

Study of the Internet of Things in Robotics

Jorge Alejandro Chiuz Flores, Javier Edgardo Caballero Miranda

Faculty Mentor: José Luis Ordóñez

¹UNITEC, Honduras, J.chiuz@unitec.edu, javiacaballero@uniterc.edu, jlordonez@unitec.edu

Abstract– As the industry progresses, each industrial process and even medical, agricultural or domestic projects integrate the Internet of Things into its operation, since the Industry 4.0 revolution allows interconnectivity between devices like never before seen in the world. Part of the technological advance seeks to provide comfort and efficiency to each area of human life and the industrial processes that have been developed. Among the wide range of applications that the Internet of Things has, this research focuses on the robotic Internet of Things, which is one of the largest applications of the Internet of Things thanks to its different uses in the spectrum of various industries. that require the use of more intelligent robots to ensure effective and stable operation.

Keywords -- Internet of Things, Robotics, Node RED, MQTT.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Estudio del Internet de las Cosas en Robótica

Jorge Alejandro Chiuz Flores, Javier Edgardo Caballero Miranda

Faculty Mentor: José Luis Ordóñez

¹UNITEC, Honduras, J.chiuz@unitec.edu, javiacaballero@uniterc.edu, jlordonez@unitec.edu

Resumen Ejecutivo— *A medida que la industria va avanzando, cada proceso industrial e incluso proyectos médicos, agrícolas o domésticos integran el Internet de las Cosas en su funcionamiento, pues la revolución de la Industria 4.0 permite una interconectividad entre dispositivos como nunca se había visto en el pasado. Parte del avance tecnológico busca brindar comodidad y eficiencia a cada ámbito de la vida humana y los procesos industriales que se han desarrollado. Entre la amplia gama de aplicaciones que posee el Internet de las Cosas, la presente investigación se centra en el internet de las cosas robóticas la cual es uno de las mayores aplicaciones del internet de cosas gracias a sus diferentes usos en el espectro de las diversas industrias que requieren el uso de robots más inteligentes para asegurar una operación efectiva y estable.*

Palabras Clave -- Internet de las Cosas, Robótica, Node RED, MQTT.

ese momento se ha producido una difusión cada vez más rápida de las soluciones IoT. Al principio, el esfuerzo se centró en rastrear objetos, luego en interconectarlos y, más adelante, en garantizar su interoperabilidad, de hecho, uno de los principales problemas encontrados en la aplicación del paradigma IoT se refiere a la interoperabilidad. Si en una fase inicial la falta de estándares diseñados para el IoT había provocado la proliferación de un sinnúmero de aplicaciones basadas en tecnologías propietarias y por tanto no compatibles entre sí, ahora, la presencia de tantos estándares diferentes crea el problema contrario de que en qué contexto debe apoyarse la norma. [2]. A medida que la tecnología que utiliza IoT continúa avanzando, surge la necesidad de asegurarse que componentes robóticos tengan una comunicación estable y precisa mediante una red estandarizada.

I. INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación se ve desarrollada en torno a la revolución que la Industria 4.0 ha provocado en casi todos los ámbitos de producción, monitoreo, manufactura y otros procesos necesarios en varios aspectos laborales. La gran mayoría de países en el mundo utilizan esta industria para avanzar y mantenerse competentes tecnológicamente en los desarrollos de modelos de Industria 4.0, pues no implementar la tecnología que esta ofrece lleva como consecuencia la posibilidad de volver cualquier industria en obsoleta.

Casi toda la Industria 4.0 gira en torno al Internet de las Cosas, lo que se refiere a todos aquellos dispositivos y procesos asociados a una red que permite una gran coordinación entre los mismos dispositivos que la componen, así como una facilitación a los operarios, pues el monitoreo se vuelve más remoto y el desarrollo del proceso se puede automatizar.

Muchos procesos tanto industriales como agrícolas o domésticos requieren el uso de la robótica para la realización de las actividades que están destinadas a desarrollar. Poder utilizar uno de estos robots con el Internet de las Cosas le permite al usuario monitorear cómo va desarrollando su proceso, así como detectar anomalías y recopilar resultados de manera más efectiva.

II. PRECEDENTES

En 1999, Kevin Ashton introdujo por primera vez la definición de Internet de las cosas (IoT) sin embargo, hasta el momento no ha habido un consenso global sobre la definición de IoT, el concepto de IoT, en general, es la capacidad de conectar un objeto inteligente con otros objetos inteligentes y le permite interactuar con objetos, entornos y otros equipos informáticos inteligentes a través de una conexión a Internet [1]. A partir de

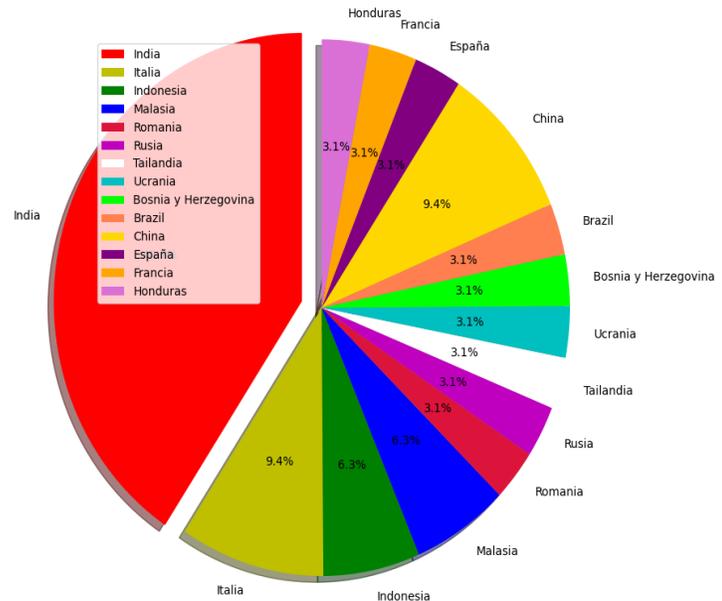


Figura 1: Países que Estudian IoT

En la figura 1 se puede observar que uno de los países líderes en el estudio de IoT es India ya que tienen el mayor porcentaje de papeles sobre IoT, seguido de China como Italia. India ha estudiado bastante sobre el IoT, ya que está tiene el potencial

de acelerar la economía compartida ya que habilita que diferentes cosas económicas sean compartidas, de igual manera el IoT ofrece nuevas aplicaciones que llevan a la creación de nuevos prototipos que tienden a cambiar las industrias llevando a la creación de nuevos modelos de negocios [3]. Ya que en el futuro el IoT en combinación con Inteligencia Artificial, Machine Learning, Deep Learning, Realidad Aumentada, Computación en la nube, van a evolucionar la Industria llevando a lo que se conoce como Industria 4.0 [4].

Estos países poseen trabajos destacados incluyendo, pero no limitándose a: Internet de las cosas robóticas: impulsando la robótica inteligente del futuro: concepto, arquitectura, aplicaciones y tecnologías [4], Control colaborativo basado en Internet de las cosas (IoT) de un manipulador redundante para cirugías mínimamente invasivas teleoperadas [5] y Móvil diseñado con IoT y controlado por Wi-Fi con brazo robótico utilizando NodeMCU [6].

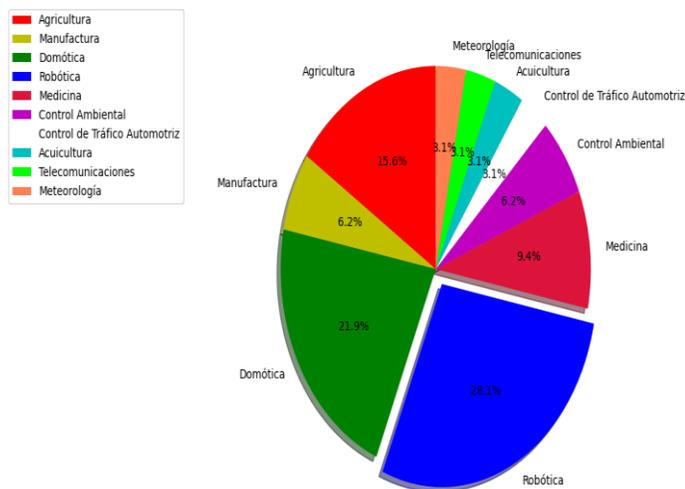


Figura 2: Industrias que aplican IoT

Las industrias en las que más hay sistemas y dispositivos que manejan IoT a partir de la investigación fueron la robótica, la domótica y la agricultura, teniendo un 28.1%, 21.9% y 15.6% respectivamente. No fueron las únicas, ya que IoT está siendo aplicado en otros sectores, así como lo demuestra la gráfica. Entre estos trabajos, tenemos: Robot móvil autónomo de extinción de incendios basado en Internet de las cosas robóticas [7], Sistema de monitoreo de contenedores de basura usando IOT [8] y CultivData: Aplicación de IoT al Cultivo de Datos Agrícolas [9]. Es por esta razón que el IoT va evolucionando poco a poco como la alternativa que permite que los sistemas trabajen automáticamente, empezando desde la domótica hasta

llegar a procesos más complicados como son los de las industrias de manufactura y robótica.

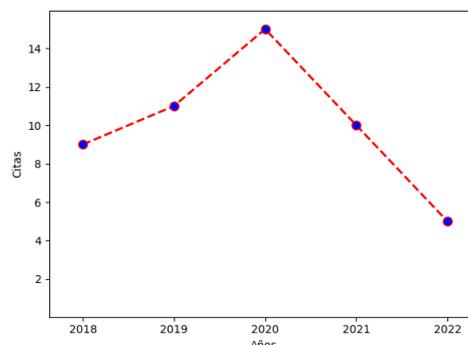


Figura 3: Resultados de Investigaciones por los Últimos Cinco Años

A partir de la investigación, se ha obtenido que la aplicación de IoT y robótica toma una alta prioridad en el año 2020 a comparación a las otras fechas, dando a conocer que las investigaciones en torno a la robótica siguen siendo de alta relevancia para el IoT. Cabe mencionar que este año fue en el que se les dio prioridad a los sistemas a base de IoT debido a la problemática que se tuvo de no poder operar las maquinarias de forma directa, buscando así alternativas que permitieran monitorear y controlar dispositivos automáticamente, sin necesidad de un operario.

III. ESTUDIO IOT

En los últimos años, se ha vuelto necesario que toda la información se encuentre disponible tanto para los usuarios de una maquinaria, así como los otros equipos que interactúan con la misma. Esta información puede abarcar la velocidad a la que se mueve un componente de una máquina, la proximidad que tiene está a otros objetos cercanos, la fuerza con la que efectúa una acción, entre otras. Es por esto que la cantidad de datos que se generan en sistemas de varias industrias deben de ser monitoreados a gran detalle para llevar un control eficiente de los dispositivos y máquinas. Es aquí donde surge el problema de monitoreo de una máquina, pues el usuario no siempre puede estar presente para observar directamente o conectado desde un dispositivo directamente enlazado a la maquinaria para poder apreciar el desempeño del proceso.

Desde que la Industria 4.0 se dio a lugar, rápidamente su uso se ha ido integrando en muchas de las nuevas tecnologías que se han desarrollado en los últimos años. Siendo parte de ella el Internet de las Cosas, los beneficios que ha traído consigo han sido muchos, incluyendo, pero no limitando a la automatización de procesos, recopilación de información, ahorro de costos, entre otros.

A. INTERNET DE LAS COSAS

Internet de las cosas o IoT (Internet of Things) es la conexión de tecnologías integradas que contienen objetos físicos y se utiliza para comunicarse e intelecto o interactuar con los estados

internos o el entorno externo, en lugar de la comunicación de persona a persona, IoT hace hincapié en la comunicación de máquina a máquina [3]. La tecnología IOT ha creado una base sólida para que los usuarios hagan que sus dispositivos existentes sean inteligentes y les permitan conectarse a Internet, lo que permite que los dispositivos intercambien información entre ellos [4]. IOT es el nombre que al avance tecnológico que permite que diferentes aparatos ya sean máquinas o electrodomésticos puedan estar intercomunicados, esto facilita la colección como intercambio de datos lo que permite la automatización de estos.

Se proyectó que más de 26,000 millones de dispositivos se habrán vinculado en el año 2020, mientras que se espera que la cifra aumente a 100 000 millones en 2025, ya que el desarrollo de Internet y la innovación en las TIC llevaron a la norma gradual de IoT en muchas áreas y facilitó el enlace sin fronteras en muchos campos. Como todos los nuevos desarrollos, existe potencial tanto para mayores oportunidades como para mayores riesgos para los consumidores. Y, por supuesto, estos problemas digitales no se limitan solo a las economías avanzadas. Aunque los niveles de penetración difieren, 2000 millones de los 3200 millones de personas en línea en todo el mundo se encuentran en países en desarrollo. Será esencial asegurarse de que los cimientos de un sistema conectado estén diseñados para beneficiar a los ciudadanos y consumidores en todos los lugares [10]. En los últimos años, la inspiración de los dispositivos que se comunican entre sí ha aumentado drásticamente. La comunicación entre objetos hace posible la interacción con otros objetos, como la detección, la identificación y la creación de redes. Como consecuencia de la infinidad de posibilidades de interacción, las aplicaciones IoT se han extendido ampliamente a todos los campos de investigación, y en la actualidad han tomado la delantera en nuevos campos de investigación [5]. A medida que la necesidad de interconectar dispositivos de diferentes áreas, así como la cantidad de usuarios aumenté, será necesario que los componentes y dispositivos fabricados en torno a IoT sean de fácil acceso y manejo para todas las redes.

Para lograr esta interconectividad es necesario la utilización de mecanismos que permitan que los dispositivos logren comunicarse entre sí, estos son lo que conocemos como protocolos de comunicación a continuación, se presentan algunos de los más relevantes en el área IoT.

B. *MQTT (MQ Telemetry Transport)*

El desarrollo de la tecnología de la información y la comunicación requiere que las personas estén más dispuestas a seguir el proceso de desarrollo y adaptarse a la sociedad moderna que puede optimizar el papel de la tecnología tanto en la industria como en el hogar. El concepto de IoT con el protocolo MQTT se puede utilizar como una solución para controlar y monitorear la condición de varios sistemas [1]. El protocolo MQTT se utiliza para juntar información de los

objetos en el Internet de las cosas y transmitirla hacia y desde los servidores[11]. Es por esto que MQTT es usado en gran parte en soluciones IoT ya que permite la recolección como distribución de información mediante la utilización de tópicos los cuales cualquier dispositivo utilizando MQTT en el mismo puerto pueden acceder, facilitando la distribución como el acceso a información entre dispositivos.

C. *NODE-RED*

Node-RED es un método de programación basado en el método de flujo, desarrollado originalmente por el servicio de tecnologías emergentes de IBM. Puede ejecutarse en una computadora con Windows/Linux, en dispositivos como Raspberry e incluso en la nube. NodeRed crea flujos que conectan dispositivos de hardware, API y servicios en la nube, con modelado ofrecido a través de un editor de flujo basado en navegador. Node-RED proporciona una GUI (interfaz gráfica de usuario) donde los usuarios arrastran y sueltan bloques llamados nodos, cada nodo tiene un propósito definido, el nodo recibe información, le da algún tratamiento y luego la pasa al siguiente nodo. La red es responsable del flujo de datos entre los nodos, los nodos representan componentes de un sistema más grande que pueden ser plataformas de software [12]. Node-RED permite recopilar grandes datos en los sistemas IoT y, por lo tanto, proporciona una función de servidor. Los datos de Node-RED se almacenan en una base de datos interna. Los datos recopilados se pueden almacenar en una base de datos creada en algún servidor de base de datos utilizando nodos en Node-RED que lo habiliten. Por lo tanto, la aplicación recupera datos de esa base de datos. Además, los datos recopilados pueden ser procesados para obtener la información deseada y realizar estadísticas y análisis [13]. Ya que Node-RED cuenta con un módulo de tablero el cual permite desarrollar fácilmente una interfaz de usuario [14]. Interfaz de usuario (UI): proporciona a los usuarios una manera fácil de interactuar con el sistema. Node-RED permite diseñar una UI para brindar a los usuarios finales la capacidad de usar el sistema de manera eficiente [15]. Node-RED es un método de programación basado en flujos. Esté puede ser ejecutado por varios aparatos de bajo nivel ya ser una Raspberry PI, Node-Red funciona mayormente bajo módulos los cuales permiten que Node-Red se comunique con diferentes aparatos en una red, al mismo tiempo Node-Red nos proporciona una herramienta para crear interfaces de usuario de manera eficiente.

C. *RED 5G*

El 5G es la tecnología de red celular de quinta generación que brinda acceso de banda ancha, muy baja latencia y conexiones más estables. La red 5G puede aumentar la confiabilidad de la comunicación inalámbrica del robot industrial. La teleoperación es el control remoto de una máquina a través de largas distancias entre ubicaciones. Para que la teleoperación funcione correctamente, tanto la transmisión de video en vivo como el control de la máquina se entregan esencialmente en la estación del operador y en el destino con un retraso mínimo. La

tecnología 5G, que proporciona una latencia 10 veces menor y un ancho de banda 10 veces más rápido que una red 4G, puede superar el desfase temporal [16]. Constantemente se desarrollan nuevas metodologías para controlar las funciones que realiza un bot, lo que incluye software de reconocimiento de voz que analiza los comandos de voz e interpreta los mismos como procedimientos a realizar. Además de los nodos para el reconocimiento de voz en Node-Red, Python tiene módulos que pueden reconocer alrededor de 119 idiomas sin contingencias. Esta metodología es útil cuando está equipada con algoritmos ML. Los robots se pueden configurar de manera efectiva con sensores ultrasónicos que detectan cualquier obstáculo en su camino y se pueden programar para atravesar en consecuencia, pero con la ayuda de un módulo Wi-Fi o un microcontrolador, como Raspberry Pi 3, el usuario puede expresar directamente su / sus comandos en la interfaz y, a través de los principios de IoT, se reciben los datos y, por lo tanto, se puede controlar el bot. Los robots integrados con IoT pueden variar en sus operaciones y diseños, adaptándose a sus funciones y necesidades. IoT tiene múltiples niveles o capas en cada uno de sus protocolos que permiten modelar los bots para sus diferentes procesos. InterBot 1.0 fue un ejemplo de lo mismo, como se discutió en la referencia mencionada. Estaba destinado a monitorear el entorno a través de IoT y era eficiente en términos de temperatura, humedad, detección de gas, etc. y tenía un sistema de comunicación de largo alcance que dependía de un control remoto de 6 canales de 2.4 Ghz y un módulo Bluetooth [17]. Protocolos de comunicación anteriores y los de la actualidad permiten que los canales de comunicación que existen entre las fases de intercambio de datos de los dispositivos de una red que utiliza IoT se vuelvan más eficientes y manejables.

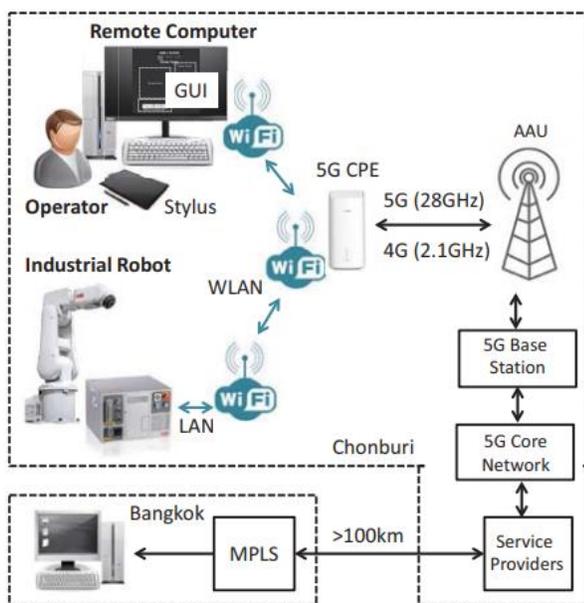


Figura 4: Diagrama de teleoperación en una red 5G[16]

Para la creación de sistemas IoT se pueden utilizar varios microcontroladores. A través del uso de AT Command, un modelo de red de Comunicación Móvil Global (GSM) o Acceso por División de Código (CDMA) puede enviar y recibir un mensaje de texto, es decir, Servicio de Mensajes Cortos (SMS). Esto le permite comunicación IoT a través de la red celular [18]. Otra solución es mediante el módulo de wifi NodeMCU el cual es un firmware y kit de desarrollo de código abierto que desempeña un papel vital en el diseño de un producto IoT adecuado mediante unas pocas líneas de script. El módulo es un microchip que incorpora tanto una pila TCP/IP completa como la capacidad de un microcontrolador ESP8266 el cual se logra conectar a Wi-Fi y es de bajo costo. Otra plataforma que se puede utilizar para programar como monitorear información de componentes IoT es Blynk, la cual cuenta con una aplicación móvil disponible en Android como Ios [6]. En la actualidad existen varios microcontroladores capaces de tener una comunicación IoT ya que nativamente pueden conectarse a Wi-Fi o mediante otro módulo que les permite estar en línea. También existen más soluciones para programar IoT aparte de Node-Red, Blynk es parcialmente gratis, ya que su enfoque es proveer soluciones para empresas, en comparación Node-Red es completamente gratis como código abierto.

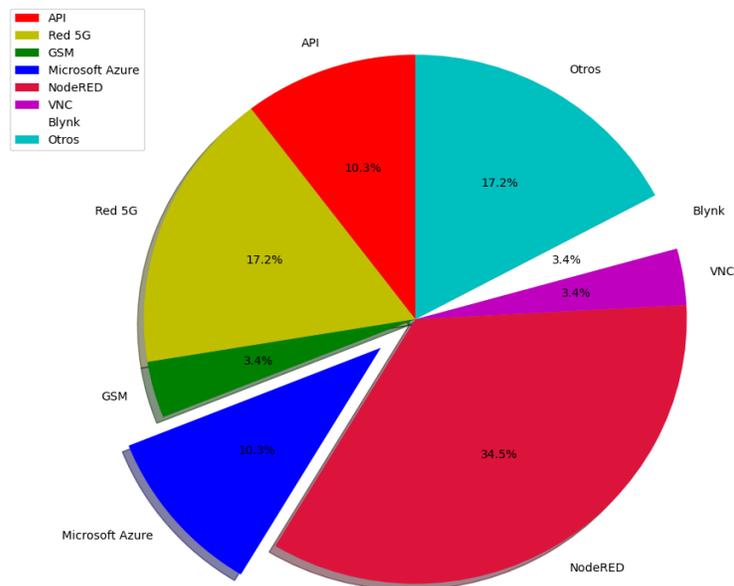


Ilustración 5: Plataformas o Métodos de comunicación utilizados en IoT

La plataforma más utilizada según la investigación es NodeRED, seguida de la comunicación mediante redes 5G y MQTT. NodeRED posee una facilidad al manejo de dispositivos con IoT, generando así un 33.3% en la gráfica. Investigaciones como Integración de sensores IoT a la plataforma Node-RED [13], Tablero basado en NodeRED para

implementar canalizaciones sobre la infraestructura de IoT [15] y Monitoreo remoto aplicando IoT para mejorar el control de la adherencia a la medicación en pacientes geriátricos con un régimen de tratamiento complejo [12] utilizaron esta plataforma.

D. CATEGORÍAS DEL INTERNET DE LAS COSAS

El Internet de las Cosas ha permitido que varios ámbitos de la industria hayan sido modificados para adaptarse al cambio de la Revolución 4.0, desde la medicina, agricultura, domótica, nanotecnología como ejemplos.

Healthcare 4.0 ha cambiado la atención médica convencional de un circuito abierto, pequeño y único a un circuito cerrado, grande y múltiple. En particular, la robótica de atención domiciliar ha sido reconocida como una tecnología emergente con el cambio de paradigma de diseño de Healthcare 4.0. Es notable que los humanos y los robots tengan capacidades complementarias: los humanos son buenos para pensar y planificar, y los robots se especializan en ejecutar tareas de manera eficiente. Por lo tanto, Telerobotics es más confiable para el cuidado en el hogar, ya que compensa las limitaciones de la robótica al integrar las capacidades del robot con la inteligencia humana [19]. Hoy en día, los robots se utilizan ampliamente en las industrias automotriz y eléctrica, pero no se emplean con frecuencia en campos como la industria ligera, la agricultura, la industria alimentaria, la industria forestal y pesquera, la medicina, la confección, etc. Esto se debe a que los objetivos en estas aplicaciones tienen propiedades complejas, como deformidad, fragilidad, grandes variaciones en forma y tamaño, condiciones superficiales, etc. Estas propiedades plantean desafíos para los robots rígidos convencionales. En la última década, la robótica blanda ha estado recibiendo atención como un campo de investigación emergente. Los robots blandos se utilizan en diversas aplicaciones, como en el envasado de alimentos, misiones de búsqueda y rescate, muestreo submarino, rehabilitación médica, entre otros. En aplicaciones agrícolas, se han empleado pinzas robóticas para la cosecha [20]. En una era en la que podemos encontrar productos electrónicos en todas partes, la tecnología ha traído una nueva dimensión a la automatización del hogar. Los 'edificios inteligentes', albergan una serie de sensores que a su vez pueden controlar automáticamente actuadores, cuando el usuario no es quien actúa directamente sobre el edificio. Por lo tanto, los edificios inteligentes combinan dispositivos electrónicos y redes para monitorear las variables ambientales relevantes para la ocupación de un edificio. Muchos sistemas de gestión de edificios inteligentes han surgido en los últimos años [21]. La implementación y avance de IoT ha permitido que su uso se vaya ampliando cada vez más, mejorando así los sistemas ya existentes, así como los creados más recientemente. La cantidad de dispositivos electrónicos que rodean casi cada ámbito de la vida humana permiten que el IoT destaque de manera prominente en el manejo de diferentes procesos.

Se está utilizando tecnología avanzada para hacer que la agricultura de interior sea más eficiente y fácil. Mediante el uso de la tecnología, es muy fácil cambiar la tasa de producción de alimentos. Estos incluyen el monitoreo automático de las plantas, la gestión adecuada de la luz y la ventilación, la adopción de varios arreglos necesarios con un robot y, con IoT, el propietario de la granja puede monitorear desde cualquier lugar y en cualquier momento. Además, al decirle automáticamente al robot cuándo dar fertilizante a los cultivos igualmente puede tomar fotografías de toda la granja y subirlas a un servidor [22]. IoT también ha tenido un impacto económico en las granjas de cangrejos y camarones en China, lo que ha llevado a una disminución significativa en los costos de medicamentos y electricidad. Aún más significativa es la reducción de los costos de mano de obra, ya que los agricultores pueden reaccionar rápidamente a los cambios en la calidad del agua y activar la maquinaria, en lugar de tener que realizar las pruebas manualmente y esperar los resultados esto reduce de mano de obra es especialmente importante por la noche, ya que los agricultores ya no tienen que despertarse para cuidar el agua. Además, los cangrejos y camarones producidos con la ayuda del sistema IoT son más grandes en tamaño y número, lo que genera más ingresos [23]. El IoT se ha utilizado para hacer estas dos industrias mucho más eficientes como más fáciles de manejar ya que el monitoreo como diferentes acciones pueden ser realizadas de manera remota lo cual reduce costos en cientos de áreas, pero se requiere una inversión inicial para implementar estos sistemas IoT. Actualmente, en los países en desarrollo no existe un sistema inteligente para monitorear los parámetros de calidad del agua en los tanques de almacenamiento y distribución de agua potable más con el desarrollo de un sistema de monitoreo inteligente, estas variables en el agua pueden ser monitoreadas de manera eficiente y oportuna, obteniendo datos precisos y en tiempo real. La creación de un sistema electrónico que pueda medir parámetros de calidad del agua representa una solución eficiente para ser aplicable en países en vías de desarrollo [24]. Esto se puede utilizar como ejemplo del por qué es necesario implementar IoT en varios entornos del desarrollo humano, incluyendo, pero no limitando a la robótica.

En los últimos años, la inspiración de los dispositivos que se comunican entre sí ha aumentado drásticamente lo que ha llevado que la comunicación entre objetos hace posible la interacción con otros objetos como la detección, la identificación y la creación de redes, como consecuencia de la infinidad de posibilidades de interacciones entre estos [5]. Esto ha llevado a desarrollos significativos en términos de innovación a varias áreas de aplicación del IOT, las cuales se pueden apreciar en la tabla inferior.

Tabla 1: Tipos de IoT [4] [25] [26] [27] [28] [29] [30].

Nombre	Definición
IoMT (Internet of Medical Things)	El Internet de las Cosas Médicas (IoMT) es una rama del IoT dedicada a la industria de la salud, los sistemas IoMT permiten el monitoreo remoto de pacientes con enfermedades crónicas, lo que puede proporcionar un diagnóstico oportuno de los pacientes que puede salvar su vida en caso de emergencias.
IoNT(Internet of Nano Things)	Los avances en nanotecnología prometen nuevas capacidades para el IoT para monitorear eventos extremadamente detallados con sensores tan pequeños como cien nanómetros, se predice que estos sensores tan pequeños pueden conectarse a Internet usando nanoantenas basadas en grafeno que radian en la banda terahertz.
IoAT(Internet of Agricultural Things)	El Internet de las cosas agrícolas se basa en la integración de IoT en el campo agrícola que lleva a la creación de agricultura inteligente ya que implementa tecnologías de recolección como comunicación de información para optimizar el crecimiento de cultivos.
IoD(Internet of Drones)	El Internet de Drones (IoD) es una versión específica del Internet de las Cosas (IoT) que se enfoca específicamente en vehículos aéreos no tripulados (UAV), también conocidos como drones, este proporciona un acceso controlado a estos drones y está diseñado para coordinar sus movimientos y control del espacio aéreo a través de una arquitectura de control de red.
IIoT(Industrial Internet of Things)	El Internet Industrial de las Cosas (IIoT) mejora el sector industrial al incorporar tecnología avanzada como dispositivos IoT, Big Data, Cloud Computing e IA en los procesos de fabricación.
IoRT(Internet of Robotic things)	El internet de cosas robóticas o IoRT es una percepción de la robótica con inteligencia mecánica inteligente, ya que todos sus componentes están conectados a la red y por ende son más inteligentes y eficientes.

E. INTERNET DE LAS COSAS ROBÓTICAS (IoRT)

Al pasar del dominio Internet de las Cosas al Internet de las Cosas Robóticas (IoRT), la interacción e intervención de las “cosas” con el entorno representan una parte relevante de su actividad. El IoRT se basa en sistemas robóticos basados en IoT, fusionando los mundos digital y físico. El concepto de robots vistos como componentes (“cosas”) de IOT se introdujo por primera vez en. El marco basado en la nube detrás de estos sistemas les permite compartir y recopilar información entre humanos y máquinas [2]. Cuando los robots compatibles con IoRT se comparan con los robots independientes, IoRT se beneficia al detectar la presencia de humanos y permite la interacción entre humanos y robots. Además, la capacidad de detección, la comunicación para evitar de colisiones mediante la interacción humano-robot basada en IoT a través de Internet hace posible la interacción humano-robot sin interacciones físicas [5]. Esto se conoce como Teleoperación, el cual es el control remoto de máquinas a largas distancias. El término general es Robótica Teleoperada la cual se utiliza principalmente en investigación, educación y uso público en general [4]. El IoRT es un concepto basado en sistemas robóticos basados en IoT que combinan el mundo digital y físico. El marco basado en la nube detrás de estos sistemas permite compartir y recolectar información entre humanos y máquinas, esta interacción puede ser facilitada por el internet la cual permite una interacción humano-robots sin interacciones físicas, y a esto se le conoce como Robótica Teleoperada.

El acabado de superficies, por ejemplo, esmerilado y pulido, es un proceso clave para mejorar la calidad de la pieza de trabajo en la ingeniería de precisión. Sin embargo, muchas tareas de acabado de superficies aún son realizadas manualmente por trabajadores calificados, lo que conduce a una baja eficiencia, inconsistencia en la calidad del acabado y un ambiente de trabajo peligroso. Para abordar los problemas del acabado manual de superficies, el acabado robótico es una solución prometedora, que ha llamado mucho la atención tanto de la academia como de la industria no solo por su rentabilidad, sino también por su calidad constante. Dado que los robots industriales están bien desarrollados y disponibles comercialmente, el desarrollo de efectores finales controlados por fuerza de alto rendimiento se convierte en un tema de investigación importante [31]. Los robots han sido fundamentales en la realización de operaciones para humanos desde hace siglos en las industrias de fabricación, almacenamiento y fines similares, mientras que en los hogares han sido eficientes para realizar las tareas del hogar. Al ser una máquina programable, las tareas que realiza un robot pueden ser codificadas y controladas de forma autónoma por una placa microcontroladora [17]. A lo largo de las últimas décadas, se han realizado importantes esfuerzos de investigación para desarrollar dispositivos de agarre y resolver los problemas de agarre correspondientes. Hasta la fecha, varios dispositivos de agarre propuestos se pueden dividir principalmente en dos categorías: manos antropomórficas y pinzas industriales Para

aplicaciones industriales, debido a la alta velocidad, alta precisión, buena confiabilidad y suficiente generalidad, las pinzas industriales son más adecuadas que las manos antropomórficas [19]. Es por eso que el desarrollo de componentes robóticos se ven sumamente beneficiados de la introducción de IoT a la robótica, dando lugar así al IoRT.

El Internet de las cosas robóticas (IoRT) es un campo desarrollado recientemente que se centra en la integración de marcos de inteligencia de máquinas basados en IoT y robótica. En IoRT, los agentes inteligentes monitorean las actividades e integran datos de sensores para determinar el mejor curso de acción [7]. IoT se ha integrado con tecnología inteligente y algoritmos de aprendizaje automático para desarrollar sistemas complejos e inteligentes que, cuando se combinan con actuadores y sensores, son altamente eficientes para el procesamiento de datos y la transferencia instantánea. Esto se observa en varios escenarios industriales y de atención médica, donde los equipos se controlan y los datos se monitorean en función de IoT [17]. El Internet de las Cosas Robóticas también está sentando una base sólida para el desarrollo de Industria 4.0 o Fábricas Inteligentes. Estas fábricas se caracterizan por el uso de tecnología de sensores sofisticada y de última generación, donde se realiza la mayor parte del trabajo y todo el personal que trabaja puede responder rápidamente a cualquier cambio que de otro modo pasaría desapercibido. La Industria 4.0 o Internet industrial, también conocida como "Sistemas físicos cibernéticos", une el mundo físico y el digital [4]. IoT a lo largo del tiempo, se ha integrado con tecnología inteligente, algoritmos de aprendizaje automático, entre otros, para desarrollar sistemas complejos e inteligentes que, al incorporar actuadores y sensores, son altamente eficientes para el procesamiento de datos y la transferencia instantánea. Esto se observa en varios escenarios industriales y de atención médica, donde los equipos se controlan y los datos se monitorean en función de IoT. Los protocolos estándar como TCP/IP se usan ampliamente en la comunicación de máquina a máquina y se están aplicando en varios campos, como la agricultura, el ejército, la robótica, etc. para formar IoRT, es decir, Internet de las cosas robóticas. Los bots humanoides, móviles, enjambres y voladores entran en esta categoría como aplicaciones de IoRT, encontrando diversos objetivos en los campos mencionados anteriormente [17]. El IoRT al integrar IoT con la robótica crea sistemas inteligentes para procesar cómo transferir información, ya ser usando inteligencia artificial como otras soluciones inteligentes, es por esto que IoRT ha sido la base de la industria 4.0 ya que permite la creación de fábricas inteligentes las cuales permiten una respuesta rápida a cualquier cambio en el proceso de producción.

IV. CONCLUSIÓN

La tecnología del internet de las cosas está presente en varias de las industrias presentes de la investigación, siendo parte fundamental de la Revolución 4.0 y volviéndose presente en

todos los nuevos dispositivos que se están desarrollando y siendo implementado en sistemas ya existentes. Esta tecnología depende totalmente de los protocolos de comunicación que permiten la interconectividad de todos los dispositivos dentro de la red, concluyendo así que Node-RED es uno de los más utilizados en las industrias actuales por su fácil acceso, manejo y utilidad. Eventualmente, la tecnología se verá puesta alrededor del Internet de las Cosas, convirtiendo así a los dispositivos desarrollados sin esta en dispositivos obsoletos.

Es por esto que una de las áreas más relevantes del Internet de las cosas es la robótica, ya que poder controlar como monitorear robots desde cualquier dispositivo inteligente es esencial para incrementar la efectividad de cualquier industria.

REFERENCIAS

- [1] M. Qomaruddin, M. S. Mubarak, and S. Mulyono, "Plant watering system on the basis of internet of things (IoT) with protocol of message queue telemetry transport (MQTT)," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2173, no. 1, p. 020003, Nov. 2019, doi: 10.1063/1.5133918.
- [2] B. Andò *et al.*, "An Introduction to Patterns for the Internet of Robotic Things in the Ambient Assisted Living Scenario," *Robotics*, vol. 10, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2021, doi: 10.3390/robotics10020056.
- [3] Er. P. Yadav, Er. A. Mittal, and H. Yadav, "IoT: Challenges and Issues in Indian Perspective," in *2018 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, Feb. 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/IoT-SIU.2018.8519869.
- [4] R. S. Bath, A. Nayyar, and A. Nagpal, "Internet of Robotic Things: Driving Intelligent Robotics of Future - Concept, Architecture, Applications and Technologies," in *2018 4th International Conference on Computing Sciences (ICCS)*, Aug. 2018, pp. 151–160. doi: 10.1109/ICCS.2018.00033.
- [5] H. Su *et al.*, "Internet of Things (IoT)-based Collaborative Control of a Redundant Manipulator for Teleoperated Minimally Invasive Surgeries," in *2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, May 2020, pp. 9737–9742. doi: 10.1109/ICRA40945.2020.9197321.
- [6] G. Singh, A. K. Singh, A. Yadav, I. Bhardwaj, and U. Chauhan, "IoT developed Wi-Fi Controlled Rover With Robotic Arm Using NodeMCU," in *2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN)*, Dec. 2020, pp. 497–501. doi: 10.1109/ICACCCN51052.2020.9362956.
- [7] P. Anantha Raj and M. Srivani, "Internet of Robotic Things Based Autonomous Fire Fighting Mobile Robot," in *2018 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICIC)*, Dec. 2018, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICIC.2018.8782369.
- [8] R. Karthikeyan, R. Kumar, P. G. Bhat, M. P. Kumar, and R. M. Priya, "Garbage bin monitoring system using IOT," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2271, no. 1, p. 030018, Sep. 2020, doi: 10.1063/5.0024753.
- [9] F. Lemus-Prieto, J. F. Bermejo Martín, J.-L. González-Sánchez, and E. Moreno Sánchez, "CultivData: Application of IoT to the Cultivation of Agricultural Data," *IoT*, vol. 2, no. 4, Art. no. 4, Dec. 2021, doi: 10.3390/iot2040029.
- [10] S. Aziz and S. N. C. M. Nasir, "Internet of things (IoT) and smart home technology in Malaysia: Issues and challenges for research in adoption IoT and latest technology for home building," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2347, no. 1, p. 020094, Jul. 2021, doi: 10.1063/5.0053680.
- [11] P. Pratim Ray, L. Chettri, and N. Thapa, "IoRCar: IoT Supported Autonomic Robotic Movement and Control," in *2018 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC)*, Mar. 2018, pp. 077–083. doi: 10.1109/ICCPEIC.2018.8525216.
- [12] E. Chavez, B. Sifuentes, R. Vidal, J. Grados, S. Rubiños, and A. Cuzcano, "Remote Monitoring Applying IoT to Improve Control of Medication Adherence in Geriatric Patients with a complex Treatment Regimen, Lima-Peru | Proceedings of the 2020 3rd International

- Conference on Electronics and Electrical Engineering Technology.” <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3429536.3429543> (accessed Mar. 17, 2023).
- [13] M. Lekić and G. Gardašević, “IoT sensor integration to Node-RED platform,” in *2018 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, Mar. 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/INFOTEH.2018.8345544.
- [14] C. Ashhwath, V. Rohitram, and G. Sumathi, “Smart Parking System using MQTT Communication Protocol and IBM Cloud,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2115, no. 1, p. 012013, Nov. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2115/1/012013.
- [15] G. Tricomi, Z. Benomar, F. Aragona, G. Merlino, F. Longo, and A. Puliafito, “A NodeRED-based dashboard to deploy pipelines on top of IoT infrastructure,” in *2020 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, Sep. 2020, pp. 122–129. doi: 10.1109/SMARTCOMP50058.2020.00036.
- [16] K. Yaovaja and J. Klunngien, “Teleoperation of an Industrial Robot using a Non-Standalone 5G Mobile Network,” in *2019 IEEE Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)*, Oct. 2019, pp. 320–323. doi: 10.1109/ECICE47484.2019.8942700.
- [17] R. Ray, R. Shanker, H. Gupta, M. Sharan, and S. Mohanty, “Automated Quadruped Robot Simulation using Internet of Things and MATLAB,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2115, no. 1, p. 012022, Nov. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2115/1/012022.
- [18] Y. Tan, A. R. Prasetyo, D. Dwi Putra, E. Wismiana, R. Gunawan, and A. Munir, “IoT-based Sensor System for Stop Line Traffic Area Using ATmega2560 Microcontroller,” in *2020 14th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)*, Nov. 2020, pp. 1–4. doi: 10.1109/TSSA51342.2020.9310876.
- [19] H. Zhou, G. Yang, H. Lv, X. Huang, H. Yang, and Z. Pang, “IoT-Enabled Dual-Arm Motion Capture and Mapping for Telerobotics in Home Care,” *IEEE J. Biomed. Health Inform.*, vol. 24, no. 6, pp. 1541–1549, Jun. 2020, doi: 10.1109/JBHI.2019.2953885.
- [20] R. Kanegae, Z. Wang, and S. Hirai, “Easily Fabricatable Shell Gripper for Packaging Multiple Cucumbers Simultaneously,” in *2020 IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics (RCAR)*, Sep. 2020, pp. 188–192. doi: 10.1109/RCAR49640.2020.9303297.
- [21] N. Havard, S. McGrath, C. Flanagan, and C. MacNamee, “Smart Building Based on Internet of Things Technology,” in *2018 12th International Conference on Sensing Technology (ICST)*, Dec. 2018, pp. 278–281. doi: 10.1109/ICSensT.2018.8603575.
- [22] A. Z. M. Tahmidul Kabir, A. M. Mizan, N. Debnath, A. J. Ta-sin, N. Zinnurayen, and Md. T. Haider, “IoT Based Low Cost Smart Indoor Farming Management System Using an Assistant Robot and Mobile App,” in *2020 10th Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)*, Aug. 2020, pp. 155–158. doi: 10.1109/EECCIS49483.2020.9263478.
- [23] R. Ramanathan, Y. Duan, J. Valverde, S. Van Ransbeeck, T. Ajmal, and S. Valverde, “Using IoT Sensor Technologies to Reduce Waste and Improve Sustainability in Artisanal Fish Farming in Southern Brazil,” *Sustainability*, vol. 15, no. 3, Art. no. 3, Jan. 2023, doi: 10.3390/su15032078.
- [24] S. Retes Calix and R. Castro Castro, “Water Quality Parameter Monitoring System Using Low Power Wide Area Network Technology (LPWAN) and Internet of Things (IoT),” in *Proceedings of the 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: Engineering, Integration, And Alliances for A Sustainable Development* “Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on A Knowledge-Based Economy,” 2020. doi: 10.18687/LACCEI2020.1.1.59.
- [25] S. E. Arefin, T. Ashrafi Heya, and J. Uddin, “Real-life Implementation of Internet of Robotic Things Using 5 DoF Heterogeneous Robotic Arm,” in *2018 Joint 7th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) and 2018 2nd International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (icIVPR)*, Jun. 2018, pp. 486–491. doi: 10.1109/ICIEV.2018.8641019.
- [26] A. Ghubaish, T. Salman, M. Zolanvari, D. Unal, A. Al-Ali, and R. Jain, “Recent Advances in the Internet-of-Medical-Things (IoMT) Systems Security,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 11, pp. 8707–8718, Jun. 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3045653.
- [27] N. Hassan, C. T. Chou, and M. Hassan, “eNEUTRAL IoNT: Energy-Neutral Event Monitoring for Internet of Nano Things,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 6, no. 2, pp. 2379–2389, Apr. 2019, doi: 10.1109/JIOT.2019.2907046.
- [28] A. K. Das, B. Bera, M. Wazid, S. S. Jamal, and Y. Park, “iGCACS-IoD: An Improved Certificate-Enabled Generic Access Control Scheme for Internet of Drones Deployment,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 87024–87048, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3089871.
- [29] L. R. Delfino, A. S. Garcia, and R. L. de Moura, “Industrial Internet of Things: Digital Twins,” in *2019 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)*, Nov. 2019, pp. 1–3. doi: 10.1109/IMOC43827.2019.9317591.
- [30] S. P. Mohanty, “Internet-of-Agro-Things (IoAT) Makes Smart Agriculture,” *IEEE Consum. Electron. Mag.*, vol. 10, no. 4, pp. 4–5, Jul. 2021, doi: 10.1109/MCE.2021.3074775.
- [31] G. Yang, R. Zhu, Z. Fang, C.-Y. Chen, and C. Zhang, “Kinematic Design of a 2R1T Robotic End-Effector With Flexure Joints,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 57204–57213, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2982185.