

ISSN 2531-2960

Volumen 3, Número 11 — Julio — Septiembre - 2019

Revista del Desarrollo Tecnológico



ECORFAN-Spain

Editor en Jefe

BANERJEE, Bidisha. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista del Desarrollo Tecnológico, Volumen 3, Número 11, de Julio a Septiembre - 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Moralarzal -Madrid. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editor en Jefe: BANERJEE, Bidisha. PhD. ISSN: 2531-2960. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Revista del Desarrollo Tecnológico

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de desarrollo tecnológico, tecnología digital, impacto tecnológico, enseñanza con ayuda de ordenador, fiabilidad de los ordenadores, heurística, informática, instrucciones aritméticas de máquina, inteligencia artificial, lenguajes algorítmicos, lenguajes de programación

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista del Desarrollo Tecnológico es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Spain, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de desarrollo tecnológico, tecnología digital, impacto tecnológico, enseñanza con ayuda de ordenador, fiabilidad de los ordenadores, heurística, informática, instrucciones aritméticas de máquina, inteligencia artificial, lenguajes algorítmicos, lenguajes de programación con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD
Academia de Ciencias de Polonia

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD
Center of Research in Mathematics

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD
University of Southampton

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD
Centro de Microelectrónica de Barcelona

NAZARIO - BAUTISTA, Elivar. PhD
Centro de Investigacion en óptica y nanofisica

MAYORGA - ORTIZ, Pedro. PhD
Institut National Polytechnique de Grenoble

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD
Intitut National Polytechnique Toulouse

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD
Université des Sciencies et Technologies de Lille

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD
Universidad Central del Ecuador

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

Comité Arbitral

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

PALMA, Oscar. PhD
Instituto Tecnológico de Conkal

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD
Universidad de Guanajuato

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD
Universidad de Guadalajara

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CRUZ - BARRAGÁN, Aidee. PhD
Universidad de la Sierra Sur

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista del Desarrollo Tecnológico emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Spain considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de desarrollo tecnológico, tecnología digital, impacto tecnológico, enseñanza con ayuda de ordenador, fiabilidad de los ordenadores, heurística, informática, instrucciones aritméticas de máquina, inteligencia artificial, lenguajes algorítmicos, lenguajes de programación y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

Presentación del Contenido

En el primer artículo se presenta, *Sistema de Monitoreo y Control Automatizado de Nivel para Contenedores de Líquidos no Corrosivos, de Uso Doméstico y Comercial* por BÁEZ-IBARRA, Alejandro, ENRÍQUEZ-NICOLÁS, Mario, LUNA-SALINAS, Francisco Antonio y ROJAS-SANTOS, Guadalupe con adscripción Instituto Tecnológico de Pochutla e Instituto Tecnológico de Salina Cruz, como siguiente artículo está *Diseño, desarrollo e implementación de una celda de manufactura didáctica para ingeniería mecatrónica en la UPTx* por CANO-CORONA, Ariana, PEREZ-SERRANO, Froylan, AGUILAR-AGUILAR, Álvaro y HERNANDEZ-ZEMPOALTECATL, Rodrigo con adscripción Universidad Politécnica de Tlaxcala, como siguiente artículo está *Optimización del tiempo de barrenado en perfiles de aluminio* por SANTILLAN-VALDELAMAR, Maria Guadalupe, DIMAS-DÍAZ, Francelin, SERRANO-GONZÁLEZ, Sergio y RAMOS-HERNÁNDEZ, Christopher Antonio con adscripción Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, como siguiente artículo está *Detección de anomalías en redes de sensores inalámbricos* por VADILLO-MEJÍA, C., MOOMENA, F. y GÓMEZ-MONTALVO, J. con adscripción en la Universidad Autónoma de Yucatán.

Contenido

Artículo	Página
Sistema de Monitoreo y Control Automatizado de Nivel para Contenedores de Líquidos no Corrosivos, de Uso Doméstico y Comercial BÁEZ-IBARRA, Alejandro, ENRÍQUEZ-NICOLÁS, Mario, LUNA-SALINAS, Francisco Antonio y ROJAS-SANTOS, Guadalupe <i>Instituto Tecnológico de Pochutla</i> <i>Instituto Tecnológico de Salina Cruz</i>	1-8
Diseño, desarrollo e implementación de una celda de manufactura didáctica para ingeniería mecatrónica en la UPTx CANO-CORONA, Ariana, PEREZ-SERRANO, Froylan, AGUILAR-AGUILAR, Álvaro y HERNANDEZ-ZEMPOALTECATL, Rodrigo <i>Universidad Politécnica de Tlaxcala</i>	9-13
Optimización del tiempo de barrenado en perfiles de aluminio SANTILLAN-VALDELAMAR, Maria Guadalupe, DIMAS-DÍAZ, Francelin, SERRANO-GONZÁLEZ, Sergio y RAMOS-HERNÁNDEZ, Cristopher Antonio <i>Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo</i>	14-21
Detección de anomalías en redes de sensores inalámbricos VADILLO-MEJÍA, C., MOO-MENA, F. y GÓMEZ-MONTALVO, J. <i>Universidad Autónoma de Yucatán</i>	22-37

Sistema de Monitoreo y Control Automatizado de Nivel para Contenedores de Líquidos no Corrosivos, de Uso Doméstico y Comercial

Automated Level Monitoring and Control System for Containers of Non-Corrosive Liquids, for Domestic and Commercial Use

BÁEZ-IBARRA, Alejandro^{1†*}, ENRÍQUEZ-NICOLÁS, Mario², LUNA-SALINAS, Francisco Antonio² y ROJAS-SANTOS, Guadalupe¹

¹Instituto Tecnológico de Pochutla

²Instituto Tecnológico de Salina Cruz

ID 1^{er} Autor: *Alejandro, Báez-Ibarra* / **ORC ID:** 0000-0002-1935-2482, **CVU CONACYT ID:** 537153

ID 1^{er} Coautor: *Mario, Enríquez-Nicolás* /

ID 2^{do} Coautor: *Francisco Antonio, Luna-Salinas* /

ID 3^{er} Coautor: *Guadalupe, Rojas-Santos* / **ORC ID:** 0000-0002-6743-065X y **CVU CONACYT ID:** 999419

DOI: 10.35429/JTD.2019.11.3.1.8

Recibido: 20 de Julio, 2018; Aceptado 10 de Septiembre, 2018

Resumen

La automatización de procesos a día de hoy, es una de las necesidades presentes en la sociedad como consecuencia de lo ineficiente que resulta ser la realización de ciertas tareas sin mecanismos que las optimicen, ya sea por cuestiones de tiempo, eficiencia, y en general por todo el avance tecnológico que ya se tiene, estos mecanismos han quedado obsoletos. El presente documento, muestra una respuesta a esta situación, específicamente enfocada a procesos de gestión de líquidos, la implementación de un Sistema de Monitoreo y Control Automatizado de Nivel para Contenedores no Corrosivos de uso doméstico como comercial. La adecuada selección de los componentes que integran este sistema permitirá su fácil accesibilidad, con respecto al costo que ello implica, su estructura estará diseñada de tal forma que reduzca el mínimo el tiempo de ejecución, que integre más de un control, y que su interfaz sea lo más amigable posible con el operador. Esto permite, que sea un sistema fácil de usar, mejorando en gran medida el tiempo de respuesta en su realización, así también, permitirá tener un mayor control en la capacidad del nivel de los contenedores reduciendo de esta forma el gasto de líquidos que se puede suscitar por algún descuido.

Monitoreo, Contenedores, Líquidos

Abstract

The automation of processes today is one of the present needs in society as a result of the inefficiency that results from carrying out certain tasks without mechanisms that optimize them, whether due to time, efficiency, and in general All the technological progress that we already have, these mechanisms have become obsolete. This document shows a response to this situation, specifically focused on liquid management processes, the implementation of a Level Automated Monitoring and Control System for non-corrosive containers for domestic and commercial use. The adequate selection of the components that make up this system will allow its easy accessibility, with respect to the cost that this implies, its structure will be designed in such a way that it minimizes the execution time, that integrates more than one control, and that its interface Be as friendly as possible with the operator. This allows it to be an easy-to-use system, greatly improving the response time in its realization, as well as it will allow to have a greater control in the capacity of the level of the containers reducing in this way the expenditure of liquids that can be arouse by some carelessness.

Monitoring, Containers, Liquids

Citación: BÁEZ-IBARRA, Alejandro, ENRÍQUEZ-NICOLÁS, Mario, LUNA-SALINAS, Francisco Antonio y ROJAS-SANTOS, Guadalupe. Sistema de Monitoreo y Control Automatizado de Nivel para Contenedores de Líquidos no Corrosivos, de Uso Doméstico y Comercial. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019 3-11: 1-8

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: abaezi@itpochutla.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Tener un sistema que automatice un proceso en la actualidad es una enorme diferencia en contraste aquellos que no lo tienen, no solo por el hecho de reducir el trabajo, sino más aún porque hace eficiente la ejecución, e incrementa el tiempo para la realización de otros procesos que así lo requieran. En el Instituto Tecnológico de Pochutla, se presenta la situación de la falta de un sistema que monitoree el llenado de los tanques utilizados para abastecer a todo el alumnado, y personal administrativo, y que cuente con características específicas, brindando la elección de ser tanto de uso doméstico como comercial, además de ampliar su adquisición por su bajo costo, al estar formado por componentes exactos que cumplan con su funcionamiento, y en suma sea fácil de usar. En las siguientes secciones se presenta, la metodología para la creación de un sistema y sus partes, explicando detalladamente el proceso de desarrollo, los resultados y las conclusiones obtenidas al finalizar su creación.

Método y metodología

Con el propósito de comprender a profundidad y precisión el objeto de estudio en cuestión, ello implica su funcionamiento, fue necesario conocer detalladamente cada una de las partes que lo componen, y que resultan ser imprescindibles para su correcta ejecución, de este modo, al estudiarlas de forma particular, fue posible determinar las relaciones que existen entre ellas, y la manera en cómo estas afectan la operatividad total del sistema, conociendo así la naturaleza misma del fenómeno. Esto permite que, al comenzar partiendo de lo concreto a lo abstracto, sea posible la incorporación de nuevos conocimientos, con lo cual se obtienen mejores resultados a medida en que todas sus partes son examinadas.

Por lo anterior, y teniendo en cuenta que el objetivo principal del desarrollo del tema de investigación, fue la creación de un sistema de monitorio y control automatizado de nivel para contenedores de líquidos no corrosivos de uso tanto doméstico como comercial, y aunado a que a su vez tuviese las particularidades de ser un sistema eficiente, eficaz, flexible y económico; se procedió a aplicar el método analítico, dado a que, a través de su carácter cognoscitivo, permite generar nuevos criterios y teorías que contribuyen a dar una mejor solución al problema planteado.

El proceso que se llevó a cabo para su desarrollo, consta de las siguientes etapas expuestas a continuación.

Recopilación de la información

Esta primera etapa consistió en el estudio de manera general de los sistemas de monitorio y control de líquidos que se encontraban en existencia, los cuales dependiendo al contexto y finalidad variaban con respecto a su funcionamiento y/o composición. Por ello, se hizo énfasis solo en las especificaciones técnicas de sus componentes, como resultado se obtuvo información relevante acerca de las distintas formas en las que se puede abordar una situación en mayor o menor medida similar. Asimismo, se estudió la posibilidad de utilizar otro tipo de componentes a los previamente estudiados, con el motivo de que estos propiciaran una mayor optimización en los recursos del sistema, eficiencia, eficacia, flexibilidad, y que fuesen de fácil adquisición.

Análisis de la estructura y funcionamiento del sistema con base en el estudio de sus partes

La finalidad de esta siguiente etapa fue observar las distintas formas de estructurar un sistema de este tipo. Para ello, con base en los componentes examinados en la etapa anterior, se llevó a cabo un contraste entre cada uno de estos, analizando el posible comportamiento que tendrían al ser aplicados en el sistema, y como sus características intrínsecas afectarían el funcionamiento, tales como su dimensión, voltaje de operación, interfaz, corriente de alimentación, el uso de complementos, entre otros. A partir de este análisis se determinó que la creación del sistema puede llevarse a cabo con la incorporación y selección de diferentes componentes, por lo cual su desarrollo e implementación puede variar notoriamente, requiriendo en algunos casos mayor control en el aspecto físico que en el lógico, o viceversa.

Análisis del problema

Para continuar con la siguiente etapa, enfocada a dar alternativas de solución al problema planteado, antes fue necesario comprender ampliamente el contexto en el que se abordaba, verificando de esta forma su existencia, al aplicar distintas técnicas de análisis que permitieron examinar a profundidad sus factores más importantes:

1. Los *efectos* que ocasiona.
2. Las *causas* que lo provocan.

Una vez definido estos dos aspectos, se hizo posible desglosar en proporciones más simples el problema principal, lo cual hizo más rápido y preciso el proceso de identificación y selección de posibles soluciones.

Identificación de alternativas de solución

Tras el análisis de los factores involucrados en el problema planteado, se tuvieron las pautas para la formulación de las posibles propuestas de solución; para ello se aplicaron una serie de filtros sobre las alternativas seleccionadas, descartando rigurosamente cada una de ellas, hasta optar por la que más se adecuaba al contexto del problema.

En otras palabras, después de llevar a cabo un gran número de revisiones, se seleccionó aquella propuesta que brindará, la fiabilidad y eficiencia necesaria para implementar el sistema, basándose principalmente en los siguientes criterios: dimensión, resistencia, corriente de alimentación, y costo, esto con respecto a los componentes electrónicos que se utilizarían, del mismo modo se consideró como un criterio fundamental el proceso de selección de las plataformas o entornos de desarrollo que más se adecuaban a la situación.

Herramientas utilizadas para la implementación de la solución del problema

Para llevar a cabo la implementación de la propuesta de solución previamente seleccionada, se hizo uso de las siguientes herramientas:

1. Componentes electrónicos, entre los principales se encuentran:
 - Arduino Uno
 - Módulo Ethernet ENC28J60
 - Sensor ultrasónico resistente al agua JSN-SR04T
 - Relevador
 - Cable Ethernet UTP 8 Cat 5
 - Jumpers

2. Plataformas o Entornos de desarrollo Integrado (IDEs, por sus siglas en inglés).
 - Arduino Software (IDE). Esta plataforma electrónica se encuentra enfocada en la programación de un microcontrolador, por lo cual integra un conjunto de herramientas de programación para tal fin.
 - LabVIEW. Esta plataforma consiste en el diseño de sistemas hardware y software, es decir, permite la conexión, sincronización, y ejecución de un circuito completo, así como de su interfaz gráfica.
3. Complementos.
 - UIPEthernet. Biblioteca de Ethernet para ENC28J60.
 - Ultrasonic. Biblioteca para el módulo de ultrasonido de Arduino.

Diseño del Sistema de Monitoreo y Control Automatizado de Nivel para Contenedores de Líquidos no Corrosivos, de Uso Doméstico y Comercial (Circuito)

En función a las características propias de los componentes electrónicos, el diseño del sistema a nivel físico, se realizó a través de la integración sucesiva de cada una de sus partes, verificando su correcta funcionalidad al momento de agregar un nuevo componente.

Se comenzó por llevar a cabo la conexión entre la placa de Arduino UNO con el módulo Ethernet ENC28J60, esto con el motivo de establecer desde un principio comunicación en red entre la parte física del sistema con su interfaz gráfica o panel de monitoreo y control, prescindiendo así de la necesidad de realizar una conexión directa y cableada entre ambos, por lo que su interacción sería efectuada remotamente dentro de una misma red. Después de corroborar la funcionalidad de las primeras conexiones y seleccionar apropiadamente las bibliotecas compatibles para mejorar el uso del Sensor ultrasónico resistente al agua JSN-SR04T; éste se incorporó a la estructura del sistema, conectándose directamente al microcontrolador, es decir, a la placa de Arduino UNO.

En general, todas las conexiones entre componentes fueron realizadas siguiendo el mismo proceso. Cabe destacar que, los distintos protocolos y bibliotecas utilizados para establecer la comunicación entre cada componente, fueron relevantes para el diseño final, por lo que para probar su funcionamiento se tuvo que programar parte del código que les indicaba la funcionalidad requerida para el sistema en sí.

Diseño del Sistema de Monitoreo y Control Automatizado de Nivel para Contenedores de Líquidos no Corrosivos, de Uso Doméstico y Comercial (Interfaz gráfica)

Una vez terminado el diseño del sistema en el nivel físico, y programado parte de las acciones a realizar para cada uno de los componentes, mediante el uso del Arduino Software (IDE); se diseñó la interfaz gráfica del sistema a través del uso de la plataforma LabVIEW, la misma que mostraría y controlaría de manera remota (sin la necesidad de que esta, permaneciese junto al circuito) la cantidad de líquido contenido en un tanque; en este caso con una capacidad de 1,100 litros, y una altura de 1.50 m, esto mediante los valores obtenidos por el sensor ultrasónico, que reflejarían dicha cantidad.

Asimismo, dependiendo al estado del tanque, si este se encuentra vacío o lleno; el relevador contenido en el circuito actúa como un interruptor, prendiéndose y apagándose, según sea el caso, es decir, permitiendo o denegando el paso del líquido al contenedor. Es importante resaltar que, durante el diseño y programación de la interfaz gráfica, se hizo imprescindible el uso de determinadas variables estáticas, por ejemplo, al definir la dirección IP del módulo Ethernet y el número de puerto que usaría o al establecer valores por defecto cuando el sistema es ejecutado por primera vez, entre otros casos.

Prototipado

Para la elaboración y diseño del prototipo se tuvo que llevar a cabo la soldadura entre los distintos componentes, de tal forma que su tamaño final una vez unificados fuese lo más compacto posible, aumentado en gran medida el espacio libre dentro de su contenedor que los mantendría en resguardo de factores externos, entre algunos como la intemperie, altas temperaturas, fuertes viento, lluvias ácidas.

Posterior al ensamblado de los componentes, se perforó el contenedor para permitir la salida del cabezal del sensor ultrasónico al exterior, y la salida del cable ethernet que estaría conectado al modem, router, o switch más cercano, en este caso se utilizó un router; con esto se consiguió aumentar la protección, y disminuir la corrosión en los componentes por causas externas.

Resultados

El proceso que se realizó para la creación del sistema, consistió en conocer en primer lugar, cuáles eran las opciones de componentes más óptimos para desarrollar un sistema con las siguientes características:

- Visualización y control mediante interfaz gráfica (Panel de Monitoreo y Control).
- Comunicación y acceso a datos a distancias largas.
- Eficiencia en su funcionamiento.
- Seguridad en sus mediciones.
- Resistencias a factores externos.
- Implementación en diferentes entornos: doméstico y comercial.
- Tamaño reducido o compacto (ensamblaje a una sola pieza).
- Bajo costo.

De modo que, el sistema fue desarrollado inicialmente con la implementación del módulo Ethernet ENC28J60, cuya comunicación es mediante el protocolo denominado Interfaz Periférica Serial (ISP, por sus siglas en inglés), este protocolo es utilizado para comunicar un microcontrolador con otro y con periféricos.

En este tipo de comunicación siempre se encuentra presente un dispositivo llamado maestro, por lo general suele ser un microcontrolador, y uno o más de un periférico que es controlado por este.

Aquí fue necesaria la realización de una adecuada conexión con Arduino Uno, debido a que dependiendo a la placa a utilizar su conexión ya se encuentra determinada por defecto, en este caso con los pines 10 (CS), 11 (SI), 12 (SO), y 13 (SCK), como se muestra en la siguiente figura.

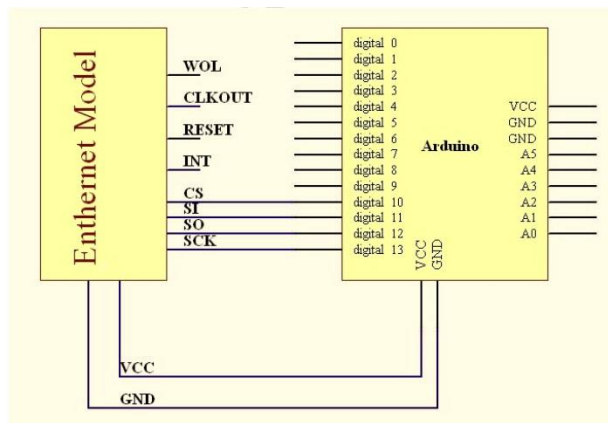


Figura 1 Conexión

Fuente: <http://tecnotinker.blogspot.com/2012/07/uso-del-modulo-ethernet-enc28j60-con.html>

El módulo Ethernet ENC28J60 a diferencia del Ethernet shield Wiznet W5100 con un costo más elevado no es compatible con la biblioteca Ethernet propia de Arduino, no obstante, tiene completa compatibilidad con la biblioteca UIPEthernet, la cual se utilizó para establecer interacción entre todos los componentes que constituyen la parte física del sistema, y el panel. Esta característica se logró a partir de establecer comunicación en red utilizando los protocolos TCP/IP, y como resultado se obtuvo un sistema con una mayor flexibilidad para ser aplicado en distintos entornos al contar con la capacidad de ser monitoreado y controlado remotamente dentro de una misma red.

Con base en lo anterior, las acciones para establecer dicha comunicación fueron: la asignación de la dirección IP 10.185.127.149, la dirección MAC 0x1A, 0xAE, 0xBE, 0xEF, 0xEF, 0xDE, y el puerto número 8000 como valores estáticos a la parte física del sistema formada por los componentes electrónicos en cuestión; y la verificación de que estos datos fueron cargados correctamente, para lo cual se efectuaron pruebas de respuesta, como la ejecución del comando ping en la consola de Windows, corroborando que la dirección IP especificada era accesible desde red.

```
Haciendo ping a 10.185.127.149 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.185.127.149: bytes=32 tiempo=15ms TTL=128
Respuesta desde 10.185.127.149: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 10.185.127.149: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 10.185.127.149: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128

Estadísticas de ping para 10.185.127.149:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 2ms, Máximo = 15ms, Media = 5ms
```

Figura 2 Verificación de la accesibilidad de la dirección IP 10.185.127.149 en red

Fuente: *Elaboración Propia*

Las instrucciones para poder establecer los datos de configuración del acceso en red, fueron programados desde el IDE de Arduino, en donde además de inicializar los valores, antes fueron agregadas las bibliotecas UIPEthernet y Ultrasonic.

La primera permitió la creación de tres tipos de objetos IPAddress, EthernetServer, y EthernetClient, este último encargado específicamente de recibir y enviar información obtenida por el sensor ultrasónico al panel; la segunda por su parte repercutió en la mejora del tiempo de ejecución entre los procesos del sistema (lecturas, entradas, salidas, y cálculos) al interactuar con el sensor ultrasónico, y proporcionar lecturas más rápidas y con una mejor precisión.

La conexión del sensor ultrasónico era determinada por los pines: Echo (TX) y Trigger (RX), los cuales fueron conectados a los pines digitales 7 y 6 de la placa de Arduino UNO, respectivamente, dado a que el número de pin no alteraba el funcionamiento del sensor, como en el caso del módulo de Ethernet, era indiferente el pin que se fuese a utilizar.

Otro aspecto importante en las lecturas del sensor ultrasónico, fue que presenta un rango de detección de 25 a 450 cm aproximadamente, lo que se solucionó a través de la plataforma LabVIEW al realizar los cálculos y validaciones considerando este límite.

Al estar usando dos entornos para la codificación de los procesos del sistema, el Arduino Software (IDE) y LabVIEW, en ocasiones era posible seleccionar en cuál de los dos se realizaba una determinada instrucción, debido a esto se consideraron aspectos de rendimiento, ejecución y de aplicación.

De igual modo, se presentó la necesidad de que ciertos valores fuesen utilizados y manipulados en ambos entornos, tal es el caso del encendido y apagado del relevador conectado al Arduino por medio del pin digital 9, por lo que, para iniciar, detener o continuar con las lecturas de los valores del sensor ultrasónico, se definió una condicionante a través de un valor que ambos entornos compartían.

```

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Conexion_0006
#include <UIPEthernet.h>
#include <Ultrasonic.h>

char caracterEntrada;

//VARIABLES DEL SENSOR ULTRASÓNICO
Ultrasonic ultrasonic(7, 6);
int distance;

//CONFIGURACIÓN DE LA PLACA ETHERNET
byte mac[] = { 0x1A, 0x0A, 0xBE, 0xEF, 0xDE };
IPAddress ip(10,185,127,149);
//IPAddress ip(10,185,127,159);
EthernetServer server(8000);

```

Figura 3 Código parte 1

Fuente: *Elaboración Propia*

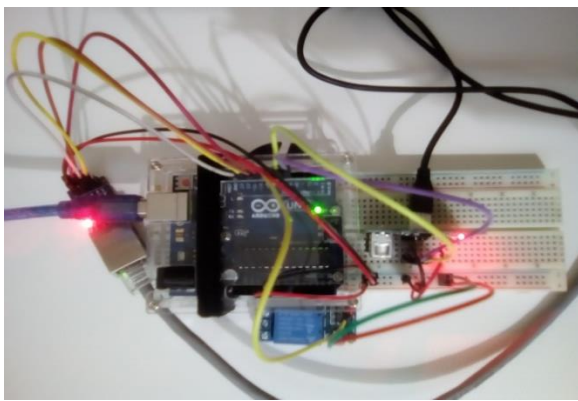


Figura 4 Conexión Arduino

Fuente: *Elaboración Propia*

El tipo de programación que se empleó para la realización de la interfaz gráfica de monitoreo y control fue mediante bloques, LabVIEW permite una codificación gráfica, con la posibilidad de agregar código en los bloques si así se requiere; en este caso, la programación fue en su mayoría gráfica, pero también se programó un fragmento de código dentro de un bloque.

LabVIEW posee sus propios controles y elementos para el diseño e interacción entre los distintos componentes electrónicos, por ejemplo, los más utilizados son numeric, boolean, string, y sus variaciones solo por mencionar algunos; facilitando en cierta medida la creación de interfaces gráficas. Para el sistema en específico se utilizaron los siguientes controles y elementos: Flat Sequence Structure, Case Structure, While Loop, Tab Control, Opcion, Formula Node, Slide, entre otros; tanto para ingresar datos como para mostrarlos.

Por consiguiente, es recomendable tener un conocimiento previo acerca del uso de esta herramienta para poder utilizarla con mayor facilidad y crear interfaces mucho más robustas.

Para la comunicación en red, LabVIEW posee componentes específicos con el protocolo TCP/IP, en donde es necesario abrir y cerrar la comunicación cada vez que se cancele la ejecución del sistema, además de definir la dirección IP y el número de puerto. Una característica flexible del sistema es que estos valores se definieron en su inicio como valores inmutables, pero que posteriormente cambiaron a ser valores que el usuario podría configurar, al igual que la altura del tanque, variable enfocada a definir el rango de distancia que tiene el sensor ultrasónico con respecto al contenedor.



Figura 5 Configuración de la placa Ethernet ENC28J60 y control

Fuente: *Elaboración Propia*

Durante la etapa de desarrollo de la interfaz gráfica del sistema se fueron realizando varias verificaciones de uso, a través de las cuales se examinó y observó el comportamiento completo de todas las partes, con lo cual se optimizaron los métodos hasta el punto de mejorar la sincronización entre las lecturas, y operaciones de los procesos; aunado a ello, se agregó más información sobre el estado del contenedor en el panel del sistema, creando a su vez una señalización del nivel de líquido por medio del color del tanque (0-40 % azul, 41-80% naranja, 80-100% verde, en porcentajes de llenado), y del estado del relevador (0-99% apagado, 100% encendido), e información extra sobre la distancia vacía total.

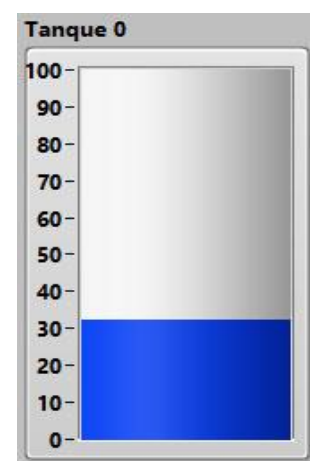


Figura 6 Porcentajes de llenado (0-40 % azul)

Fuente: *Elaboración Propia*

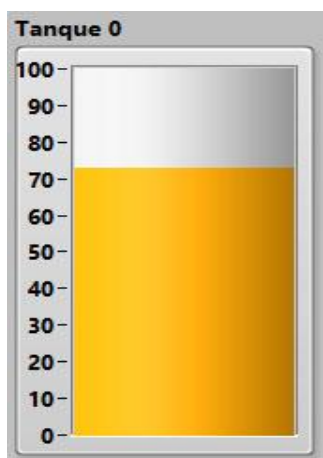


Figura 7 Porcentajes de llenado (41-80% naranja)
Fuente: Elaboración Propia

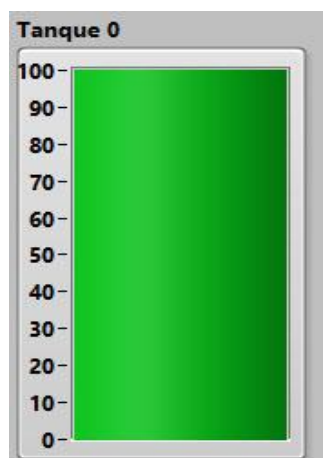


Figura 8 Porcentajes de llenado (80-100% verde)
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se puede observar la interfaz final, el panel de control, el sistema en funcionamiento, y el diagrama en bloques.

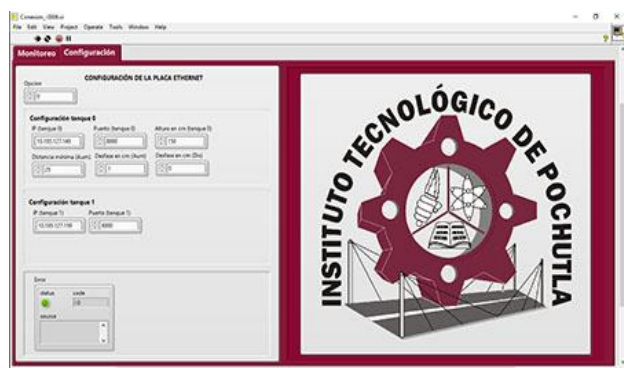


Figura 9 Panel de monitoreo y control
Fuente: Elaboración Propia

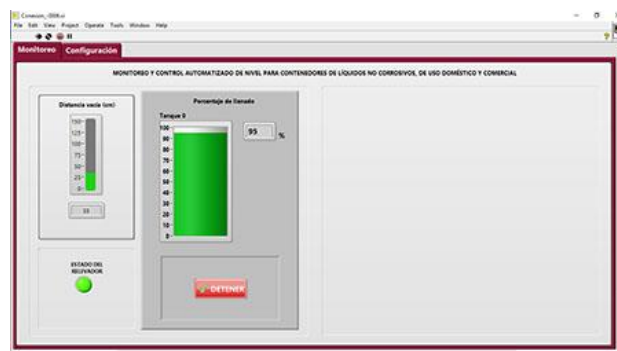


Figura 10 Sistema de monitoreo y control automatizado
Fuente: Elaboración Propia

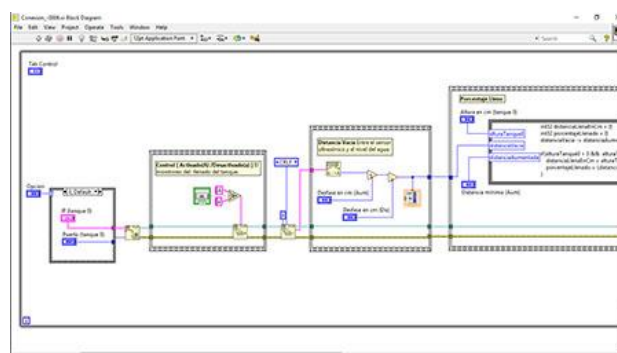


Figura 11 Diagrama en bloques del Sistema de monitoreo y control automatizado
Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se hace posible afirmar que la creación de este sistema automatiza en gran medida una de los procesos que requiere mayor atención por parte de las personas, como lo es el monitoreo y control del llenado de contenedores de líquidos, y lo que hace que este sistema sea factible de usar, es que fue creado considerando aspectos generales que pueden ser aplicados en diferentes entornos, y con un precio asequible.

Una de las características que presenta, es su escalabilidad, debido a que es posible la implementación de nuevos controles, nuevas formas de medición, nuevos sensores, que se pueden agregar según las especificaciones de cada usuario, estos podrían implementarse de forma genérica o bien personalizada.

Agradecimiento

Un especial agradecimiento a nuestras instituciones: I. T. Pochutla y al I.T Salina Cruz, por la facilidad que nos brindaron para el desarrollo de este nuevo sistema.

Referencias

Fernando, J. C. (2005). CONEXIÓN TCP/IP ENTRE DOS ESTACIONES USANDO LABVIEW 7 EXPRESS. [En línea] Disponible en: http://webcervices.weebly.com/uploads/1/5/0/3/15034326/conexi-n20tcp_ip20entre20dos20estaciones20usando20labview20720express.pdf [Consultado el 7 de junio del 2019]

LabVIEW MakerHub. (s.f). LINX VI Reference. [En línea] Disponible en: <https://www.labviewmakerhub.com/doku.php?id=learn:libraries:linx:reference:labview:start> [Consultado el 12 de junio del 2019]

LabVIEW.pdf [Consultado el 12 de junio del 2019]

Llamas, Luis. (2016). MANEJAR CARGAS DE MÁS DE 220V CON ARDUINO Y SALIDA POR RELÉ. [En línea] Disponible en <https://www.luisllamas.es/arduino-salida-rele/> [Consultado el 7 de junio del 2019]

Murcia. G. (s.f). Comunicación Ethernet con Arduino y LabVIEW. [En línea] Disponible en: http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/instrumentacion/recursos/ia2016_clase13_guia13.pdf [Consultado el 12 de junio del 2019]

National Instruments. (2018). Basic TCP/IP Communication in LabVIEW. [En línea] Disponible en: <http://www.ni.com/white-paper/2710/en/> [Consultado el 7 de junio del 2019]

Naylamp, Mechatronics SAC, (s.f). Tutorial Módulo Ethernet ENC28J60 y Arduino. [En línea] Disponible en: https://naylampmechatronics.com/blog/17_Tutorial-M%C3%B3dulo-Ethernet-ENC28J60-y-Arduino.html [Consultado el 7 de junio del 2019]

Ruiz, G. J. M. (s.f). Utilización de Labview para la Visualización y Control de la Plataforma Open Hardware Arduino. [En línea] Disponible en: <http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino->

Tecnotinker. (2012). Uso del módulo ethernet ENC28J60 con Arduino: Parte 1. [En línea] Disponible en: <http://tecnotinker.blogspot.com/2012/07/uso-del-modulo-ethernet-enc28j60-con.html> [Consultado el 7 de junio del 2019].

Valle, H. L. (s.f). Sensor de nivel de agua con Arduino. [En línea] Disponible en: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-de-nivel-de-agua-con-arduino/> [Consultado el 12 de junio del 2019]

Diseño, desarrollo e implementación de una celda de manufactura didáctica para ingeniería mecatrónica en la UPTx

Design, development and implementation of a didactic manufacturing cell for mechatronic engineering at UPTx

CANO-CORONA, Ariana †*, PEREZ-SERRANO, Froylan, AGUILAR-AGUILAR, Álvaro y HERNANDEZ-ZEMPOALTECATL, Rodrigo

Universidad Politécnica de Tlaxcala, Programa Académico de Ingeniería Mecatrónica

ID 1^{er} Autor: Ariana, Cano-Corona / ORC ID 0000 0003 3456 2303, CVU: X_acano100364

ID 1^{er} Coautor: Froylan, Perez-Serrano / CVU: 377744

ID 2^{do} Coautor: Álvaro, Aguilar-Aguilar / ORC ID 0000-0001-8050-8055

ID 3^{er} Coautor: Rodrigo, Hernandez-Zempoaltecatl / ORC ID 0000-0002-0677-474X

DOI: 10.35429/JTD.2019.11.3.9.13

Recibido: 24 de Julio, 2018; Aceptado 11 de Septiembre, 2018

Resumen

En el presente trabajo se muestran los fundamentos, las principales actividades desarrolladas y los resultados hasta ahora obtenidos por docentes del programa académico de ingeniería mecatrónica con el proyecto de diseño, e implementación de una celda de manufactura didáctica para el programa académico de ingeniería mecatrónica en el laboratorio de máquinas-herramientas-CNC del It2 en la UPTx. Dicha celda es una muestra del reforzamiento y potencialización que pueden llevar a cabo las instituciones de educación superior para generar transferencia tecnológica con el sector empresarial de la región. La integración de la celda de manufactura didáctica se llevó a cabo como un proyecto académico en el que se aprovecharon los equipos ya existentes en los diferentes laboratorios del programa educativo de ingeniería mecatrónica y se integró con el diseño y elaboración de los faltantes para el desarrollo completo. Los principales beneficios que se obtuvieron son el fortalecimiento de las capacidades y competencias que los estudiantes pueden lograr durante el periodo de su formación profesional en la Universidad, así como familiarizar al estudiante con los ambientes industriales, en una segunda etapa se pretende utilizar dicha celda como recurso de educación continua con las empresas de la región, así como con los alumnos egresados.

Celda de manufactura, Didáctica, Mecatrónica

Abstract

The present work presents the fundamentals, the main activities developed and the results so far obtained by teachers of the academic program of mechatronic engineering with the design project, and implementation of a didactic manufacturing cell for the academic program of mechatronic engineering in the laboratory of machine tools-CNC of the It2 in the UPTx. This cell is a sample of the reinforcement and potentialization that higher education institutions can carry out to potentiate the technological transfer with the business sector of the region. The integration of the didactic manufacturing cell was carried out as an academic project in which the existing equipment in the different laboratories of the educational mechatronic engineering program was used and integrated with the design and elaboration of the missing ones for the complete development. The main benefits obtained are the strengthening of the skills and competences that students can achieve during the period of their professional training at the University, as well as familiarizing the student with industrial environments, in a second stage it is intended to use said cell as Continuous education resource with the companies of the region, as well as with the graduated students

Manufacturing cell, Teaching, Mechatronics

Citación: CANO-CORONA, Ariana, PEREZ-SERRANO, Froylan, AGUILAR-AGUILAR, Álvaro y HERNANDEZ-ZEMPOALTECATL, Rodrigo. Diseño, desarrollo e implementación de una celda de manufactura didáctica para ingeniería mecatrónica en la UPTx. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019 3-11: 9-13

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: ariana.cano@uptlax.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En este documento se presenta el diseño e implementación una celda de manufactura didáctica en el laboratorio de Máquinas-Herramientas-CNC de la Universidad Politécnica de Tlaxcala, con la principal intención de apoyar en el desarrollo de capacidades y competencias de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica, este diseño se realizó utilizando los equipos existentes de los laboratorios de la carrera de ingeniería mecatrónica. La importancia del desarrollo e implementación de este proyecto recae en el fortalecimiento de las competencias profesionales a nivel ingeniería que deberán poner en práctica los estudiantes y egresados de este Programa Académico.

Académicamente, el valor agregado consiste en fortalecer las líneas de investigación y la gestión de proyectos por parte de los profesores que integran los cuerpos académicos de la carrera y, por otra parte, motivar a los estudiantes en la participación de proyectos que promuevan la aplicación de conocimientos en beneficio del sector productivo y social del estado de Tlaxcala y la región.

La competitividad a nivel regional y nacional ejerce presión a las industrias del sector manufacturero, por lo tanto, es necesario e indispensable proporcionar una educación integral a los futuros ingenieros para que manejen los recursos tecnológicos y humanos que les permitan competir dentro de estos mercados y fortalecer su profesionalización.

Recientemente las empresas han centrado sus esfuerzos en el aumento de la productividad por medio del uso y aprovechamiento de las nuevas tecnologías; por lo que la integración de todas las áreas de la empresa es su opción viable, estratégicamente hablando para incrementar su productividad, de esta forma al incentivar a los estudiantes a la integración de los sistemas se replica la intención de aportación hacia la mejora de las empresas.

Los principales aspectos que se reforzaran con el desarrollo del proyecto, dadas las necesidades y oportunidades que las industrias de la región requieren, consisten en:

- Ofertar cursos de capacitación continua a las empresas, así como a alumnos egresados.
- Reforzar y potencializar la transferencia de tecnología que la institución aporta a la región.
- Aprovechar los equipos existentes en los diferentes laboratorios del programa educativo de ingeniería Mecatrónica y hacer una integración de los mismos para familiarizar al estudiante con un ambiente industrial.
- Fortalecer las líneas de investigación y la gestión de proyectos por parte de los profesores que integran los cuerpos académicos de la carrera.
- Motivar a los estudiantes en la participación de proyectos que promuevan la aplicación de conocimientos en beneficio del sector productivo y social, así como la transferencia de tecnología.

Diseño de la celda de manufactura

Con la intención principal de fortalecer las competencias profesionales de los estudiantes de ingeniería mecatrónica, se diseñó una celda de manufactura didáctica que permitiera emular procesos de manufactura industrial.

Inicialmente se llevó a cabo una investigación técnica de los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que integrarían la celda y que fueran los más adecuados para permitir un escalamiento del sistema (ver Tabla 1).

	Elementos	Características
1	Conveyor	Tablilla
2	Motor	¼ Hp, 220-440 Vac, 3fase
3	Cuerpo de lámina	Calibre 16
4	Maquinados	Flechas, placas, etc.
5	Tablero eléctrico	
6	Variador de frecuencia	
7	Sensores de inicio y fin	
8	Controlador Lógico Programable	PLC S7-1200

Tabla 1 Características de los elementos que integrarán la celda de manufactura didáctica

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con el análisis se acordó que debido a las dimensiones donde sería instalada la celda de manufactura, el transportador modular (bandas) debería ser de 100 mm de ancho por 2000mm de largo y 900 mm de alto.

El material utilizado para el transportador fue de lámina negra calibre #14, el conveyer fue de bisagra simple de cadenas rectas para grandes cargas, con pasadores de acero inoxidable endurecido al vacío.

Este tipo de conveyer presenta ventajas de alta resistencia, así como estructura estándar con malla transportadora y el ancho de bisagra está disponible para varios tipos de cadena.

De igual forma las tablillas presentan bajo nivel de ruido y coeficiente de fricción, no se absorben líquidos y tienen buena resistencia química y al desgaste, finalmente al ser de estructura cerrada son más fáciles de limpiar y desinfectar.

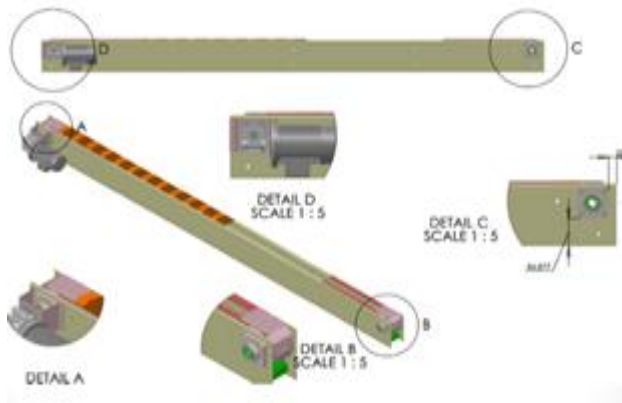


Figura 1 Diseño en 3D del transportador modular
Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo e implementación de la celda de manufactura

Como se observa en la figura 2, con apoyo del software Solid Works 2019, se propuso una configuración en "L" para poder realizar la carga y descarga del material a maquinar en el torno CNC ya que en una segunda etapa se integrará un brazo de robot Motoman.

El movimiento de los bandas es en ambos sentidos, a través de un engrane de transmisión y utilizando un sistema de retorno seguro y eficaz, ya que el posicionamiento depende del modelo mecánico.

La finalidad de flexibilizar la celda de manufactura se enfocó en configurar procesos diferentes y poder diversificar el aprendizaje de los estudiantes en el desarrollo de las prácticas.

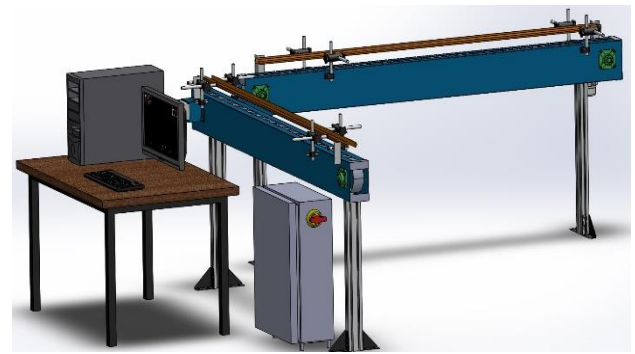


Figura 2 Diseño de la celda en 3D con SolidWorks
Fuente: Elaboración Propia

El motor eléctrico trifásico cuya potencia es de 0.25 W y gira a 1370 revoluciones por minuto (RPM) con conexión delta a 220 VCA, está acoplado a una caja reductora de velocidad que tiene como proporción 20:1, velocidad que es regulada mediante un variador de frecuencia, dispositivo electrónico programable trifásico que permite controlar la velocidad del motor mediante la variación del valor de la frecuencia.

Las variables más importantes que se consideraron para el funcionamiento adecuado del variador fueron, los pulsos de entrada y salidas digitales, la sobrecarga termoeléctrica, la frecuencia portadora, la limitación de la corriente, la sobretensión y el par motor.

El control general del sistema se realizó con un controlador SIMATIC S7-1200 controlador lógico programable PLC con CPU 1214C el cual cuenta con 14 entradas digitales tipo sumidero/fuente a tensión nominal de 24 VDC a 4 mA y 10 salidas digitales tipo relé, rango de voltaje de 5 a 30 VDC o de 5 a 250 VAC con una corriente máxima de 2 Amp. y 2 entradas analógicas tipo tensión (unipolares) con rango de tensión de 0 a 10 V y resolución de 10 bits.

La resolución del tamaño de imagen de proceso del CPU es de 1024 para entradas y las salidas, con memoria de trabajo de 50 KB.

Finalmente los 4 sensores implementados en el sistema son de tipo fotoeléctricos de la serie C2DP-11P con alcance de censado es de 110 mm, PNP

Las características anteriores permitieron la configuración de la velocidad y control adecuados, tanto de avance como del retroceso de las bandas.

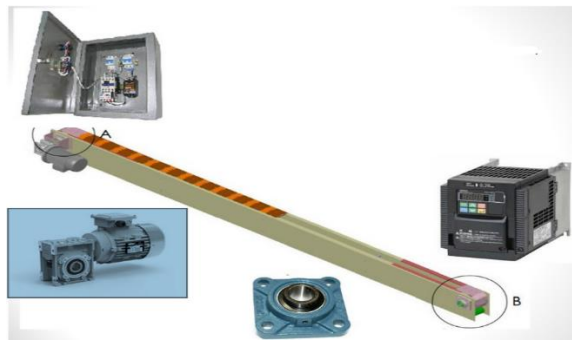


Figura 3 Elementos que integrarán la celda de manufactura

Fuente: *Elaboración Propia*

Los módulos transportadores llevan unas guías laterales para apoyar el recorrido óptimo de las piezas sobre la banda y facilitar su detección por medio de los sensores

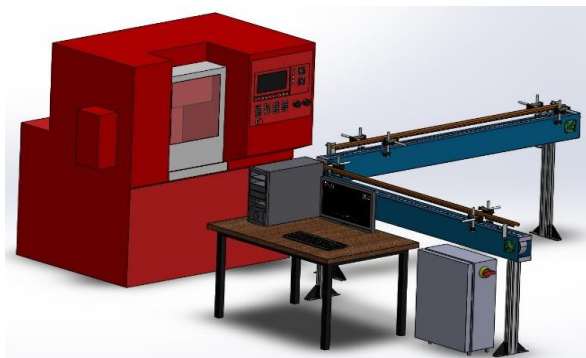


Figura 4 Diseño de integración de la celda de manufactura

Fuente: *Elaboración Propia*

Resultados

Con el desarrollo e implementación alcanzado de la integración de la celda de manufactura, se ha impactado directamente el desarrollo y formación de competencias de los estudiantes del Programa Educativo de Ingeniería Mecatrónica, ya que actualmente los alumnos pueden hacer uso de estos equipos en los diferentes momentos de su formación profesional, y por lo tanto pueden interactuar y trabajar con maquinaria y equipos aptos para la automatización industrial (ver figura 5).



Figura 5 Implementación física de la celda de manufactura, *Elaboración Propia*

Como se observa en la tabla 2, se enlistan las asignaturas del plan vigente del programa educativo que pueden hacer uso de la celda de manufactura.

Asignatura	Cuatrimestre en que se cursa
Programación de periféricos	sexto
Sensores y acondicionamiento de señales	cuarto
Automatización industrial	sexto
Adquisición y procesamiento de señales	octavo
Redes industriales	noveno
Procesos de manufactura	segundo
Sistemas CAE	séptimo
Sistemas CAM – CNC	octavo
Sistemas electrónicos de interfaz	cuarto
Controladores Lógicos Programables	quinto
Programación estructurada	quinto
Programación de sistemas embebidos	octavo
Sistemas Avanzados de manufactura	noveno

Tabla 2 Asignaturas del mapa curricular en las que se daría utilidad a la celda de manufactura didáctica, *Elaboración Propia*

En una segunda etapa del proyecto se desarrollarán manuales específicos de prácticas de laboratorio de dichas asignaturas y que son indispensables para uso de los docentes y estudiantes que lo requieran para poder manipular los equipos que hasta ahora han sido integrados.

Es importante recalcar que también se tiene programado el uso de la celda de manufactura para ofertar cursos de capacitación hacia el sector industrial de la región, así como el desarrollo de prácticas con egresados y que sirvan para las diversas asignaturas que conforman el plan de estudios de esta ingeniería.

Actualmente con la integración del 90% de los equipos se está cumpliendo con el fortalecimiento de las capacidades y competencias que los estudiantes pueden lograr durante el periodo de su formación profesional en la Universidad Politécnica de Tlaxcala.

La integración del robot motoman está pendiente, por trámites administrativos del traslado hacia el laboratorio de máquinas-herramientas. Finalmente se ha generado una alta expectativa de participación de los estudiantes en el desarrollo de proyectos que promueven la aplicación de conocimientos en beneficio del sector productivo y social del sector productivo de la región.

Agradecimiento

Agradecemos el apoyo otorgado por el Programa de Desarrollo Profesional PRODEP para el nivel superior. A la Universidad Politécnica de Tlaxcala, por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo.

Conclusiones

El diseño, desarrollo e implementación de este proyecto en el laboratorio de máquinas-herramientas de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Tlaxcala ha sido de gran importancia ya que ha permitido que los docentes pongamos en práctica el trabajo colaborativo y seamos ente generador de desarrollo tecnológico al interior de la universidad, con la finalidad de fortalecer las competencias de los estudiantes en los diferentes niveles de su formación profesional.

Se está avanzando en el desarrollo de prácticas en los laboratorios, que sin duda son una parte muy importante en el aprendizaje de los estudiantes ya que les permite comprobar lo que dicta la teoría, además de acercarlos a una realidad laboral en la que en un futuro se habrán de desempeñar de manera profesional. También se observa que el impacto académico de esta celda de manufactura es alto ya que son 13 asignaturas del mapa curricular vigente de ingeniería mecatrónica en las que se desarrollan prácticas cumpliéndose así con los propósitos de desarrollo e implementación de este proyecto.

Referencias

Aguirre, A. & Gomez Suarez J., Ramirez Bernal, F. Coronel Bustamante, C. (2013). Celda de manufactura flexible. 10.13140/2.1.4818.9449.

Alvarez Rodriguez, D.A., Chaquea León M.P. "Proceso de reingeniería de la celda flexible de manufactura didáctica del laboratorio de automatización de la fundación Universidad de América". Tesis de Grado, Bogotá, Colombia (2018).

Cano Corona A., Hernández Zempoaltecatl R., Pérez Serrano F., Aguilar Aguilar A. "Integración de celda de manufactura didáctica en Ingeniería Mecatrónica" *Congreso Nacional de Mecatrónica*, Guanajuato, México 11 de Octubre de 2013.

Córdoba Nieto E. "Manufactura y Automatización". *Ingeniería e Investigación*, vol. 26. N° 3, Diciembre 2006 página 120-128.

Ficha técnica de conveyor, 08/07/2019, recuperado de: <https://www.systemplastsmartguide.com/INT/Spanish-Smart-Guide/11100A/#>

Ficha técnica de interruptores automáticos magnetotérmicos, 08/07/2019, recuperado de: <https://new.abb.com/low-voltage/es/productos/aparamenta-modular/interruptores-automaticos-magnetotermicos/interruptores-automaticos-magnetotermicos-para-uso-terciario-sh-200>

Ficha técnica de sensores, 08/07/2019, recuperado de: http://www.webddigital.com/fabricantes/optex/pdf/sensores/c_c2.pdf

García Gallardo J.I., Cano Corona A., Hernández Zempoaltecatl R. "Transferencia de tecnología para integración de celda de manufactura didáctica" *Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com*, Celaya, México 08 de Noviembre de 2013.

López G., "Fundamentos de control inteligente de la manufactura flexible". Instituto Politécnico Nacional, 2008.

Manual de Controlador Lógico Programable PLC S7-1200, 08/07/2019, recuperado de: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf

Manual de motor eléctrico, 08/07/2019, recuperado de: <https://new.abb.com/products/1SAM250000R1010/ms116-10-manual-motor-starter>

Mejía Moncayo C., "Modelo para definición del layout de una celda de manufactura a través de optimización". Bogotá, Colombia (2012).

Puga Velázquez E. S. Foyo Valdés S. A., Peñaloza Mejía O., "Modelado de una celda de manufactura integrada por computadora". *Conciencia tecnológica*, Un. 39 Enero-Junio 2010, pp. 23-30. ITA, México.

Optimización del tiempo de barrenado en perfiles de aluminio

Optimization of the drilling time in aluminum profiles

SANTILLAN-VALDELAMAR, Maria Guadalupe†*, DIMAS-DÍAZ, Francelin, SERRANO-GONZÁLEZ, Sergio y RAMOS-HERNÁNDEZ, Cristopher Antonio

Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo. División de Ingeniería Industrial.

ID 1^{er} Autor: *Maria Guadalupe, Santillan-Valdelamar* / ORC ID: 0000-0002-3789-9983, CVU CONACYT ID: 1004079

ID 1^{er} Coautor: *Francelin, Dimas-Díaz* / ORC ID: 0000-0002-9414-5424, CVU CONACYT ID: 1019258

ID 2^{do} Coautor: *Sergio, Serrano-González* / ORC ID: 0000-0003-0252-1259, CVU CONACYT ID: 1004108

ID 3^{er} Coautor: *Cristopher Antonio, Ramos Hernández* / ORC ID: 0000-0001-6118-9263, CVU CONACYT ID: 1017219

DOI: 10.35429/JTD.2019.11.3.14.21

Recibido: 10 de Julio, 2018; Aceptado 02 de Septiembre, 2018

Resumen

La rama manufacturera de ventanas de aluminio línea nacional es un área que hoy en día los procesos convencionales son deficientes y con errores al momento de ejecutarse haciendo que el fabricante pierda tiempo, por lo que surge la necesidad de mejorar el proceso de barrenado en los perfiles de aluminio línea nacional para el ensamble de ventanas. El objetivo de este trabajo es construir un troquel para optimizar tiempos y maximizar productividad en el barrenado de perfiles de aluminio línea nacional por medio de un estudio de tiempos, el diseño se realizó utilizando la metodología de Bruno Munari. Con la construcción del troquel para perfiles de aluminio línea nacional se logró la disminución del tiempo de barrenado en promedio de 1.7 minutos a 0.07 minutos que representa la optimización del tiempo en 95.88% mientras que para ensamblar una ventana se redujo el tiempo de 3.5 minutos a 0.14 minutos lo que representa la maximización de la producción en 96%.

Optimización, Productividad, Estudio de tiempos

Abstract

The manufacturing branch of aluminum windows national line is an area that nowadays the conventional processes are deficient and with errors at the time of execution causing the manufacturer to lose time, so the need arises to improve the process of drilling in the profiles of aluminum national line for the assembly of windows. The objective of this work is to build a die to optimize times and maximize productivity in the drilling of aluminum profiles national line by means of a study of times, the design was made using the methodology of Bruno Munari. With the construction of the die for aluminum profiles national line was achieved the reduction of the time of drilling on average from 1.7 minutes to 0.07 minutes that represents the optimization of time in 95.88% while to assemble a window the time of 3.5 minutes was reduced to 0.14 minutes what represents the maximization of the production in 96%.

Optimization, Productivity, Study of times

Citación: SANTILLAN-VALDELAMAR, Maria Guadalupe, DIMAS-DÍAZ, Francelin, SERRANO-GONZÁLEZ, Sergio y RAMOS-HERNÁNDEZ, Cristopher Antonio. Optimización del tiempo de barrenado en perfiles de aluminio. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019 3-11: 14-21

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: msantillan@itsoeh.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En el entorno actual, el área manufacturera está obligada a desarrollar recursos humanos, sistemas de información y capacidades tecnológicas acorde con los nuevos desafíos. Esto implica la renovación y ampliación de procesos, productos y servicios, cambios en la organización, gestión y en la calificación del recurso humano.

En la actualidad no existe alguna máquina o dispositivo que realice el barrenado para perfiles de aluminio línea nacional que son utilizados para el ensamblado de ventanas. El barrenado de perfiles de aluminio línea nacional para ensamble de ventanas en la forma convencional no es uniforme ni limpio, puesto que el operario al momento de barrenar, la broca tiende a barrerse y rayar el perfil provocando pérdidas al fabricante en tiempo, dinero y desperdicio de material. Por lo anterior surge la necesidad de buscar un proceso de barrenado en los perfiles de aluminio línea nacional para el ensamble de ventanas a través del diseño y la construcción de un troquel para perforarlos.

Con el diseño y construcción del troquel para perfiles de aluminio línea nacional se pretende optimizar el tiempo de barrenado y maximizar la productividad.

Se presentan los fundamentos teóricos en este trabajo mencionando las características más importantes de la productividad en las empresas, el estudio de tiempos y movimientos como técnica para incrementar la productividad. Además del software Solidworks como herramienta de diseño para el troquel requerido. Se utilizó la metodología de Bruno Munari para el diseño del troquel comenzando con la definición y elementos del problema en donde se indica el tiempo utilizado para el perforado de manera convencional; la recopilación y análisis de datos donde se toman los tiempos en el perforado; en creatividad se presenta el boceto final del diseño; en materiales, tecnología y experimentación se justifica el material que se utilizará para la construcción, en modelos se presenta el diseño final ensamblado en su totalidad; en la sección de verificación se presenta el prototipo del troquel detallando la funcionalidad de cada componente así como la medición de tiempos para una muestra de 6 ventanas en el perforado de perfiles de aluminio.

En la sección de resultados se presenta la optimización del tiempo en 95.88%, el índice de productividad y la maximización de la producción en 96%.

En la sección de conclusiones se menciona el logro del objetivo con el prototipo para la perforación de perfiles de aluminio línea nacional en función de la problemática de la empresa.

Fundamentos Teóricos

En los últimos años el avance de la ciencia y tecnología está transformando factores como la competitividad, la calidad, el tiempo, la flexibilidad de los procesos, el valor agregado, disponibilidad de equipos y tecnología. Rojas & Salas, et al (2006).

La productividad es un indicador relativo que mide la capacidad de un factor productivo, o varios, para crear determinados bienes, por lo que al incrementarla se logran mejores resultados, considerando los recursos empleados para generarlos.

La importancia de la productividad radica en el uso como indicador para medir la situación real de la economía de un país, de una industria o de la gestión empresarial.

A nivel macroeconómico, la productividad incide en numerosos fenómenos económicos y sociales, tales como: crecimiento económico, control de la inflación, empleo-desempleo, entre otros.

La productividad se calcula como el cociente entre producción e insumos que debe ser mayor o igual a la unidad. Miranda & Toirac (2010).

La medición de la productividad es una forma de evaluar la capacidad de un país para mejorar el estándar de vida de su población. Solo mediante el incremento de la productividad puede mejorarse el estándar de vida. Render & Heizer (2014).

El estudio de tiempos y movimientos es una técnica de la ingeniería industrial que busca aumentar la productividad de las organizaciones, eliminando en forma sistemática las operaciones que no agregan valor al proceso y se constituye en la base para la estandarización de los tiempos de operación.

El estudio de tiempos y movimientos es una técnica que nos permite identificar fuentes de ineficiencia y desperdicios con el fin de corregir, estandarizar y medir para incrementar la productividad y eficiencia como refieren Palacios (2016) y Tejada et al. (2017). Cruzado (2018).

El diseño en ingeniería es un proceso para resolver problemas en los que se utilizan conocimientos, recursos y productos existentes para crear bienes y procesos nuevos. Bertoline & Wiebe (1999).

Solidworks es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado de sólidos en 3D y superficies avanzadas, crear grandes ensambles, generar planos, así como otras funcionalidades que permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable. Gómez S. (2014).

La aplicación del software CAD en la ingeniería abarca la elaboración de cuadros sinópticos, diagramas de diversos tipos, gráficos estadísticos, representación normalizada de piezas para su diseño y fabricación, representación tridimensional de modelos dinámicos en multimedia, análisis con elementos finitos, aplicaciones en realidad virtual, robótica, etc.

El CAD es una técnica de análisis, una manera de crear un modelo del comportamiento de un producto antes de que se haya construido. Rojas & Rojas (2006)

Los aceros al carbono se fabrican más que cualquier otro acero usados en la construcción, en el campo agroindustrial, aeroespacial, construcción mecánica, industria alimenticia, etc.

La norma SAE trabaja con un sistema que clasifica los aceros en 4 dígitos. El primero especifica la aleación principal, el segundo indica el porcentaje aproximado del elemento principal y los dos últimos dígitos indican la cantidad de carbono en la aleación.

El acero de medio carbono SAE 1018 es usado para fabricación de piezas estructurales, piezas de maquinaria y herramientas.

El porcentaje de carbono de estos aceros va de 0,35% a 0,40%, tienen una resistencia mecánica de 55 a 70 kg/mm² y una dureza de 180 HB. Con el templado pueden alcanzar una dureza de 90 kg/mm². Generalmente se usan en ejes y elementos de máquinas, piezas resistentes, pernos, tornillos, herrajes etc. AHMSA (2011).

Metodología

En la figura 1 se presenta la metodología proyectual de Bruno Munari que se aplica en el desarrollo del presente trabajo.



Figura 1 Metodología de Bruno Murani

Fuente: *Elaboración Propia*

Los pasos a llevar a cabo son:

- a) Definición del problema
- b) Elementos del problema
- c) Recopilación de datos
- d) Análisis de datos
- e) Creatividad
- f) Materiales y tecnologías
- g) Experimentación
- h) Modelos
- i) Verificación

1. Definición y elementos del problema

La idea de diseñar un troquel para perfiles de aluminio línea nacional surge de la necesidad de mejorar el proceso de perforado en la empresa llamada Vidriera "BAHER" ubicada en la colonia Álamos del municipio de Chilcuautla, Hidalgo.

Para el ensamblado de los perfiles de aluminio se requieren doce barrenos por ventana a ensamblar en sus dos perfiles laterales.

El ensamble de una ventana en forma convencional consta de cuatro perfiles de aluminio:

- a) El perfil superior llamado cabezal.
- b) Los perfiles laterales (traslape y cerco).
- c) El perfil inferior llamado zoclo.

Los perfiles que se perforan son los laterales (traslape y cerco).

Para ensamblar el cabezal con los dos perfiles laterales se requiere:

- a) Medir en los perfiles laterales 2.2 cm de un extremo hacia lo largo y centrarlo
- b) Perforar el perfil con una broca de 4.76 mm (3/16 in)
- c) Barrenar en el mismo punto de un lado con una broca de 9.52 mm (3/8 in).

El perforar tres veces y con esas medidas es porque se introduce un tornillo por los barrenos de los perfiles laterales para después atornillar con el cabezal o zoclo en la guía que tienen para ensamblarse.

El proceso para ensamblar el zoclo es el mismo que el del cabezal solo que la medida es de 4.4 cm.

Este proceso de ensamblado de ventanas se convierte en una actividad morosa ya que se hacen mediciones para cada barreno, se cambian las brocas constantemente, la broca tiende a barrerse y rayar el material obteniéndose un perforado no uniforme en los perfiles afectando a la empresa en el incremento de costos, mano de obra, tiempo y desperdicio de material.

Recopilación y análisis de datos

Se registraron los tiempos que lleva el proceso de barrenado en los perfiles de aluminio en la forma convencional con el armado de 6 ventanas, cada una requiere dos perfiles de aluminio, teniendo un total 12 perfiles de aluminio a perforar.

En la Tabla 1 se muestra que el tiempo total de barrenado para los 12 perfiles de aluminio es de 20.7 minutos, que en promedio el tiempo por perfil es de 1.725 minutos; mientras que en promedio por ventana el tiempo de perforar es de 3.45 minutos (se consideran 2 perfiles por ventana).

No. de ventanas	No. de perfiles de aluminio perforados	Tiempo de barrenado por perfil (min)	Tiempo de barrenado por ventana (min)
1	1	1.6	3.4
	2	1.8	
2	3	1.8	3.5
	4	1.7	
3	5	1.9	3.6
	6	1.7	
4	7	1.6	3.3
	8	1.7	
5	9	1.8	3.5
	10	1.7	
6	11	1.6	3.4
	12	1.8	
Tiempo total (min)		20.7	20.7
Tiempo promedio (min)		1.7	3.5

Tabla 1 Tiempo de barrenado
Fuente: *Elaboración Propia*

En la tabla 2 se registra la cantidad de barrenos que se requieren para el armado de 6 ventanas (12 perfiles de aluminio perforados).

No. de ventanas	No. de perfiles de aluminio perforados	Tiempo de barrenado por perfil (min)	Cantidad de barrenos
1	1	1.6	6
	2	1.8	6
2	3	1.8	6
	4	1.7	6
3	5	1.9	6
	6	1.7	6
4	7	1.6	6
	8	1.7	6
5	9	1.8	6
	10	1.7	6
6	11	1.6	6
	12	1.8	6
Total de barrenos =			72

Tabla 2 Registro de barrenos
Fuente: *Elaboración Propia*

Creatividad

Después de estudiar la forma convencional de hacer barrenos en los perfiles de aluminio se realizaron varios bocetos, en la figura 2 se muestra boceto final.

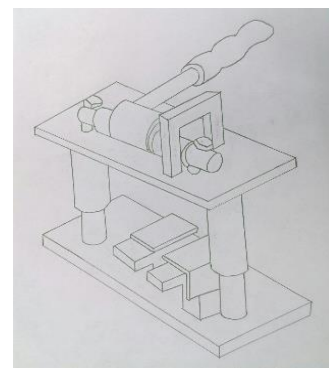


Figura 2 Boceto final

Materiales, tecnología y experimentación

Se investigaron los tipos de aceros que existen en el mercado para seleccionar el acero con el cual se fabricará el troquel, se determinó que el acero al carbón 1018 es la mejor opción ya que es un producto útil debido a sus características típicas de resistencia mecánica y ductilidad, excelente soldabilidad y mejor maquinabilidad que la mayoría de los aceros al carbón. Además al ser sometido a cementado para tener una superficie dura pero un centro de gran tenacidad y por su ductilidad se usa en procesos de recalado, doblado o estampado.

5. Modelos

El diseño de la herramienta consta de cinco sub-ensambles: 1. Maneral, 2. Corte, 3. Base, 4. Soporte de corte izquierdo y 5. Soporte de corte derecho. El ensamble general se muestra en la figura 3.



Figura 3 Ensamble final del diseño
Fuente: Elaboración Propia

Verificación

Todos los diseños son elaborados por medio del software Solidworks para obtener un diseño preciso del troquel y evitar gastos extras en su fabricación. Después del diseño del prototipo, en la figura 4 se presenta la construcción del troquel para perfiles de aluminio línea nacional. Las dimensiones son de 15 centímetros de altura por 20 centímetros de ancho.



Figura 4 Prototipo
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 5 se presenta la parte superior del troquel en la que se observa el sistema manual para realizar el perforado junto con las brocas de 4.76 mm (3/16 in) y 9.52 mm (3/8 in). La pieza base para ejercer la presión requerida es el maneral, el operario se coloca frente al troquel, con una mano toma el mango del maneral y lo mueve en dirección de su pecho para que el excéntrico gire. Al momento de girar el concéntrico se produce un empuje a la placa superior de acero con un movimiento hacia abajo guiado por dos puntales que están soldados a la placa inferior del troquel generándose la perforación.



Figura 5 Parte superior del troquel
Fuente: Elaboración Propia

También se observa que el concéntrico cuenta con una guía y dos espaciadores de cada lado para mantener el concéntrico en un solo punto y evitar un desplazamiento. Se debe mantener lubricado el excéntrico para evitar una fricción excesiva o desgaste al momento de girar el excéntrico sobre la placa superior del troquel lo que permite mantener un giro suave y cómodo para el operario.

La Figura 6 muestra los dos soportes para perfiles de aluminio con diámetros de 4.76 mm (3/16 in) y 9.52 mm (3/8 in) respectivamente para realizar la perforación al momento de introducir los perfiles de aluminio. Los soportes cuentan con dos topes (derecho e izquierdo) que permiten introducir el perfil eliminando el margen de error que existe en la forma convencional respecto a la posición de cada barreno.



Figura 6 Soportes de perfiles de aluminio
Fuente: Elaboración Propia

El tope se utiliza al perforar el lado superior de los dos perfiles laterales de la ventana a ensamblar que se unirán al cabezal colocando el perfil a 2.2 centímetros. Para perforar el lado inferior de los dos perfiles laterales de la ventana a ensamblar es necesario quitar los topes para colocar el perfil a 4.4 centímetros.

En la punta de los dos soportes para introducir los perfiles de aluminio cuentan con un barreno con el diámetro respectivo de las brocas asignadas, cada barreno tiene una tolerancia de 0.799 mm para evitar fricción entre la broca y el soporte con el fin de disminuir un desgaste o deformidad entre ellos y mantener un corte uniforme.

Los soportes tienen además huecos de escape para el material cortado, son barrenos con diámetro de 12.7 mm (1/2in) con una profundidad de 5 mm para ambos soportes con el fin de liberar los residuos del material cortado ya que cuando se perfora el perfil las hojuelas de aluminio tienden a estancarse dentro del barreno al hacer varias perforaciones.

En la figura 7 se presenta el portabrocas que se encuentra en la base superior del troquel, las cuales son de punta de carburo, ideales para el corte de aluminio.



Figura 7 Porta brocas
Fuente: *Elaboración Propia*

El troquel para perfiles de aluminio cuenta con un sistema de reemplazo de brocas debido al uso constante y desgaste.

Para realizar el cambio las brocas se introducen por debajo de la base superior del troquel, se fijan con tornillos de presión que se introducen por la parte frontal de la base superior del troquel, la broca del lado derecho de diámetro 9.52 mm (3/8 in) y la broca del lado izquierdo de diámetro 4.76 mm (3/16 in) son fijadas con tornillos de presión de 6.35 mm (1/4 in) de diámetro.

La base inferior del troquel para perfiles de aluminio se observa en la figura 8, que se compone de los soportes para introducir los perfiles de aluminio y los dos puntales para guiar el movimiento del perforado.



Figura 8 Base inferior
Fuente: *Elaboración Propia*

Con el troquel para perfiles de aluminio se obtiene una misma posición del barreno puesto que cuenta con las medidas requeridas al introducir el perfil de aluminio para ser perforado y con ello evitar el margen de error que existe en la forma convencional al medir manualmente, además de lograr un perforado uniforme y limpio en los perfiles de aluminio como se muestra en la figura 9.



Figura 9 Barrenos
Fuente: *Elaboración Propia*

Una vez elaborado el prototipo se llevó a cabo la toma de tiempos para realizar el comparativo del método convencional con el prototipo.

Se muestra en la Tabla 3 el tiempo total de perforado para el armado de 6 ventanas, con un total de 12 perfiles de aluminio a perforar en un tiempo promedio de 0.82 minutos; el tiempo promedio de perforado por perfil de aluminio fue de 0.7 minutos y el tiempo promedio por ventana fue de 0.14 minutos.

No. De ventanas	No. De perfiles de aluminio perforados	Tiempo de barrenado por perfil (seg)	Tiempo de barrenado por ventana (seg)
1	1	4	7
	2	3	
2	3	5	9
	4	4	
3	5	4	7
	6	3	
4	7	5	8
	8	3	
5	9	4	9
	10	5	
6	11	4	9
	12	5	
Tiempo total (seg)			49
Tiempo promedio (seg)		4.1	8.2
Tiempo total (min)			0.82
Tiempo promedio (min)		0.07	0.14

Tabla 3 Registro de tiempos con troquel
Fuente: *Elaboración Propia*

En la Tabla 4 se muestra el comparativo de registro de tiempos mostrando la eficiencia del troquel para el armado de 6 ventanas y el tiempo promedio de perforado por perfil de aluminio línea nacional. Se logra reducir el tiempo total de perforado, de 20.7 minutos a 0.8 minutos. El tiempo promedio de perforado por perfil de aluminio se reduce de 1.7 minutos a 0.07 minutos y finalmente se logra disminuir el tiempo para ensamblar una ventana de 3.5 minutos a 0.14 minutos.

Por lo anterior el troquel para perfiles de aluminio línea nacional logró minimizar el tiempo de barrenado en los perfiles en 95.88% mientras que para el ensamblado de las ventanas se logró maximizar la producción en 96%.

No. De Ventanas	No. De perfiles de aluminio perforados	De forma convencional		Con el troquel para perfiles de aluminio	
		Tiempo de barrenado por perfil (min)	Tiempo de barrenado por ventana (min)	Tiempo de barrenado por perfil (min)	Tiempo de barrenado por ventana (min)
1	1	1.6	3.4	0.07	0.12
	2	1.8		0.05	
2	3	1.8	3.5	0.08	0.15
	4	1.7		0.07	
3	5	1.9	3.6	0.07	0.12
	6	1.7		0.05	
4	7	1.6	3.3	0.08	0.13
	8	1.7		0.05	
5	9	1.8	3.5	0.07	0.15
	10	1.7		0.08	
6	11	1.6	3.4	0.07	0.15
	12	1.8		0.08	
Tiempo total (min)			20.7		0.8
Tiempo promedio (min)		1.7	3.5	0.07	0.14

Tabla 4 Tabla comparativa de registro de tiempos

Maximización de la producción

De acuerdo a las necesidades de producción de la empresa se requerían producir 6 ventanas, motivo por el cual se tomó ese número como la muestra para realizar las pruebas del troquel de perfiles de aluminio línea nacional.

Se tomó la muestra de 6 ventanas a ensamblar con 12 perfiles de aluminio a perforar. Se observa que la forma convencional necesita un tiempo de 20.7 minutos para realizar 72 barrenos, en comparación al troquel para perfiles de aluminio requiere un tiempo de 0.82 minutos para realizar 72 barrenos. En la tabla 5 se muestra la tabla comparativa de la cantidad de barrenos.

No. De Ventanas	No. De perfiles de aluminio perforados	De forma convencional	Con el troquel para perfiles de aluminio	Cantidad de barrenos
		Tiempo de barrenado por perfil (min)	Tiempo de barrenado por perfil (min)	
1	1	1.6	0.07	6
	2	1.8	0.05	6
2	3	1.8	0.08	6
	4	1.7	0.07	6
3	5	1.9	0.07	6
	6	1.7	0.05	6
4	7	1.6	0.08	6
	8	1.7	0.05	6
5	9	1.8	0.07	6
	10	1.7	0.08	6
6	11	1.6	0.07	6
	12	1.8	0.08	6
Totales		20.7	0.82	72

Tabla 5 Tabla comparativa de cantidad de barrenos
Fuente: *Elaboración Propia*

Índice de productividad

Con los resultados obtenidos de la Tabla 5 se calcula el índice de productividad de cada método con la fórmula (1).

$$\text{índice de productividad} = \frac{\text{producción}}{\text{consumo}} \quad (1)$$

Con el método convencional se obtiene un índice de productividad de 3.47, lo que significa que por cada minuto se hacen casi 4 perforaciones.

$$\frac{72 \text{ barrenos}}{20.7 \text{ minutos}} = 3.47$$

Con el troquel para perfiles de aluminio línea nacional se obtiene un índice de productividad de 80.87, lo que significa que por cada minuto se pueden realizar casi 81 barrenos.

$$\frac{72 \text{ barrenos}}{0.82 \text{ minutos}} = 80.87$$

Agradecimientos

Se agradecen las facilidades y el apoyo otorgados por la empresa Vidriería "BAHER" para la realización del prototipo y las pruebas requeridas.

Resultados

Gracias al diseño del troquel para perfiles de aluminio, la herramienta es fácil de usar y práctica para el operario dejando el mantenimiento excesivo con solo mantener lubricado el concéntrico para garantizar el funcionamiento del troquel.

Se logró la reducción de tiempo de barrenado en 95.88%, la maximización en el ensamblado de ventanas en 96% y el índice de productividad de 80.87.

Conclusiones

Con el diseño y la construcción del troquel para perfiles de aluminio línea nacional se logró disminuir el tiempo de perforado, maximizar la producción e incrementar el índice de productividad dando solución a la problemática planteada por la empresa.

Referencias

Altos Hornos de México (AHMSA). (2011). Manual de especificaciones y garantías AHMSA. Monclova, Coahuila: Impreso en México. Recuperado el 16 de Noviembre de 2018, de www.ahmsa.com

Bertoline G., Wiebe E. (1999). Dibujo en Ingeniería y Comunicación Gráfica. Edit. Mc Graw Hill. México.

Chase, R. B; Jacobs, F. R. (2014). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros. Decimotercera edición. Mc Graw Hill. México.

Cruzado Ruiz, D. Y. (2018) El estudio de tiempos y movimientos en los procesos de producción: una revisión sistemática. Universidad Privada del Norte. Ingeniería Industrial. Cajamarca – Perú.

Gómez S. (2014). SolidWorks Práctico I. Edit Alfaomega. México.

Hernández, S; Fernández, C; Baptista, L. (2014) Metodología de la investigación. 6ª. Edición. Mc Graw Hill. México.

Jennsen C, Hesel J. (2004). Dibujo y Diseño en Ingeniería. Edit. Mc Graw Hill. México.

Miranda, J; Toirac, L. (2010) Indicadores de productividad para la industria dominicana. Ciencia y Sociedad, vol. XXXV, núm. 2, pp. 235-290. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87014563005>

Mott, R; (2006). Diseño de elementos de máquinas. Pearson Educación. México

Munari, B. (1993) ¿Cómo nacen los objetos? México: Ediciones G. Gilli, S.A. de C.V.

Ovalle-Castiblanco, A. M., Cárdenas-Aguirre, D. M. (2016) ¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas? Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2, pp. 12-31, Sogamoso-Boyacá. Colombia.

Render, B; Heizer, J; (2014). Principios de Investigación de operaciones. Novena edición. Pearson Educación. México.

Rojas Lazo, O., & Rojas Rojas, L. (2014). Diseño asistido por computador. *Industrial Data*, 9(1), 007-015. DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v9i1.5709>

Rojas Lazo, O; Salas Bacalla, J; Santos de la Cruz, E; Marín Chávez, P; Mejía Elías, C. (2006)

Enseñanza del diseño asistido por computador en la Facultad de Ingeniería Industrial, UNMSM *Industrial Data*, vol. 9, núm. 1, pp. 16-22 Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81690103>

Vilchis (2002). Metodología del Diseño. Editorial Claves Latinoamericanas. México

Detección de anomalías en redes de sensores inalámbricos**Detection of anomalies in wireless sensor networks**

VADILLO-MEJÍA, C. †, MOO-MENA, F*. y GÓMEZ-MONTALVO, J.

*Universidad Autónoma de Yucatán, Anillo Periférico Norte, T.C. 13615, Chuburná Hidalgo Inn, Mérida, Yucatán, México.*ID 1^{er} Autor: C. Vadillo-Mejía / ORC ID: 0000-0001-5904-8517, CVU CONACYT ID: 922808ID 1^{er} Coautor: F. Moo-Mena / ORC ID: 0000-0002-8812-2525, CVU CONACYT ID: 45837ID 2^{do} Coautor: J. Gómez-Montalvo / ORC ID: 0000-0002-5606-7517, CVU CONACYT ID: 56793

DOI: 10.35429/JTD.2019.11.3.22.37

Recibido: 18 de Julio, 2018; Aceptado 05 de Septiembre, 2018

Resumen

Con el tiempo, las redes de sensores inalámbricas (WSN) se han utilizado para una variedad de aplicaciones. Se ha dedicado un amplio trabajo a diversas aplicaciones de WSN. Es importante resaltar que, debido a sus limitaciones físicas, los sensores son propensos a varios tipos de fallas. Estas restricciones pueden plantear graves problemas en las aplicaciones de detección de eventos. Sobre todo, si las WSN son desplegadas en entornos hostiles, como el sector industrial o ambiental. La detección de anomalías ha atraído recientemente la atención de la comunidad científica, debido a su relevancia en aplicaciones del mundo real. Las soluciones propuestas dependen en gran medida en la supervisión y en la comunicación, utilizando técnicas basadas en herramientas tales como Aprendizaje Automático y Redes Neuronales. En este contexto, realizamos una introducción a las técnicas de detección de anomalías más utilizadas en WSN. Recopilando y comparando los principales métodos aplicados en escenarios específicos, analizamos las ventajas y conveniencias de usar alguno de ellos.

Redes de Sensores, Detección de Fallas, Aprendizaje Automático**Abstract**

Over time, wireless sensor networks (WSN) have been used for a variety of applications. Extensive work has been dedicated to various WSN applications. It is important to note that, due to their physical limitations, the sensors are prone to several types of faults. These restrictions can pose serious problems in event detection applications. Especially if the WSNs are deployed in hostile environments, such as the industrial or environmental sector. The detection of anomalies has recently attracted the attention of the scientific community, due to its relevance in real-world applications. The proposed solutions depend to a large extent on supervision and communication, using techniques based on tools such as Machine Learning and Neural Networks. In this context, we introduce the most commonly used anomaly detection techniques in WSN. Compiling and comparing the main methods applied in specific scenarios, we analyze the advantages and conveniences of using any of them.

Sensor Networks, Anomalies Detection, Machine Learnin

Citación: VADILLO-MEJÍA, C., MOO-MENA, F. y GÓMEZ-MONTALVO, J. Detección de anomalías en redes de sensores inalámbricos. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019 3-11: 22-37

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: a18016374@alumnos.uady.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los recientes avances tecnológicos en hardware han hecho posible implementar pequeños nodos de sensores inalámbricos, de baja potencia, con poco ancho de banda y multifuncionales para monitorear e informar las condiciones y eventos en sus entornos locales (Liu D. a., 2007). Un gran conjunto de estos nodos sensores pueden formar redes de sensores inalámbricos de una manera ad hoc, creando un nuevo tipo de sistemas de información (Shahid, Naqvi, & Qaisar, 2014). Entre sus usos están el monitoreo ambiental, manejo de desastres, monitoreo médico, vigilancia inteligente, y recientemente en la creación de vehículos autónomos (Ogundile & Alfa, 2017). Las oportunidades y desafíos de estas redes de nodos pequeños, han atraído a una gran comunidad de investigadores y desarrolladores. En específico, en temas de identificación de anomalías en WSN. La implementación de una WSN en entornos extremos, tales como sistemas industriales, produce un conjunto propio de retos que pueden llevar a los sistemas a entrar en estados de falla (Gaura, 2010). Por ejemplo, la aparición de datos atípicos, ya sea por falta de energía, daño físico o interferencia ambiental (Akyildiz, Su, Sankarasubramaniam, & Cayirci, 2002). En la mayoría de las áreas de aplicación, los métodos tradicionales para el diagnóstico de anomalías en WSN dependen profundamente de la pericia de los técnicos. Este método es ineficiente y costoso en lugares donde es crítico tener un buen control de prevención de fallas, como es el caso en grandes sistemas industriales.

De manera general, la detección de anomalías se ha estudiado en múltiples contextos, desde entornos extremos como sistemas industriales (Ramotsoela, Abu-Mahfouz, & Hancke, 2018; Martí, Sanchez-Pi, Molina, & Garcia, 2015; Yi, y otros, 2015; Liu, Liu, Zhang, & Peng, 2016; Rabatel, Bringay, & Poncelet, 2011; Vries, Van Den Akker, Vonk, De Jong, & Van Summeren, 2016), redes de telecomunicaciones, monitoreo ambiental (Aslan, Korpeoglu, & Ulusoy, 2012; Ul Islam, Hossain, & Andersson, 2018; Mainwaring, Polastre, Szewczyk, & Culler, 2002; Rajasegarar, Leckie, Bezdek, & Palaniswami, 2010; Rassam, Maarof, & Zainal, 2014; Magán-Carrión, Camacho, & Garcíá-Teodoro, 2015; Conde, 2011), sistemas mecánicos o monitoreo médico (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017) (Smarsly & Law, 2014; Cowton, Kyriazakis, Plötz, & Bacardit, 2018; Haque, Rahman, & Aziz, 2015; Salem, Liu, & Mehaoua, 2013; Alemdar & Ersoy, 2010).

En años recientes han surgido métodos más eficaces que hacen frente a las carencias que, como humanos, podemos tener. Entre los que destacan métodos no paramétricos, como técnicas de Inteligencia Artificial o Aprendizaje Automático (ML, por sus siglas en inglés). Hay varios artículos de revisión dedicados a estudiar extensamente las técnicas principales para la detección de anomalías, donde se destaca (Chandola, Banerjee, & Kumar, 2009) por su aportación que nos permite comprender mejor las técnicas existentes de acuerdo al dominio de la investigación. Para redes de sensores encontramos artículos de revisión recientes como (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017), y otros no tan recientes, pero con gran aportación al tema (Xie, Han, Tian, & Parvin, 2011; S. Rajasegarar & Palaniswami, 2008; Shahid, Naqvi, & Qaisar, 2012; Savage, Zhang, Yu, Chou, & Wang, 2014).

En este documento se retoman las técnicas más destacadas de detección de anomalías en WSN mencionadas en estos artículos de revisión. El propósito es actualizar las técnicas con trabajos más recientes y hacer una introducción a las más utilizadas para detección de anomalías en una WSN.

El documento se encuentra estructurado de la siguiente forma: en la Sección 2 se introducirá el tema de anomalías en las redes de sensores y qué tipos existen. En la Sección 3 se hablará brevemente sobre los métodos más destacados utilizados en la detección de anomalías en redes de sensores. Para finalizar, se presentará un análisis de las técnicas en la Sección 4.

Detección de anomalías

Una anomalía o un valor atípico, se define como una observación que es inconsistente con el resto de las muestras observadas (S. Rajasegarar & Palaniswami, 2008). Por otro lado, el concepto de detección de anomalías puede variar dependiendo del contexto en que se emplea. En (Kumarage, Khalil, Tari, & Zomaya, 2013) se define como una rama de la detección de intrusiones, que identifica un comportamiento anormal sin conocimiento previo de la naturaleza de ese comportamiento. Por otro lado, en (Al-Thani, 2018) se define como un campo cuyo objetivo es encontrar patrones o datos que no encajen con el comportamiento esperado dentro de un conjunto general de datos.

Mientras que en (Behravan, y otros, 2017), se define como el área de investigación que busca automatizar el proceso de detección de comportamientos anormales en sistemas físicos y diagnosticar las causas. En WSN, la detección de anomalías se puede definir como un proceso de identificación de comportamientos anómalos, de una forma precisa y utilizando una cantidad mínima de recursos disponibles en la WSN (Maleh & Ezzati, 2015).

Tipos de anomalías en WSN

Por la naturaleza de los sensores, existen varios factores que hacen a las WSN ser propensas a la aparición de datos atípicos. En (Conde, 2011) se describen algunas, en las que se encuentran: errores de calibración o instalación, falta de mantenimiento, daño físico, cambios en el ambiente del sensor.

- Errores de calibración o instalación: este tipo de errores suelen producir ruido en las mediciones. Es posible detectarlos por la extrema diferencia que existe con los datos normales (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017).
- Falta de mantenimiento: los sensores, como todo instrumento físico tienen un lapso de vida limitado. La mayoría de ellos funcionan con baterías y con el tiempo su rendimiento tiende a deteriorarse, produciendo mediciones erróneas o atípicas (Ramotsoela, Abu-Mahfouz, & Hancke, 2018).
- Cambios en el ambiente: Los sensores suelen usarse en escenarios extremos donde su integridad física suele exponerse a altas temperaturas, radiación, o zonas químicamente corrosivas por periodos prolongados. Este tipo de estrés puede producir desviaciones significativas en los patrones normales de los datos (Shahid, Naqvi, & Qaisar, 2012).

Un aspecto importante de la detección de anomalías es la naturaleza de la misma. En (Ahmed, Naser Mahmood, & Hu, 2016) se menciona la siguiente clasificación:

- Anomalía puntual: Cuando una instancia de datos particular se desvía del patrón normal del conjunto de datos.

- Anomalía contextual: Cuando una instancia de datos se comporta de manera anómala en un contexto particular.
- Anomalía colectiva: Cuando una colección de instancias de datos similares se comporta de forma anómala con respecto a todo el conjunto de datos.

Métodos de detección de anomalías en WSN

Un método de detección de anomalías en redes de sensores debe tener las siguientes propiedades. Primero, debe poder identificar con precisión todos los tipos de anomalías, así como el comportamiento normal (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017). Segundo, debe ser robusto, es decir, debe poder manejar los cambios de patrones en los conjuntos de datos (Ramotsoela, Abu-Mahfouz, & Hancke, 2018). Tercero, por las limitaciones de recursos en los sistemas de sensores, este debe ser eficiente (Chandola, Banerjee, & Kumar, 2009). Por último, también es deseable que un algoritmo de detección pueda descubrir anomalías en tiempo real o casi en tiempo real (Yao, Sharma, Golubchik, & Govindan, 2010).

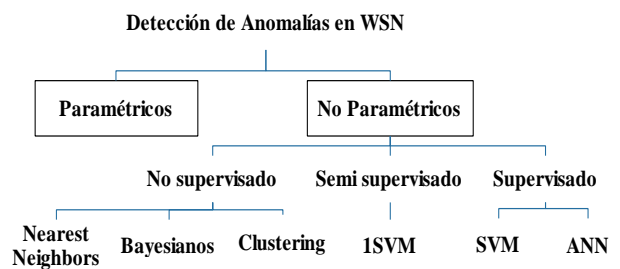


Figura 1 Clasificación de técnicas para detección de anomalías en WSN

En la Figura 1 se desglosa las técnicas analizadas en este documento. La elección de algunas de estas técnicas está en función de las características del problema. Existen varios indicadores como la naturaleza de los datos, la disponibilidad de datos etiquetados, el tipo de anomalía que se va a detectar y la arquitectura de comunicación de la WSN que ayudan a definir el problema (Chandola, Banerjee, & Kumar, 2009). Por ejemplo, dependiendo de la forma de comunicación y computación entre los nodos de la WSN, se distinguen dos esquemas para la detección de anomalías, centralizado y distribuido. En un enfoque centralizado, todos los datos recibidos en nodos individuales se transmiten a un nodo central.

El nodo central es responsable de procesar todos los datos recibidos de la red y determinar los valores o eventos atípicos (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017). Estos enfoques requieren que se comuniquen grandes cantidades de mediciones sin procesar a un nodo central para su procesamiento (S. Rajasegarar & Palaniswami, 2008). Esta carga genera un aumento en la energía de la WSN, reduciendo la vida útil de la red (Miao, Liu, Zhao, & Li, 2018). Además, dado que el nodo central es una pieza importante de un enfoque centralizado, si este nodo falla, todo el proceso de detección de anomalías se ve afectado de igual forma.

En un enfoque distribuido, las tareas se ejecutan en cada nodo localmente (Miao, Liu, Zhao, & Li, 2018). Se usan los datos locales y la información recibida de sus vecinos de un salto (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017). Se realiza algún procesamiento que permita determinar las estadísticas de los datos recopilados. Posteriormente, cada nodo transmite sus datos a un jefe de clúster en la red. El jefe es responsable de procesar las estadísticas recibidas de todos los nodos y determinar las anomalías (S. Rajasegarar & Palaniswami, 2008). Este enfoque tiene muchas ventajas en comparación con el procesamiento centralizado. Por ejemplo, dado que el procesamiento distribuido no necesita un nodo central, solo intercambia mensajes entre vecinos a un solo salto. Además, es escalable, robusto y la sobrecarga de comunicación por nodo se puede mantener a un nivel considerable (Miao, Liu, Zhao, & Li, 2018).

A partir del tipo de esquema de comunicación, centralizado o distribuido, se pueden identificar subclasificaciones de métodos de detección de anomalías en WSN, por ejemplo, en (Dunning & Friedman, 2012) se catalogan con base a dos posibles escenarios. Primero, podríamos no tener un conocimiento a priori de lo que se está buscando. Segundo, podríamos tener información etiquetada de las anomalías. En el primer enfoque se detectan anomalías sin un conocimiento previo de los datos. Técnicas de aprendizaje no supervisado o clustering destacan en este enfoque. En el segundo caso, se cuenta con datos etiquetados, es decir, los datos están marcados como normales o anormales. Se destacan técnicas de aprendizaje supervisado, donde se entrena el clasificador a partir de los datos etiquetados. Luego, el clasificador entrenado se usa para clasificar datos nuevos.

Los autores de (S. Rajasegarar & Palaniswami, 2008), dan un paso más y consideran una tercera categoría a las dos descritas previamente. Este tercero es análogo a un enfoque semi supervisado, donde un clasificador aprende una generalización breve de un conjunto de datos dado, que luego puede usarse para reconocer anomalías. Enseguida, este puede aprender de manera incremental el modelo normal a medida que los datos estén disponibles.

En (Ahmed, Naser Mahmood, & Hu, 2016), se agrupan las técnicas en cuatro categorías: Clasificación, Estadísticos, Clustering y Teóricas de información. En (Ramotsoela, Abu-Mahfouz, & Hancke, 2018) y (S. Rajasegarar & Palaniswami, 2008) los autores utilizan dos categorías, paramétricos (estadísticos) y no paramétricos (asumen no tener conocimiento previo sobre la distribución de los datos). En los métodos paramétricos encontramos técnicas basadas en métodos estadísticos, que asumen o estiman un modelo de la distribución de los datos y evalúan las instancias de datos con respecto a qué tan bien se ajustan al modelo (Shahid, Naqvi, & Qaisar, 2012). En los no paramétricos encontramos técnicas de clasificación enfocados en métodos de minería de datos e inteligencia artificial. Estos se pueden agrupar en tres subcategorías: supervisado, semi supervisado y no supervisado.

Las Tablas 1 y 2, resumen las características de estas dos categorías.

Categoría	Características
Paramétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución estadística. • Requiere conocimiento a priori del modelo. • Entorno estático. • Detección rápida.
No paramétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Datos etiquetados. • No requiere conocimiento a priori del modelo. • Más flexibles. • Entorno dinámico. • Detección moderada/lento.

Tabla 1 Métodos paramétricos y no paramétricos

Métodos paramétricos

Las técnicas paramétricas ajustan un modelo estadístico asumiendo el conocimiento de la distribución de densidad (Chandola, Banerjee, & Kumar, 2009).

Se detecta una anomalía cuando se observan datos que tienen una probabilidad pequeña de ocurrir (Ramotsoela, Abu-Mahfouz, & Hancke, 2018). Los métodos paramétricos pueden ser univariados o multivariados, siendo esta última más adecuada para WSN (Ramotsoela, Abu-Mahfouz, & Hancke, 2018). El primero solo trata con una variable aleatoria a la vez, mientras que el último permite que más de una variable aleatoria se modele utilizando la misma función de distribución.

Métodos no paramétricos

En las técnicas no paramétricas la estructura del modelo no está definida a priori, sino que se determina a partir de los datos dados (Chandola, Banerjee, & Kumar, 2009). Estas técnicas suelen hacer menos suposiciones con respecto a los datos, en comparación con las técnicas paramétricas. Además, realizan el de patrones a través del aprendizaje automático en el que se utiliza un conjunto de datos conocido para encontrar la relación entrada/salida del sistema. Implementados correctamente son eficientes con los recursos de las WSN (Ramotsoela, Abu-Mahfouz, & Hancke, 2018).

Método	Conocimiento previo	Ventajas	Desventajas
Supervisado	Si	-Detección rápida de anomalías.	-Requiere datos etiquetados. -Entornos estáticos. -Propenso a sobreentrenamiento.
No supervisado	No	-No requiere datos reales de entrenamiento. -Entorno dinámico.	-Detección moderada/lenta.
Semi supervisado	Parcial	-Puede aprender progresivamente a medida que los datos estén disponibles. -Flexible a cambios en los datos. -Detección rápida/moderada.	-Si el aprendizaje falla, los errores pueden reforzarse a sí mismos.

Tabla 2 Técnicas no paramétricas
Fuente: (Ramotsoela, Abu-Mahfouz, & Hancke, 2018)

En función del grado de disponibilidad de las etiquetas de los datos, estas técnicas pueden funcionar en tres modos: supervisado, semi supervisado y no supervisado (Chandola, Banerjee, & Kumar, 2009).

Supervisado

Los enfoques supervisados necesitan aprender modelos de normalidad y anormalidad utilizando datos preestablecidos (Han, 2012). Por lo tanto, la identificación de un nuevo punto de datos como normal o atípico depende del modelo que encaje en el punto de datos (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017). Los ejemplos incluyen redes neuronales artificiales (ANN), Support Vector Machines (SVM), etc.

También conocidas como técnicas de clasificación supervisada (Han, 2012), producen una función *f*, el *clasificador*, capaz de asociar algunos datos de entrada, normalmente un vector *x* de atributos numéricos x_i , llamados *características*, a un valor de salida *y*, la etiqueta de clase, tomada de una lista *Y* de posibles datos.

Para construir esta función de mapeo, el algoritmo de clasificación supervisada necesita datos de ejemplos ya etiquetados. En otras palabras, un conjunto de parejas (*x, y*), también llamado conjunto de entrenamiento (Schatz, Hoßfeld, Janowski, & Egger, 2013).

Uno de los principales requisitos de estos métodos es la calidad de los datos. En aplicaciones reales, no es tan sencillo obtener datos de una alta calidad para el entrenamiento, ni mucho menos datos sobre anomalías (Blomquist & Möller, 2015).

Este enfoque no se puede utilizar para una clasificación en línea, donde el clasificador aprende el modelo de clasificación con la llegada de nuevas muestras de datos y luego clasificar las siguientes muestras de datos según el modelo aprendido. Técnicas basadas en estadísticas son en su mayoría supervisadas (Shahid, Naqvi, & Qaisar, 2012).

Redes neuronales artificiales

Una técnica básica de detección de anomalías que utiliza redes neuronales funciona en dos pasos. Primero, una red neuronal se entrena con datos de estados normales. Segundo, cada instancia de prueba se proporciona como una entrada a la red neuronal. Si la red acepta la entrada de prueba, es normal y si la red rechaza una entrada de prueba, es una anomalía (Chandola, Banerjee, & Kumar, 2009).

La elección del algoritmo de entrenamiento, la arquitectura de la red, la representación de la señal de entrada y el conjunto de entrenamiento, juegan un papel importante para el entrenamiento de estas redes (Azimisadjadi, Poole, Sheedvash, Sherbondy, & Stricker, 1992). Por ejemplo, se ha demostrado que una red neuronal de tres capas, con no linealidad sigmoidea en los nodos, puede aproximar cualquier función no lineal arbitraria y generar cualquier región de decisión compleja necesaria para las tareas de detección y clasificación (Hecht-Nielsen, 1988). La elección del algoritmo de entrenamiento, por otro lado, determina la tasa de convergencia hacia una solución, el tiempo requerido para alcanzar una solución y la optimización de la misma. Si se utilizan suficientes muestras de entrenamiento y parámetros internos, la transformación entrada-salida puede definirse con una precisión arbitraria (Hecht-Nielsen, 1988).

Las redes neuronales se han usado en varios dominios como procesamiento de imágenes, sin embargo, suelen tener un alto requerimiento computacional. Para detección de anomalías en redes de sensores, se han mezclado técnicas de redes neuronales con otras técnicas, como los métodos estadísticos. En (Hawkins, He, Williams, & Baxter, 2002), se utiliza una Red Neural Replicante (RNN) para proporcionar un factor incontable para el tráfico anómalo de la red. Se trata de una percepción multicapa de retroalimentación con tres capas ocultas situadas entre las capas de entrada y salida.

Su objetivo es reproducir el patrón de datos de entrada en la capa de salida con un error minimizado a través de la formación. En (Ma, Wang, Cheng, Yu, & Chen, 2016) se propone un enfoque novedoso llamado SCDNN, que combina algoritmos de agrupamiento espectral (SC, por sus siglas en inglés) y de red neuronal profunda (DNN, por sus siglas en inglés).

Los resultados experimentales indican que el clasificador SCDNN no solo funciona mejor que una red neuronal de propagación hacia atrás (BPNN, por sus siglas en inglés), Support Vector Machines (SVM), Random Forests (RF) y modelos de redes Bayesianas en la precisión de detección y los tipos de ataques anormales encontrados, también proporciona una herramienta eficaz de estudio y análisis de detección de intrusos en redes de sensores.

En (Subba, Biswas, & Karmakar, 2018) se utiliza una combinación de reglas de especificación y un módulo ligero de detección de anomalías basado en redes neuronales para identificar nodos de sensores maliciosos. Los resultados de la simulación muestran que el framework propuesto logra una mayor precisión y tasa de detección en una amplia gama de ataques, mientras que al mismo tiempo minimiza el consumo total de energía y el volumen de tráfico en la WSN.

Support Vector Machines

Las técnicas basadas en Support Vector Machine, utilizan algoritmos robustos de aprendizaje supervisado que se basan en el principio de minimización del riesgo estructural de la teoría del aprendizaje estadístico (Vapnik, 1998). Su objetivo es encontrar un hiperplano lineal que separe un conjunto de muestras positivas de un conjunto de muestras negativas con un margen máximo.

Este margen se define por la distancia del hiperplano al punto más cercano de las muestras positivas y negativas, también llamados vectores de soporte (Yélamos, Escudero, Graells, & Puigjaner, 2009). Sin embargo, las técnicas estándares de SVM no tienen un buen desempeño en casos donde hay escasez de datos atípicos. En estos casos se emplean modelos híbridos (Erfani, Rajasegarar, Karunasekera, & Leckie, 2016; Shahid, Naqvi, & Qaisar, 2014; Saeedi Emadi & Mazinani, 2018; Maleh & Ezzati, 2015; Raghuvanshi, Rajeev, & Sudarshan, 2000).

Otro problema común es que, en la mayoría de los casos, los datos no son linealmente separables y es necesario utilizar estrategias como proyectarlos a otras dimensiones (Raghuvanshi, Rajeev, & Sudarshan, 2000). En este caso, las funciones del kernel se utilizan para transformar el espacio multidimensional original en otro, donde las clases son lineales y separables (Maleh & Ezzati, 2015).

La idea clave es mapear, mediante una función de kernel, los puntos de entrenamiento en un espacio recién transformado, generalmente de mayor o incluso de infinita dimensionalidad, donde los puntos pueden ser separados eficientemente con un hiperplano (Schatz, Hoßfeld, Janowski, & Egger, 2013).

En la práctica, las SVM son entrenadas usando diferentes kernels para seleccionar el que tenga el mejor rendimiento para el problema planteado (Morales, Cebrián, Fernandez-Blanco, & Sierra, 2016).

Semi supervisado

En la mayoría de las aplicaciones, las muestras anómalas son generalmente insuficientes e inexactas, lo que complica el uso de métodos supervisados. Para abordar esto, se aplican técnicas semi supervisadas para modelar los registros normales, y solo los registros que no cumplen con el modelo generado se etiquetan como anómalos (Pang, 2018). Estas técnicas se caracterizan por primero enseñarles la clase normal/anormal, pero posteriormente el algoritmo aprende a reconocer a la otra clase deseada (Hodge & Austin, 2004). Es adecuado para datos dinámicos, ya que sólo aprende una clase que proporciona el modelo de normalidad o anormalidad. Puede aprender el modelo gradualmente a medida que llegan nuevos datos, ajustando el modelo para mejorar los resultados, a medida que cada nuevo ejemplar esté disponible.

Técnicas basadas en derivaciones de SVM, como One-Class SVM (1SVM), se han vuelto una opción recurrente en WSN (Bahrepour, Meratnia, Poel, Taghikhaki, & Havinga, 2010; Rajasegarar, Leckie, Bezdek, & Palaniswami, 2010; Zhang, Meratnia, & Havinga, 2009; Sánchez, 2003).

1SVM

Recientemente varios enfoques 1SVM han sido propuestos para la detección de anomalías. El funcionamiento general de 1SVM es mapear primero los vectores de datos (mediciones) desde el espacio de entrada al espacio de la característica, mediante una función no lineal (Rajasegarar, Leckie, Bezdek, & Palaniswami, 2010). Los vectores mapeados en el espacio de la característica son vectores de imagen. Luego, se encuentra una superficie suave o un límite en el espacio de características que separe los vectores de imagen en mediciones normales y anómalas (Rajasegarar, Leckie, Bezdek, & Palaniswami, 2010). En otras palabras, aprenden el límite alrededor de las instancias normales durante el entrenamiento, mientras que ignoran alguna instancia anómala en los datos.

Es decir, cualquier instancia nueva que se encuentre fuera de este límite como un valor atípico (Shahid, Naqvi, & Qaisar, 2012).

Al usar una función kernel para mapear implícitamente el espacio de entrada a un espacio de características de mayor dimensión, estos métodos pueden modelar patrones altamente no lineales de comportamiento normal de una manera flexible (Maleh & Ezzati, 2015).

No supervisado

Un reto en la detección de anomalías no paramétricas es obtener datos etiquetados para entrenar un clasificador. La obtención de estos datos limpios y etiquetados suele ser costoso o una tarea manualmente intensiva (Rajasegarar, Leckie, Bezdek, & Palaniswami, 2010). Además, en el caso de las redes de sensores, el entrenamiento debe realizarse con frecuencia para adaptarse a los cambios en el comportamiento normal a lo largo del tiempo, ya sea periódicamente o en línea, sin que esté disponible ninguna de estas etiquetas.

Las técnicas no supervisadas, son unas opciones validas que no requieren de un proceso de entrenamiento. Pueden identificar valores atípicos basados en modelos estándar de distribución estadística o en la distancia total entre un punto y sus vecindarios (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017). Suponen implícitamente que los casos normales son mucho más frecuentes que las anomalías en los datos (Portnoy, Eskin, & Stolfo, 2001).

Cuando esta suposición no es cierta, estas técnicas sufren de altas tasas de falsas alarmas. Muchas técnicas semi supervisadas pueden ser adaptadas para funcionar en modo no supervisado utilizando una muestra del conjunto de datos sin etiquetar como datos de entrenamiento (Chandola, Banerjee, & Kumar, 2009). Esta adaptación supone que los datos de las pruebas contienen muy pocas anomalías y que el modelo aprendido durante el entrenamiento es lo suficientemente robusto frente a estas pocas anomalías. Esta es la principal ventaja sobre los métodos supervisados, y es que no requieren los datos reales de entrenamiento, lo cual es muy importante, especialmente en la práctica (Li & Teng, 2006). Las técnicas que más destacan en esta categoría son las basadas en clustering y Nearest Neighbors.

Clustering

Clustering es una técnica popular dentro de la comunidad de minería de datos para agrupar instancias de datos con comportamientos similares en clústeres (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017). En WSN, las mediciones o los datos recopilados por los nodos sensores pueden agruparse mediante la identificación de grupos con mediciones similares en los datos (Park, 2018). Aquí la similitud significa la proximidad de los vectores de datos entre sí. La detección de anomalías se hace con base a las agrupaciones formadas. Si una instancia de dato nueva no pertenece a una agrupación, o si un grupo de datos forman agrupaciones pequeñas en comparación con otras agrupaciones, entonces se consideran datos anómalos (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017). Para la comunicación, los datos en cada nodo se agrupan mediante clústeres hiperesféricos.

En la literatura, existen variantes de algoritmos basados en clustering para extracción de datos con valores atípicos, como (Ma, Wang, Cheng, Yu, & Chen, 2016; Moshtaghi, 2011; Rajasegarar, Leckie, & Palaniswami, 2014; Loo, 2006)

Nearest Neighbors

Estos enfoques utilizan varias nociones de distancias (medida de similitud) entre dos instancias de datos (Rajasegarar, Leckie, & Palaniswami, 2013). Ejemplos de medidas incluyen la distancia al vector de datos vecino más cercano (NN), la distancia al k th vector de datos vecino más cercano (kNNM), y la distancia al promedio de los k vectores de datos más cercanos (kNN promedio) (Rajasegarar, Leckie, & Palaniswami, 2014).

K es un parámetro definido por el usuario. Estas medidas de similitud se utilizan para ordenar los vectores de datos y clasificarlos como normales o anómalos. Por ejemplo, una instancia de datos se declara como un valor atípico si se encuentra lejos de sus vecinos (Rajasegarar, Leckie, & Palaniswami, 2013).

K-Nearest Neighbors (KNN) es una de las técnicas ya establecidas y usadas en detección de anomalías (Zhang, y otros, 2010; Yihua Liao, 2002).

Este enfoque se ha utilizado para diversos propósitos, como clasificación, clustering y detección de valores atípicos (Ayadi, Ghorbel, Obeid, & Abid, 2017). Sin embargo, es difícil de implementar en WSN debido a la complejidad de los cálculos y recurrencia de los mismos, que demandan un alto consumo de energía (Haque, Rahman, & Aziz, 2015). Algunos trabajos basados en estas técnicas son (Zhang K. a., 2007; Branch, 2013; Zhuang, 2006; Magán-Carrión, Camacho, & Garcíá-Teodoro, 2015; Xie, Hu, Han, & Chen, 2013)

Bayesianos

Los métodos Bayesianos se caracterizan por encontrar que un sensor sea defectuoso a través de la probabilidad según el teorema de Bayes (Muhammed, 2017). Las redes bayesianas (BN) son una de las técnicas usadas en WSN que se basan en métodos Bayesianos. Una BN usa un modelo gráfico probabilístico que es aprendido de un conjunto de datos de entrenamiento y estima un valor de sensor calculando una probabilidad condicional (Zhang H. a., 2018). Además, pueden agregar lecturas de diferentes sensores en diferentes momentos para proporcionar una mejor precisión de estimación (Zhang H. a., 2018).

En una red bayesiana, existe una relación padre-hijo entre los nodos que indica que una variable representada por un nodo hijo depende de aquellos representados por los nodos padres.

Las BN se pueden utilizar en un esquema de clasificación de eventos, haciéndolas aplicables para la detección de anomalías (Ahmed, Naser Mahmood, & Hu, 2016). El uso de BN para la detección de valores atípicos permite tener en cuenta la dependencia probabilística entre las variables aleatorias (De Paola, 2015).

El aprendizaje u otras formas de razonamiento se realizan mediante las reglas de probabilidad. Estas consisten en encontrar la categoría que hace que la probabilidad posterior sea mayor si se proporciona un conjunto de datos. Cada nodo de la WSN implementa solo una parte de una BN. Cada vez que un nodo sensor coopera con otros nodos, su parte de BN se conecta con aquellos que residen en otros lugares (De Paola, 2015).

En la literatura se han encontrado modelos exitosos para su implementación, tales como Naïve Bayesian, Bayesian Networks y Bayesian Neuronal Networks (Liu, Qi, Hou, & Chang, 2008). El uso de redes Bayesianas como medio para el aprendizaje no supervisado y la detección de anomalías en redes de sensores de monitoreo de gas para minas de carbón subterráneas se describe en (Hutchison, 2003).

Los autores demostraron que el modelo de red Bayesiano puede aprender líneas de base cíclicas para concentraciones de gas, reduciendo así las falsas alarmas causadas generalmente por umbrales de línea plana. Su solución ha demostrado ser eficaz tanto en el enfoque distribuido como en el centralizado.

Análisis de técnicas

Muchos de los métodos que acabamos de describir, específicamente los no paramétricos, necesitan de modificaciones y optimizaciones al algoritmo estándar para funcionar eficientemente en WSN. En los métodos paramétricos el modelo crece solo con la complejidad del modelo, no con el tamaño de los datos (Ramotsoela, Abu-Mahfouz, & Hancke, 2018).

Por lo tanto, permiten que el modelo se evalúe rápidamente en nuevas instancias, lo que los hace adecuados para grandes conjuntos de datos. Si se sabe que los datos se ajustan a dicho modelo de distribución y que esta distribución no cambiará durante el tiempo de vida de la WSN, estos enfoques son una buena opción para la detección de anomalías (Hodge & Austin, 2004). Sin embargo, debido a que su aplicabilidad depende del conocimiento a priori del modelo, que a menudo no está disponible o es costoso de obtener, no son la mejor opción para nuestro sistema de interés. Además, como sistema complejo la distribución de datos evoluciona a lo largo de la vida útil de la WSN, dificultando más la aplicabilidad de estos métodos en el sistema de interés (S. Rajasegarar & Palaniswami, 2008).

Por otro lado, las técnicas no paramétricas no requieren tener conocimiento previo sobre la distribución de los datos. Estas técnicas son adecuadas para redes de sensores con recursos limitados donde la distribución de datos puede cambiar con frecuencia.

Por ejemplo, estos cambios pueden ser causados por el agotamiento de la energía de los sensores a lo largo de la vida útil de la red, lo que afecta la estabilidad de la topología de enrutamiento y, por lo tanto, puede afectar la detección de intrusiones basada en anomalías. Los cambios sobre el tipo de ambiente monitoreado también pueden afectar la distribución de los valores de medición. Estas características descritas encajan en el caso de estudio, haciendo viable el uso de técnicas no paramétricas. Sin embargo, la complejidad computacional es mayor a las paramétricas. Por ejemplo, las basadas en SVM requieren una solución de optimización cuadrática o lineal en cada instante. Por su parte, las basadas en Nearest Neighbors o clustering, tienen la mayor complejidad computacional, ya que requieren el cálculo de la distancia euclidiana multivariada entre cada par de muestras de datos. A pesar de esto, la complejidad de la comunicación es comparable a los métodos paramétricos, ya que sólo se necesita transmitir unos pocos parámetros entre los distintos nodos de la red, reduciendo el consumo de energía de la WSN y alargando su ciclo de vida.

Entre los métodos no paramétricos, los supervisados tienen la desventaja de requerir tanto datos normales como anormales para el entrenamiento del modelo. Estos datos pueden ser reales o simulados. Además, son susceptibles al sobre entrenamiento cuando no se generalizan bien en casos completamente nuevos. Sin embargo, proporcionan un alto grado de detección de datos anómalos, siempre que sean implementados correctamente.

Los SVM son modelos de aprendizaje supervisado no paramétricos, cuya complejidad crece de forma cuadrática con el número de muestras. Se adaptan mejor a conjuntos de datos pequeños con muchas características, pero también a entrenamiento a gran escala con datos en altas dimensiones a través del uso de kernels. Sin embargo, SVM requiere mucho tiempo y memoria para el entrenamiento (Erfani, Rajasegarar, Karunasekera, & Leckie, 2016).

Las redes neuronales ofrecen soluciones robustas y adaptables para detectar y clasificar objetivos en un dominio muy desordenado. Cuando se agregan nuevos datos o reglas al sistema, no es necesario volver a entrenar el sistema, principalmente solo agregando nuevas reglas.

Tienen la capacidad de generalizar a partir de datos limitados, con mucho ruido e incompletos. Dado a que tienen altos requisitos computacionales, no son recomendables para la detección de anomalías en un WSN. Pero en conjunto con otras técnicas, como un método estadístico o variantes de la misma, resultan ser bastante poderosas.

En el caso de no contar con suficientes datos anómalos, los métodos semi supervisados y no supervisados nos dan opciones aplicables.

El primero es adecuado para datos dinámicos, ya que sólo aprende una clase que proporciona el modelo de normalidad o anomalía. Posteriormente, este va aprendiendo progresivamente el modelo a medida que llegan nuevos datos, ajustándolo con cada nueva instancia disponible.

Por otro lado, las técnicas no supervisadas, son unas opciones válidas que no requieren datos etiquetados.

Pueden identificar valores atípicos basados en modelos estándar de distribución estadística, por ejemplo, redes bayesianas, o en la distancia total entre un punto y sus vecinos, como los métodos de Clustering.

Sin embargo, tienen una alta complejidad computacional y cuando no se cumplen con los supuestos definidos, estas técnicas sufren de altas tasas de falsas alarmas.

Los enfoques basados en redes bayesianas utilizan un modelo gráfico probabilístico de un conjunto de variables y sus dependencias probabilísticas. Agregan datos de diferentes instancias y proporcionan una estimación de que un evento pertenezca a la clase aprendida.

La Tabla 3 resume las características de cada una de las técnicas no paramétricas contempladas para WSN.

Además, se anexan algunos trabajos de investigación donde se han aplicado estas técnicas de detección de anomalías en WSN.

Categoría	Técnica	Trabajos	Características
Supervisado	SVM	(Hu, Granderson, Auslander, & Agogino, 2019; Martí, Sanchez-Pi, Molina, & Garcia, 2015; Saeedi Emadi & Mazinani, 2018; Erfani, Rajasegarar, Karunasekera, & Leckie, 2016; Shahid, Naqvi, & Qaisar, 2014; Ma, Wang, Cheng, Yu, & Chen, 2016; Rajasegarar, Leckie, Bezdek, & Palaniswami, 2010; Raghuvanshi, Rajeev, & Sudarshan, 2000; Maleh & Ezzati, 2015) (Granjal, Silva, & Lourenço, 2018) (Miao, Liu, Zhao, & Li, 2018) (Feng, Fu, Du, Li, & Sun, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere datos etiquetados. - Alta complejidad computacional. - Buen desempeño en conjuntos de datos pequeños. - Usa kernels para lidiar con altas dimensiones.
	ANN	(Díaz, Carta, & Matias, 2018; Tanprasert, Saiprasert, & Thajchayapong, 2017; Ma, Wang, Cheng, Yu, & Chen, 2016; Azimisadjadi, Poole, Sheedvash, Sherbondy, & Stricker, 1992; Reddy, Sarkar, Venugopalan, & Giering, 2016; Subba, Biswas, & Karmakar, 2018; Curiaac & Volosencu, 2012; Cowton, Kyriazakis, Plötz, & Bacardit, 2018; Conde, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere datos etiquetados. - Robustos y adaptables. - capacidad de aprender y modelar relaciones no lineales y complejas
Semi supervisado	1SVM	(Ma, Wang, Cheng, Yu, & Chen, 2016; Moshtaghi, 2011; Rajasegarar, Leckie, & Palaniswami; Loo, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere mínimos datos etiquetados. - Útil cuando se tiene poca información de las anomalías.
No supervisado	Clustering	(Ma, Wang, Cheng, Yu, & Chen, 2016; Moshtaghi, 2011; Rajasegarar, Leckie, & Palaniswami, 2014; Loo, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere datos etiquetados - Consumo elevado de energía - Fácil de implementar. - Crea agrupaciones de elementos con las mismas características
	Nearest Neighbors	(Rajasegarar, Leckie, & Palaniswami, 2014; Janeja, Adam, Atluri, & Vaidya, 2010; Xie, Hu, Han, & Chen, 2013; Zhu, Feng, & Huang, 2016; Rajasegarar, Leckie, & Palaniswami, 2013; Liu & Deng, 2013; Bosman, Iacca, Tejada, Wörtche, & Liotta, 2017) (Zhang K. a., 2007; Branch, 2013; Zhuang, 2006; Magán-Carrión, Camacho, & García-Teodoro, 2015; Xie, Hu, Han, & Chen, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere datos etiquetados - Consumo elevado de energía - Intuitivo y simple - No requiere entrenamiento - Utiliza la distancia como medida de similitud entre los datos
	Bayesiano	(Wang, Lizier, Obst, Prokopenko, & Wang, 2008; Krishnamachari & Iyengar, 2004; Janakiram, Reddy, & Kumar, 2006; Hill, Minsker, & Amir, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere datos etiquetados - Detectan anomalías a través de probabilidades

Tabla 3 Técnicas analizadas para detección de anomalías en WSN

Conclusiones

De manera general, la detección de anomalías consiste en identificar mediciones que se desvían significativamente de un perfil establecido, para el comportamiento normal dentro de un dominio particular.

La capacidad de detectar fallas con alta precisión en redes de sensores se ha vuelto cada vez más importante, especialmente en dominios como la industria y la salud. En redes de sensores, es altamente deseable que la detección de anomalías se realice de manera distribuida para prolongar la vida útil de la red.

En este documento se han descrito dos formas generales para clasificar las técnicas para detección de fallas en WSN, paramétricos y no paramétricos. Los métodos paramétricos son adecuados en entornos estables donde la distribución de datos es bien conocida y es poco probable que cambie con frecuencia. Por otro lado, los métodos no paramétricos pueden utilizarse en entornos dinámicos, en los que la distribución estadística es desconocida, pero inferida a través de los datos. Además, la mayoría de los métodos no paramétricos son ideales para dispositivos con restricción de recursos y propensos a cambios, como los nodos de sensores. Los métodos no paramétricos se pueden subclasificar en otros tres, supervisado, semi supervisado y no supervisado.

Los métodos supervisados requieren tener datos de estados normales y anormales. Además, que el clasificador se vuelva a entrenar si las características de los datos cambian. Los semi supervisados aprenden una generalización breve de un conjunto de datos dado. Posteriormente, se retroalimentan de manera incremental a medida que los datos estén disponibles. De modo que pueda adaptarse a los cambios en la distribución de los datos. Por último, los métodos no supervisados, como Clustering y basados en Nearest Neighbors, suponen que los valores atípicos están bien separados de los puntos de datos que son normales.

Cada una tiene sus ventajas y desventajas, pero es de destacar que SVM y todas sus modificaciones se han vuelto populares en años recientes, dado por su eficiencia y por su alto nivel de detección. La elección de una técnica dependerá del problema y el contexto del mismo. Para nuestro caso de estudio, por las características descritas previamente, los métodos no paramétricos suponen una opción aplicable para detectar comportamientos anormales en la WSN. Además, se cuenta con datos históricos del funcionamiento de los procesos, teniendo a disposición datos etiquetados.

En este caso, los enfoques supervisados y semi supervisados son una opción a considerar. Aunque por lo descrito anteriormente se consideran los adecuados, no debemos descartar totalmente el uso de otros métodos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACYT por el financiamiento recibido para la realización de este trabajo.

Referencias

- Ahmed, M., Naser Mahmood, A., & Hu, J. (2016). A survey of network anomaly detection techniques. *Journal of Network and Computer Applications*, 60, 19-31. doi:10.1016/j.jnca.2015.11.016
- Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). A Survey on Sensor Networks. 102-114. doi:10.1109/MWC.2010.5416354
- Alemdar, H., & Ersoy, C. (2010). Wireless sensor networks for healthcare: A survey. *Computer Networks*, 54, 2688-2710. doi:10.1016/j.comnet.2010.05.003
- Al-Thani, H. a.-M. (2018). Unsupervised Technique for Anomaly Detection in Qatar Stock Market. 2018 International Conference on Computer and Applications (ICCA). doi:10.1109/COMAPP.2018.8460282
- Aslan, Y. E., Korpeoglu, I., & Ulusoy, ö. (2012). A framework for use of wireless sensor networks in forest fire detection and monitoring. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36, 614-625. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2012.03.002
- Ayadi, A., Ghorbel, O., Obeid, A. M., & Abid, M. (2017). Outlier detection approaches for wireless sensor networks: A survey. *Computer Networks*, 129, 319-333. doi:10.1016/j.comnet.2017.10.007
- Azimisadjadi, M. R., Poole, E. E., Sheedvash, S., Sherbondy, K. D., & Stricker, S. A. (1992). Detection and Classification of Buried Dielectric Anomalies Using a Separated Aperture Sensor and a Neural Network Discriminator. *Ieee Transactions on Instrumentation and Measurement*, 41, 137-143. doi:10.1109/19.126648

- Bahrepour, M., Meratnia, N., Poel, M., Taghikhaki, Z., & Havinga, P. J. (2010). Distributed event detection in wireless sensor networks for disaster management. *Proceedings - 2nd International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, INCOS 2010*, 507-512. doi:10.1109/INCOS.2010.24
- Behravan, A., Obermaisser, R., Hanike, D., Mallak, A., Weber, C., & Fathi, M. (2017). Fault Injection Framework for Fault Diagnosis based on Machine Learning in Heating and Demand-Controlled Ventilaion Systems. 273-279.
- Blomquist, H., & Möller, J. (2015). Anomaly detection with Machine learning Quality assurance of statistical data in the Aid community. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/eda8/b4887feae76f2a64181887bc4fb0a45d7ec4.pdf>
- Bosman, H. H., Iacca, G., Tejada, A., Wörtche, H. J., & Liotta, A. (2017). Spatial anomaly detection in sensor networks using neighborhood information. *Information Fusion*, 33, 41-56. doi:10.1016/j.inffus.2016.04.007
- Branch, J. W. (2013). In-network outlier detection in wireless sensor networks. *Knowledge and Information Systems*, 34(1), 23-54.
- Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly Detection: A Survey. *ACM Computing Surveys*, 41, 1-58. doi:10.1145/1541880.1541882
- Conde, E. F. (2011). ENVIRONMENTAL SENSOR ANOMALY DETECTION by Erick F . Conde A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE in Civil and Environmental Engineering Approved : Dr . Mac McKee .
- Cowton, J., Kyriazakis, I., Plötz, T., & Bacardit, J. (2018). A combined deep learning GRU-autoencoder for the early detection of respiratory disease in pigs using multiple environmental sensors. *Sensors (Switzerland)*, 18. doi:10.3390/s18082521
- Curiac, D. I., & Volosencu, C. (2012). Ensemble based sensing anomaly detection in wireless sensor networks. *Expert Systems with Applications*, 39, 9087-9096. doi:10.1016/j.eswa.2012.02.036
- De Paola, A. a. (2015). Adaptive distributed outlier detection for WSNs. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 45(5), 888-899.
- Díaz, S., Carta, J. A., & Matías, J. M. (2018). Performance assessment of five MCP models proposed for the estimation of long-term wind turbine power outputs at a target site using three machine learning techniques. *Applied Energy*, 209, 455-477. doi:10.1016/j.apenergy.2017.11.007
- Dunning, T., & Friedman, E. (2012). *Practical Machine Learning A New Look at Anomaly Detection*. O'Reilly Media, Inc.
- Erfani, S. M., Rajasegarar, S., Karunasekera, S., & Leckie, C. (2016). High-dimensional and large-scale anomaly detection using a linear one-class SVM with deep learning. *Pattern Recognition*, 58, 121-134. doi:10.1016/j.patcog.2016.03.028
- Feng, Z., Fu, J., Du, D., Li, F., & Sun, S. (2017). A new approach of anomaly detection in wireless sensor networks using support vector data description. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 13. doi:10.1177/1550147716686161
- Gaura, E. a. (2010). *Wireless sensor networks: Deployments and design frameworks*. Springer New York Dordrecht Heidelberg London. doi:10.1007/978-1-4419-5834-1
- Granjal, J., Silva, J. M., & Lourenço, N. (2018). Intrusion detection and prevention in CoAP wireless sensor networks using anomaly detection. *Sensors (Switzerland)*, 18. doi:10.3390/s18082445
- Han, J. a. (2012). *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann.
- Haque, S. A., Rahman, M., & Aziz, S. M. (2015). Sensor anomaly detection in wireless sensor networks for healthcare. *Sensors (Switzerland)*, 15, 8764-8786. doi:10.3390/s150408764
- Hawkins, S., He, H., Williams, G., & Baxter, R. (2002). *Outlier Detection Using Replicator Neural Networks*. (Y. Kambayashi, W. Winiwarter, & M. Arikawa, Eds.) 170-180.

- Hecht-Nielsen, R. (1988). Theory of the backpropagation neural network. *International 1989 Joint Conference on Neural Networks*, 593-605 vol.1.
- Hill, D. J., Minsker, B. S., & Amir, E. (2007). Real-Time Bayesian Anomaly Detection for Environmental Sensor Data. *Proceedings of the Congress-International Association for Hydraulic Research*, 503.
- Hodge, V. J., & Austin, J. I. (2004). A Survey of Outlier Detection Methodologies. 85-126. doi:10.4324/9781315744988
- Hu, R. L., Granderson, J., Auslander, D. M., & Agogino, A. (2019). Design of machine learning models with domain experts for automated sensor selection for energy fault detection. *Applied Energy*, 235, 117-128. doi:10.1016/j.apenergy.2018.10.107
- Hutchison, D. a. (2003). EWSN 2008: Wireless Sensor Networks. Retrieved from <http://www.math.tau.ac.il/mansour/coursegames/nash-load.pdf>
- Janakiram, D., Reddy, V. A., & Kumar, A. V. (2006). Outlier Detection in Wireless Sensor Networks using Bayesian Belief Networks. 2006 1st International Conference on Communication Systems Software & Middleware, 1-6. doi:10.1109/COMSWA.2006.1665221
- Janeja, V. P., Adam, N. R., Atluri, V., & Vaidya, J. (2010). Spatial neighborhood based anomaly detection in sensor datasets. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 20, 221-258. doi:10.1007/s10618-009-0147-0
- Krishnamachari, B., & Iyengar, S. (2004). Distributed Bayesian Algorithms for Fault-Tolerant Event Region Detection in Wireless Sensor Networks. *IEEE Transactions on Computers*, 53, 241-250.
- Kumarage, H., Khalil, I., Tari, Z., & Zomaya, A. (2013). Distributed anomaly detection for industrial wireless sensor networks based on fuzzy data modelling. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 73, 790-806. doi:10.1016/j.jpdc.2013.02.004
- Li, K., & Teng, G. (2006). Unsupervised SVM Based on p-kernels for Anomaly Detection. *First International Conference on Innovative Computing, Information and Control - Volume I (ICICIC'06)*, 2, 59-62. doi:10.1109/ICICIC.2006.371
- Liu, D. a. (2007). *Security for Wireless Sensor Networks*. Springer Science+Business Media, LLC.
- Liu, J., & Deng, H. (2013). Outlier detection on uncertain data based on local information. *Knowledge-Based Systems*, 51, 60-71. doi:10.1016/j.knosys.2013.07.005
- Liu, L., Liu, D., Zhang, Y., & Peng, Y. (2016). Effective sensor selection and data anomaly detection for condition monitoring of aircraft engines. *Sensors (Switzerland)*, 16. doi:10.3390/s16050623
- Liu, T., Qi, A., Hou, Y., & Chang, X. (2008). Method for network anomaly detection based on Bayesian statistical model with time slicing. *Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)*, 3359-3362. doi:10.1109/WCICA.2008.4593458
- Loo, C. E. (2006). Intrusion detection for routing attacks in sensor networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2(4), 313--332.
- Ma, T., Wang, F., Cheng, J., Yu, Y., & Chen, X. (2016). A Hybrid Spectral Clustering and Deep Neural Network Ensemble Algorithm for Intrusion Detection in Sensor Networks. *Sensors*, 16, 1701. doi:10.3390/s16101701
- Magán-Carrión, R., Camacho, J., & García-Teodoro, P. (2015). Multivariate statistical approach for anomaly detection and lost data recovery in wireless sensor networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2015. doi:10.1155/2015/672124
- Mainwaring, A., Polastre, J., Szewczyk, R., & Culler, D. (2002). *Wireless Sensor Network for Habitat Monitoring*. doi:10.1145/570738.570751
- Maleh, Y., & Ezzati, A. (2015). Lightweight intrusion detection scheme for wireless sensor networks. *IAENG International Journal of Computer Science*, 42, 347-354. doi:10.1155/2015/653232

- Martí, L., Sanchez-Pi, N., Molina, J. M., & Garcia, A. C. (2015). Anomaly detection based on sensor data in petroleum industry applications. *Sensors (Switzerland)*, 15, 2774-2797. doi:10.3390/s150202774
- Miao, X., Liu, Y., Zhao, H., & Li, C. (2018). Distributed Online One-Class Support Vector Machine for Anomaly Detection Over Networks. *IEEE Transactions on Cybernetics*, PP, 1-14. doi:10.1109/TCYB.2018.2804940
- Morales, I. R., Cebrián, D. R., Fernandez-Blanco, E., & Sierra, A. P. (2016). Early warning in egg production curves from commercial hens: A SVM approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 121, 169-179. doi:10.1016/j.compag.2015.12.009
- Moshtaghi, M. a. (2011). Clustering ellipses for anomaly detection. *Pattern Recognition*, 44(1), 55--69.
- Muhammed, T. a. (2017). An analysis of fault detection strategies in wireless sensor networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 78(October 2016), 267--287.
- Ogundile, O. O., & Alfa, A. S. (2017). A survey on an energy-efficient and energy-balanced routing protocol for wireless sensor networks. *Sensors (Switzerland)*, 17, 1-52. doi:10.3390/s17051084
- Pang, J. a. (2018). Optimize the coverage probability of prediction interval for anomaly detection of sensor-based monitoring series. *Sensors (Switzerland)*, 18(4). doi:10.3390/s18040967
- Park, S. a. (2018). Unsupervised and non-parametric learning-based anomaly detection system using vibration sensor data. *Multimedia Tools and Applications*.
- Portnoy, L., Eskin, E., & Stolfo, S. (2001). Intrusion Detection with Unlabeled Data Using Clustering. In *Proceedings of ACM CSS Workshop on Data Mining Applied to Security (DMSA-2001)*, (pp. 5-8).
- Rabatel, J., Bringay, S., & Poncelet, P. (2011). Anomaly detection in monitoring sensor data for preventive maintenance. *Expert Systems with Applications*, 38, 7003-7015. doi:10.1016/j.eswa.2010.12.014
- Raghuvanshi, A. S., Rajeev, T., & Sudarshan, T. (2000). MACHINE LEARNING APPROACH FOR ANOMALY DETECTION IN WIRELESS SENSOR DATA. *Stress: The International Journal on the Biology of Stress*, 1, 76-99.
- Rajasegarar, S., Leckie, C., & Palaniswami, M. (2013). DISTRIBUTED ANOMALY DETECTION IN WIRELESS SENSOR NETWORKS. *Conference Record - Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, 428-432. doi:10.1109/ACSSC.2013.6810312
- Rajasegarar, S., Leckie, C., & Palaniswami, M. (2014). Hyperspherical cluster based distributed anomaly detection in wireless sensor networks. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 74, 1833-1847. doi:10.1016/j.jpdc.2013.09.005
- Rajasegarar, S., Leckie, C., Bezdek, J. C., & Palaniswami, M. (2010). Centered hyperspherical and hyperellipsoidal one-class support vector machines for anomaly detection in sensor networks. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 5, 518-533. doi:10.1109/TIFS.2010.2051543
- Ramotsoela, D., Abu-Mahfouz, A., & Hancke, G. (2018). A survey of anomaly detection in industrial wireless sensor networks with critical water system infrastructure as a case study. *Sensors (Switzerland)*, 18, 1-25. doi:10.3390/s18082491
- Rassam, M. A., Maarof, M. A., & Zainal, A. (2014). Adaptive and online data anomaly detection for wireless sensor systems. *Knowledge-Based Systems*, 60, 44-57. doi:10.1016/j.knosys.2014.01.003
- Reddy, K. K., Sarkar, S., Venugopalan, V., & Giering, M. (2016). Anomaly Detection and Fault Disambiguation in Large Flight Data: A Multi-modal Deep Auto-encoder Approach. *Phm*, 1-8. doi:10.1039/c0Ob00047g
- S. Rajasegarar, C. L., & Palaniswami, M. (2008). Anomaly Detection in Wireless Sensor Networks. *Ieee Wireless Communications*, 34-40.
- Saeedi Emadi, H., & Mazinani, S. M. (2018). A novel anomaly detection algorithm using DBSCAN and SVM in wireless sensor networks. *Wireless Personal Communications*, 98, 2025-2035. doi:10.1007/s11277-017-4961-1
- VADILLO-MEJÍA, C., MOO-MENA, F. y GÓMEZ-MONTALVO, J. Detección de anomalías en redes de sensores inalámbricos. *Revista del Desarrollo Tecnológico*. 2019

- Salem, O., Liu, Y., & Mehaoua, A. (2013). Anomaly detection in medical wireless sensor networks. *Journal of Computing Science and Engineering*, 7, 272-284. doi:10.5626/JCSE.2013.7.4.272
- Sánchez, V. D. (2003). Advanced support vector machines and kernel methods. *Neurocomputing*, 55, 5-20. doi:10.1016/S0925-2312(03)00373-4
- Savage, D., Zhang, X., Yu, X., Chou, P., & Wang, Q. (2014). Anomaly detection in online social networks. *Social Networks*, 39, 62-70. doi:10.1016/j.socnet.2014.05.002
- Schatz, R., Hoßfeld, T., Janowski, L., & Egger, S. (2013). Data Traffic Monitoring and Analysis: From Measurement, Classification, and Anomaly Detection to Quality of Experience. doi:10.1007/978-3-642-36784-7
- Shahid, N., Naqvi, I. H., & Qaisar, S. B. (2012). Characteristics and classification of outlier detection techniques for wireless sensor networks in harsh environments: a survey. *Artificial Intelligence Review*, 43, 193-228. doi:10.1007/s10462-012-9370-y
- Shahid, N., Naqvi, I. H., & Qaisar, S. B. (2014). SVM based event detection and identification: Exploiting temporal attribute correlations using sensgru. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014. doi:10.1155/2014/259508
- Smarsly, K., & Law, K. H. (2014). Decentralized fault detection and isolation in wireless structural health monitoring systems using analytical redundancy. *Advances in Engineering Software*, 73, 1-10. doi:https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2014.02.005
- Subba, B., Biswas, S., & Karmakar, S. (2018). A Game Theory Based Multi Layered Intrusion Detection Framework for Wireless Sensor Networks. *International Journal of Wireless Information Networks*, 25, 1-23. doi:10.1007/s10776-018-0403-6
- Tanprasert, T., Saiprasert, C., & Thajchayapong, S. (2017). Combining Unsupervised Anomaly Detection and Neural Networks for Driver Identification. *Journal of Advanced Transportation*, 2017. doi:10.1155/2017/6057830
- Ul Islam, R., Hossain, M. S., & Andersson, K. (2018). A novel anomaly detection algorithm for sensor data under uncertainty. *Soft Computing*, 22, 1623-1639. doi:10.1007/s00500-016-2425-2
- Vapnik, V. N. (1998). *Statistical Learning Theory*.
- Vries, D., Van Den Akker, B., Vonk, E., De Jong, W., & Van Summeren, J. (2016). Application of machine learning techniques to predict anomalies in water supply networks. *Water Science and Technology: Water Supply*, 16, 1528-1535. doi:10.2166/ws.2016.062
- Wang, X. R., Lizier, J. T., Obst, O., Prokopenko, M., & Wang, P. (2008). Spatiotemporal Anomaly Detection in Gas Monitoring Sensor Networks. In R. Verdone (Ed.), *Wireless Sensor Networks* (pp. 90-105). Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Xie, M., Han, S., Tian, B., & Parvin, S. (2011). Anomaly detection in wireless sensor networks: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 34, 1302-1325. doi:10.1016/j.jnca.2011.03.004
- Xie, M., Hu, J., Han, S., & Chen, H. H. (2013). Scalable hypergrid k-NN-based online anomaly detection in wireless sensor networks. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 24, 1661-1670. doi:10.1109/TPDS.2012.261
- Yao, Y., Sharma, A., Golubchik, L., & Govindan, R. (2010). Online anomaly detection for sensor systems: A simple and efficient approach. *Performance Evaluation*, 67, 1059-1075. doi:10.1016/j.peva.2010.08.018
- Yélamos, I., Escudero, G., Graells, M., & Puigjaner, L. (2009). Performance assessment of a novel fault diagnosis system based on support vector machines. *Computers and Chemical Engineering*, 33, 244-255. doi:10.1016/j.compchemeng.2008.08.008
- Yi, W. Y., Lo, K. M., Mak, T., Leung, K. S., Leung, Y., & Meng, M. L. (2015). A survey of wireless sensor network based air pollution monitoring systems (Vol. 15). doi:10.3390/s151229859
- Yihua Liao, V. R. (2002). Use of K-Nearest Neighbor classifier for intrusion detection. 21, 439-448.

Zhang, H. a. (2018). A Bayesian network model for data losses and faults in medical body sensor networks. *Computer Networks*, 143, 166--175.

Zhang, K. a. (2007). Unsupervised Outlier Detection in Sensor Networks Using Aggregation Tree. 158--169.

Zhang, Y., Meratnia, N., & Havinga, P. (2009). Adaptive and online one-class support vector machine-based outlier detection techniques for wireless sensor networks. *Proceedings - International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, AINA, 990-995. doi:10.1109/WAINA.2009.200

Zhang, Y.-Y., Chao, H.-C., Chen, M., Shu, L., Park, C.-H., & Park, M.-S. (2010). Outlier detection and countermeasure for hierarchical wireless sensor networks. *IET Information Security*, 4, 361. doi:10.1049/iet-ifs.2009.0192

Zhu, Q., Feng, J., & Huang, J. (2016). Weighted natural neighborhood graph: an adaptive structure for clustering and outlier detection with no neighborhood parameter. *Cluster Computing*, 19, 1385-1397. doi:10.1007/s10586-016-0598-1

Zhuang, Y. a. (2006). In-network Outlier Cleaning for Data Collection in Sensor Networks. *Workshop in VLDB*.

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista del Desarrollo Tecnológico. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

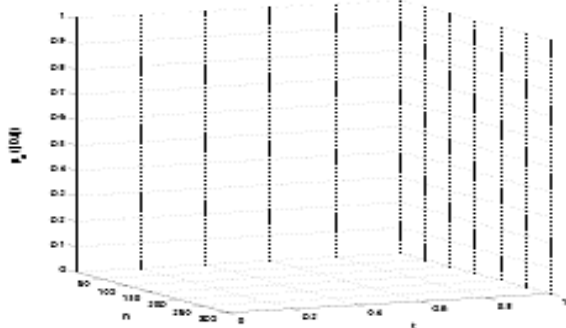


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

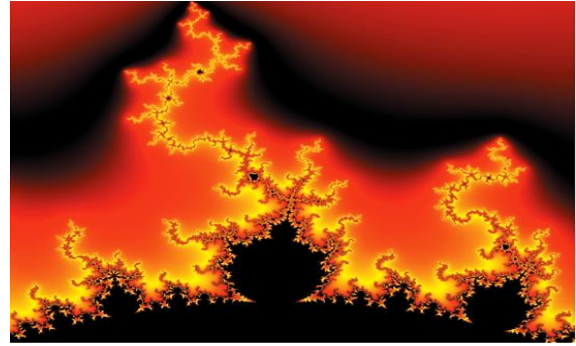


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

Revista del Desarrollo Tecnológico se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista del Desarrollo Tecnológico emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
 - Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
 - Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
 - Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Spain considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
 - Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
 - El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Spain para su Revista del Desarrollo Tecnológico, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

38 Matacerquillas, CP-28411. Morazarzal –Madrid-España. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

BANERJEE, Bidisha. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MSc

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Spain), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

38 Matacerquillas, CP-28411. Moralarzal –Madrid-España.

Revista del Desarrollo Tecnológico

“Sistema de Monitoreo y Control Automatizado de Nivel para Contenedores de Líquidos no Corrosivos, de Uso Doméstico y Comercial”

BÁEZ-IBARRA, Alejandro, ENRÍQUEZ-NICOLÁS, Mario, LUNA-SALINAS, Francisco Antonio y ROJAS-SANTOS, Guadalupe

Instituto Tecnológico de Pochutla

Instituto Tecnológico de Salina Cruz

“Diseño, desarrollo e implementación de una celda de manufactura didáctica para ingeniería mecatrónica en la UPTx”

CANO-CORONA, Ariana, PEREZ-SERRANO, Froylan, AGUILAR-AGUILAR, Álvaro y HERNANDEZ-ZEMPOALTECATL, Rodrigo

Universidad Politécnica de Tlaxcala

“Optimización del tiempo de barrenado en perfiles de aluminio”

SANTILLAN-VALDELAMAR, Maria Guadalupe, DIMAS-DÍAZ, Francelin, SERRANO-GONZÁLEZ, Sergio y RAMOS-HERNÁNDEZ, Cristopher Antonio

Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo

“Detección de anomalías en redes de sensores inalámbricos”

VADILLO-MEJÍA, C., MOO-MENA, F. y GÓMEZ-MONTALVO, J.

Universidad Autónoma de Yucatán

