de procesos de lazo abierto*

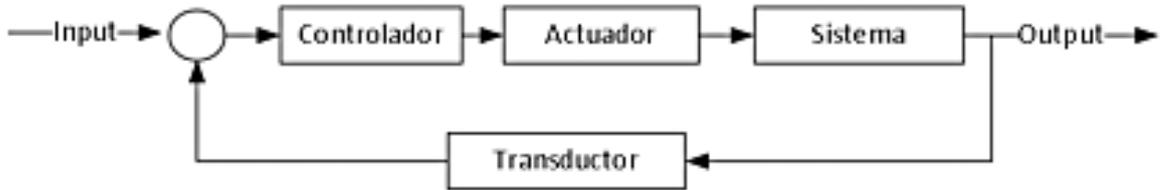


### Control en lazo cerrado

Representado en la Figura 5, es el control de retroalimentación. El controlador recibe una señal de error causada por la diferencia entre la variable medida y el valor de referencia (punto de ajuste) y toma acciones compensatorias basadas en la magnitud del error. Su propósito es hacer que la salida del sistema alcance el valor requerido (Mireya Zapata, 20 de junio del 2021).

Figura 5

*Control de procesos de lazo cerrado*



### **2.1.2 Proceso Industrial**

Es un conjunto de métodos o actividades realizadas para producir un producto o actividad relacionada con la productividad; requiere el uso de equipos, instalaciones y tecnologías acordes a los objetivos del proceso (Moreno, 2018).

Es el desarrollo sistemático de una secuencia de actividades ordenadas e interrelacionadas destinadas a lograr resultados precisos (Academia.edu, s.f.).

Los procesos industriales son los encargados de definir y realizar un grupo de actividades encaminadas a la adquisición, transformación o transmisión de uno o más productos primarios. El objetivo de los procesos industriales es convertir materias primas en productos finales. Un sistema o proceso puede describirse como una secuencia de modificación en sustancias (Academia.edu, s.f.).

#### **2.1.2.1 ¿Qué caracteriza a un proceso industrial?**

La característica principal es que el propósito de la industrialización es utilizar y procesar materias primas de diversos recursos naturales y utilizarlas para producir productos en masa. Otro aspecto es redactar, realizar y diseñar los trabajos necesarios para la gestión y utilización de estas materias primas. Es decir, organiza y realiza los procesos necesarios para que las materias primas salgan como producto final (Robotics, 2020).

En términos socioeconómicos, los procesos industriales se caracterizan por una estrecha conexión con la economía de toda la población. Sin procesos industriales, casi el 90% de los bienes que creemos que necesitamos para nuestra vida diaria no existirían. Si está hecho a mano, vale mucho para nuestro bolsillo. Y no olvidemos que la clase media tal como la conocemos hoy es resultado directo de la industrialización. La

industrialización abarata los bienes de consumo y hace que la economía sea más eficiente (Robotics, 2020).

Al fin y al cabo, el objetivo de los procesos industriales es hacer la vida más fácil al consumidor final, agilizar los procesos de producción y generar una sociedad más próspera (Robotics, 2020).

Etapas del proceso industrial:

1. Procesamiento de materias primas (Robotics, 2020)
2. Restauración de la materia prima (Robotics, 2020).
3. Procesado de la materia prima (Robotics, 2020).
4. Dividir la materia prima (Robotics, 2020).
5. Crear un producto terminado a partir de materias primas (Robotics, 2020).

### **2.1.2.3 ¿Qué tipos de procesos industriales existen?**

**Proceso industrial para el trabajo:** Se concentra en trabajos específicos con necesidades prioritarias. La producción de aviones o barcos no es un producto de consumo ordinario, sino un ejemplo de procesos industriales en funcionamiento. Este proceso necesita un importante trabajo y recursos (Robotics, 2020).

**Procesos Industriales Continuos:** Estos procesos producen productos ininterrumpidos a través de un período de tiempo. Es de esta forma que se consigue una producción más eficaz, efectiva y rápida. Suelen trabajar las veinte y cuatro horas del día, los siete días de la semana. Esta situación produce a menudo productos de manera estándar para el consumo diario, como papel, pulpa o azúcar, entre otros (Robotics, 2020).

**Lotes industriales:** Esta forma de producción funciona produciendo productos en unidades o cantidades específicas en momentos específicos. Lo mejor de este tipo de procesos industriales es que todo el proceso se realiza por partes. Esto significa que una fase no finaliza hasta que se completen todos los resultados de la fase anterior. A menudo se utiliza en industrias donde los estándares de calidad son muy altos o donde los productos varían de un año a otro. La tipografía es un ejemplo (Robotics, 2020).

**Proceso industrial a gran escala:** aunque es muy similar a un proceso de flujo permanente, una ligera diferencia es que los procesos industriales a gran escala se organizan alrededor de bucles de producción y descanso. El resto tiene que mejorar la producción, reducir costos, bajar los precios de los productos y mejorar la competencia. El bolígrafo que utilizamos para tomar notas es un ejemplo de este proceso (Robotics, 2020).

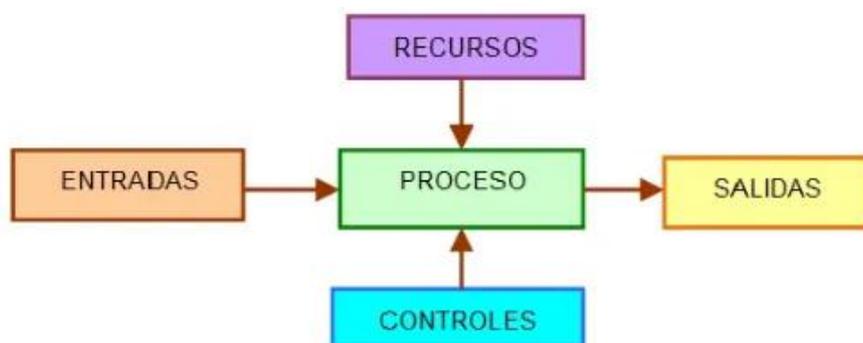
Algunos procesos no son aptos para todas las empresas o industrias porque no todos los procesos son propicias en función de los productos que fabrican. Por tanto, la empresa necesita estudiar en detalle qué tipo de bienes produce y determinar qué procedimiento de forma industrial es el más adecuado para ese producto (Robotics, 2020).

#### 2.1.2.4 Proceso

Tareas diseñadas lógicamente que convierten insumos en productos usando recursos como capital, mano de obra, máquinas herramienta, energía, etc. y además controlándolos a través de control de procesos, control de calidad, entre otros y representado en la Figura 6 (Robotics, 2020).

Figura 6

*Proceso Industrial*



Un proceso industrial se conoce como una serie de forma ordenada de operaciones diseñadas para transformar materias primas para producir un producto (Robotics, 2020).

Los procesos industriales deben promover el progreso sostenible, comprendido como una forma de desarrollo cuyo fin es asegurar la tranquilidad de los requerimientos básicos de las personas y mejorar su calidad de vida y los recursos naturales, promoviendo su protección, restauración, fortalecimiento y mejora de la calidad de vidas. El uso adecuado permite que esta y las generaciones que están por llegar los utilicen y disfruten de una manera ética y justa que sustente la vida en todas sus facetas (Loayza Pérez & Silva Meza, 2013).

Los criterios de diseño de un proceso industrial sostenible deben incluir aspectos específicos del diseño del proceso para minimizar la problemática ambiental y aumentar la viabilidad del último diseño (Loayza Pérez & Silva Meza, 2013).

### **2.1.3 Raspberry**

Raspberry es un microordenador de dimensión como una tarjeta de crédito diseñado para contribuir el procesamiento de datos en lugares con recursos financieros y energéticos limitados (Palencia, s.f.).

Esta propuesta desinteresada está dirigida por la Fundación Raspberry Pi, que se estableció en el año 2009 en Caldecote, Reino Unido. Raspberry es un resultado patentado registrado, pero es de open source, que puede usarse para cualquier propósito, incluido el uso de forma comercial, pero el desarrollo y la producción del producto son principalmente de la fundación (Palencia, s.f.).

Aunque es un diseño comercial, sus planes están accesibles de manera gratuita, pero incluso puedes copiar el sistema sin usar su propio nombre (Palencia, s.f.).

La Raspberry Pi es un artefacto sorprendente: un ordenador completo, compacto y económico. Ya sea que desee que el dispositivo navegue por la web o juegue, o desee iniciar a programar sus propios sistemas o construir circuitos y dispositivos físicos, Raspberry Pi con su magnífica comunidad pueden ayudar (Halfacree, 2011).

Raspberry Pi es un ordenador de placa única, como su nombre indica: parece un ordenador de sobremesa, un portátil o un teléfono inteligente, pero construido exclusivamente sobre una placa de circuito. Como la mayoría de las computadoras de placa única, la Raspberry Pi es pequeña, pero eso no es impedimento para que sea poderosa: la Raspberry Pi puede realizar cualquier actividad que pueda ejecutar una

computadora mucho más grande y más rápida, y que probablemente no vaya tan rápido (Halfacree, 2011).

La familia Raspberry Pi se originó para promover la capacitación global de computadoras prácticas. Sus fundadores se han unido a los esfuerzos para crear un fondo de Raspberry Pi sin fines de lucro el cual se ha hecho demasiado popular: varias unidades de Raspberry han sido producidas en el año 2012 siendo vendidas de inmediato. Desde entonces, millones de personas han comprado para venderlas como unidades globales. Estas placas han encontrado aplicaciones en diferentes lugares como hogares, aulas, oficinas, centros de datos, fábricas e incluso naves espaciales y globos espaciales autónomos (Halfacree, 2011).

Desde el Modelo B original, se han impulsado varios modelos de Raspberry Pi, cada uno con especificaciones mejoradas o características especiales para un uso específico. Por ejemplo, la serie Raspberry Pi Zero es una versión en miniatura de la Raspberry Pi de forma completa que suprime algunas características (en particular, más puertos USB y puertos de red cableados) para disminuir el factor de forma y los requisitos de energía (Halfacree, 2011).

Aunque los modelos de Raspberry Pi “todos” tienen algo en común y es que: son compatibles, lo que significa que el software de forma escrita para un modelo se ejecutará en cualquier otro modelo. Además, es posible tomar la última versión del sistema operativo de Raspberry Pi y ejecutarla en el proyecto del Modelo B el cual es original previo al lanzamiento. Aunque la operación será más lenta, lo cierto es que si se puede realizar (Halfacree, 2011).

En este proyecto se aprenderá sobre Raspberry Pi 4 Modelo B y Raspberry Pi 400, que son las versiones más recientes y potentes de Raspberry Pi. Lo que se aprenda se aplica fácilmente a otros modelos de la gama Raspberry Pi (Halfacree, 2011).

Raspberry Pi proporciona hardware de costo bajo con potentes capacidades informáticas. Más pequeño que una tarjeta de crédito, tiene un potente procesador ARM que funciona a más de 1 GHz, utiliza la última arquitectura RISC de 32 bits, gran RAM y muchos de los últimos dispositivos de E/S (controladores de vídeo HDMI, puerto

de conexión USB), controlador de tarjeta SD, Ethernet) e interfaz de pin de E/S configurable (Blanco, 2017).

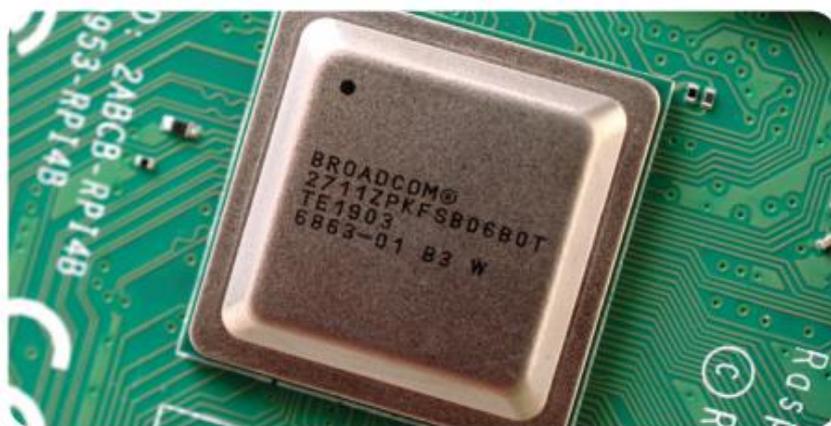
La Raspberry Pi es una computadora de muy bajo costo desarrollada por la Fundación Británica Raspberry Pi para incentivar el aprendizaje de la informática. Es por estos motivos, que es la plataforma perfecta sobre la cual se basa este proyecto (Blanco, 2017).

A pesar de ser un producto de propiedad registrada, es de uso gratuito y por tanto se tiene el control sobre la plataforma, pero sobre todo es gratuito para uso privado y educativo. Sin embargo, su software es de open source. Por tanto, su sistema operativo principal es una versión personalizada de Debian (Raspbian). También, permite el uso de otros sistemas operativos, incluidas versiones de Windows 10 (Blanco, 2017).

Parecido a cualquier computadora, Raspberry Pi también está constituido de diferentes componentes, de los cuales cada uno desempeña un papel en su funcionamiento. El primero, y quizás el más importante, está situado justo sobre del parte central de la placa, cubierto por una cubierta metálica: es el sistema en un chip (o SoC) como se muestra en la Figura 7 (Blanco, 2017).

Figura 7

*Sistema de chip SoC de Raspberry*



La nomenclatura del chip se refiere a lo que encontrarás cuando retires la cubierta metálica: un circuito de material de silicio llamado circuito integrado en la mayor parte de Raspberry Pi. Incluido en la unidad central de procesamiento (CPU), que a menudo

se considera "cerebro" de la computadora, y la unidad de procesamiento de gráficos (GPU), que maneja el lado visual de las cosas (Blanco, 2017).

Pero el cerebro no es nada sin la memoria, por lo que junto al SoC se encontrará otro chip que se asemeja a un diminuto plástico de color negro. Es la memoria de acceso aleatorio (RAM) de la Raspberry Pi. Si usas la memoria de la Raspberry Pi, la RAM contiene las acciones que has realizado, que no se guardan en la tarjeta microSD hasta que hayas guardado tu trabajo, ya que la tarjeta microSD no volátil conserva su contenido, como se observa en la Figura 8 (Blanco, 2017).

Figura 8

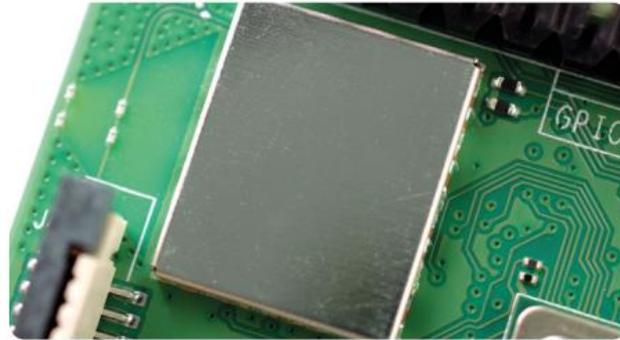
*Memoria de acceso aleatorio (RAM) de Raspberry Pi*



El sistema de nombres del chip se refiere a lo que ves cuando quitas la cubierta metálica: un circuito de material de silicio llamado circuito integrado, que es lo que contienen la mayoría de los sistemas Raspberry Pi. Esto incluye el (CPU), llamada "cerebro" de la computadora, y la unidad de procesamiento de gráficos (GPU), que controla los aspectos visuales de las cosas. En la parte superior de la derecha del tablero hay otra cubierta metálica que cubre las partes inalámbricas que permiten que Raspberry Pi se comuniquen de forma inalámbrica con su dispositivo. Hay dos tipos principales de radio: La radio WiFi que se utiliza para conectarse a una red de computadoras; Se utiliza una radio Bluetooth para conectar dispositivos externos, como ratones, y transmitir desde dispositivos inteligentes cercanos, como auriculares y teléfonos inteligentes para recibir información como se muestra en la Figura 9 (Blanco, 2017).

Figura 9

*Módulo de radio de Raspberry Pi*



Cerca de la parte inferior de la placa, detrás de un conjunto de puertos USB, hay otro chip cubierto de plástico negro. Este es un controlador USB para controlar los puertos USB 4. Detrás está el controlador de red, un chip más pequeño responsable del puerto Ethernet de la Raspberry Pi. El último cubo negro es más pequeño que los demás y está encima del puerto de conexión tipo USB - C en la parte superior izquierda de la tarjeta. Se llama circuito integrado de energía (PMIC) y es responsable de convertir la energía del puerto micro USB en la energía necesaria para ejecutar la Raspberry Pi representado en la Figura 10 (Blanco, 2017).

Figura 10

*Circuito Integrado de gestión de energía (PMIC) de Raspberry Pi*



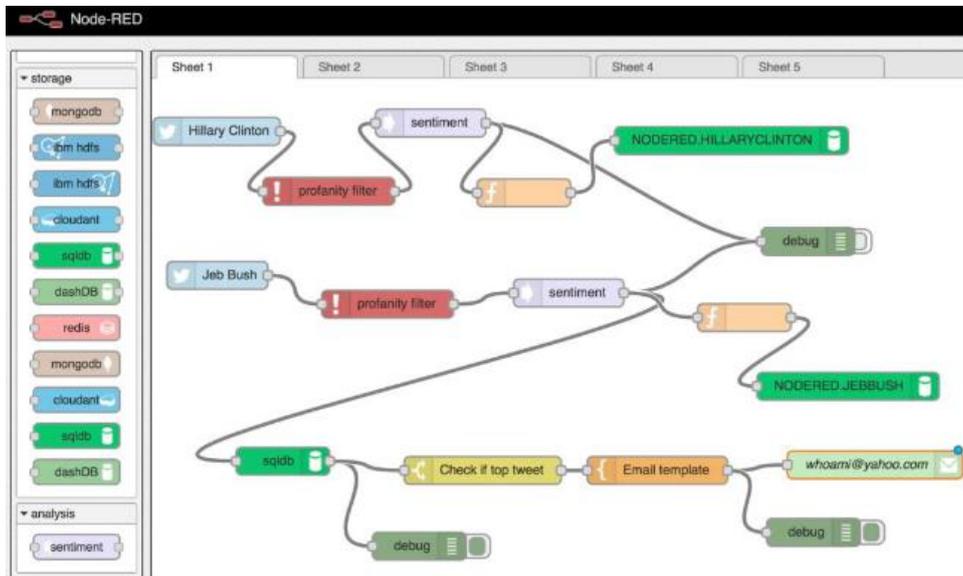
#### **2.1.4 NODE RED**

El software Red-Node es una herramienta de programación de IoT que proporciona un editor de tareas basado en navegador. Los nodos están agrupados por categoría.

Cada módulo tiene nodos relacionados con sus tareas y nodos generales como se muestra en la Figura 11, que muestra la estructura del programa (YILIANG, 2021).

Figura 11

*Ejemplo de estructura de programación de la herramienta NODE-RED*



Como dispositivo de transmisión de vídeo, los desarrolladores conectan varios nodos para formar un "procesador". El nodo de input se llama destino, el nodo de output se llama ejecución y el nodo de salida se llama depurador. Es simplemente "trabajo" (YILIANG, 2021).

Según las necesidades, los desarrolladores deben seleccionar nodos y varias funciones y arrastrarlos al panel de conexión para conectar los nodos. La operación es simple, las notas son simples y se puede decir que el proceso de desarrollo (YILIANG, 2021).

Node-Red es un proyecto de código abierto desarrollado por IBM a finales de 2013 para satisfacer las necesidades de software y equipamientos de red de alta velocidad, como los servicios web. IoT, se ha convertido en una herramienta de programación para el Internet de las cosas (Pérez, 2021).

Node-red hoy por hoy es una herramienta significativa para los desarrolladores debido a su rápido crecimiento (Pérez, 2021).

Node-RED es una herramienta visual que muestra conexiones y funciones, permitiendo a los usuarios programar sin escribir código. Puede agregar, eliminar y vincular nodos en su navegador para que puedan comunicarse entre sí (Pérez, 2021).

La idea nació de Nick O'Leary y Dave Conway-Jones del IBM Emerging Technology Services Group. Todo comenzó como una prueba de concepto para reflejar y manipular eventos MQTT y evolucionó hasta convertirse en un proyecto que se amplió hacia varias aristas. Se convertirá oficialmente en una herramienta de código abierto en septiembre del año 2013 (YILIANG, 2021).

Es una de las herramientas más utilizadas en el espacio de IoT, por lo que:

- Es de código abierto y seguirá siendo IBM (YILIANG, 2021).
- Funciona con navegadores y puede integrarse en cualquier sistema operativo (YILIANG, 2021).
- No hay necesidad de quedarse estancado en los lenguajes de programación porque es tan intuitivo que puedes crear prototipos rápidamente (YILIANG, 2021).
- Se pueden ejecutar varios procesos al mismo tiempo, evitando tareas repetitivas (YILIANG, 2021).

#### **2.1.4.1 Fundamentos**

Node-RED está construido con las bibliotecas de JavaScript NodeJS y D3.js. NodeJS es un componente de software eficaz que permite ser programado con JavaScript, proporcionando las funciones necesarias para la estabilidad y, lo más importante, la escalabilidad. Un entorno basado en eventos para generar aplicaciones de forma escalares. Siendo estas sus principales características y diseñado para admitir múltiples conexiones de manera simultánea (Pérez, 2021).

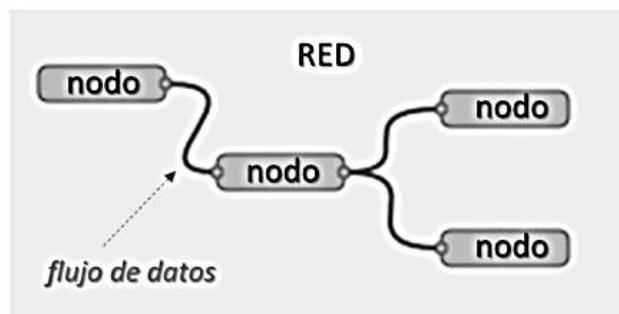
Node.js se basa en el motor JavaScript Google Chrome V8, que proporciona una ejecución rápida de código, mientras que D3.js proporciona una interfaz web gráfica (Pérez, 2021).

#### 2.1.4.2 Funcionamiento

Node-RED se soporta en la percepción FBP (Programación basada en avenida). Esto se basa en un flyer de programación basada en una circunstancia global de nodos. Son cajas negras que ocultan la ley Node.js y sirven para diferentes propósitos. Por ejemplo, un nódulo captura perfiles y los envía a otro nódulo para preferir algunos de ellos mediante un filtro como se visualiza en la Figura 12 (Pérez, 2021).

Figura 12

*Red y flujo de datos entre nodos*



Según los tipos de input y output, se clasifican en tres tipos de nodos:

- **Iniciadores:** Nodo que inicia la transmisión de datos con un solo puerto de salida. Hay dos tipos: (Pérez, 2021).
  - **Actividad:** Cada vez comenzó a dar seguimiento a proyectos específicos. Por ejemplo, Tuku muestra un update cada 5 segundos (Pérez, 2021).
  - **Pasivos:** están escuchando ciertos temas. Lo mismo ocurre con MQTT. El nodo espera que el programa se actualice desde el cliente, y cuando se actualiza recibe los datos actualizados (Pérez, 2021).
- **Intermedios:** Este nodo recibe el flujo de datos y realiza las tareas correspondientes en función de los aspectos relevantes y publicado producto. Se basa en los resultados de este artículo. Entonces hay una entrada y una salida. Entre estos nodos, vale la pena mencionar el "nodo de función", donde

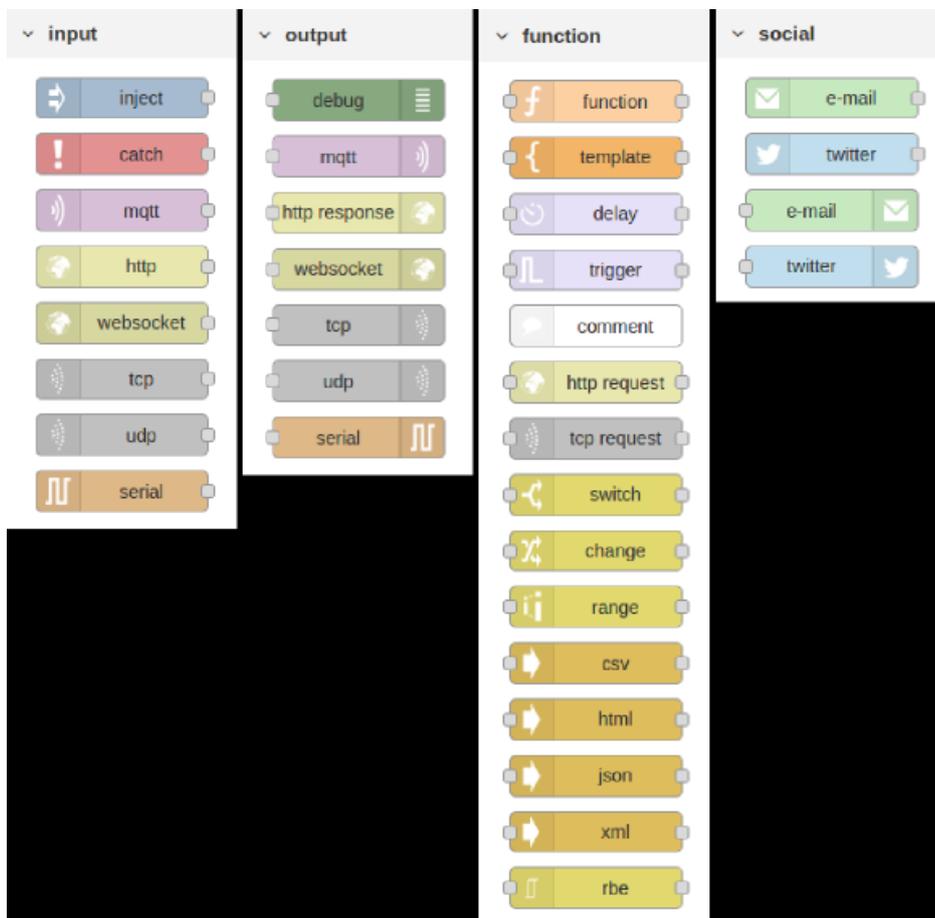
puede insertar directamente su propio código JavaScript para implementar una función (Pérez, 2021).

- **Terminal:** al finalizar el flujo de datos del ramal anterior, por lo que solo hay una salida. Se usa principalmente para gestionar diversos procesos de aplicaciones e iniciar proyectos como el envío de datos a clientes (Pérez, 2021).

En Node-RED incluye los nodos como se puede observar en la Figura 13:

Figura 13

*Nodos por defecto en NODE-RED*



Además de utilizar nodos preestablecidos, una de las principales ventajas de Node-RED es una aplicación que puede incluir nodos originados por la comunidad y aplicaciones externas. Actualmente hay 3486 modificaciones disponibles como se muestra en la Figura 14 (Pérez, 2021).

Figura 14

### Instalación de nodos externos



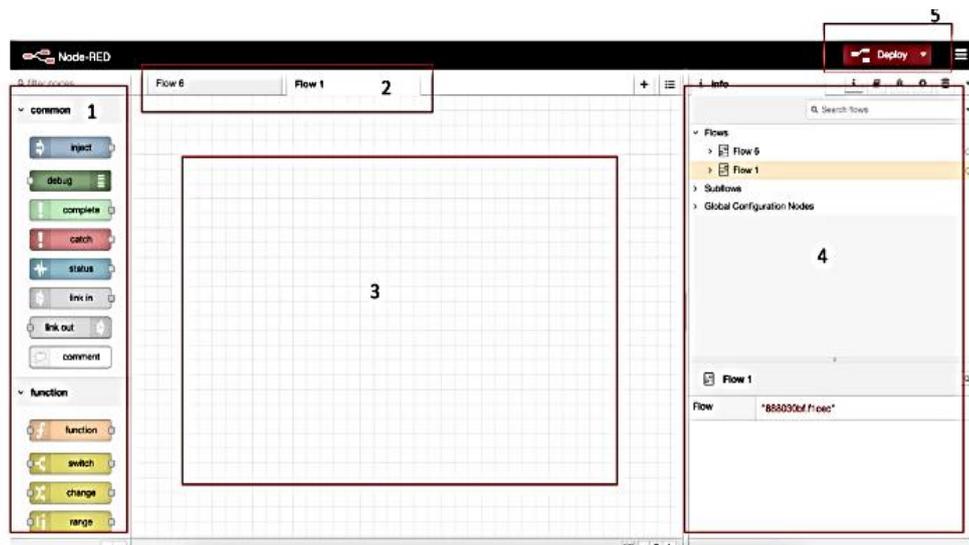
#### 2.1.4.3 Entorno de uso de NODE-RED

En la Figura 15, el panorama de usuario se puede simplificar en las siguientes forma:

1. En la parte izquierda de la aplicación, todos los nodos disponibles, incluidos los nodos incluidos en el nodo-RED y los nodos conectados externamente, están ordenados por tipo (Pérez, 2021).
2. Hay pestañas en la parte superior para acceder a diferentes procesos. Se pueden generar tantos flujos como el usuario desee y se puede trabajar juntos o de manera independiente (Pérez, 2021).
3. La parte central es el lugar de trabajo, arrastre el nodo que desea usar para el espacio de trabajo (Pérez, 2021).
4. A la derecha está la sección de Tools. Donde se puede ver una pequeña ayuda para cada nodo, mostrando las respuestas obtenidas a través de la consola y las variables almacenadas y sus valores (Pérez, 2021).
5. El botón "Implementar" funciona como compilador. Muestra un menú con opciones para recopilar todas las transmisiones, recopilar solo la transmisión que se muestra actualmente o reiniciar todas las transmisiones y variables (Pérez, 2021).

Figura 15

*Entorno de uso de NODE RED*



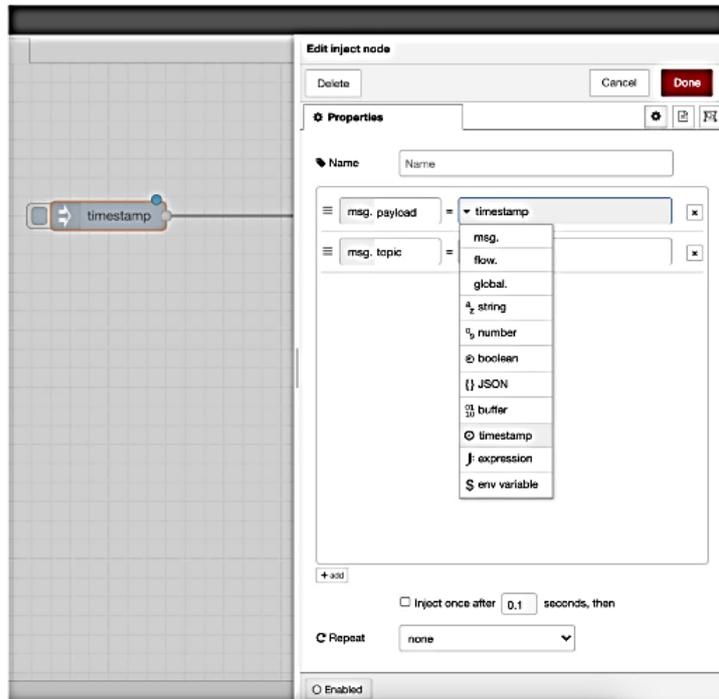
#### **2.1.4.4 Guía de NODE - RED**

Ya explicado el funcionamiento con anticipación, lógica y contexto de uso, se desarrollarán unas pautas iniciales de uso de la herramienta para alcanzar los objetivos de este TFG (Pérez, 2021).

El sistema más simple que puede diseñar con la app que es imprimir la fecha actual en la ventana de depuración. Con lo cual, primero seleccione y arrastre el nodo "inyectar" en el paquete de nodos "común". Este sección podrá ingresar algunos datos; por ejemplo, queremos mostrar la fecha actual, por lo que se eligió "marca de tiempo" como se puede observar en la Figura 16 (Pérez, 2021).

Figura 16

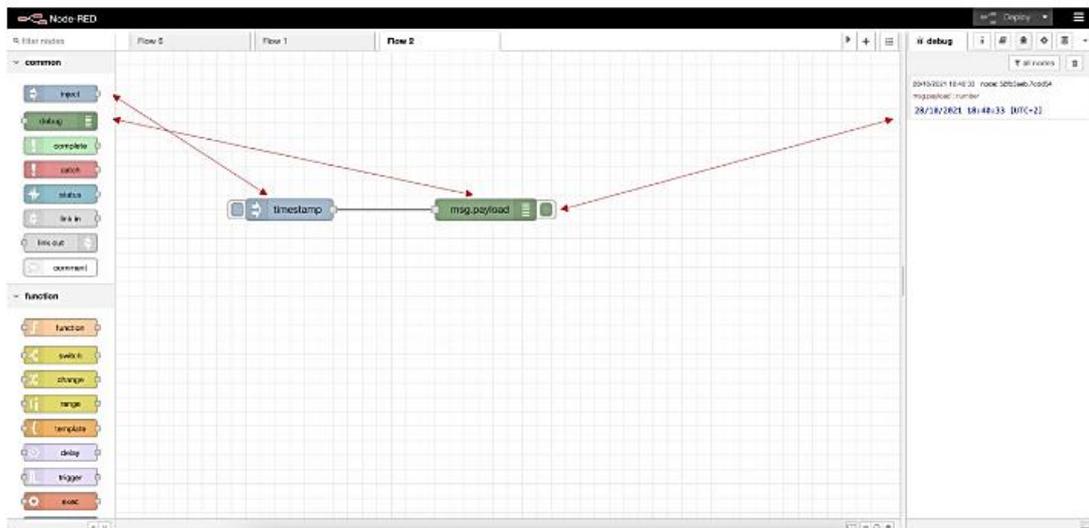
*Uso Timestamp en NODE-RED*



En la Figura 17 se puede ver la ventana de depuración donde la variable "msg.payload" que se genera por default y la salida del nodo, recibirá el nombre "debug" (Pérez, 2021).

Figura 17

*Uso de ventana de depuración en NODE-RED*

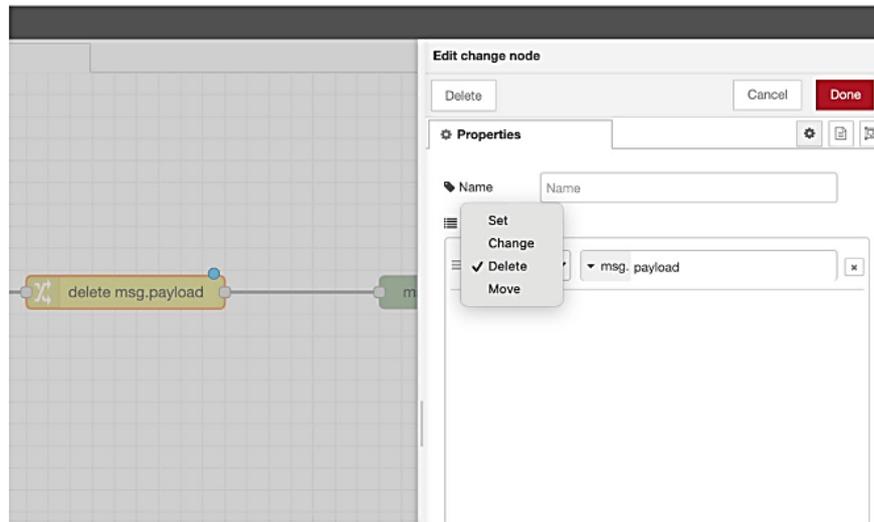


#### 2.1.4.5 Eliminar el valor de una variable

Si desea eliminar esta fecha de generación, puede utilizar el nodo "modificar" o "change" incluido en el paquete del nodo "función". El nodo cambia el nombre de la variable, y establecer su nuevo valor, ver Figura 18 (Pérez, 2021).

Figura 18

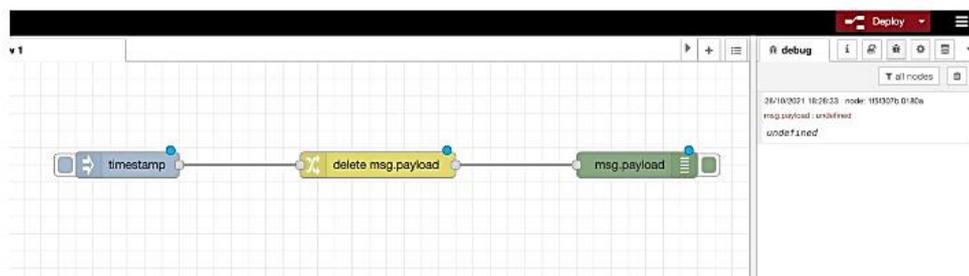
*Menú nodo "change" de NODE-RED*



Por lo cual, como se mira en la Figura 19 de eliminar el valor de una variable; cuando ingresa un valor de fecha, el nodo Cambiar valor se borra y el nodo Depurar no recibe información. El valor termina siendo "indefinido" (Pérez, 2021).

Figura 19

*Eliminar el valor de una variable de NODE-RED*

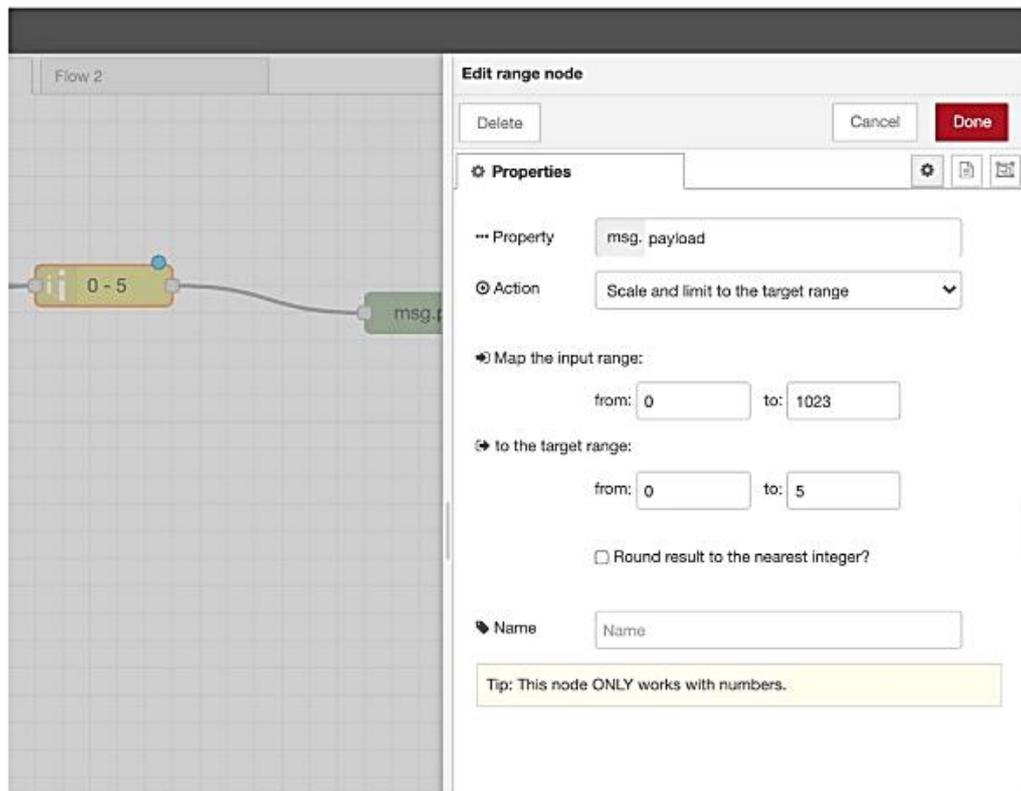


#### 2.1.4.6 Rangos

"rango", se incluye en el paquete de "características". Este nodo nos permite definir el escalado de números desde el rango 0-1023 hasta el rango 0-5 como se encuentra en la Figura 20 (Pérez, 2021).

Figura 20

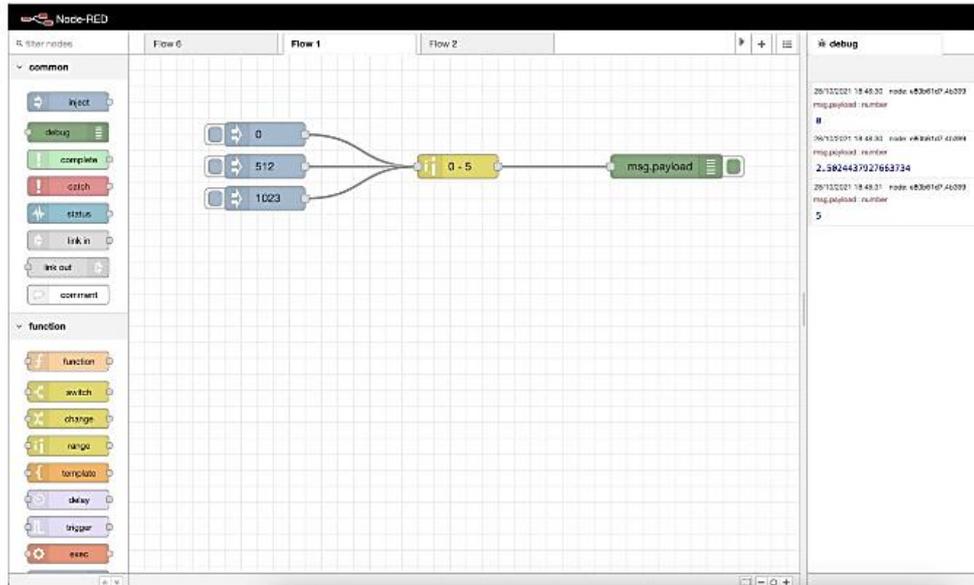
Menú nodo "range" de NODE-RED



Cuando el bloque se llena con los valores requeridos, se devolverá 0 si se ingresa 0. Pero si ingresa la mitad de esos valores, que es 512, se devolverá la mitad del valor. Se alinea hasta el valor que desea escalar, en este caso 2,5 como se observa en la Figura 21. Por otro lado, si ingresa el valor máximo de un rango, devolviendo el valor máximo de otro rango (Pérez, 2021).

Figura 21

Cambiar rango de números en NODE-RED



### 2.1.4.7 Arrays en NODE-RED

Como se puede observar en este caso, surge la situación: se ingresa una matriz de números con décimas y redondeados a números enteros (Pérez, 2021).

La matriz se introduce primero para ser recibida más tarde por el nodo "compartido" en el paquete de nodos "secuencia". Todo lo que hace un nodo es dividir el mensaje en varios mensajes con cada número, demostrado en la Figura 22 (Pérez, 2021).

Cuando los números de la matriz se dividen en diferentes mensajes, recibirán un nodo conocido como "rango" y tomará la función de redondeo al próximo entero como se puede observar en la Figura 22 y 23 (Pérez, 2021).

Figura 22

*Envío de array con números decimales en NODE-RED*

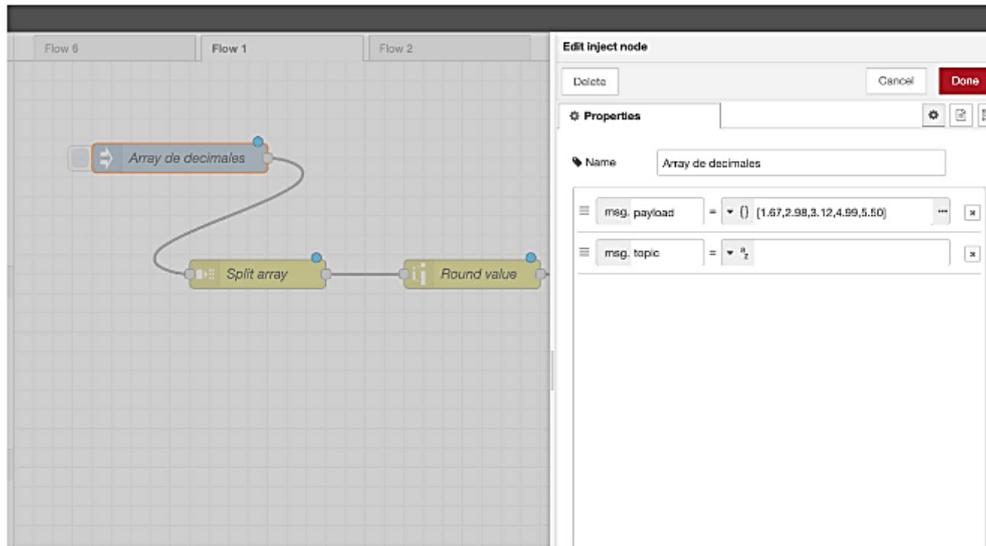
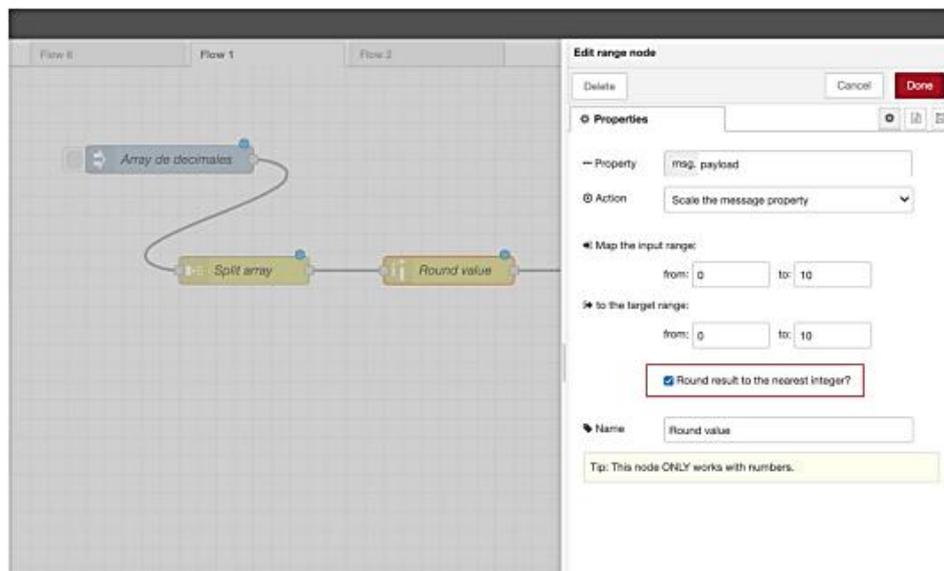


Figura 23

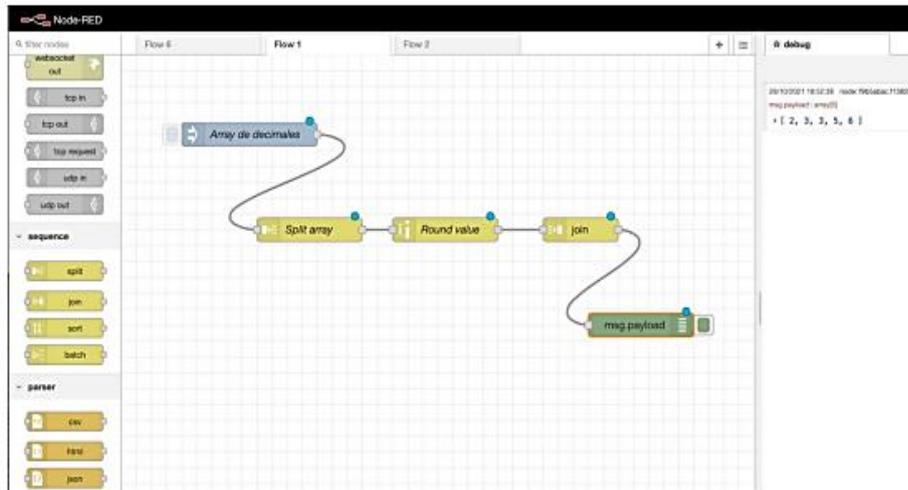
*Establecer el redondeo al entero próximo en NODE-RED*



Después de la operación, el nodo "secuencia" en el paquete de nodos "unir" se utilizará para volver a unir todos los números en la misma matriz que están divididos en mensajes independientes. Para ver se encuentra en la Figura 24 (Pérez, 2021).

Figura 24

*Redondeo Array de decimales en NODE-RED*

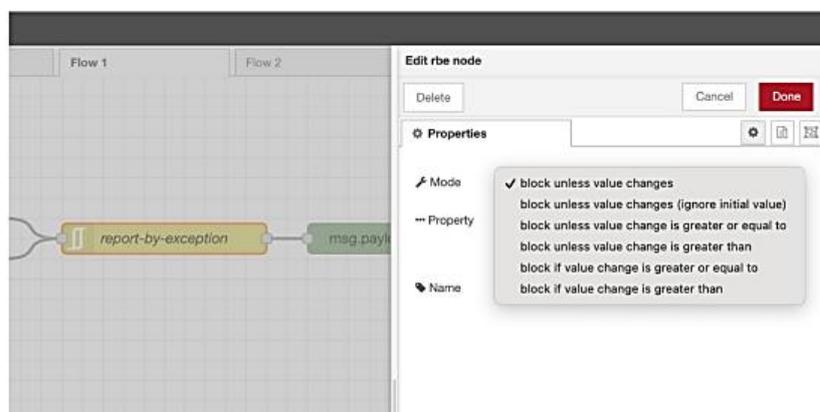


### 2.1.4.8 Detección de cambios

El “mensaje de excepción” permite detectar si ha habido algún cambio en los registros. Es decir, como ejemplo, si el número 0 se ingresa continuamente, el output no cambiará mientras no se efectuó un cambio, el primer 0 ingresará hasta que haya otro. Lo mismo sucede cuando se ingresa cualquier otro número, simplemente cambiar el número cambia la salida como se visualiza en la Figura 25 (Pérez, 2021).

Figura 25

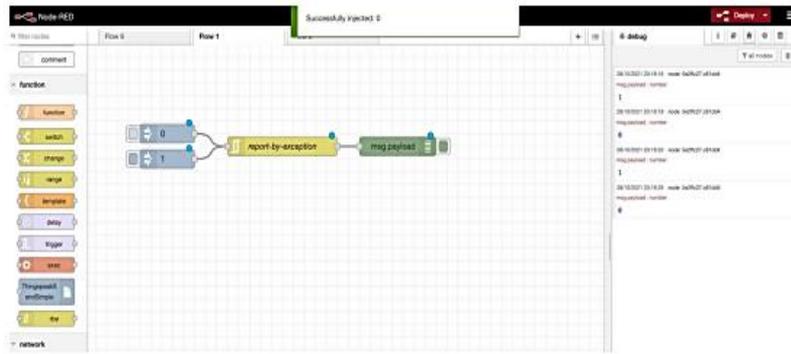
Menú del nodo “rbe” de NODE-RED



Se puede hacer cosas diferentes, pero el primer nodo usado hará lo anterior. Transmitiendo solo cuando cambia el número. Si se repite el número, la salida se bloquea como se observa en la Figura 26 (Pérez, 2021).

Figura 26

Detección de cambios de parámetros en NODE-RED



Se elabora una guía para iniciar con Node-RED y comprender cómo funciona la herramienta. Una implementación de caso real explicará elementos la contextualización de las variables cuando se envía y se recibe de datos en el servidor Mosquitto, además de implementar nodos externos como Telegram y utilizar solicitudes HTTP para publicar datos en la biblioteca de datos (Pérez, 2021).

#### 2.1.4.9 Importar y exportar

Node-RED genera un sistema integrando la importación y exportación de flujos. Una vez que completes el proceso y selecciones la función de exportación "Exportar", el código se generará en formato JSON. Para importar este proceso, copie el código generado en el proceso anterior y péguelo en la pestaña Importar nodo del nuevo proceso como se ve en la Figura 27 y 28 (Pérez, 2021).

Figura 27

#### Exportación de flujo en NODE-RED

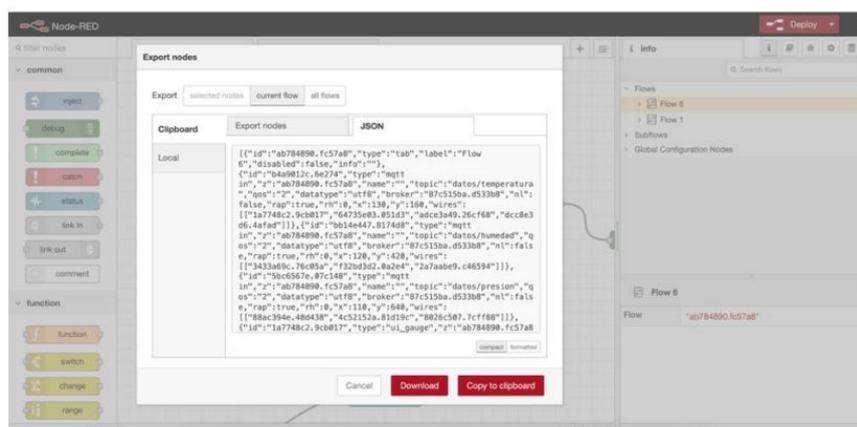
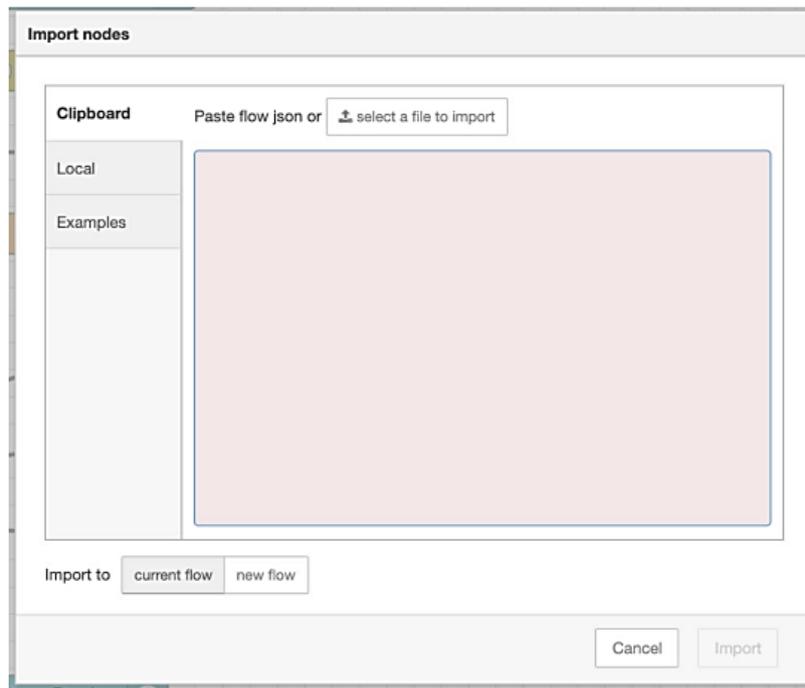


Figura 28

*Importación de flujo en NODE-RED*



**2.1.4.10 Herramientas y plataformas similares**

Actualmente hay varias herramientas que permiten realizar trabajos iguales a Node-RED, como Havoc Shield, n8n.io, Microsoft Flow and ifft, aunque la herramienta más similar (aunque con algunas diferencias) es Zapier (Pérez, 2021).

Zapier es un instrumento que te posibilita conectar muchas aplicaciones para automatizar el tráfico de trabajo. Con Node-RED, se establecen relaciones entre nodos que hacen funciones específicas, mientras que con Zapier, se dan relaciones entre aplicaciones específicas (Pérez, 2021).

En concreto, Zapier cuenta con más de 2.000 aplicaciones de todo tipo, incluidas redes sociales y aplicaciones de Google (Pérez, 2021).

A menudo se usa para conectar herramientas web entre sí, como es el caso de Node-RED, no requiriendo amplia información sobre la programación. La diferencia importante con este último es que se encuentra mayormente enfocado en escenarios de Internet de las cosas, en tanto que Zapier, como los creadores mismos afirman en su web, es una herramienta específica de automatización (Pérez, 2021).

La herramienta tiene un plan gratuito llamado plan "Free Forever" que te permite crear dos enlaces a la vez. La principal desventaja de utilizar este plan es que no puedes utilizar sólo dos conexiones al mismo tiempo y no puedes utilizar todos los bloques. Para ello, es necesario inscribirse en el plan "Premium", que cuesta 20 dólares al mes. Con este plan puedes instalar todas las funciones que quieras y asegurarte de utilizar todos los bloques (Pérez, 2021).

#### **2.1.4.11 Instalación NODE-RED**

Node-RED se ejecuta en Node.js, por lo que el primer paso es instalarlo desde el sitio web oficial. Para macOS, tras la instalación se utilizan herramientas que incluyen Node.js, especialmente Node Package Management (NPM), un gestor de paquetes desarrollado en JavaScript. Esta herramienta le permite descargar bibliotecas y comandos fácilmente. Para instalar Node-RED se usa el comando: (YILIANG, 2021).

#### ***sudo npm install -g --unsafe-perm Node-RED***

En Windows, "*sudo*" no es necesario. Se instalará como un módulo global y todas sus dependencias. Una vez que se completa la instalación, puede abrir la interfaz web, que se ejecuta en el puerto 1880 de forma predeterminada (YILIANG, 2021).

#### **2.1.5 Grafana**

Grafana es una aplicación web de Graphite. Graphite es una app de monitoreo de open source que sirve para almacenar y visualizar datos de series temporales. Hay tres componentes de software para este diseño: (CISCO, s.f.).

- I Carbon (CISCO, s.f.).
- I Susurro (CISCO, s.f.).
- I Graphite Webapp (Grafana) (CISCO, s.f.).

Para realizar análisis de datos en código abierto, y obtener métricas para entender el volumen de datos y monitorear de los recursos de aplicaciones (Martínez, 2021).

Grafana lokies fue utilizado por primera vez por proveedores de nube como Prometheus y Grafana. Loki no indexa el contenido del registro, sino un conjunto de marcas de tiempo y etiquetas en el flujo de registro. Esto conducirá a menos márgenes,

simplificará las operaciones a realizarse y, en última instancia, reducirá los costos (coursehero.com, s.f.).

### 2.1.5.1 Grafana Dashboard

Como se observa en la Figura 29 La aplicación de Grafana y su interfaz de usuario está centrada en recuperar datos, almacenar y mostrar los mismos. Es totalmente de código abierto y cuenta con el respaldo de una gran comunidad apasionada y dedicada (Martínez, 2021).

Figura 29

*Grafana Dashboard*



Este dispositivo tiene un problema. La idea es agregar datos, en lugar de bases de datos, con paneles de control sofisticados que permitan a las personas ver y visualizar datos de varias maneras a través de una interfaz personalizable. Ofrece una gestión de datos sencilla y completa (Martínez, 2021).

Las siguientes son:

- No su base de datos, sino más bien sus datos (Martínez, 2021).
- Materiales accesibles a todos (Martínez, 2021).
- Panel de control que cualquiera puede utilizar (Martínez, 2021).
- Flexibilidad y versatilidad (Martínez, 2021).

### 2.1.5.2 Características de Grafana

Grafana es open source una vez instalado (Martínez, 2021).

Podemos determinar las siguientes características:

- Conéctese a cualquier fuente de datos del repositorio como: Influx DB, MySQL, Graphite, PostgreSQL , Prometheus y ElasticSearch (Martínez, 2021).
- Una solución de open source permite escribir complementos para integrarlos con múltiples fuentes (Martínez, 2021).
- Esta herramienta permite visualizar y controlar la data a lo largo de un tiempo definido, conocido como series de tiempo (Martínez, 2021).
- Proporciona los datos necesarios para ayudar a rastrear el comportamiento de los usuarios y las aplicaciones, las tasas de error, los tipos de errores y los factores contextuales en entornos de producción, antes del lanzamiento. (Martínez, 2021).
- La ventaja de utilizar Grafana permite implementar remotamente a las organizaciones sin transferir sus datos a la nube de un administrador, por cuestiones de seguridad. Existiendo modelos híbridos entre nubes públicas y privadas (Martínez, 2021).

Grafana cuenta con alternativas de visualización, incluyendo histogramas, mapas de calor y geográficos, necesarios para los materiales de investigación empresarial (Martínez, 2021).

El tablero consta de paneles individuales en forma de cuadrícula. Cada panel hace algo diferente (Martínez, 2021).

Este modelo open source se responsabiliza de todos los análisis de la app. Las métricas facilitan la consulta, la generación de informes, la configuración de alertas y la comprensión de sus datos (Martínez, 2021).

Las alarmas se pueden configurar para que se envíen a través de cualquier razonamiento de paso cuando un temor cumpla con las condiciones ya parámetros del programa (Martínez, 2021).

### **2.1.5.3 Modelos de Grafana**

Grafana se divide en varias actualizaciones de open source, utilizados en cualquier instante sin pagar tarifas. Teniendo los siguientes: (Martínez, 2021).

#### **Open Source**

Es autoadministrado, donde usted administra todos los análisis, visualizaciones y alertas de su perfil, para que pueda implementarlo, administrarlo y mantenerlo en su propia instancia (Martínez, 2021).

#### **Cloud**

Es un pilón de servicio escalable para ingeniar métricas, registros y seguimientos (Martínez, 2021).

Es único para encargarse de la admisión localmente y en absoluto para preocuparse por reorganizar toda la infraestructura de implementación. Ejecutando un clúster de Kubernetes (Martínez, 2021).

Gestionado y operado por Grafana Labs con opciones sin costo para usuarios, equipos e industrias. Incluye un cota injustificado inmóvil con golpe a 10 000 métricas, 50 GB de registros, 50 GB de seguimiento, 2 semanas de acopio de datos y 3 usuarios (Martínez, 2021).

#### **Enterprise**

Autogestión con pelaje empresarial. Las poderosas capacidades de visualización y alertas de Grafana se mejoran con complementos para obtener a fuentes de datos empresariales y capacidades de cooperación integradas (Martínez, 2021).

Un dilema autogestionado para organizaciones con requisitos específicos de privacidad y delimitación de datos (Martínez, 2021).

Las atenciones empresariales tienen todas las características de Grafana Cloud, con complementos de alta calidad, data y data superior de utilería central. Recibimos respuestas a SLA, capacitación y más (Martínez, 2021).

#### **2.1.5.4 Ventajas de Grafana**

Al usar Grafana podemos ver las dos herramientas principales que juntas forman un gran equipo: Grafana, Prometheus y Graphite (Martínez, 2021).

##### **Prometheus**

Prometheus es una aplicación que monitorea datos de open source. Prometheus y Grafana son un conjunto de aplicaciones industriales para configuraciones de análisis de datos. Los paneles de Grafana se utilizan para la visualización de datos y Prometheus proporciona el backend (Martínez, 2021).

Prometheus tiene la capacidad de visualizar datos y otras características. Sin embargo, Grafana sigue siendo la primera opción para la visualización de datos. Ejecute consultas desde su panel y descargue datos de Prometheus (Martínez, 2021).

##### **Graphite**

Graphite es una herramienta de búsqueda. Ayuda a mostrar una serie de datos de un periodo. Principalmente Graphite usa como datos los paneles de Grafana como monitoreo de datos (Martínez, 2021).

Grafana realiza consultas a Graphite siendo muy evolucionado permitiendo relacionarse con datos mediante expresiones y funciones (Martínez, 2021).

#### **2.1.5.5 Comparación entre herramientas**

Para realizar una similitud existen algunas alternativas para conocer sus debilidades y fortalezas, con los siguientes parámetros de comparación: (Martínez, 2021).

- Ver y editar paneles (Martínez, 2021).
- Almacenamiento (Martínez, 2021).
- Recopilación de datos (Martínez, 2021).
- Arquitectura y escalabilidad de complementos (Martínez, 2021).
- Monitoreo de registros y alarmas (Martínez, 2021).
- Soporte de monitoreo (Martínez, 2021).
- Productos comerciales y de código abierto (Martínez, 2021).

##### **Grafana vs Prometheus**

Grafana facilita la creación, personalización y visualización de los paneles. Es fácil de usar y sencillo. Prometheus, por otro lado, tiene un panel de control y funciones de edición de gráficos, pero es difícil de usar. Ver y editar paneles utilizando plantillas de paneles puede resultar difícil al principio (Martínez, 2021).

Grafana es la solución de vídeo de series temporales guardada en su función principal. Prometheus guarda la línea de tiempo. En Grafana usa lenguaje de consulta Prometheus para crear paneles y figuras (Martínez, 2021).

Grafana tiene almacenamiento y visualización, pero se deben recuperar los datos del servicio. No admite la recopilación de datos y mantenimiento de series temporales no forma parte de su funcionamiento. Pudiendo recopilar, almacenar y mostrar datos.

Para arquitectura y complementos, Grafana admite una serie de complementos que se pueden usar para editar fuentes, aplicaciones y consolas. En este caso, Prometheus lo llama "remitente" y permite exportar sus datos a Prometheus (Martínez, 2021).

El seguimiento es incompleto si no hay forma de emitir una alerta cuando las mediciones empiezan a verse mal. La gestión de alertas no forma parte de la funcionalidad de Grafana. Prometheus es totalmente compatible (Martínez, 2021).

Es compatible la nube de Grafana porque sus capacidades de inspección están disponibles en la misma, permitiendo visualizar y comparar los datos (Martínez, 2021).

Lo último que hay que comprobar es la versión de código abierto y empresarial. Grafana es completamente visible y está listo para la empresa en este modelo de código abierto. No existe una versión comercial independiente, sino una solución proporcionada y mantenida por Grafana. ellos Prometheus tiene características similares a Grafana en el sentido de que está disponible para uso empresarial (Martínez, 2021).

### **Grafana vs Graphite**

Graphite Display tiene excelentes funciones de visualización, pero no incluye una consola de edición entre sus funciones principales. Se utilizan grafito y grafeno. Grafana es responsable del almacenamiento de datos y Grafana es responsable de la visualización (Martínez, 2021).

Graphite puede almacenar series temporales de diferentes fuentes proporcionando un código de consulta para recuperar la data guardada. También puede utilizar Grafana y Graphite para ver los datos almacenados en su tienda backend (Martínez, 2021).

Para arquitectura y complementos, Grafana admite una serie de complementos que se pueden usar para editar fuentes, aplicaciones y consolas. Graphite no proporciona ni posee bibliotecas de complementos (Martínez, 2021).

Grafana rastrea sucesos y notificaciones realizando un seguimiento de los mismos, pero no puede hacerlo correctamente en la fase de inicio (Martínez, 2021).

Cumplimiento y vigilancia en la nube. Grafana es el mejor porque sus capacidades de inspección ya están disponibles en la nube, lo que le permite concentrarse únicamente en visualizar y analizar sus datos. Graphite tiene muchas funciones integradas en la nube (Martínez, 2021).

Los puntos finales de verificación son las versiones de código abierto y empresarial. Grafana y Graphite son muy destacados y adecuados para uso comercial (Martínez, 2021).

## **2.2 Descripción de la propuesta**

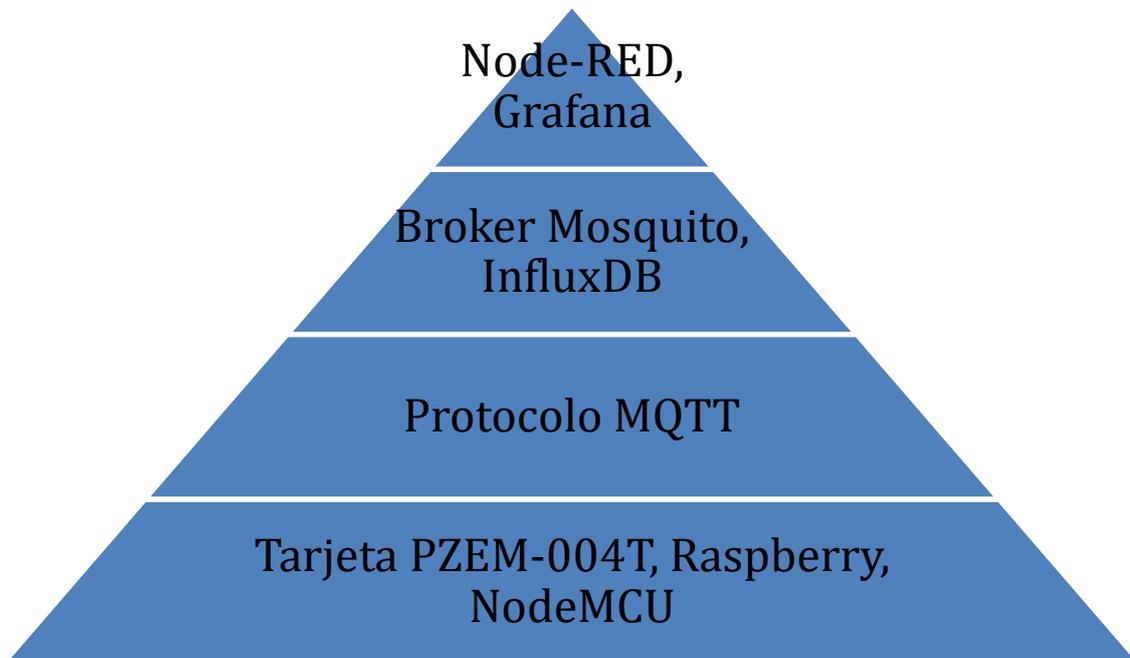
Se propone la Automatización de la medición energética y la transmisión de datos en la planta de BAKER HUGHES en Ecuador mediante el sistema SCADA. Los datos obtenidos en el proyecto se recibirán mediante el software que mejor se adapte. Además, es eficiente interactuar con el controlador ALLEN BRADLEY para obtener los datos que los dispositivos de ABB requieren siendo más eficientes en la toma de datos de consumo de energía en la planta AMO de la empresa BAKER HUGHES.

### **a. Estructura general**

El trabajo de investigación realizado en la planta BAKER HUGHES plantea un diseño e implementación de una herramienta de IoT, la implementación beneficiosa de trabajos con IoT se presenta de forma directa con la implementación de una arquitectura de referencia. Para lo cual se elige de 4 niveles la relación de dispositivos y software, así como servidores a utilizar en el presente proyecto que se presenta en la Figura 30.

Figura 30

*Arquitectura de cuatro niveles planteada*



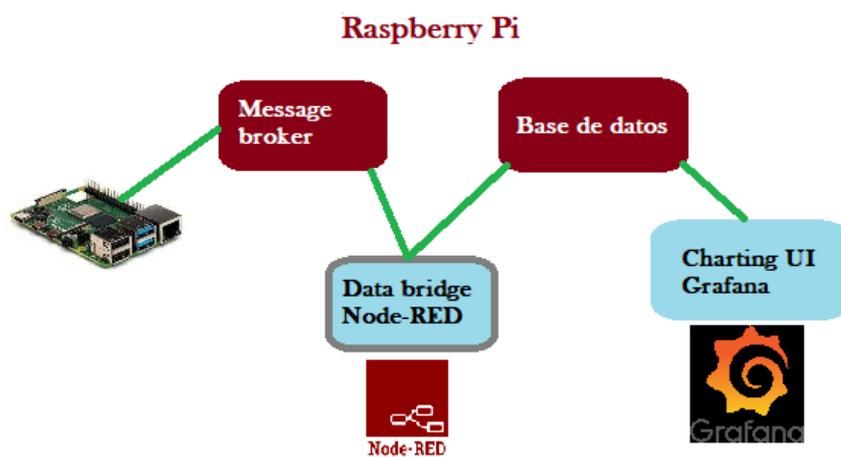
La caracterización de los diferentes componentes ha emplearse en la aplicación IoT que se está proponiendo, se realiza un diagrama de bloques para registrar los datos en el cual se visualiza la aplicación del software alojado en la Raspberry la que es idónea para realizar la automatización.

La aplicación de la propuesta se va a efectuar con un hardware de open source, en este se obtendrá los datos brindados por el módulo para luego enviar la información obtenida a través del protocolo eficaz. En la cual se maneja una capa Node-RED que permitirá la comunicación. Y por último cualquier dispositivo o variable que se sea considerado como cliente este podrá ser visualizado la información de los principales parámetros medidos y visualizados en un dashboard que está desarrollado en la plataforma GRAFANA de open source, permitiendo realizar el análisis de las variables que se presentan.

Además, como se observa en la Figura 31 con el proceso para desarrollar la comunicación, La visualización final de las variables en Grafana, este se instalará en la Raspberry Pi. En el dashboard se mostrará los dispositivos alojados en la red, se utiliza ABB M4M como el analizador de red.

Figura 31

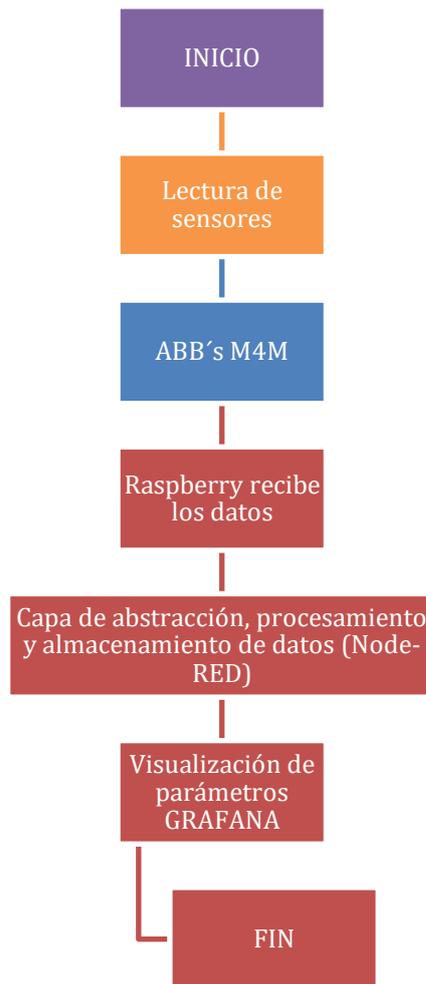
*Diagrama de bloques para registro de mediciones eléctricas*



En la Figura 32 se tiene el organizador gráfico de adquisición de datos, el cual muestra como inicia el proceso, dando lectura de los sensores, pasando por ABB M4M; luego los datos son recibidos por la raspberry para ser procesados y almacenados en NODE-RED y mostrados en GRAFANA; con este último se finaliza el proceso del proyecto.

Figura 32

*Organizador gráfico de adquisición de datos*



### **Medidores de energía:**

Los medidores digitales de ABB, los mismos que nos ayudaran a configurar la comunicación a través del canal de comunicación Ethernet TCP/IP para realizar una arquitectura de red a ser conectada a la red de la empresa.

Los medidores deben tener un puesto de conexión Ethernet como se muestra en la Figura 33 pudiendo ser configurables para poder direccionarlos a una IP y así no tener fallas de comunicación, ya que existen equipos como variadores de velocidad (VSD) y controladores de disparos de filtros entre otros.

Figura 33

*Conexión de medidores hacia el switch*



### **Raspberry**

La tarjeta Raspberry está desarrollada principalmente para brindar elementos de investigación informática, integrando capacidades de uso de dispositivos electrónicos con lenguajes de programación como Java, JavaScript o Python y Scratch. Este microprocesador contiene puertos de entrada y salida como un computador.

La dirección IP 192.168.100.62 con puerto 1880 que se asignó a la planta BAKER HUGHES; este controla el programa ingresando la data de los dispositivos de consumo de energía para el reporteador, a través del software Node-Red se podrá adquirir en el reporteador para finalmente obtener un SCADA para el registro automático de los datos representada en la Figura 34.

Figura 34

*Controlador*



### **Servidores**

Los servidores como se muestra en la Figura 35, adquieren la información del controlador, instalado el software Red Node y el reporteador ABB; permitiendo la toma de las variables de los medidores de energía a través del software que está instalado que registra los datos de los medidores, así como señales analógicas podrán ser analizados en este proyecto.

Figura 35

### *Servidores*



El servidor Red Node actúa eficazmente y el reporteador ABB está estableciendo si ocurriese una alerta a otro servidor, generando el encuentro de falla en la aplicación de

los programas que se están operando y así no perder por ninguna razón los datos, asegurando la reposición de la información de manera inmediata.

El sistema de redundancia del servidor que se encuentre funcionando en sincronía con la misma red. La redundancia debe estar todo el tiempo en forma cíclica para que el grupo o conjunto no pierda la adquisición de datos en ningún momento.

### **Reporteador y sistema SCADA**

El reporteador conocido como ABB “Ability Knowledge Manager Toolkit V.9.0” de la Figura 36 se adquirió para este proyecto, la licencia será única; además de manejar las variables de energía permitiendo un buen desempeño día a día en el trabajo, también permite tener facilidad para administrar los datos del consumo de energía.

Es importante el manejo de esta información ya que debe ser de forma fácil y amigable para el personal que de limitados conocimientos en programación y configuración de redes, el reporteador facilitar el ingreso y se podrá ver, consignar y analizar cada lectura sea de horas, días o hasta meses y seleccionarlos para poder observar que están almacenados dentro del servidor.

El SCADA se diseña dentro del reporteador ABB, este selecciona los datos y variables que se desea y de interés de la empresa para la administración y control energética.

Figura 36

*Reporteador ABB con licencia para BUKER HUGHES*



### **b. Explicación del aporte**

Este proyecto permite medir de forma automática el consumo energético de la planta BAKER HUGHES de AMO se realiza una estructura para brindar la adquisición de los parámetros eléctricos desde los medidores de energía hasta el sistema SCADA.

Luego de analizar las variables más relevantes para el planteamiento y desarrollo del proyecto se ha decidido realizar la conexión del controlador con el reporteador ABB a través del programa Node-RED el que se procede con la siguiente configuración.

### **Tabla MODBUS**

Se debe entender o comprender el funcionamiento de la tabla MODBUS del equipo, se tiene el detalle de todos registros que existen en el registro con la respectiva resolución, dirección MODBUS, tamaño y el número de registros que serán explicados más adelante y estos registros son leídos con la función *readholdingregister*

### **Direccionamiento de datos**

Basado en los canales de comunicación se procede a designar una dirección IP para cada medidor de energía para la adquisición de datos, estos han sido ingresados dentro de la red local la empresa; posteriormente se asigna las direcciones IP privadas teniendo en cuenta que no exista conflictos con el departamento de Sistemas Informáticos en el área de vinculaciones con la red para la correcta adquisición de datos.

### **Instalación de software**

Se instala el software Node-RED y Grafana correctamente para la adquisición de datos.

### **Configuración de NODE-RED**

Es la interfaz entre el medidor de energía y el sistema, este va adquirir la información de los medidores, almacenarla dentro de la base de datos. Para ingresar al sistema la dirección IP es la siguiente 192.168.100.62 con puerto 1880.

Al ingresar a la interfaz se puede visualizar que es totalmente web, cuenta con nodos de uso general, tiene diferentes funciones para procesamiento de datos, se tiene la configuración y visualización de debugs, se tiene los flujos donde se diseña toda la lógica.

Se tiene cuatro flujos, una configuración de funciones, el requerimiento modbus, procesamiento de datos.

La configuración de las funciones; al abrir un nodo se puede observar que hay un mensaje un `msg.payload`; recordando que todo en Node-RED va en función de mensajes; es decir, se recibe mensajes y se envía mensajes. Sus partes son: `value` es un identificador de cada lectura, cada nodo va a tener su respectiva lectura la función es la 3 y todo se va a leer con `holding register`, el `unitid` está cargado dentro de `payload` del disparador, se puede ver la dirección que corresponde al registro y se coloca el valor de registros que van a ser leídos. El `payload` viene del `UID` que es la dirección del esclavo modbus.

El disparador se ejecuta en el intervalo de 1 segundo y envía el valor de 3, se tiene un contador que cada vez que recibe un valor o un ingreso va a incrementar; si es mayor a 3 retorna a uno y envía el mensaje. El disparador se conecta con todas las configuraciones, el momento que hay el disparo se ejecutan todas las funciones y a su vez esa función se va hacia `modbusrequest`.

### **Configuración del nodo modbus**

Primero se asigna el nombre a la conexión, luego se coloca la el tipo de señal con que se va a trabajar y es "Serial Expert", el sistema presenta cuales puertos seriales ha encontrado dentro del Gateway, como se trata de un doble USB se utiliza el `USB0` que es un conversor 485; además se tiene el tipo serial `RTUBUFEERD` con un baud rate de `19200` un data bits de `8` un stop bits de `1` y el delay de conexión de `100`.

### **Configuración de Data Processing**

Es el lugar donde se procesan los datos, cada una de las variables tiene su propia data processing; aquí se usa la programación *JavaScript*. Aquí trabaja el valor de la función, apunta solo a la lectura que envía modbus. Para procesar la información se desarrolla la configuración con la librería que tiene para realizarlo. En la función `get4IntNumber` se realiza una rotación multiplicando con un numero Hexadecimal y así generar un valor de 16 bits y al final se coloca la suma de los registros. Para todas las funciones se realiza la misma programación.

Además se puede convertir un numero sin signo, un numero de 64 bits en el cual el bit 63 se encontraría en cero colocando *unsignedToSigned*, se coloca 0x111 cuando el cero se pone en uno se trata que se da un numero negativo y si queda en cero se trata de un numero positivo; también se realiza un evaluación si el número es mayor que el otro inmediatamente indica que se trata de un numero negativo y procede a restar todo el numero de 64 bits al número resultante. Y este resultado se graba en *number*.

Todas las lecturas llevan el mismo formato, todo esto va a la base de datos; cada una se va ejecutando, el MODBUS va despachando de una en una ingresan y se ejecutan y finalmente se envía a la base de datos la cual se está utilizando una *influxdb*

### Configuración GRAFANA

Es la interfaz de visualización, es un sistema opensource, este se descarga de internet y se debe desplegar el servicio dentro del Gateway con la dirección 192.168.100.62 con puerto 3000; al inicio pedirá usuario y contraseña las cuales son:

- Usuario: admin
- Contraseña: administrator

So coloca login he ingresa a la interface, esto toma un tiempo ya que pasa por filtros para llegar a los datos almacenados o registrados. Se puede observar: los datos de voltaje, frecuencia, corrientes por línea, energías, factores de potencia.

Grafana dispone de diferentes tipos de widgets para la visualización la que se ha tomado es el tipo gauch como se muestran en las Figuras 37,38 y 39.

Figura 37

*Visualización de datos*



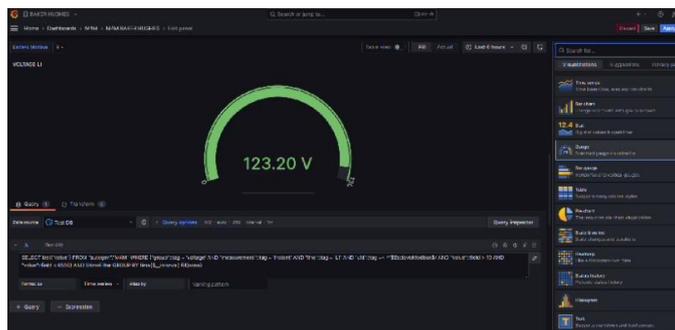
Figura 38

*Widgets utilizados en Grafana*



Figura 39

*Modificación de widgets en Grafana*



### c. Estrategias y/o técnicas

Hoy en día gracias a la tecnología y a la utilización de instrumentos que van a la vanguardia el presente trabajo de investigación será beneficioso para el desarrollo de la planta Baker Hughes. Lo utilizado fue:

- Raspberry que permitirá controlar el programa ingresando las variables que brindan los medidores de consumo energético para ser reporteados, a través del software Red Node se podrá adquirir en el reporteador para conseguir un sistema SCADA para el control automático de las variable de interes.
- El reporteador ABB Ability Knowledge Manager con licencia única permite visualizar los datos, analizarlos, configurarlos, calcularlos, graficarlos, etc y en tiempo real.
- NodeRED que es la intefaz entre el medidor de energía y el sistema, este va adquirir la información de los medidores, almacenarla dentro de la base de datos

- Grafana que será la interfaz de visualización, es un sistema opensource

### 2.3 Validación de la propuesta

La designación de los asesores externos han sido profesionales de alto nivel, con títulos profesionales relacionado con el tema de investigación, proyectos y académica.

La tabla siguiente expone información a detalle de los profesionales que colaboraron con el proyecto

Tabla 1

#### *Descripción de perfil de validadores*

Elaborado por: Juan Carlos Montesdeoca (2024)

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Ing. Juan Carlos Córdova	16 años	Ingeniero en Electrónica	Líder de Ingeniería de BAKER HUGHES Ecuador
Ing. Cristhian Fernando Zapata Segovia	12 años	Ingeniero en Electrónica	Desarrollador de proyectos para LATAM de la empresa TCONTROL
Ing. Chrystiam Fabian Guzmán López	15 años	Ingeniero Electrónico	Ingeniero de aplicaciones de BAKER HUGHES

Tabla 2

#### *Criterios de evaluación*

Elaborado por: Juan Carlos Montesdeoca (2024)

<b>Criterios</b>	<b>Descripción</b>
Impacto	Permitirá a la planta de Baker Hughes a tener una mejor lectura y control de la energía aplicada en esta.
Aplicabilidad	Este tipo de proyecto puede ser aplicado en cualquier empresa sea pública o privada.
Conceptualización	Este proyecto esta enfocado en la planta de manufactura de Baker Hughes que no tenga o no refleje problemas desfavorables en la recolección continua de datos de consumo de energía.
Actualidad	Los avances científicos y tecnológicos que se producen en la actualidad, son de interés para la gestión publica.
Calidad Técnica	Se encuentra realizado con materiales de buena calidad y con software reconocido y opensource.
Factibilidad	Su factibilidad de realización es alta y confiable.

Tabla 3

*Escala de Evaluación*

Elaborado por: Juan Carlos Montesdeoca (2024)

<b>CRITERIOS</b>	<b>EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD</b>				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente De Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X

Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia				X	

## 2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

Tabla 4

### *Matriz de articulación*

Elaborado por: Juan Carlos Montesdeoca (2024)

Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1 Definición del input data a través de la comunicación Ethernet y el protocolo de comunicación de los medidores de ABB.	1.1. Establecer los dispositivos y los programas a ser empleado en el proyecto.  1.2. Establecer el software donde será visualizados los datos del proyecto.	Automatización  Procesos Industriales	Revisión bibliográfica  Revisión de procesos industriales  Revisión de sitios web

2	<p>Diseño de plantilla</p> <p>Creación de variables</p> <p>Datos requeridos</p>	<p>2.1. Reporteador con datos</p> <p>2.2. Adquisición de variables</p> <p>2.3. Programación mediante lenguaje JavaScript para datos requeridos</p>	<p>Programación JavaScript</p> <p>Configuración del kit ABB</p>	<p>Sistema de input y output data</p> <p>Lenguaje JavaScript para programación</p>
3	<p>Conexión dentro de la red planta de Baker Hughes</p> <p>Administración del consumo energético en base a variables reales.</p>	<p>3.1. Montaje de medidores</p> <p>3.2. Combinación de software y hardware</p> <p>3.3 Datos obtenidos en tiempo real.</p> <p>3.4 Medición de consumo energético tomando en cuenta paros y fallas</p>	<p>Electrónica digital</p> <p>Sistemas de comunicaciones</p> <p>Lenguaje de programación</p> <p>Administración de energía</p>	<p>Manuales técnicos</p> <p>Servicio de internet</p> <p>Funcionamiento y entendimiento</p>

## **2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.**

La función del proyecto particularmente es optimizar y mejorar la administración de medición energética en la Planta Baker Hughes, minimizando además la explosión de del personal y reduciendo los riesgos asociados con esta actividad ya que para la empresa en un fundamento muy importante, además porque el personal que esta relacionado con esta área disminuida la explosión en la toma de parámetros.

Primero se identifican los equipos y las tecnologías o software que ha sido adecuadas para implementar el sistema SCADA para la empresa, obteniendo como resultados lo siguiente:

Los equipos utilizados en la implementación del sistema son:

- Sensores encargados de la adquisición de las señales
- ABB M4M permite la administración de los datos; así como también manejar las variables de energía para la facilidad de administrar el consumo de energía
- Raspberry encargada de adquirir datos

El software utilizado es:

- NODE-RED que es el encargado de ser la interfaz entre el medidor de energía y el sistema, NODE-RED adquiere la información de los medidores y la guarda dentro de su base de dato, luego ingresarla al sistema con la dirección IP.
- GRAFANA es un sistema open source que sirve como interfaz de visualización y pasa por filtros para llegar a los datos almacenados o registrados. Aquí se observa los datos de voltaje, frecuencia, corrientes por línea, energías, factores de potencia, etc.

Para el proyecto se diseña un sistema automatizado de medición de energía con el analizador de redes M4M de ABB; este tipo de reporteador tiene licencia única para administrar los datos y con él la empresa maneja de mejor forma las variables de energía y la administración de los datos

### **Adquisición de datos**

Los datos del sistema se los toma en rangos de tiempo ya sean estos de media hora, cuarto de hora, horas; hasta de días mediante Grafana que permite realizar esta acción y con el cual se puede evaluar la efectividad y la eficiencia del mismo, como se puede observar en la tabla 5.

Tabla 5:

*Evaluación de los datos obtenidos*

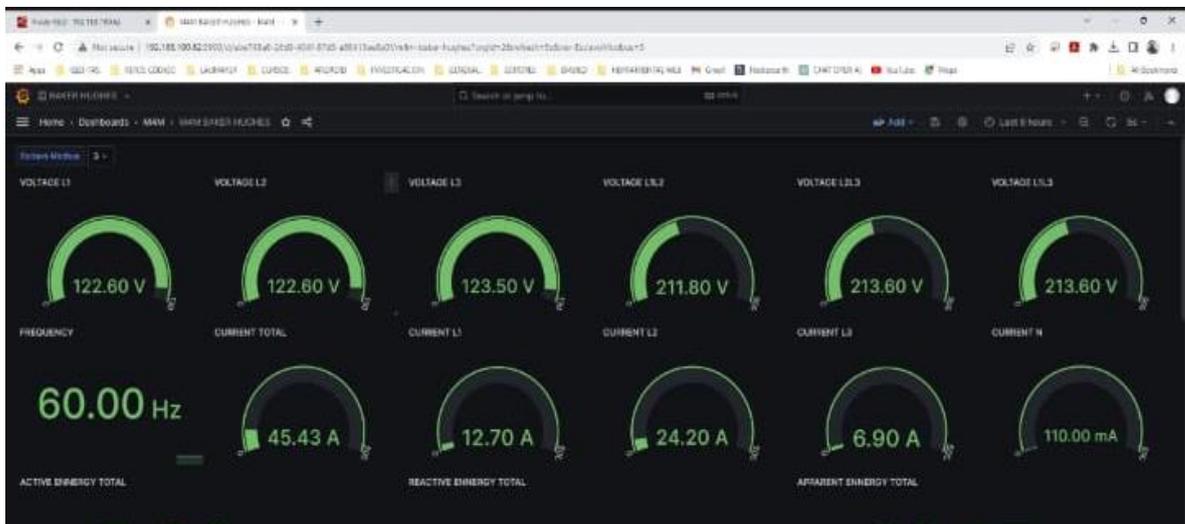
<b>Evaluación de Datos obtenidos anterior y posterior a la implementación</b>		
<b>TIPO DE DATO</b>	<b>MEDICIÓN ANTERIOR</b>	<b>MEDICIÓN CON EL SISTEMA</b>
<b>Energía activa total</b>	4.26 MWh	5.82 MWh
<b>Energía reactiva total</b>	41315.11 Kvarh	41922.56 Kvarh
<b>Energía aparente total</b>	26.04 MVA	27.82 MVA
<b>Corriente L1</b>	16.02 A	14.20 A
<b>Corriente L2</b>	33.87 A	33.55 A
<b>Corriente L3</b>	52.00 A	51.04 A
<b>Corriente N</b>	183.12 mA	180.00 mA
<b>Corriente total</b>	44.89 A	45.77 A
<b>Voltaje L1</b>	121.43 V	122.90 V
<b>Voltaje L2</b>	124.18 V	122.90 V
<b>Voltaje L3</b>	122.11 V	123.90 V
<b>Voltaje L1L2</b>	212.00 V	212.50 V
<b>Voltaje L2L3</b>	213.01 V	214.00 V
<b>Voltaje L1L3</b>	216.08 V	214.10 V
<b>Frecuencia</b>	60.00 Hz	60.01 Hz
<b>Factor de Potencia total</b>	0.572	0.580
<b>Factor de potencia L1</b>	0.715	0.730
<b>Factor de potencia L2</b>	0.154	0.150
<b>Factor de potencia L3</b>	0.853	0.840
<b>Voltaje THD L1</b>	2.84 %	2.80 %
<b>Voltaje THD L2</b>	3.62 %	2.80 %

<b>Voltaje THD L3</b>	2.70 %	2.70 %
<b>Voltaje THD L1L2</b>	2.85 %	2.80 %
<b>Voltaje THD L1L3</b>	2.68 %	2.70 %
<b>Voltaje THD L2L3</b>	3.02 %	2.80 %
<b>Corriente THD L1</b>	8.29 %	7.80 %
<b>Corriente THD L2</b>	11.47 %	10.1 %
<b>Corriente THD L3</b>	4.08 %	3 %

Como resultado final se tiene la Figura 40 donde muestra los datos recolectados en un día en tiempo real.

Figura 40

*Datos en tiempo real*



## CONCLUSIONES

- Una vez que se ha revisado todo lo relacionado a la toma de parámetros eléctricos y constatando que los mismos se han hecho de forma manual, se puede verificar u observar que la información del consumo de energía ahora usa la tecnología y los sistemas de medidores digitales; para obtener resultados de acuerdo con lo analizado.
- El sistema configurado y desarrollado es una herramienta útil y eficaz para controlar y administrar el consumo energético de la planta en la producción sea por inactividad o falla de alguna maquinaria; con esto se logra verificar los datos día a día o por horas, dependiendo lo requerido para si se necesita realizar mantenimiento poder ejecutarlo de la manera correcta controlando el funcionamiento de los eventos.
- A través de estudio realizado se determina que los mejores softwares tanto para la transmisión de datos como para la visualización de estos es NODE-RED y GRAFANA, estos han permitido realizar cada una de las obtenciones de datos de forma correcta y su programación es sencilla y buena para el presente proyecto.
- Se puede concluir que con el sistema se obtienen datos más reales y en menor tiempo que cuando se hacer de forma manual, además de tener el acceso a la plataforma de GRAFANA en cualquier horario y día de la semana facilitando y ayudando a la empresa para mantener un mejor control dando ventajas y efectividad.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios más detallados para determinar que necesita una empresa para mejorar sus servicios y productos, de ahí parte el realizar un proyecto ejecutable determinando que se va hacer, para que sirve y como se piensa realizar. De esta manera las empresas no perderían ni tiempo ni recursos en proyectos que luego no pueden ser ejecutoriados.
- Se debe buscar software que se ajuste a la necesidad del proyecto y que sea fácil de manejarlo; ya que al adquirir cualquier software sin un análisis previo este podría limitar lo que se quiere realizar o no permitirá realizar lo pensado, teniendo que ver otro tipo de software que se ajuste a la necesidad.
- Se recomienda capacitar al personal para manejar el sistema y así resolver en un momento determinado cualquier percance que pueda presentarse en la empresa.
- Se recomienda en este tipo de proyectos realizar la medición de energía a toda la empresa para determinar qué departamento o área de la misma utiliza más energía concientizando el ahorro y así ayudar a mantener en mejor condición el medioambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía

- Academia.edu. (s.f.). *Academia.edu*. Obtenido de [https://www.academia.edu/36014035/PROCESOS\\_INDUSTRIALES\\_PROCESOS\\_INDUSTRIALES\\_PROCESOS\\_INDUSTRIALES](https://www.academia.edu/36014035/PROCESOS_INDUSTRIALES_PROCESOS_INDUSTRIALES_PROCESOS_INDUSTRIALES)
- Alessandro, P. (2014). *Home Energy Managment System (HEMS)*.
- Arisalde, J. M. (2012). *Sistema AMI mediante contadores inteligentes para la Empresa Eléctrica de Azogues*. Azogues: Universidad Salesiana - Facultad de Ingeniería Electrónica.
- Aucay, E. A., & Guamán, P. F. (2018). *Diseño de un sistema de medición y monitoreo del consumo de energía por circuitos en el hogar, mediante tecnología de comunicación por línea de potencia*. Cuenca: Universidad del Azuay - Facultad de Ciencia y Tecnología - Escuela de Ingeniería Electrónica.
- Blanco, R. A. (2017). Desarrollo de un sistema operativo para Raspberry Pi con sus drivers básicos . *ETSI Sistemas informáticos*, 23-35.
- CISCO. (s.f.). *cisco.com*. Obtenido de [cisco.com: https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/wireless/policy-suite-mobile/214788-introduction-of-grafana-and-its-usage.pdf](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/wireless/policy-suite-mobile/214788-introduction-of-grafana-and-its-usage.pdf)
- coursehero.com. (s.f.). *coursehero.com*. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/204649556/Introducci%C3%B3n-a-grafanapdf/>
- Halfacree, G. (2011). LA GUÍA OFICIAL DE Raspberry Pi para principiante. *magpi-books*, 1-48.
- Livgard. (2012). *Automatic Meter Reading System*.
- Loayza Pérez, J., & Silva Meza, V. (2013). *Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales*. Lima, Perú: Industrial Data.
- Martínez, J. (21 de Diciembre de 2021). *openwebinars.net*. Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/que-es-grafana-y-primeros-pasos/>
- Mireya Zapata, L. T.-V. (20 de junio del 2021). *Fundamentos de automatización y redes industriales*. Quito: Editorial de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

- Morales, M., & Rodríguez, J. (2013). *Sistema de medición inteligente de valores consumidos para su facturación*. Quito: Universidad Politécnica Nacional.
- Moreno, E. G. (2018). *Automatización de Procesos Industriales*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Palencia. (s.f.). *CFIE*. Obtenido de <file:///C:/Users/Toshiba/Downloads/Introduccion%20a%20Raspberry.pdf>
- Paz, L. S. (28 de 06 de 2021). Automation for efficient energy management in the domestic sector. *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad, ISSN 2448(6493)*, 14.
- Pérez, M. Á. (2021). *NODE-RED COMO HERRAMIENTA VISUAL DE DISPOSITIVOS IOT*. España: Escuela Politécnica Superior de Linares.
- Rafiei, & Eftekhari. (2013). *Medidores inteligentes AMI y AMR con protocolos de comunicación*.
- Robotics, E. (04 de 11 de 2020). *EDS Robotics*. Obtenido de EDS Robotics: <https://www.edsrobotics.com/blog/proceso-industrial-que-es/>
- YILIANG, G. (2021). *Programación "flow-based" para IoT*. Valencia: Departamento de Informática de Sistemas Computacionales - Universidad Politécnica de Valencia.

## ANEXOS

### ANEXOS FOTOGRÁFICOS

Fotografía 1

*Apertura del sócalo para junction box*



Fotografía 2

*Colocación de junction box*



Fotografía 3

*Armado de instrumentación*



Fotografía 4

*Toma de parámetros eléctricos*



Fotografía 5

*Cableado de dispositivos electrónicos*



Fotografía 6

*Colocación de pantallas digitales*

