



REVISTA
TECNOLOGÍA
DIGITAL

“Semillero de Investigadores”

ISSN: 2007-9400

“Tecnología para la sociedad”

Índice LatIndex: Folio 23658

www.revistatecnologiadigital.com

Desde 2011

Volumen Número

12 1

Año 2022

REVISTA TECNOLOGÍA DIGITAL

CONSEJO EDITORIAL.

Presidente. Dr. Héctor Guerra Crespo.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
hgcrespo@hotmail.com, hector.gc@tuxtla.tecnm.mx

Secretario. M.C. Walter Torres Robledo.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
walter.tr@tuxtla.tecnm.mx

Editor M.C. Imelda Valles López.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
imelda.vl@tuxtla.tecnm.mx

Editor traductor. Dr. Daniel Samayoa Penagos.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
daniel.sp@tuxtla.tecnm.mx

Editor traductor. Dra. Magdalena Guerra Crespo.

Instituto de Biotecnología de la UNAM, Cuernavaca Morelos.
magdagmx@hotmail.com

Editor traductor. Dra. María Candelaria Gutiérrez Gómez.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
maria.gg1@tuxtla.tecnm.mx

Revista Tecnología Digital.

Índice LatIndex: 23658.

ISSN: 2007-9400.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Carretera Panamericana Km. 1080.

C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Departamento de Sistemas y Computación.

01-961-6150461 Ext. 319

www.revistatecnologiadigital.com

Editor Responsable.

Editorial Tecnología Didáctica®.

Dr. Héctor Guerra Crespo.

Registro del padrón de editores: 970-94054 de
fecha 22-junio-2004.

Palenque 139 Col. ISSSTE, Tuxtla Gutiérrez,
Chiapas. C.p. 29060, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,
México.

www.tecnologiadidactica.com

Revista Tecnología Digital. Año 12, Volumen 12, Número 1 de 22 de diciembre de 2022 es una publicación anual on-line www.revistatecnologiadigital.com editada por Héctor Guerra Crespo oficinas en Palenque 139 Col. ISSSTE Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México C.P. 29060. correo-e hgcrespo@hotmail.com. Editor responsable: Héctor Guerra Crespo. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2014-022811040300-203 otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. ISSN 2007-9400. Responsable de la última actualización de este número Dr. Héctor Guerra Crespo, Presidente del Consejo Editorial, Palenque 139 Colonia ISSSTE Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, C.P. 29060, fecha de la última modificación, 22 de diciembre de 2022.

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

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del editor responsable. Índice LatIndex: 23658.

Índice.

	Página.
Aplicación web de videoconferencia para prevenir el robo de información a estudiantes de todos los niveles educativos.	 1
Aplicación web para la enseñanza de programación de propósito general basada en recursos de aprendizaje.	 11
Clasificación del nivel de estrés en los docentes de educación superior mediante inteligencia artificial.	 19
Diseño del eje de una trituradora de plástico PET.	 33
Diseño y construcción de un banco de pruebas de motores de inducción con interfaz de comunicación IO-Link.	 43
Diseño y construcción de un brazo robótico de 6 grados de libertad.	 57
Implementación de la metodología UWE en el diseño de un sistema de información web para la administración de expedientes clínicos odontológicos.	 69
Modelo de enseñanza para la materia de programación orientada a objetos basado en rutas de aprendizaje y objetos de aprendizaje.	 83
Simulación de transitorios electromagnéticos en cables subterráneos utilizando discretización tiempo-espacial.	 95
Sistema de monitoreo de variables críticas de un motor de inducción trifásico utilizando comunicación IO-Link.	 109
Sistema traductor de Lenguaje de Señas Mexicano v3.0.	 127



Aplicación web de videoconferencia para prevenir el robo de información a estudiantes de todos los niveles educativos.

Videoconferencing web application to prevent information theft for students of all educational levels.

Joel Ruben Regalado Romero* (1).
Universidad DaVinci, CDMX, México.
joelromaro@gmail.com.

*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 05, 2021; aceptado en marzo 30, 2022.

Resumen.

El trabajo actual se desarrolla una aplicación web, la cual varios usuarios podrán conectarse simultáneamente por videoconferencia, la página puede usarse como medio de comunicación escolar, para el desarrollo se utilizó código abierto. El problema sobre el cual se desarrolló este artículo radica en el aumento de la inseguridad en tiempos de pandemia por COVID-19 al utilizar aplicaciones comerciales. Con este desarrollo se asegura la nula información compartida en internet y el óptimo funcionamiento de las reuniones.

Palabras clave: Aplicación web, ciberataques, seguridad, videoconferencia.

Abstract.

The current work develops a web application, which several users can connect simultaneously by videoconference, the page can be used as a means of school communication, open source was used for the development. The problem on which this article was developed lies in the increase in insecurity in times of the COVID-19 pandemic when using commercial applications. With this development, zero information is shared on the Internet and the optimal functioning of the meetings is ensured.

Keywords: Cyberattacks, security, videoconference, web application.

1. Introducción.

El Panorama de Amenazas en América Latina 2021 de *Kaspersky*, del informe anual realizado por el equipo de investigación y análisis, revela un aumento del 24% en ciberataques en la región durante los primeros ocho meses del año, en comparación con el mismo periodo en 2020. La conclusión de los especialistas es clara, la seguridad de las tecnologías para el trabajo remoto y educación a distancia debe ser prioridad y la piratería, tanto en dispositivos personales como profesionales, debe ser erradicada. En este contexto como se puede observar en la figura 1, Brasil lidera la región con más de 1,390 intentos de infección por minuto, seguido de México (299 por minuto); Perú (96 por minuto), Ecuador (89 por minuto) y Colombia (87 por minuto). (Díazgranados, 2021).

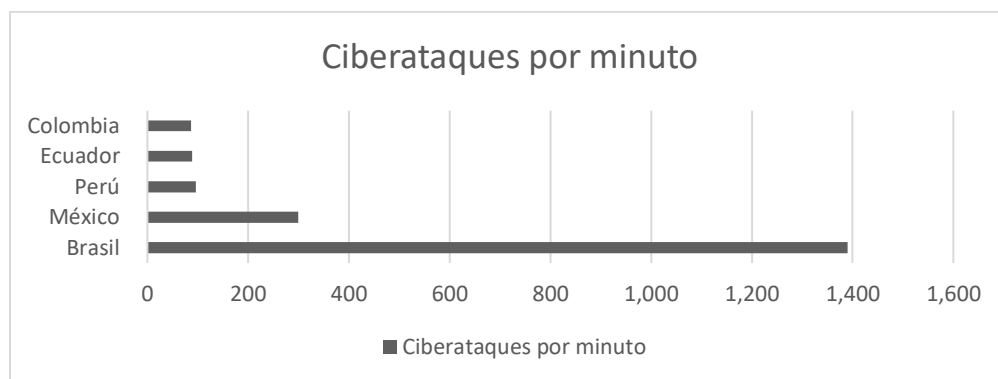


Figura 1. Ciberataques por minuto en América latina. Fuente: (Diazgranados, 2021).

A raíz de la pandemia por la *COVID-19* desde marzo de 2020 y las nuevas variantes como el *Ómicron* que han impactado a inicios del 2022, el Sistema Educativo Nacional se ha enfrentado a un desafío sin precedentes, implementando clases a distancia ante el cierre temporal de las escuelas, impactando todos los ciclos escolares hasta el actual, aumentando el uso de las tecnologías de la información, como lo muestra la encuesta para la medición del impacto *COVID-19* en la educación, se identifica la población de estudiantes de 32.9 millones de alumnos de entre 3 a 29 años que se inscribieron en el ciclo escolar 2020-2021 (INEGI, 2021).

Por la educación en línea y el trabajo en casa, las plataformas de videoconferencia tuvieron un repunte histórico, y entre éstas, la que más relevancia ha tomado desde altos niveles de la política mundial hasta las vidas cotidianas de millones de estudiantes y trabajadores ha sido *Zoom* (El tiempo, 2020).

A través de una amplia variedad de servicios, aplicaciones, plataformas y entornos virtuales que brindan enormes oportunidades para el aprendizaje, a la vez que promueven la socialización y desarrollo de niñas, niños y adolescentes (NNA), así como de jóvenes estudiantes. Factores como la mayor dependencia de las comunicaciones y tecnologías de la información, el uso de múltiples soluciones digitales en el ámbito educativo, el mayor tiempo en línea, entre otros, incrementan la exposición de NNA, jóvenes estudiantes y docentes a amenazas y riesgos en línea. En este contexto, expertos en ciberseguridad advierten un entorno propicio para que prosperen los cibercriminales y que, tanto los miembros de la comunidad educativa como las instituciones académicas, se encuentren mayormente expuestos a múltiples amenazas de ciberseguridad (Secretaría de comunicaciones y transportes, 2020), como lo muestra la figura 2, el 48.3% de alumnos pasan de entre 3 a 5 horas dedicado a clases y actividades escolares, todos ellos utilizando una herramienta tecnológica. (INEGI, 2021).

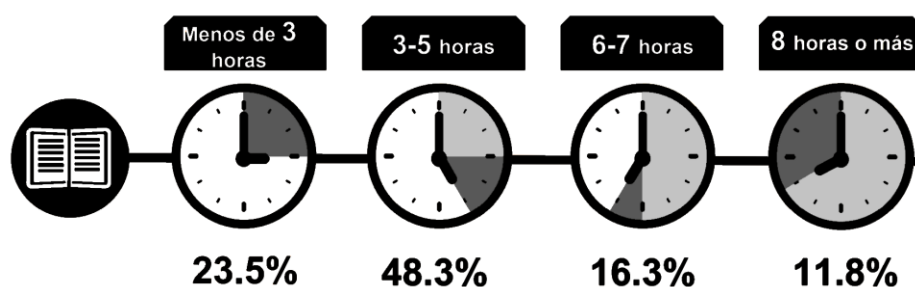


Figura 2. Distribución porcentual de la población de 3 a 29 años inscrita en el ciclo escolar 2020–2021 por tiempo dedicado a clases y actividades escolares por día. Fuente: (INEGI, 2021).

La demanda de servicios de videoconferencias para la impartición de clases en línea, o bien, para sesiones de estudio, especialmente a partir de la emergencia sanitaria generada por *COVID-19*, se ha incrementado considerablemente. Las teleconferencias se han convertido en una herramienta indispensable para desarrollar las actividades de educación en

línea, dar continuidad a asuntos laborales, la vida cotidiana y la comunicación con familiares y amigos. Lo novedoso de estos servicios para muchos usuarios y la aparición de algunas vulnerabilidades en ciertas plataformas, supone para los ciberdelincuentes la oportunidad para el acceso no autorizado a información, robo de credenciales y acceso a los distintos recursos del dispositivo (como micrófono, cámara, etc.) (Secretaría de comunicaciones y transportes, 2020).

Un grupo de investigadores de seguridad descubrió que Zoom presenta una vulnerabilidad de día cero que los ciberdelincuentes podrían utilizar para lanzar ataques de ejecución remota de código, es decir, propagar malware capaz de tomar el control de los equipos. (El Universal, 2021). Por parte de Microsoft Teams, se han descubierto un total de cuatro vulnerabilidades con la introducción de la nueva característica de previsualización de enlaces. Estas fueron reportadas a Microsoft en Marzo de 2021, y hasta la fecha solo ha sido solucionada una de ellas. Las cuatro vulnerabilidades encontradas son del tipo *server-side request forgery* (SSRF) y un fallo de *spoofing* de previsualización de la URL, tanto en la web como en la aplicación de escritorio, y, en el caso de los usuarios de Android, se puede revelar su IP y realizar un ataque de denegación de servicio (*DoS*). (García, 2022). Por lo anterior, es necesario promover la adecuada protección de los usuarios para evitar incidentes al usar estos servicios, tomando en consideración las siguientes recomendaciones:

- Informarse sobre las políticas de privacidad y las medidas de seguridad que implementa el servicio que se desea utilizar.
- Descargar e instalar la aplicación correspondiente desde la página web oficial del desarrollador o desde las tiendas oficiales de apps.
- Mantener actualizada la aplicación que se utilice, pues es a través de este proceso que se puede asegurar que las vulnerabilidades detectadas y corregidas por el desarrollador se están implementando.

Al organizar una teleconferencia se recomienda tener en cuenta:

- En el caso de reuniones privadas, compartir el enlace directamente con los participantes, haciendo uso de las funciones de compartición de las propias aplicaciones, y evitando el uso de redes sociales o canales de comunicación abiertos que podrían promover accesos no deseados.
- Proteger la conferencia con una contraseña robusta, para restringir el acceso a ésta a personas no autorizadas.
- Poner a los asistentes en sala de espera, si la plataforma permite dicha funcionalidad. Previa verificación, se podrá aceptar su ingreso, de ser el caso.

Los ciberdelincuentes han aprovechado el auge de las plataformas de videoconferencia para cometer sus ataques. Por ello se tuvo la idea de desarrollar una aplicación web de videoconferencia, la cual sea privada y solo tengan acceso las personas autorizadas, y utilizando herramientas de código abierto.

En el mundo del desarrollo de sistemas web existen diferentes herramientas creadas por organizaciones, las cuales pueden ser usadas de manera gratuita, una de esas herramientas es *WebRTC* la cual es una tecnología de código abierto y opera en *Mozilla*, *Google* y *Opera* desde hace un tiempo, nos permite realizar una comunicación web en tiempo real, realizar llamadas de video desde el navegador, sin necesidad de utilizar ningún tipo de *plugin*, simplemente usando *HTML5* y una *API* basada en *JavaScript*. Con *WebRTC*, puede agregar capacidades de comunicación en tiempo real a su aplicación que funciona sobre un estándar abierto. Admite video, voz y datos genéricos que se envían entre pares, lo que permite a los desarrolladores crear potentes soluciones de comunicación de voz y video (*WebRTC*, 2021).

ASP.NET SignalR es una biblioteca para desarrolladores de *ASP.NET* que simplifica el proceso de agregar funcionalidad web en tiempo real a las aplicaciones. La funcionalidad web en tiempo real es la capacidad de hacer que el código del servidor envíe contenido a los clientes conectados instantáneamente a medida que esté disponible, en lugar de que el servidor espere a que un cliente solicite nuevos datos (Microsoft, 2021).

2. Métodos.

Metodología de desarrollo web.

Para el desarrollo de esta aplicación se utilizó el marco de trabajo *Scrum*, la cual permite la óptima gestión de los proyectos, este marco de trabajo todos los miembros del equipo pueden ver trabajando los demás miembros, el objetivo para el que están trabajando y el progreso alcanzado. Scrum es un marco de trabajo liviano que ayuda a las personas, equipos y organizaciones a generar valor a través de soluciones adaptativas para problemas complejos. Scrum emplea un enfoque iterativo e incremental para optimizar la previsibilidad y controlar el riesgo. Scrum involucra a grupos de personas que colectivamente tienen todas las habilidades y experiencia para hacer el trabajo y compartir o adquirir dichas habilidades según sea necesario.

Iterativo e incremental.

La contribución técnica detrás de la mejora iterativa es desarrollar un sistema de software incrementalmente, permitiendo al desarrollador aprovechar lo que se va aprendiendo durante el desarrollo de las versiones tempranas, incrementales y entregables del sistema. El aprendizaje viene tanto del desarrollo como del uso del sistema, donde sea posible. Los pasos clave en el proceso consisten en empezar con una implementación sencilla de un subconjunto de los requisitos del *software* y mejorar iterativamente la evolución secuencial de versiones hasta que el sistema está implementado. En cada iteración, se hacen modificaciones en el diseño a la misma vez que añadimos nuevas funcionalidades (V. Basili y J. Turner, 1975).

En la ceremonia de *Scrum Spring Planining* se realizó la planeación del proyecto, se llegó a la conclusión que en un Spring de un mes el proyecto debería de estar terminado, se realizó la asignación de las tareas, la prioridad y la dificultad de la tarea utilizando la serie *Fibonacci*, todo quedó plasmado en el *Sprint Backlog* como se muestra en la figura 3.

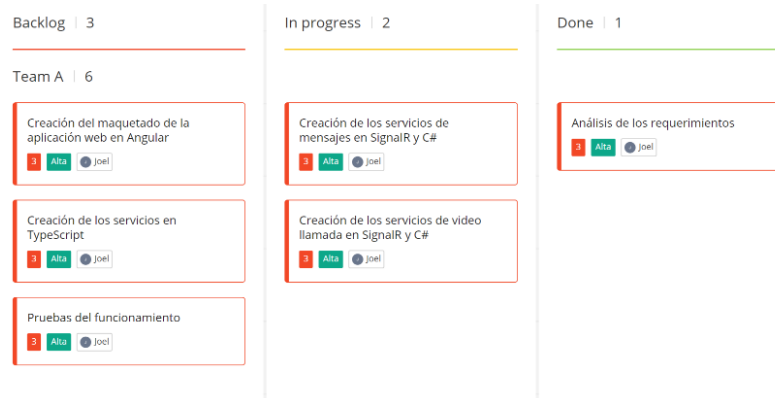


Figura 3. Sprint Backlog del proyecto.

Herramientas.

Las herramientas mencionadas a continuación corresponden a la etapa de Scrum Spring Planining:

- Microsoft Visual Studio Code. Herramienta que permite desarrollar, probar y desplegar código en diferentes lenguajes de programación.
- Microsoft Visual Studio 2019. Herramienta que permite desarrollar aplicaciones, sitios web, aplicaciones WPF, aplicaciones web, servicios web, *apps* de *Windows*, etc.

3. Desarrollo.

En la semana 1 se realizó el análisis de los requerimientos donde se creó el diagrama de contexto y el prototipo de la aplicación, se eligió el algoritmo de cifrado para la seguridad de los datos de entrada y salida y se creó el proyecto en Angular.

Diagrama de contexto.

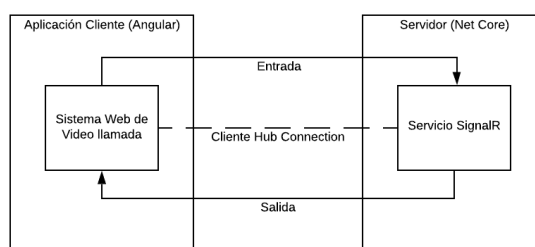


Figura 4. Diagrama de Contexto. Sistema de videoconferencia.

La figura 4 describe el flujo del funcionamiento de la aplicación web de videoconferencia, en primera instancia el cliente realiza la petición al servidor, si la conexión fue exitosa el servidor responde al cliente y se abre la conexión por *Sockets*. Cuando un nuevo usuario se conecta realiza la misma opción.

Diagrama de infraestructura de seguridad.

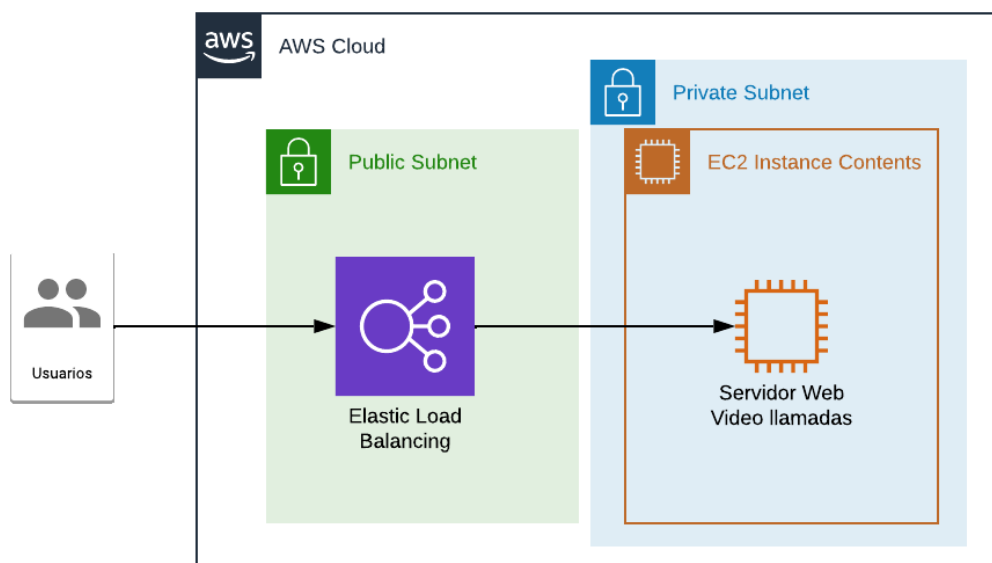


Figura 5. Diagrama de infraestructura de seguridad.

La figura 5 describe el flujo del diagrama de infraestructura de seguridad, el proyecto se podrá publicar en la nube, en caso se utilizó AWS (Amazon Web Services). Con AWS cuenta con la infraestructura global más segura de planta, todos los datos que fluyen en la red global de AWS y que interconectan los centros de datos y regiones se cifran de

manera automática en la capa física antes de dejar nuestras instalaciones protegidas. También existen capas adicionales de cifrado. Por ejemplo, todo el tráfico de las interconexiones entre regiones de las VPC y las conexiones TLS del cliente o entre servicios. (AWS, s.f.).

Prototipo de la aplicación.



Figura 6. Prototipo de la aplicación videoconferencia.

Como se muestra en la figura 6 se creó el prototipo de la aplicación la cual cuenta con una caja de texto donde el alumno ingresará su nombre, cámara donde se podrá ver los alumnos conectados y la parte de los mensajes donde cada alumno podrá escribir y ver los mensajes enviados.

Creación de la aplicación.

Para el desarrollo web de esta aplicación, se utilizó para la parte de la vista *Angular 10*, *Bootstrap* y *CSS*, para la parte de la lógica se utilizó código abierto de *WebRTC* y *SignalR*. Para la creación del proyecto se necesita tener instalado *NodeJs* y después ejecutar el comando en consola como administrador: `ng new videoconferenciaEscolar`.

Algoritmo de cifrado.

Para el desarrollo de la aplicación se implementará el cifrado y descifrado *AES* para el envío y recepción de los mensajes enviados por los alumnos, *AES* es un estándar de cifrado avanzado el cual el descifrado de los datos cifrados solo es posible cuando conoce la contraseña correcta, se necesita instalar un archivo *crypto.js*, como se muestra en el código 1 se utilizará un método el cual va a cifrar y descifrar los mensajes.

Código 1; signal-r.service.ts. Método de cifrado y descifrado de mensajes.

```
ConvertirTexto( conversion:string ) {
  if (conversion=== 'encriptar') {
    this.conversionEncryptOutput = CryptoJS.AES.encrypt(this.plainText.trim(),
      this.encPassword.trim()).toString();
  }
  else {
    this.conversionDecryptOutput = CryptoJS.AES.decrypt(this.encryptText.trim(),
      this.decPassword.trim()).toString(CryptoJS.enc.Utf8);
  }
}
```

Desarrollo de la aplicación.

En la semana 2 y 3 se realizó la programación del proyecto el cual consta de 2 módulos importantes, se utilizó el diagrama de contexto el cual consta del código que programará la vista del alumno y la parte de la lógica de programación. El código 7 nos muestra el código en C# donde implementamos SignalR para la comunicación por sockets, la correcta gestión de los usuarios conectados, el envío y recepción de los mensajes.

Código 2; WebRtcHub.cs. Código en C# para la comunicación con SignalR.

```
this._hubConnection.on('receiveSignal', async (user: IUser, signal: string) => {
    await this.newSignal(user, signal);
});
this._hubConnection.on('MessageReceived', (data: any) => {
    this.messageReceived.emit(JSON.parse(data));
});

public mandarMensaje(userName: string, mensaje: string): void {
    this._hubConnection.invoke('NewMessage', userName, mensaje);
    delete this._connections[partnerClientId];
}
```

La figura 7 nos muestra la estructura del proyecto y parte del código fuente de la aplicación.

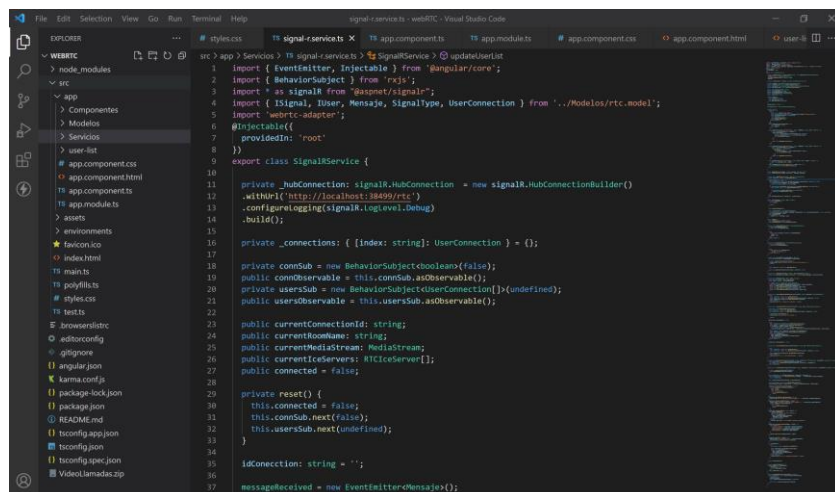


Figura 7. Código fuente de la aplicación web videoconferencia.

Resultados.

En la figura 8 se muestra la página web de inicio donde los alumnos podrán ingresar su nombre de usuario, automáticamente comenzara la sincronización con los alumnos y la conexión al servidor.

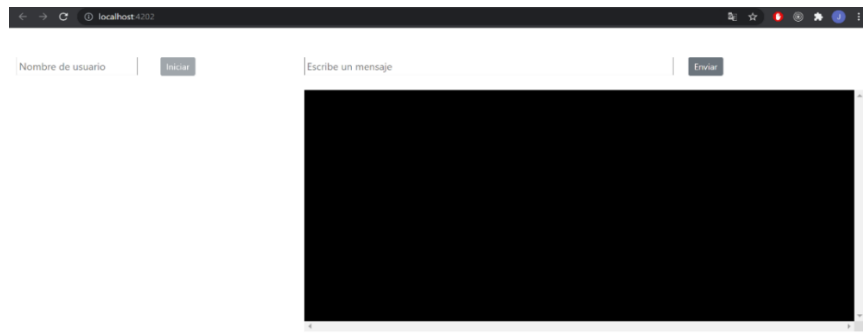


Figura 8. Página Web de inicio.

En la figura 9 se muestra la conexión exitosa al servidor, el alumno podrá mandar sus mensajes, escuchar y ver a los alumnos conectados.

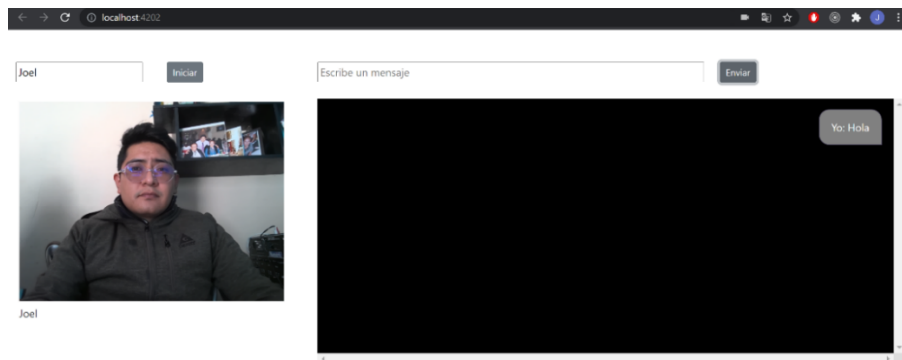


Figura 9. Primer alumno conectado.

En la figura 10 se muestra la comunicación entre dos o más alumnos y también el envío y recepción de mensajes de forma exitosa.

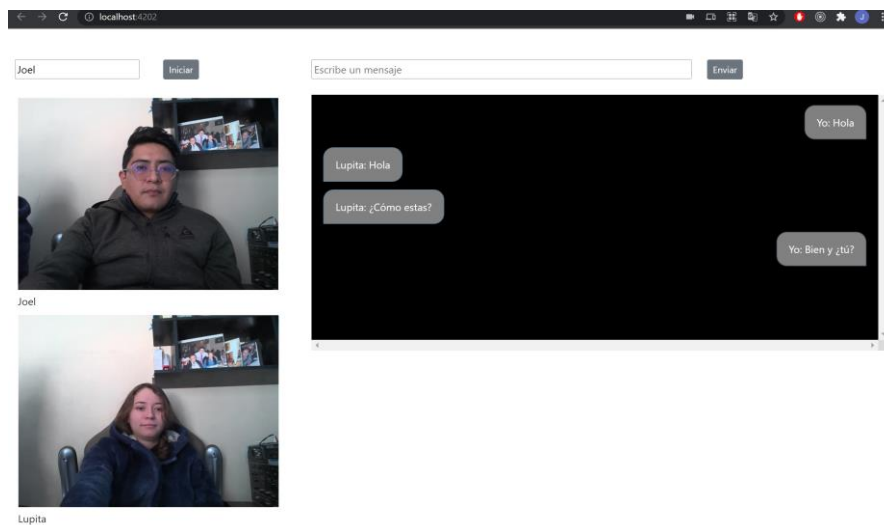


Figura 10. Dos o más alumnos conectados.

Conclusiones.

La aplicación web desarrollada en este trabajo no utiliza ninguna información personal de los alumnos, los ciberdelincuentes no podrán tener acceso a los mensajes compartidos por el *chat* ya que la información es cifrada, la aplicación web puede ser alojada en un servidor de una institución educativa o en la nube. Con todas las características antes mencionadas esta aplicación es muy segura y se evitará el robo de información.

El funcionamiento del proyecto es óptimo y se puede realizar mejoras como agregar un administrador que pueda silenciar micrófonos, apagar encender la cámara y una acción que pueda desconectar a los usuarios. El marco de trabajo *Scrum* permitió la óptima gestión de las tareas a realizar, el proyecto fue terminado en tiempo y forma establecido en la planeación del *Spring*. La metodología Iterativo e incremental permitió tener código funcional al término de cada *Sprint*.

Agradecimientos.

Se agradece a la universidad DaVinci y las autoridades que trabajan en la maestría en sistemas computacionales por todo el apoyo brindado en el desarrollo del presente proyecto. Se agradece al CONACYT por la beca otorgada por todos los semestres de la maestría en sistemas computaciones.

Referencias Bibliográficas.

AWS (s.f.). Seguridad en la nube de AWS. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/security/>

Diazgranados, H. (2021). Ciberataques en América Latina crecen un 24% durante los primeros ocho meses de 2021. Obtenido de <https://latam.kaspersky.com/blog/ciberataques-en-america-latina-crecen-un-24-durante-los-primeros-ocho-meses-de-2021/22718/>

El tiempo (3 de abril de 2020). Eric Yuan: la historia del increíble ascenso del creador de Zoom. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/zoom-quien-es-el-multimillonario-fundador-de-plataforma-de-videollamadas-480754>

El Universal (4 de Abril de 2021). Descubren vulnerabilidad en Zoom que podría ponerte en peligro. Obtenido de <https://www.eluniversal.com.mx/techbit/zoom-descubren-vulnerabilidad-en-que-podria-ponerte-en-peligro>

García, R. (10 de Enero de 2022). Detectadas múltiples vulnerabilidades en Microsoft Teams. Obtenido de <https://unaaldia.hispasec.com/2022/01/detectadas-multiples-vulnerabilidades-en-microsoft-teams.html#:~:text=Se%20han%20descubierto%20una%20serie,incluso%20acceder%20a%20servicios%20internos.>

INEGI. (2021). Encuesta para la Medición del Impacto COVID-19 en la Educación (ECOVIED-ED). Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/ecovied/2020/doc/ecovid_ed_2020_presentacion_resultados.pdf

Microsoft. (2021). Introduction to SignalR. Obtenido de: <https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/signalr/overview/getting-started/introduction-to-signalr>

Secretaría de comunicaciones y transportes. (Agosto de 2020). Guía de ciberseguridad para el uso de redes y dispositivos de telecomunicaciones en apoyo a la educación. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/570011/10082020_Guia_de_ciberseguridad_en_apoyo_a_la_educacion_VF_para_publicar.pdf

V. Basili y J. Turner (1975). “Iterative Enhancement: A Practical Technique for Software Development,” IEEE Trans. Software Eng. pp. 390-396

WebRTC. (2021). Comunicación en tiempo real para la web. Obtenido de: <https://webrtc.org/>

Información de los autores.



Joel Ruben Regalado Romero, culminó la maestría en sistemas computacionales por la universidad DaVinci, cuenta con las certificaciones en Scrum Master y Scrum Developer por Certiprof, actualmente se desempeña como desarrollador web en la empresa Grupo Salinas desde el 2019.

Aplicación web para la enseñanza de programación de propósito general basada en recursos de aprendizaje.

Software for teaching programming based on learning objects.

Héctor Guerra Crespo* (1).
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
hector.gc@tuxtla.tecnm.mx.

María Guadalupe Monjarás Velasco (2), TecNM/I. T. de Tuxtla Gutiérrez, maria.mv@tuxtla.tecnm.mx.

Jorge Octavio Guzmán Sánchez (3), TecNM/I. T. de Tuxtla Gutiérrez, jorge.gs1@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 03, 2022; aceptado en diciembre 13, 2022.

Resumen.

El presente artículo describe una aplicación para que los interesados en la enseñanza de la programación de propósito general ya sean profesores o instructores tengan una alternativa para la producción de material didáctico basado en recursos de aprendizaje, en esta aplicación se consideran recursos basados en grabación de pantalla y pizarrón en aula, escritura a mano alzada y presentaciones de diapositivas, todo lo anterior como salida en video. De esta manera el material producido puede publicarse masivamente a través de un repositorio o canal de youtube u otro proveedor que permita la masificación del contenido generado. La aplicación se encuentra disponible en el sitio <http://oaprogramacion.tecnologiadidactica.com>.

Palabras claves: Objetos de aprendizaje, programación de propósito general, recursos de aprendizaje.

Abstract.

This paper describes an application so that those interested in teaching programming, whether they are teachers or instructors, have an alternative for the production of educational material based on learning resources. In this application, resources based on screen recording are considered, and classroom whiteboard, freehand writing, and slideshows, all of the above as video output. In this way, the material produced can be massively published through a repository or YouTube channel or another provider that allows the massification of the generated content. The application is available on the site <http://oaprogramacion.tecnologiadidactica.com>.

Keywords: Learning object, learning resources, programming.

1. Introducción.

La enseñanza de materias de programación de propósito general a nivel licenciatura es algo complejo ya que la programación es un paradigma de pensamiento, por lo que es necesario combinar muchos elementos para lograr que los estudiantes adquieran tal paradigma.

Las materias involucradas en la enseñanza de programación de propósito general en un plan de estudios típico involucran en la mayoría de los casos 3 etapas, la primera involucra la enseñanza de algoritmos y diagramas de flujo para resolver problemas con elementos de los lenguajes de programación, la segunda etapa consiste en la aplicación de los algoritmos en algún lenguaje o lenguajes de programación de propósito general como C, C++, C#, Java y Python y la tercera involucra programación avanzada, estructura de datos y programación orientada a objetos.

Las materias mencionadas necesitan de material didáctico muy específico que involucra esquemas que debe generarse ya sea a mano alzada a través de un pizarrón en una clase tradicional o en una hoja de papel en una asesoría típica y la implementación de tales esquemas en un lenguaje de programación cuya explicación en aula es a través de una proyección directa desde la computadora del profesor.

El trabajo presentado en este artículo tiene como propósito apoyar a profesores que se dediquen a la enseñanza de materias relacionadas con programación de propósito general a desarrollar material didáctico en video.

2. Métodos.

Recursos de aprendizaje.

El término de recurso de aprendizaje se conoce de múltiples formas “sinónimos” como recurso didáctico, apoyo didáctico, medios educativos, herramientas digitales, etc. Existe diferentes conceptos de recursos de aprendizajes Caswell et al. (2008) lo define como “todo aquel recurso educativo que está diseñando para dar a acceso al conocimiento a la comunidad global”, Morales (2012) define recursos de aprendizaje como “recurso didáctico al conjunto de medios materiales que interviene y facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje”. Los recursos de aprendizaje son materiales audiovisuales, medios de información que permite motivar el estudiante a fortalecerse en el campo educativo. Son recursos físicos tanto como virtuales. Vidal (2007) define los recursos de aprendizaje como “un impulso interesante para poder generar recursos educativos digitales que actúen como elementos de mediación y de mediatización, siempre y cuando la reflexión tecnológica y pedagógica se acompañe en el proceso”.

La definición más apropiada en el contexto de la aplicación de este artículo es la de Vidal (2007) ya que se propone un tema se desarrolla el material didáctico tradicional textual y se acompaña a este material textual con los medios tecnológicos y pedagógicos necesarios que le dan densidad y solidez académica al material realizado (objetos de aprendizaje).

Los recursos de aprendizaje no necesariamente es software aunque para el desarrollo de este proyecto solo se contemplan recursos de aprendizaje basados en software y el resultado final en video.

Los recursos de aprendizaje considerados son.

- Pizarrón.
- Captura de pantalla.
- Cuaderno.
 - Mano alzada.
 - Tableta ciega.
 - Tableta lápiz.
- Presentación estática.

Recursos utilizados en una clase tradicional de programación en aula y asesoría directa.

Los recursos de aprendizaje auxiliares son.

- Micrófonos.
- Cámaras.

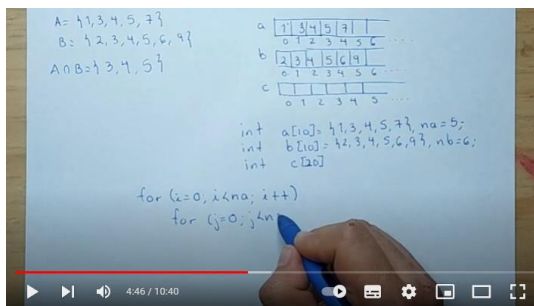
- Edición de video.



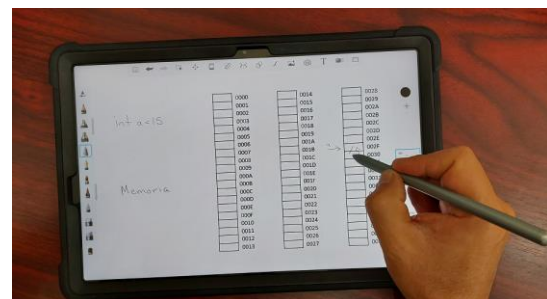
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1. Recursos de aprendizaje (a) pizarrón, (b) presentación y grabación de pantalla, (c) cuaderno - mano alzada, (d) cuaderno - tableta.

Objetos de aprendizaje.

Este artículo presenta el desarrollo del material didáctico través de recursos de objetos de aprendizaje. Una definición muy utilizada es la “la mínima estructura independiente que contiene un objetivo, actividades de aprendizaje y una evaluación” (L’Allier, 1998). Por su parte IEEE (2000) define “un objeto de aprendizaje es definido como cualquier entidad -digital o no- que puede ser usada para aprender, enseñar o capacitar (training)”, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2005) define objeto de aprendizaje como “todo material estructurado de una forma significativa, asociado a un propósito educativo y que corresponde a un recurso de carácter digital que puede ser distribuido y consultado a través de la Internet”, esta definición es la que más se adapta a este proyecto.

South y Monson (2000) de acuerdo al estándar (IEEE Std 1484.12.1, 2002) indican que los objetos de aprendizaje deben cumplir los siguientes atributos.

- Durabilidad.
- Interoperabilidad.
- Accesibilidad.
- Reusabilidad
- Extensibilidad.
- Asequibilidad.
- Manejabilidad.

Herramientas.

Las herramientas consideradas para los recursos de aprendizaje son.

Captura de pantalla.

- Smrecorder.
- OBS.
- Bandicam.

Presentación estática,

- Power point.
- Prezi.
- Slidebean.
- Google Slides.
- Powtoon.

Cuaderno

- Sketchbook.

Edición de video.

- Vegas.

3. Desarrollo.

La aplicación se encuentra en el sitio <http://oaprogramacion.tecnologiadidactica.com>.

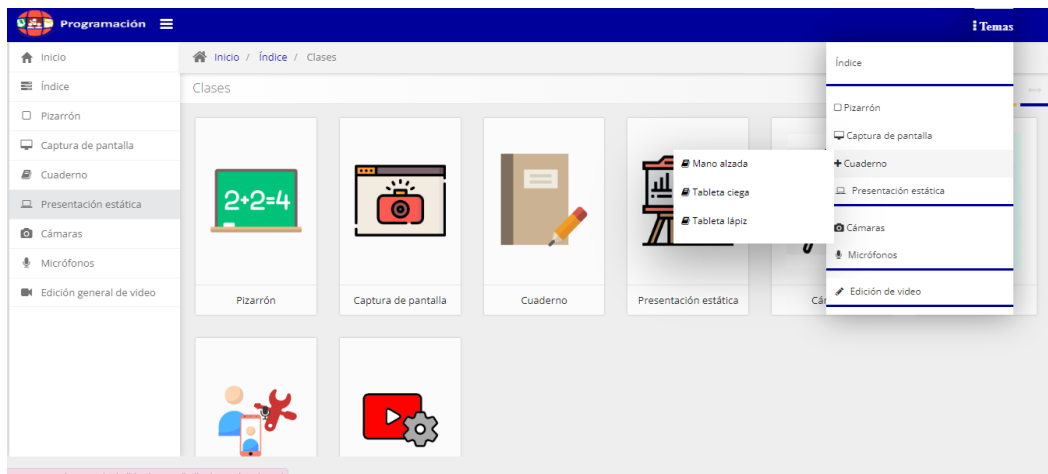


Figura 2. Pantalla principal aplicación, acceso a los 4 recursos de aprendizaje, 3 recursos auxiliares y video de presentación de proyecto.

La aplicación cuenta como se aprecia en la figura 2 con 3 menús de acceso, menú descriptivo responsivo el de la izquierda, menú central basado en imágenes y el menú flotante definido a la derecha de la aplicación.

Cada opción de recursos de aprendizaje, ver figura 3 y 4, cuenta en su estructura con un espacio para los videos explicativos y una sección para las clases finales,

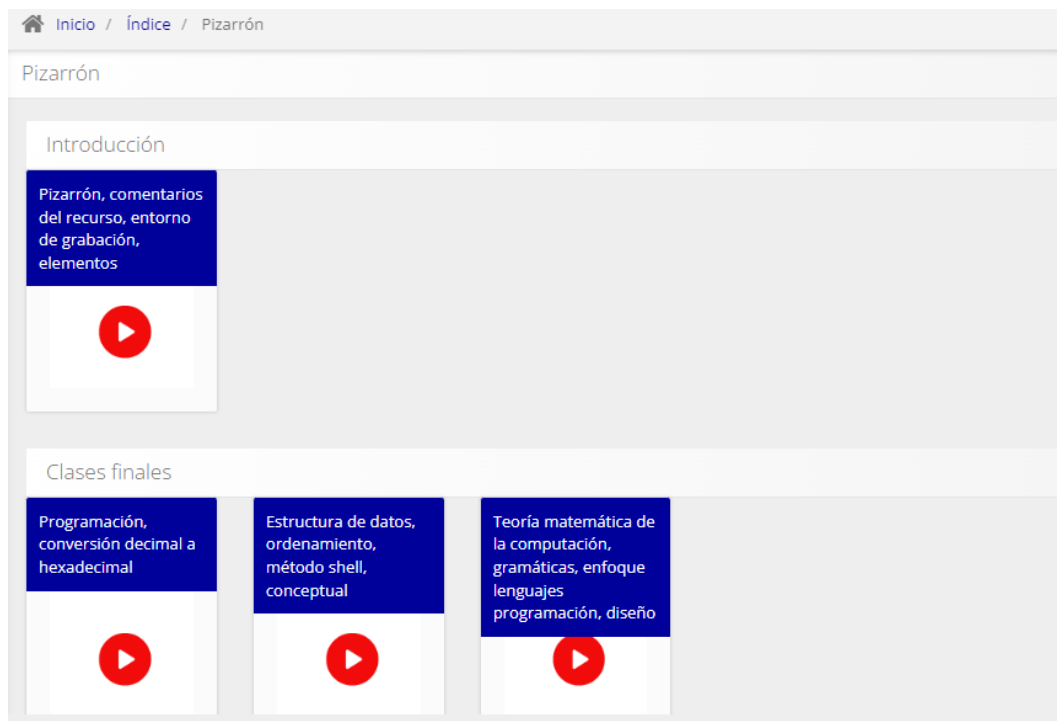


Figura 3. Pantalla recurso de aprendizaje pizarrón, videos explicativos y clase final.

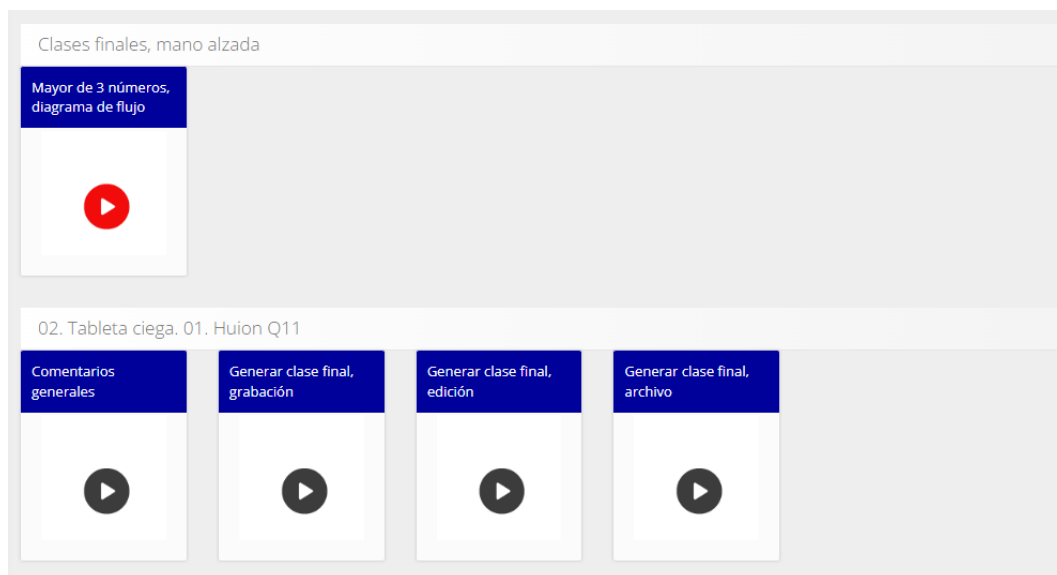


Figura 4. Pantalla recurso de aprendizaje mano alzada, videos explicativos y clase final.

La aplicación cada recurso de aprendizaje está descrito a través de videos, ver figura 5 y 6, los cuales contienen la explicación de implementación del recurso y elementos necesarios para su producción.



Figura 5. Acceso a los videos de cada recurso, recurso cuaderno.



Figura 6. Video, explicación general del recurso cuaderno.

Conclusiones.

La pandemia covid exigió que todos los elementos para impartir educación fueran reinventados, la tecnología rápidamente respondió a esta reinvención y múltiples aplicaciones fueron desarrolladas y otras reevaluadas, todo este mundo de aplicaciones abrumaron y abruman a los educadores, esta aplicación permite a los profesores que se especializan en la enseñanza de la programación de propósito general a adaptarse mejor a los nuevos elementos educativos que el mundo pos-pandemia requiere.

Créditos.

Los autores agradecen al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas por el financiamiento del proyecto “recursos de aprendizaje, módulo clases de programación de propósito general” de la “convocatoria de apoyos únicos otorgados a los integrantes del Sistema Estatal de Investigadores 2021”.

Referencias bibliográficas.

- Caswell, T., Henson, S., Jensen, M., Wiley, D. (2008).** «Open Educational Resources: Enabling Universal Education». The International Review of Research in Open and Distance Learning (vol. 9, no. 1). Athabasca University.
- IEEE Std 1484.12.1, 2002.** "IEEE Standard for Learning Object Metadata," in IEEE Std 1484.12.1-2002 , pp.1-40, 6 septiembre. 2002, doi: 10.1109/IEEESTD.2002.94128.
- L'Allier, J. J. (1998).** NETg's precision skilling: The linking of occupational skills descriptors to training interventions. Available: <http://www.netg.com/research/pskillpaper.htm>.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2005).** Colombia Aprende. Primer Concurso de Nacional de Objetos de Aprendizaje. <https://www.colombiaprende.edu.co/>.
- Morales, P. (2012).** Elaboración de Material Didáctico. Red Tercer Milenio. Tlalnepantla. México.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1652-67762017000100011#:~:text=El%20significado%20de%20recursos%20educativo,el%20proceso%20de%20ense%C3%B1anza%20de%20aprendizaje.
- South Joseph y Monson David, 2000.** "A universitywide system for creating, capturing and delivering learning objects" En: WILEY, D. A. (ed.). The instructional use of learning objects, 2000. Disponible en: <http://reusability.org/read/chapters/south.doc>. Consultado el 23 de mayo de 2022.
- Vidal Ledo, M., Nolla Cao, N., y Diego Olite, F. M. (2009).** Plataformas didácticas como tecnología educativa. Educación Médica Superior, 23(3). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262781512_Plataformas_didacticas_como_tecnologia_educativa.

Información de los autores.



Héctor Guerra Crespo es egresado del I. T. de Mérida (Yucatán, México) de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en 1994, es Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur (Chiapas, México) en 2011. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en el área de Licenciatura en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Chiapas, en ambas desde 1995. Es miembro del Claustro Doctoral "Doctorado en Ciencias de la Ingeniería" perteneciente al Programa Nacional de Posgrados de Calidad, I.T. de Tuxtla Gutiérrez desde 2016. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel C (2024-2021).



María Guadalupe Monjarás Velasco, Obtuvo el grado de Doctor en Sistemas Computacionales en 2012, el grado de Maestra en Ciencias de la Computación con especialidad en Sistemas de Información y Bases de Datos en 2009, terminó la carrera de Ingeniería en sistemas Computacionales en el año 2006, actualmente es Jefa del Departamento de Sistemas y Computación del I. T. de Tuxtla Gutiérrez desde 2016, asesora proyectos en concursos académicos. Miembro del comité Académico del ITTG.



Jorge Octavio Guzmán Sánchez tiene la Maestría en Ciencias de la Computación, especialidad bases de datos y sistemas de información, es Ingeniero en Sistemas Computacionales, profesional certificado por *Microsoft* en la administración de servidores con *Windows*. Ejerce la docencia desde hace más de una década, actualmente docente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Clasificación del nivel de estrés en los docentes de educación superior mediante inteligencia artificial.

Classification of the level of stress in college education teachers through artificial intelligence.

Erick Ávila Tule (1). Estudiante Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Valle de Bravo.
L201807002@vbravo.tecnm.mx.

Alejandro Camacho Leonardo (2). Estudiante Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Valle de Bravo.
L201807003@vbravo.tecnm.mx.

Ulises Porcayo Carbajal (3). Estudiante Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Valle de Bravo.
L201807021@vbravo.tecnm.mx.

Ámbar González Guadarrama* (4). Docente Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Valle de Bravo.
ambar.gg@vbravo.tecnm.mx.

Araceli Guerrero Alonso (5). Docente Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Valle de Bravo.
araceli.ga@vbravo.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en junio 17, 2022; aceptado en julio 16, 2022.

Resumen.

La calidad de la enseñanza en la educación superior es un estímulo para que los nuevos profesionistas aporten conocimientos innovadores en el área de investigación, tecnología, negocios, entre otros. El docente juega un papel muy importante; en el presente artículo se aborda el problema del estrés laboral como un caso de salud que impacta directamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se consideraron las variables de influencia detectadas en los datos personales y laborales basado en la escala ED6 e implementados en el algoritmo KNN para clasificar el estrés de los docentes en 3 niveles: bajo, medio y alto, con ello se obtuvieron los siguientes resultados el 58% de los docentes tienen un nivel bajo, el 42% un nivel medio y el 0% un nivel alto. En conclusión, la carga laboral, la falta de recursos necesarios y el salario en el ámbito rural son factores que incrementan el nivel de estrés.

Palabras claves: Algoritmo, docentes, estrés laboral, inteligencia artificial, minería de datos.

Abstract.

The quality of teaching in college is a stimulus for new professionals to provide innovative knowledge in the areas of research, technology, business, among others. The teacher plays a very important role; This article accosts the problem of work stress as a health case that directly impacts the teaching-learning process. The variables of influence detected in the personal and work data based on the ED6 scale and implemented in the KNN algorithm were considered to classify the teachers' stress in 3 levels: low, medium, and high, with which the following results were obtained on

58% of teachers have a low level, 42% a medium level and 0% a high level. In conclusion, the workload, the lack of necessary resources and the salary in rural areas are factors that increase the level of stress.

Keywords: Algorithm, Artificial intelligence, data mining, teachers, work stress.

1. Introducción.

El estrés es la respuesta física o mental a una causa externa, como tener una carga excesiva de trabajo o padecer una enfermedad. En la sociedad actual impera el Estrés Laboral, “respuesta fisiológica, psicológica y de comportamiento de un individuo que intenta adaptarse y ajustarse a presiones internas y externas en el área laboral” (María Ángeles del Hoyo 2004) lo que ha ocasionado que la Organización Mundial de Salud (OMS) ha enfatizado en la importancia de estudios de salud intelectual del trabajador y su relación con las condiciones laborales. Actualmente, señalando a México con un 75% de estrés más que en China 73% y Estados Unidos con un 59%, por eso la importancia de la investigación donde la docencia es una profesión que muestra un alto riesgo de presentar estrés laboral debido a la naturaleza del puesto y al entorno de trabajo. Un estresor o factor estresante puede ser algo que ocurre una sola vez o a corto plazo, o puede suceder repetidamente durante mucho tiempo (María Ángeles del Hoyo 2004). En consecuencia, es fundamental controlar y monitorear el estrés, para prevenir las consecuencias dañinas en el futuro. También hay un margen para formular un sistema de puntuación para diferentes atributos basado sobre su importancia que ayude a crear una escala uniforme que permita medir los niveles de estrés de un individuo.

Los docentes son víctimas de una gran cantidad de estrés y esto está aumentando a un ritmo alarmante con la siempre creciente competencia en el ámbito educativo. Este genera otros problemas de salud, Moriana y Herruzo (2004), en una exhaustiva revisión sobre las consecuencias del estrés para los profesionales docentes, destacan diversos estudios en población anglosajona en los que se apuntan como principales síntomas asociados al estrés entre el profesorado la incapacidad para desconectar del trabajo, los problemas de sueño, el cansancio que aumenta la vulnerabilidad a la enfermedad, problemas gastrointestinales, de espalda, cuello, dolores de cabeza, enfermedades coronarias, sudor frío, náuseas, taquicardia, y aumento de enfermedades virales y respiratorias. Estos síntomas, a su vez, se relacionan en numerosas ocasiones con el consumo y abuso de fármacos tranquilizantes, estimulantes, abuso de café, tabaco, alcohol y otras drogas (Maslach y Jackson, 1981). Trabajos previos de investigación indican que una de las principales causas de baja laboral en la docencia son los problemas neuropsiquiátricos de los docentes, otras investigaciones señalan que la docencia es una de las profesiones más estresantes (Lucía Rodríguez, 2017).

Sin embargo, actualmente existen diferentes instrumentos que permiten detectar y clasificar el nivel de estrés, como, por ejemplo, el “Test de Estrés Laboral del IMSS”, que permite medir el nivel de estrés en el que se encuentra un trabajador a partir de las respuestas proporcionadas por el individuo y que dependiendo del nivel de estrés arroja recomendaciones para mejorar la situación. También se han desarrollado diversas investigaciones dentro del marco de minería de datos y la inteligencia artificial, por ejemplo, el proyecto “Análisis predictivo del nivel de estrés de los estudiantes utilizando aprendizaje automático” donde se analiza información para clasificar el nivel de estrés en los estudiantes por medio de algoritmos de Machine Learning aplicados a un conjunto de datos recolectados mediante una encuesta y al final obtuvieron un algoritmo de clasificación y predicción del estrés en estudiantes con un porcentaje de efectividad del modelo de un 94%. El siguiente documento presenta una investigación acerca del nivel de estrés en los docentes del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo donde se implementa la metodología CRISP-DM que implementa el proceso KDD que es básicamente un proceso automático en el que se combinan descubrimiento y análisis, con el objetivo de descubrir patrones a partir de un conjunto de datos que se analizan.

Para la solución de esta problemática se propone, el uso de algoritmos de Inteligencia Artificial como el algoritmo KNN (K-vecino más cercano), para clasificar a los docentes de acuerdo a su nivel de estrés y además se desea hacer una comparación entre los valores obtenidos por la Escala CNE DES y las variables de los datos personales e identificar cual o cuales son las variables que influyen en el incremento del estrés haciendo uso de la minería de datos y de Machine Learning. Los datos utilizados para el estudio serán recolectados mediante una encuesta previamente denominada Escala CNE DES (Escala de Clasificación del Nivel de Estrés para Docentes de Educación Superior), que

contiene 47 preguntas en cuatro dimensiones preestablecidas: 1) familia, 2) salud, 3) trabajo y 4) ambiente laboral, además incluye datos personales y del ámbito laboral de los docentes.

2. Métodos.

Metodología.

CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining) es un método probado para orientar trabajos de minería de datos, implementa el proceso KDD (Knowledge discovery in databases), además incluye descripciones de las fases normales de un proyecto, las tareas necesarias en cada fase y una explicación de las relaciones entre las tareas (Azevedo Ana, 2021).

Fases.

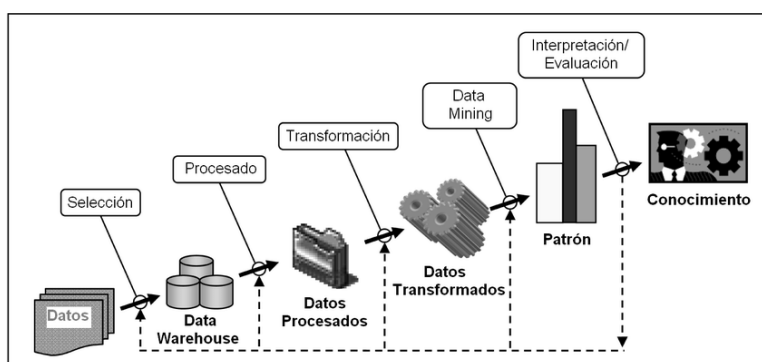


Figura 1. Fases del proceso KDD. Adaptado de (Fayyad et al., 1996)

La metodología permite implementar el algoritmo KNN pudiendo realizar una clasificación de los resultados obtenidos, con la configuración de los parámetros deseados.

La metodología CRISP-DM contempla el proceso de análisis de datos como un proyecto profesional, estableciendo así un contexto mucho más rico que influye en la elaboración de los modelos (Azevedo Ana, 2021).

Algoritmos de clasificación.

- Algoritmo KNN (K-nearest neighbors): es un algoritmo de aprendizaje supervisado que a partir de un juego de datos inicial puede usarse para clasificar nuevas muestras o para predecir el algoritmo clasifica cada dato nuevo en el grupo que corresponda, según tenga k vecinos más cerca de un grupo o de otro (Jiawei Han, 2011).

Software para creación y entrenamiento del algoritmo.

Python es un lenguaje de programación interpretado que busca desarrollar una sintaxis que priorice la legibilidad del código, esto permite que la estructura del lenguaje se asemeje a la estructura que implementamos los seres humanos y a lo que conocemos como lenguaje matemático permitiendo que este sea leído como un pseudocódigo. Además de que facilita la creación de códigos entendible de rápido aprendizaje como los que son necesarios en proyectos de machine learning (Raschka, 2015).

Muestra y recolección de datos.

Para obtener el tamaño de la muestra sobre la cual se trabajó, se realizó el uso del muestreo probabilístico del cual se eligió el método Muestra Aleatoria Simple (MAS). Se utilizó el software Decision Analyst STATS 2.0, donde se ingresan valores como tamaño del universo (86 docentes), el error estándar máximo aceptable (5%), porcentaje estimado de la muestra (50%) y por último el nivel de confianza deseado (99%), al final se obtuvo el tamaño de la muestra sugerida que fue de 76 docentes para encuestar.

Decision Analyst STATS™ 2.0

Sample Size Determination
(Sample Size for Population Percentage Estimates)

Inputs

Universe Size
If universe is less than 99,999, replace 99,999 with the smaller number
86

Maximum Acceptable Percentage Points of Error
5%

Estimated Percentage Level
50%

Desired Confidence Level
99%

Results
The Sample Size Should Be...
76

Calculate **Reset** **Exit**

817 640-6166 | www.decisionanalyst.com

Figura 2. Determinación de la muestra. Obtenida de: www.decisionanalyst.com.

El siguiente instrumento de recolección de datos se creó con ayuda de la encuesta ED-6 validada por los autores Gutiérrez-Santander, Morán Suárez y Sanz-Vásquez, la cual recolecta información de los factores que incrementan los niveles de estrés en los docentes. Por otro lado, para obtener los datos personales se acudió a un trabajo de investigación denominado Factores que Influyen en el Nivel de Estrés de los Docentes de Educación Secundaria. Así mismo se implementa la técnica de un Focus Group conformado por Nedi María Aguilera Calderón, Tania Belem García Caballero y Alejandra Mercado Catarino, licenciadas en Psicología que laboran en el Tecnológico.

ESCALA CNE DES

Escala de Clasificación del Nivel de Estrés para Docentes de Educación Superior

INFORMACIÓN GENERAL DEL DOCENTE

Nombre completo:

Correo Electrónico:

	Ingeniería en Sistemas Computacionales	Ingeniería Eléctrica	Ingeniería Industrial	Ingeniería Forestal	Ingeniería Mecatrónica
Programa de Estudio	Ingeniería Civil	Licenciatura en Administración	Licenciatura en Arquitectura	Licenciatura en Turismo	Licenciatura en Gastronomía

Sexo Masculino Femenino Otro

Estado Civil Soltero Casado Otro

Edad 35 años o menos 45 años o menos 45 años o más

Número de hijos Ninguno 1 a 2 hijos 3 hijos o más

Años de Experiencia Docente Sin experiencia Menos de 5 años 5 años o más

Antigüedad en el TESVB 2 años o menos 3 a 5 años Más de 5 años

Grado máximo de estudio Licenciatura Maestría Doctorado

Imparte clases en más de un programa de estudio Si No

Tiempo de traslado desde mi hogar al Tecnológico 30 minutos o menos 30 minutos a 1 hora Más de 1 hora

Número de horas clase impartidas a la semana Menos de 20 horas De 21 a 30 horas De 31 a 40 horas

Figura 3. Encuesta. Datos personales. Elaboración propia.

INSTRUCCIONES

Reciba un cordial saludo, mismo con el que aprovecho para presentarle una serie de preguntas sobre las cuales usted deberá indicar el nivel en el que se identifica de acuerdo con una escala de cuatro números, la cual se describe a continuación:

- 1 - En Desacuerdo
- 2 - Indiferente
- 3 - A veces
- 4 - Total Acuerdo

Tenga en cuenta que no existen contestaciones buenas o malas, por lo cual es muy importante que sea sincero en sus respuestas. Los datos proporcionados serán utilizados solo con fines de investigación.

Muchas gracias por su colaboración.

Preguntas	1	2	3	4
1.- Me cuesta tranquilizarme tras los contratiempos laborales.				
2.- Recorro al consumo de sustancias como tranquilizantes o fármacos para aliviar malestares (dolores de cabeza, falta de energía, cansancio, etc.)				
3.- A medida que avanza la jornada laboral siento más necesidad de que esta acabe.				
4.- Al pensar en el trabajo me pongo intranquilo.				
5.- Me entristezco demasiado ante los problemas laborales.				
6.- Tiendo a ser pesimista ante los problemas del trabajo.				
7.- En mis clases el clima de trabajo es desgastante.				
8.- Me siento triste con más frecuencia de lo que era normal en mí.				
9.- Los estudiantes no acatan mis indicaciones.				
10.- El salario del profesor es muy poco motivador.				
11.- Me inquieto con cuestiones laborales que realmente no son tan urgentes.				
12.- Me cuesta trabajo avanzar en la vida después de un fracaso.				
13.- En muchos momentos de la jornada laboral me noto tenso.				
14.- Tengo la sensación de estar destruyéndome.				
15.- El entorno en el que trabajo me resulta desagradable.				
16.- La carga laboral está alterando mis hábitos de sueño.				
17.- Me cuesta concentrarme cuando me pongo a trabajar.				
18.- La tensión laboral hace que use el baño con más frecuencia de lo normal.				
19.- Creo que los problemas laborales están afectando mi estado de salud físico.				
20.- Ante los problemas del trabajo noto que se altera mi respiración.				
21.- Hay tareas laborales que afronto con temor.				
22.- Me cuesta trabajo resolver los problemas que se presentan en el trabajo.				
23.- Mis relaciones sociales fuera del centro (familia, pareja, amigos, etc.) son muy buenas.				
24.- En el trabajo se dan situaciones de estrés que me provocan sudoración anormal.				
25.- No cuento con los medios necesarios para ejercer mi labores adecuadamente.				
26.- En el transcurso de la jornada laboral me falta energía para afrontar las labores en el trabajo				
27.- El trabajo afecta negativamente otras facetas de mi vida.				
28.- Los problemas laborales me ponen agresivo.				
29.- La carga laboral está alterando mis hábitos alimenticios.				
30.- En el trabajo se dan situaciones de tensión que hacen que se me acelere el pulso.				
31.- La relación con mi familia es de conflicto.				
32.- No se respeta mi horario de trabajo.				
33.- La generación de reportes y/o evidencias me resulta tedioso.				
34.- Algunas materias que se me asignan requieren de mi tiempo libre para su preparación.				

Figura 4. Fragmento de la Escala CNE DES. Elaboración propia.

3. Desarrollo.

Aplicación de la encuesta y creación del dataset.

Las encuestas se aplicaron por medio de la herramienta tecnológica Microsoft Forms ya que permite crear encuestas, cuestionarios y sondeos e invitar a otros usuarios a responder a él con casi cualquier explorador web o dispositivo móvil, ver resultados en tiempo real a medida que se envían, usar análisis integrados para evaluar respuestas y exportar resultados a Excel para realizar el análisis de los datos, esto debido a que es mucho más viable utilizar las TIC'S y por lo tanto son más confiables los datos que se obtienen ya que se brinda la posibilidad de que los docentes la contesten en un momento o ambiente donde ellos se sienten más cómodos. Los resultados obtenidos se colocaron en una hoja de cálculo de Excel para crear el dataset para el tratamiento de los datos, a continuación, se muestra un fragmento.

programa	est	sexo	estado_civil	edad	numero_hijos	años_experie	antigüedad	grado_acader	docente_com	tiempo_trasla	horas_clase	nivel_estres
1	1	1	2	1	2	3	3	3	2	1	3	2
1	1	1	2	1	2	3	3	2	2	2	2	1
9	2	2	2	2	3	3	3	2	1	1	3	2
3	1	1	1	1	1	3	2	1	1	2	2	1
3	1	2	2	2	2	3	2	2	1	3	2	2
3	2	2	2	1	1	2	1	1	1	2	3	2
7	1	2	3	2	2	3	3	2	2	1	3	1
2	1	2	2	2	2	3	3	1	2	2	3	2
9	2	2	2	2	3	3	3	2	1	2	1	1
4	1	2	1	2	2	3	2	1	1	1	2	2
10	1	2	1	2	2	3	3	1	2	1	3	1
4	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2
4	1	1	2	1	2	3	3	2	1	1	2	1
9	1	1	3	1	3	3	3	1	1	1	2	1
1	1	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	1
3	1	2	3	2	2	3	3	1	1	1	2	1
5	1	3	1	2	2	2	2	1	2	3	3	2
9	2	2	3	2	2	3	3	2	1	1	2	1
8	1	2	3	3	3	3	3	2	1	2	3	2
8	1	1	1	1	1	2	1	2	2	3	3	1
5	2	1	2	1	2	2	1	3	2	1	2	1
1	2	2	2	2	3	3	3	2	2	1	2	1
9	2	1	1	2	2	3	3	2	1	2	3	2
7	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	1
8	1	2	3	2	2	3	3	2	1	2	2	2
10	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	3	2
10	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	3	1
7	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	3	2
7	1	1	3	1	3	3	3	1	2	2	3	1
7	1	3	3	3	3	3	3	3	2	1	2	1
5	1	3	1	2	2	3	2	1	1	2	3	1

Figura 5. Fragmento del dataset de las variables del ámbito laboral. Respuestas de los docentes del Tecnológico.

En el instrumento de recolección de datos se tomaron dos dimensiones una que son las variables del ámbito personal y otra que son las preguntas de la escala que permiten clasificar el nivel de estrés de los docentes con ayuda de preguntas tipo escala de linkert en una puntuación de 1 a 4 (de Total desacuerdo a Total acuerdo). A continuación, se presenta un fragmento del dataset de las respuestas de los docentes a las preguntas que permiten detectar el nivel de estrés de cada uno de ellos.

item1	item2	item3	item4	item5	item6	item7	item8	item9	item10	item11	item12	item13	item14	item15	item16	item17	item18	item19	item20	item21	item22	item23	item24	item25	item26	item27	item28	item29	item30	item31	item32	
2	3	1	1	2	1	4	1	4	2	3	1	2	1	4	3	3	3	2	3	2	4	4	2	4	3	2	3	3	3	4	4	
3	2	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	3	1	1	1	2	
3	1	1	3	2	1	2	1	2	2	2	3	2	1	3	4	4	1	2	1	2	2	3	1	2	1	3	1	3	2	3	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	
2	3	1	2	3	1	3	2	1	3	2	1	2	1	2	3	1	2	2	2	2	1	4	2	3	2	2	2	3	2	2	2	
3	3	2	2	3	1	2	2	1	4	3	2	1	1	2	3	3	1	3	4	3	1	2	1	4	1	2	1	4	2	1	1	
1	1	3	1	1	1	2	1	1	4	1	2	2	1	3	1	1	1	1	1	3	2	3	1	4	1	1	2	2	1	1	1	
3	3	1	2	1	1	3	1	3	4	1	1	3	2	3	1	1	1	3	1	1	1	4	1	2	1	1	3	3	2	1	4	
3	1	1	1	3	1	1	1	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	4	1	1	1	1	1	3	1	1	1	
3	3	3	2	1	3	3	2	3	4	1	1	3	2	3	3	3	2	4	2	2	1	4	1	3	3	3	3	3	2	2	1	3
1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	3	2	2	3	1	1	3	2	1	1	4	3	1	1	2	2	3	1	1	1	
3	1	3	3	3	1	1	2	1	4	3	2	1	2	1	3	1	2	1	3	4	3	2	1	1	1	1	4	3	1	3	1	3
3	2	2	1	2	3	1	1	1	4	1	3	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	3	4	2	3	3	2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	3	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	3	1	1	3	1	1	1	3	
2	1	2	1	2	2	2	2	3	3	2	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	4	1	4	1	3	1	3	2	1	3	
3	1	1	1	2	1	2	1	3	4	3	2	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	4	1	3	2	1	2	3	1	1	1	1
3	3	1	1	2	1	2	1	3	4	3	1	3	1	1	3	3	1	4	3	1	1	3	3	4	3	4	3	3	3	3	2	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3
3	3	1	1	1	1	3	2	3	4	2	1	3	1	1	3	2	3	2	1	3	1	4	1	1	3	2	1	3	1	1	1	3
2	1	3	1	1	1	3	1	1	4	2	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	4	1	3	1	3	1	3	1	1	1	1
1	2	1	2	2	3	1	1	3	4	2	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	4	2	3	1	1	2	1	1	1	1	3
1	1	3	1	2	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
3	1	2	3	3	2	2	2	3	3	2	1	1	1	1	3	1	2	3	2	2	2	2	1	2	1	2	1	3	1	1	1	4
1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	3	2	3	3	3	3	1	4	3	1	3	2	1	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
3	3	3	3	2	2	4	2	1	4	2	2	3	2	3	4	4	2	4	3	3	2	3	2	4	4	4	4	3	4	2	2	4
3	2	2	1	2	2	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	1	1	1	2	1	1	2	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	4	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	3	1	1	1	2	2	1	2	3	2	1	1	1	1	2	3	1	1	1	2	1	3	1	3	1	1	1	2	1	1	1

Figura 6. Fragmento del dataset de las respuestas de la escala. Respuestas de los docentes del Tecnológico.

Análisis de los datos obtenidos.

En un análisis previo a los datos personales de los docentes, las encuestas contestadas arrojaron que la edad de los docentes esta entre el rango de 35 años o menos, la mayoría pertenecen al sexo masculino la mayoría son casados y tienen entre 1 y 2 hijos, la mayor parte tienen más de 5 años de experiencia como docentes y también más de 5 años de antigüedad en el TESVB, otro dato importantes es que la mayoría de los participantes cuenta con una maestría e imparten clases en más de un programa de estudio y en total acumulan entre 30 y 40 horas clase a la semana y finalmente la mayor parte de los docentes se tarda menos de una hora en llegar de su casa a su trabajo.

	programa_estudio	sexo	estado_civil	edad	numero_hijos	años_experiencia	antigüedad	grado_academico	docente_compartido	tiempo_traslado	horas_clase	nivel_estres
count	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000	45.000000
mean	5.355556	1.444444	1.755556	1.800000	1.777778	2.666667	2.466667	1.666667	1.533333	1.555556	2.444444	1.422222
std	2.978373	0.502519	0.645106	0.814639	0.670444	0.522233	0.694131	0.639602	0.504525	0.623610	0.659047	0.499495
min	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
25%	3.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	2.000000	2.000000	1.000000	1.000000	1.000000	2.000000	1.000000
50%	5.000000	1.000000	2.000000	2.000000	2.000000	3.000000	3.000000	2.000000	2.000000	1.000000	3.000000	1.000000
75%	8.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	3.000000	3.000000	2.000000	2.000000	2.000000	3.000000	2.000000
max	10.000000	2.000000	3.000000	3.000000	3.000000	3.000000	3.000000	3.000000	2.000000	3.000000	3.000000	2.000000

Figura 7. Análisis de las variables del ámbito laboral de los docentes. Elaboración propia.

Las siguientes gráficas se crearon mediante la implementación de minería de datos haciendo uso del software Jupyter Notebook que permite compilar código Python, son 11 variables del ámbito laboral y personal de los docentes las que se tomaron en cuenta para el análisis de los datos las cuales son: la antigüedad en el TESVB, los años de experiencia como docente, saber si el docente da clases en más de un programa de estudio, edad, estado civil, grado académico, número de horas clase que tiene a la semana, el número de hijos, el programa de estudio al que pertenece, sexo del docente y el tiempo de traslado de su casa al trabajo.

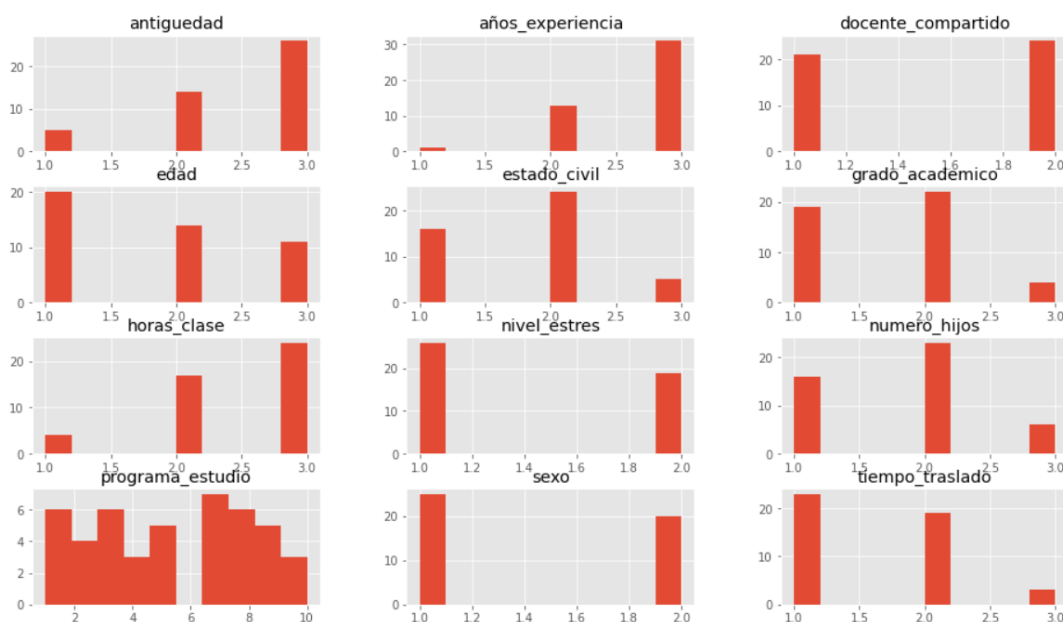


Figura 8. Análisis de las variables del ámbito laboral de los docentes. Elaboración propia.

En un análisis de los ítems de la escala CNE DES la cual consta de 34 ítems pertenecientes a 4 dimensiones (familia, salud, trabajo y ambiente laboral) se identificaron 7 con un puntaje mayor a 100 puntos y por tal motivo son los principales factores que influyen directamente en el incremento del nivel de estrés (solo en el caso estudio), se identificó que la mayoría de los docentes afirmaron que:

- En ocasiones les cuesta tranquilizarse tras los contratiempos laborales.
- El salario es muy poco motivador.
- A veces no cuentan con los medios o recursos necesarios para ejercer las labores docentes adecuadamente.
- La carga laboral afecta sus hábitos alimenticios.
- La generación de informes y/o evidencias, así como las materias asignadas requieren de su tiempo libre para su preparación.

En conjunto estos factores afectan directamente las dimensiones de trabajo, salud y ambiente laboral, sin embargo, la escala arrojó que las relaciones de los docentes con su familia son bastantes buenas, con lo cual se descarta que la dimensión familia tiene impacto directo con el nivel de estrés.

Los enunciados de los ítems analizados se describen a continuación:

- **Ítem 1:** Me cuesta tranquilizarme tras los contratiempos laborales.
- **Ítem 10:** El salario del profesor es muy poco motivador.
- **Ítem 23:** Mis relaciones sociales fuera del centro de trabajo (familia, pareja, amigos, etc.) son muy buenas.
- **Ítem 25:** No cuento con los medios necesarios para ejercer mis labores adecuadamente.
- **Ítem 29:** La carga laboral está alterando mis hábitos alimenticios.
- **Ítem 33:** La generación de reportes y/o evidencias me resulta tedioso.
- **Ítem 34:** Algunas materias que se me asignan requieren de mi tiempo libre para su preparación.

Tabla 1. Ítems con mayor puntaje. Elaboración propia.

Ítem	Desacuerdo	Indiferente	A Veces	Total Acuerdo
1	12	7	26	0
10	6	4	11	24
23	3	5	12	25
25	14	5	20	6
29	16	4	22	3
33	5	5	21	14
34	5	2	18	20

Para la interpretación de la tabla anterior asignaremos los ítems a cada uno de sus ámbitos.

Ambiente laboral.

Si tomamos en cuenta la pregunta con mayor puntaje ésta nos dice que lo que más estresa a un docente es que tenga que disponer de su tiempo libre para preparar actividades que se relacionen con el trabajo.

Familiar.

En cuanto al ámbito familiar podemos notar que con respecto al ítem 23 las relaciones sociales de los docentes son muy buenas por lo que su vida personal rara vez afecta su desempeño como educador.

Trabajo.

Por otro lado, en el ámbito del trabajo los docentes señalaron que muchas veces no cuentan con los medios necesarios para realizar su trabajo, así mismo la gran mayoría considera que su trabajo no es bien remunerado y que varias de sus actividades como la generación de reportes o evidencias resulta como algo tedioso por ultimo los docentes señalan que no pueden guardar la calma después de existe un percance en sus actividades. Es por todo esto que es uno de los ámbitos con mayor número de preguntas en puntuación alta lo que nos lleva a la conclusión de que el estrés que

presentan los docentes está directamente relacionado con su trabajo y no con otros entornos como lo podrían ser la familia, el ambiente laboral, salud. Así pues, la aportación del tecnológico en cuanto a materiales y espacios de trabajo dirigidos a los docentes es deficiente provocando que los docentes se estresen ya que el ítem 25 indica una puntuación alta, así mismo podemos observar que con la generación de evidencias es un factor que influye en el estrés que presenta durante el día.

Salud.

Del mismo modo los docentes señalan que debido al trabajo no pueden consumir alimentos de manera regular lo que en un futuro puede generar problemas en la salud.

Implementación del algoritmo KNN.

Las variables anteriores fueron utilizadas para entrenar un modelo de clasificación y predicción del nivel de estrés en Python mediante el software Jupyter Notebook, de tal forma que las 11 variables del ámbito personal y laboral de los docentes se utilizaron como variables predictoras o independientes y se vincularon con la variable dependiente que en este caso es el nivel de estrés obtenido con las preguntas de la escala.

En el Algoritmo 1 se puede observar el código Python donde se hizo la división de los datos de entrada tomados de dataset donde se especifican las variables independientes y la variable dependiente, además de los datos que se utilizaron para el entrenamiento y la prueba del algoritmo.

Algoritmo 1. Selección de los datos de entrenamiento y prueba.

```
X =dataframe[['programa_estudio','sexo','estado_civil','edad','numero_hijos',
'años_experiencia','antigüedad','grado_academico','docente_compartido',
'tiempo_traslado','horas_clase']].values
y = dataframe['nivel_estres'].values

X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, random_state=0)
scaler = MinMaxScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
```

Posteriormente se definió el valor de k (número de vecinos cercanos a clasificar) para crear el modelo clasificador y predictor del nivel de estrés con ayuda del algoritmo KNN, donde se puede obtener el porcentaje de efectividad del modelo con un porcentaje del 67% en el entrenamiento y un porcentaje del 58% en la prueba.

Algoritmo 2. Creación del modelo clasificador y predictor del nivel de estrés.

```
n_neighbors = 4

knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors)
knn.fit(X_train, y_train)
print('Accuracy of K-NN classifier on training set: {:.2f}'
      .format(knn.score(X_train, y_train)))
print('Accuracy of K-NN classifier on test set: {:.2f}'
      .format(knn.score(X_test, y_test)))
```

Resultados obtenidos con la creación del modelo de clasificación y predicción.

Después de eso se generó el gráfico que muestra la clasificación de los docentes de acuerdo al nivel de estrés en donde se puede observar que solo existen dos niveles de estrés el nivel bajo y el nivel medio. Esto cuando el valor de k=4 ya

que se hizo un análisis previo para saber cuál debería ser el valor de k de tal manera que fuera el más óptimo para el entrenamiento del modelo y ese fue el valor de k que presentó un mejor porcentaje de efectividad.

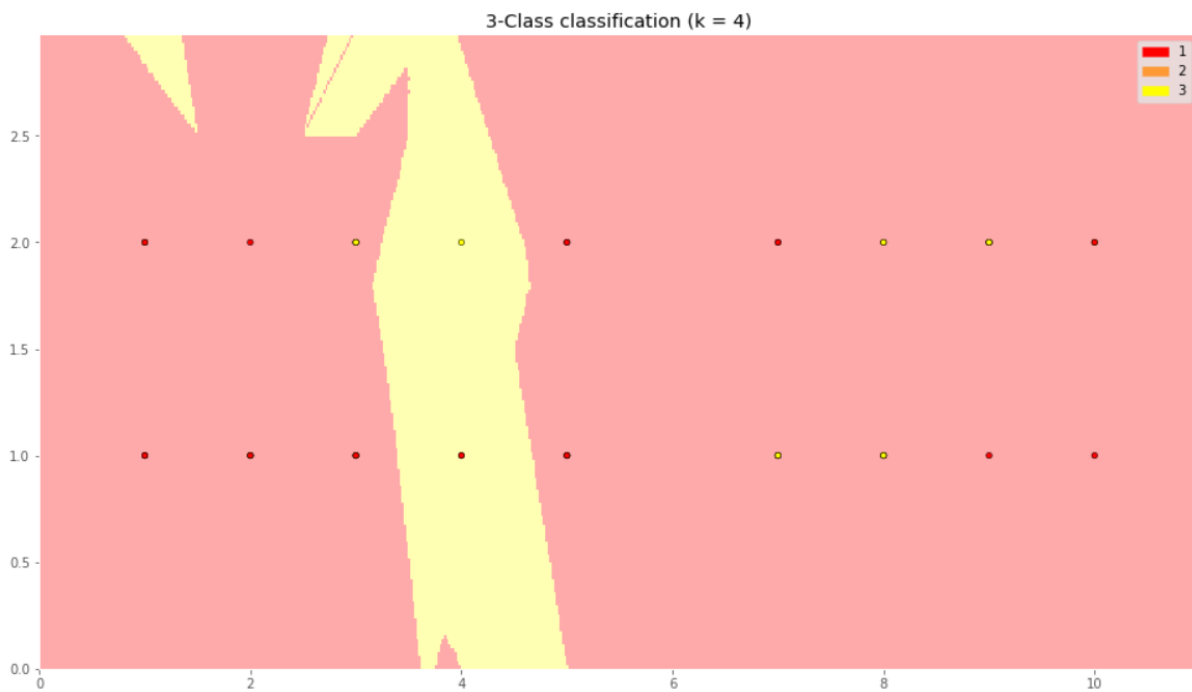


Figura 9. Resultado de la clasificación del nivel de estrés de los docentes. Elaboración propia.

Al hacer un análisis al gráfico generado al crear el modelo de clasificación y predicción, este arrojó que todos los docentes sin excepción alguna presentan un nivel de estrés, aunque no en todos los casos es el mismo ya que los factores y los valores de las variables son muy diferentes en cada clima laboral. De acuerdo a los rangos establecidos en la escala creada se pudo obtener que de los 45 docentes que participaron en la contestación de la encuesta el 58% de ellos presenta un nivel de estrés bajo y el 42% ciento un nivel de estrés medio, lo cual en valores numéricos es 26 y 19 docentes respectivamente, lo cual quiere decir que ninguno de ellos está en un nivel máximo de estrés, gráficamente se puede visualizar de la siguiente manera:

```
<seaborn.axisgrid.FacetGrid at 0x1e6c30a2be0>
```

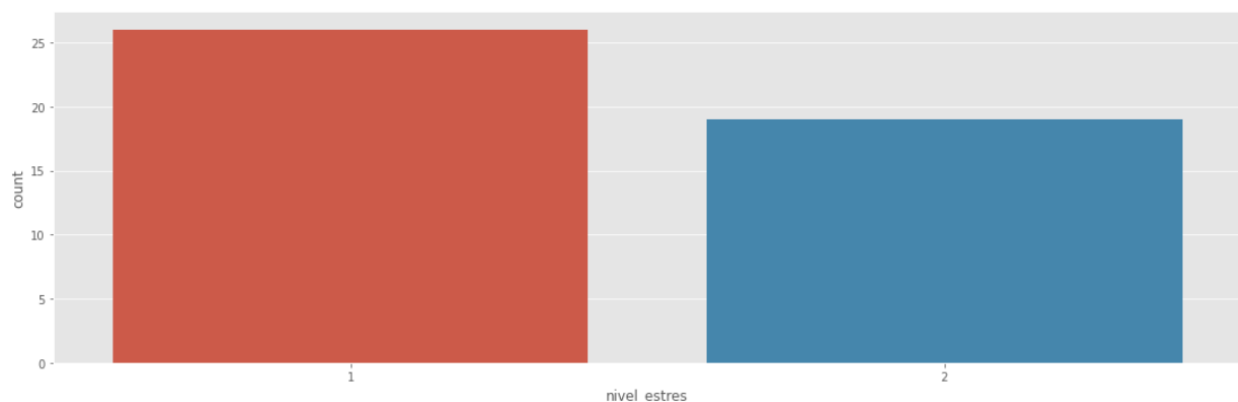


Figura 10. Número de docentes en cada nivel de estrés. Elaboración propia.

Las variables o factores que se identificaron como principales factores que incrementan el nivel de estrés de los docentes arrojados por la escala fueron dos: el salario del profesor y el tiempo requerido que necesitan para la preparación de las materias asignadas. El caso de estudio donde se llevó a cabo el desarrollo de la investigación se encuentra en un área rural por lo que esos fueron los factores más importantes.

Finalmente, el modelo está listo para poder hacer predicciones del nivel de estrés con nuevos datos solamente haciendo uso de la función *predict* donde se mandan los parámetros de los valores de las 11 variables predictoras del nivel de estrés sin la necesidad de contestar toda la escala.

Conclusiones.

La aplicación de nuevas tecnologías a la solución de problemas de salud que son parte de la vida cotidiana ha ido aumentando de manera considerable, la inteligencia artificial en conjunto con otras disciplinas ha ayudado a analizar grandes volúmenes de información para crear modelos de clasificación, agrupamiento o modelos predictivos.

La elaboración y aplicación del instrumento de recolección de datos o encuesta es bastante difícil ya que se deben buscar encuestas que ya están validadas o crear una con ayuda de un especialista, en el momento de aplicar la encuesta se deben de tomar en cuenta varios aspectos para que los participantes no se sientan con desconfianza, por ejemplo a proporcionar datos personales, debido a la seguridad, incomodidad debido a la delicadez del tema, las emociones que pueden surgir debido a las preguntas y no tener conocimiento para manejar la situación, por lo que es necesario pedir ayuda de un psicólogo para que la situación esté un poco más controlada.

Con esta investigación se pudo analizar que efectivamente los docentes del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo presentan un nivel de estrés ya sea bajo o medio ninguno en nivel alto; esto varía dependiendo de los cuatro factores que se tomaron en cuenta además del clima laboral en que se encuentran. Es de vital importancia conocer cuáles son las variables que influyen directamente en los niveles de estrés de los docentes es por ello que como trabajos futuros se desea implementar algoritmos de inteligencia artificial que permitan hacer dicho análisis de variables y de esta forma informar mediante reportes y estadísticas dichos resultados.

Si bien la presente investigación no pretende realizar estudios comparativos con otras profesiones, sí puede servir como base para análisis más amplio en la búsqueda de causas de estrés en el ambiente laboral general.

Referencias bibliográficas.

- Analyst., D. (22 de Septiembre de 2021).** *Desicion Analyst*. Obtenido de <https://www.decisionanalyst.com/>
- Azevedo Ana, Z. M. (2021).** *CRISP-DM: La metodología para poner orden en los proyectos*. Obtenido de <https://www.sngular.com/es/data-science-crisp-dm-metodologia/>
- Jiawei Han, M. K. (2011).** *Data Mining: Concepts and Techniques*. USA: Morgan Kaufmaann.
- Lucía Rodríguez, A. O. (Enero de 2017).** *Estrés en docentes de educación básica: estudio de caso en Guanajuato, México*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3758/375839282002.pdf>
- María Ángeles del Hoyo. (2004).** *Estrés Laboral*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid
- Maslach, C. y Jackson, S.E.(1981):** *The measurement of experienced burnout*. Journal of Occupational Behaviour, 2, 99-113.
- Moriana, J.A. y Herruzo, J.(2004).** *Estrés y burnout en profesores*. International Journal of Clinical and Health Psychology, 4, 597-621.

Raschka, S. (Septiembre de 2015). *Python Machine Learning*. Packt Publishing. Obtenido de www.packtpub.com.

Información de los autores.



Erick Ávila Tule es estudiante del programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.



Alejandro Camacho Leonardo es estudiante del programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.



Ulises Porcayo Carbajal es estudiante del programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.



Ámbar González Guadarrama es Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Estado de México, cuenta con maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, actualmente es docente investigador en el programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.



Araceli Guerrero Alonso es Licenciada en Informática por el Instituto Tecnológico de Zitácuaro, cuenta con Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, actualmente es docente Investigador en el programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.

Diseño del eje de una trituradora de plástico PET.

Shaft design of a PET plastic shredder.

Alan Gilberto Fernández Jiménez (1).
Estudiante Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
L17271036@tuxtla.tecnm.mx.

Mario Alberto De La Cruz Padilla* (2). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez
mario.dp@tuxtla.tecnm.mx.

Luis Alberto Morales Alias (3). Tecnológico Nacional de México /I. T. de Tuxtla Gutiérrez
luis.ma@tuxtla.tecnm.mx.

Roberto Carlos García Gómez (4). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez
roberto.gg@tuxtla.tecnm.mx.

Fernando Alfonso May Arriola (5). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez
fernando.ma@tuxtla.tecnm.mx.

Juan Carlos Niños Torres (6). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez juan.nt@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 18, 2022; aceptado en diciembre 16, 2022.

Resumen.

El proyecto consiste en el diseño de un eje porta cuchillas de una máquina trituradora de plástico PET utilizando herramienta CAD-CAE con el objetivo de tener las características dimensionales y material, buscando el equilibrio entre funcionalidad y costo de tal forma que sea un equipo capaz de triturar el plástico PET de las botellas de refresco que se genera en una institución educativa.

Palabras claves: Diseño, eje, PET, plástico, trituradora.

Abstract.

The project consists of the design of a blade holder shaft of a PET plastic shredding machine using the CAD-CAE tool with the aim of having the dimensional and material characteristics, seeking the balance between functionality and cost in such a way that it is a piece of equipment capable of crushing the PET plastic from soda bottles that is generated in an educational institution.

Keywords: Design, PET, plastic, shaft, shredder.

1. Introducción.

En México se produce una gran cantidad de plástico PET y es desechado en un lapso muy corto desde su compra hasta el consumo total de producto; la producción de resinas con material reciclado fue de 4 millones 456 mil toneladas, donde el PET representó 1 millón 399 mil toneladas (Forbes Mexico, 2022) teniendo en cuenta los millones de toneladas que se producen de PET cada año y que estos afectan a los animales, a la tierra productiva y a nosotros mismos por tanta contaminación; el reciclaje y la trituración de esta es importante.

El problema inicia desde cada individuo que consume el producto hasta las miles o millones de toneladas que llegan a los rellenos sanitarios, el cual causa un mal aspecto visual y ocasiona taponamiento en los sistemas de drenaje, puesto que los fabricantes de PET no han tenido en cuenta su reciclaje debido a que su producción es relativamente fácil.

En la actualidad el reciclaje ha tomado gran importancia y para el manejo de los plásticos existen centro de recolección los cuales no son suficiente debido a la cantidad de materiales de un solo uso que se generan. Esos centros de recolección hacen uso de equipos industriales o semi industriales con gran capacidad de molienda sin embargo eso genera que el costo de dichos equipos sea alto y poco accesibles además que requieren mano de obra de técnicos que tengan conocimiento del equipo para su mantenimiento.

Existen instituciones o pequeñas empresas en las cuales se generan plásticos y tienen como objetivo el manejo adecuado de sus residuos; sin embargo, los equipos actuales resultan caros y con una capacidad de molienda alta para los fines locales que se buscan.

Al realizar el diseño de un equipo que sea de bajo costo, fácil mantenimiento y la capacidad de molienda sea adecuada para uso local se contribuye en el proceso de reciclaje además que se da un valor a los residuos generados.

Se busca diseñar una trituradora de plástico PET haciendo uso de las herramientas CAD-CAE la cual sea adecuada para las necesidades locales; es decir, que tenga la capacidad de triturar el plástico generado en una institución educativa de tal manera que no sea un equipo con dimensiones o capacidades superiores al objetivo planteado buscando un bajo costo, fácil construcción y mantenimiento; lo anterior con el objetivo de disminuir la contaminación con plástico PET en rellenos sanitarios o que estos envases terminen en la vía pública.

En este trabajo se presenta el diseño del eje sobre el cual van las cuchillas de corte; siendo esta una de las partes esenciales de una trituradora de plástico PET; se muestran los resultados del análisis realizado, así como los valores dimensionales y los materiales propuestos.

2. Métodos.

La trituradora de plástico PET será de uso en una institución de educación en la cual los residuos de plástico PET la mayoría son de refrescos de 600 ml. En la figura 1 se presenta las características y dimensiones de una botella de plástico PET de 1500 ml, capacidad y tamaño máximo de las botellas que se podrán triturar lo cual satisface el objetivo planteado.



Figura 1. Características de una botella de plástico PET de 1500 ml (Cintex Envases, 2022).

Se tiene que la altura de la botella de 1500 ml es de 262 mm por lo que se toma como la longitud del eje sobre el cual estarán las cuchillas de corte de 300 mm en el interior de la cámara (estómago) considerando que las botellas ingresan a la trituradora de manera horizontal.

La trituradora de plástico PET será de cuchillas desfasadas ya que dentro de sus características se tiene que se aprovecha el efecto de tornillo sinfín el cual permite atrapar el material; además que el arreglo de las cuchillas permite recircular el plástico de mejor manera, que las cuchillas son intercambiables y el mantenimiento es relativamente sencillo (Hoyos Mateus & Hoyos Mateus, 2022).



Figura 2. Trituradora de ejes desfasados (*Plastic 2 Plastic / De Plástico a Plástico*, 2022).

3. Desarrollo.

Se propone un eje de la triturada compuesto por 23 cuchillas de 6 mm de espesor espaciadas entre ellas por 6.5 mm. con la finalidad que permita el pase de las cuchillas móviles entre las fijas teniendo un ajuste de 0.5 milímetros.

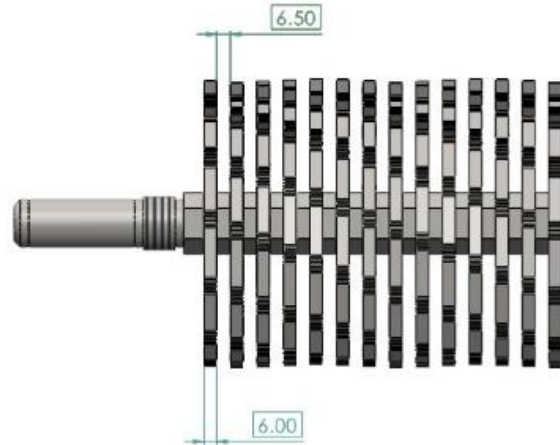


Figura 3. Espesor de cuchillas y espaciado.

Con el arreglo y numero de cuchillas propuestas se tiene una longitud efectiva de corte del plástico PET de 300 mm lo cual cumple la propuesta del interior de la cámara presentada en los objetivos además de considerar el espacio necesario para colocar un par de rodamientos y un recibir el torque de un motor eléctrico.

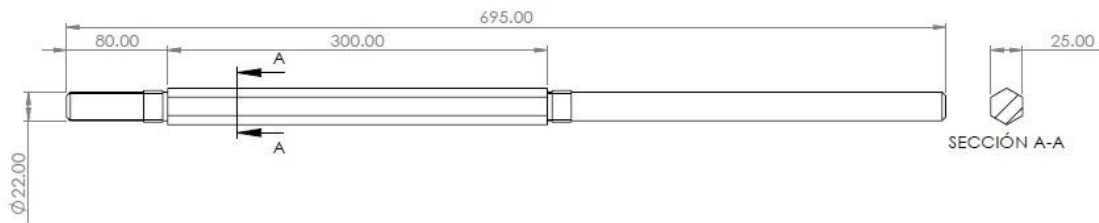


Figura 4. Dimensiones del eje de corte (Acero AISI 1020).

El ensamble del eje y las cuchillas se realizó Solid Works considerando el espacio para chumaceras y reductor de velocidad.

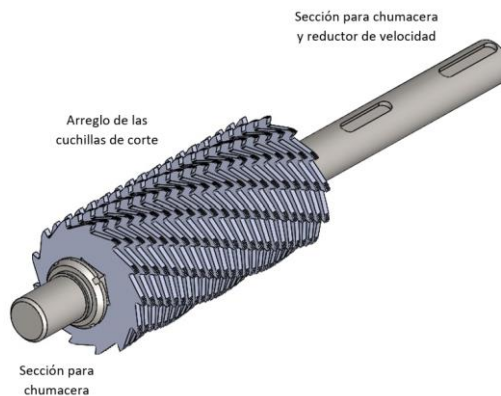


Figura 5. Eje móvil con 23 cuchillas de corte.

Para el análisis se consideran las siguientes fuerzas y reacciones que actúan sobre el eje:

- Las fuerzas de reacción debido a los dos soportes tipo chumacera que se ubican a cada lado del eje.
- El peso del ensamble eje – cuchillas considerando el material acero AISI-1020.
- El torque de 33 N-M que recibe el eje en el extremo de un motor eléctrico a través de un reductor de velocidad.
- La fuerza de cizalladura para el plástico PET de 37.33 N la cual se aplica normal a las caras de las cuchillas (Chapa Cordoba & Martinez, 2022).

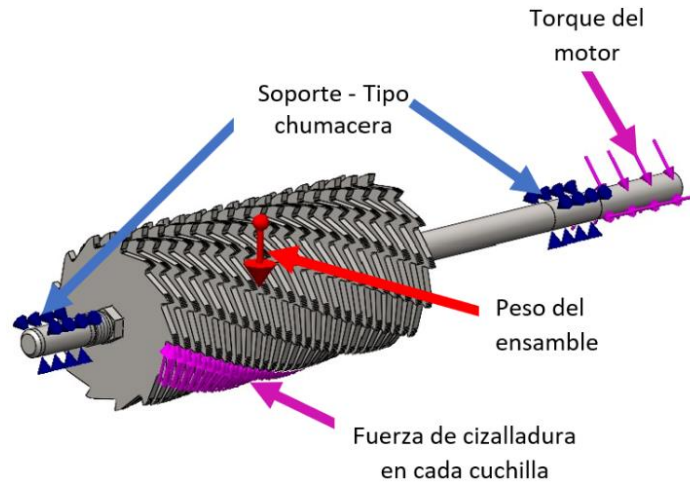


Figura 6. Cargas y reacciones en el eje de corte.

4. Resultados.

Al realizar la simulación en Solid Works se obtiene un esfuerzo máximo de Von Mises de 56.59 MPa el cual se ubica en el cambio de sección e inicio donde se coloca la primera cuchilla.

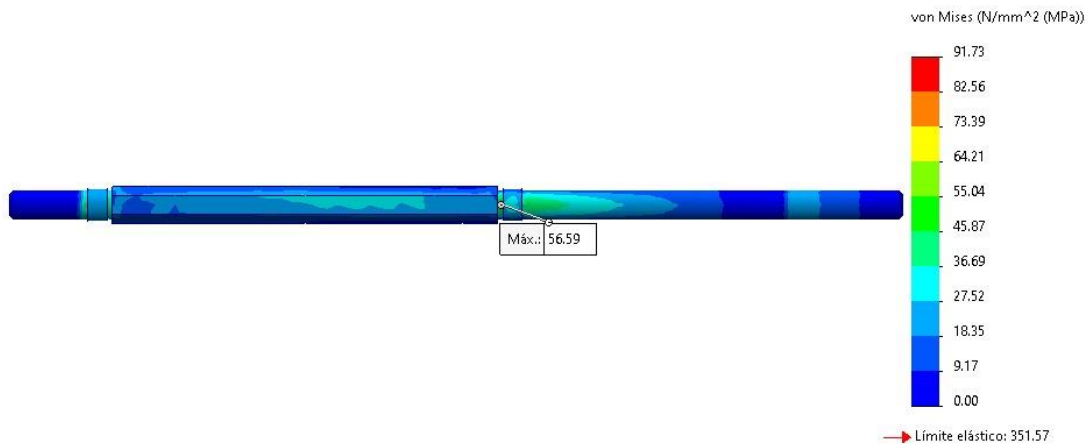


Figura 7. Esfuerzo de Von Mises [MPa].

Considerando el límite elástico del material Acero AISI 1020 de 351.57 MPa se tiene que el eje no presenta problemas para las cargas propuestas. El factor de seguridad mínimo del eje es de 6.21 el cual se considera adecuado para el diseño de ejes.

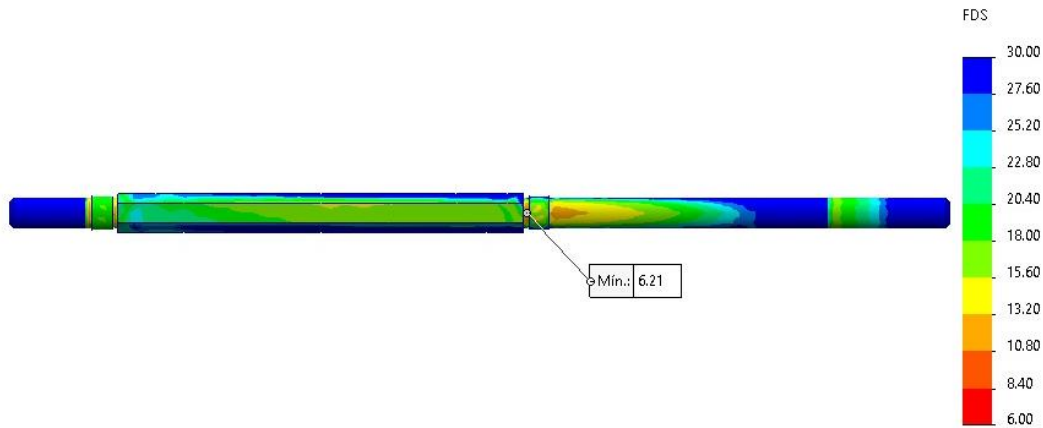


Figura 8. Factor de seguridad.

El desplazamiento máximo obtenido en el eje de corte es de 0.441 mm.

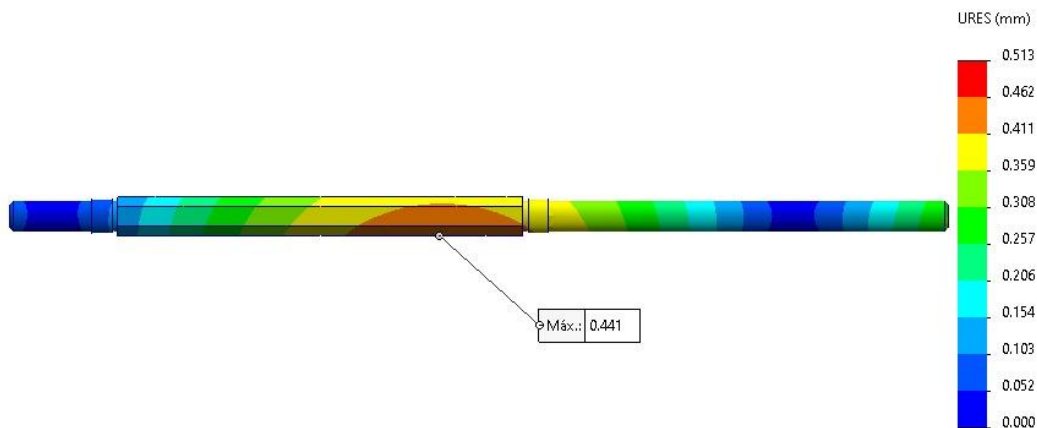


Figura 9. Desplazamiento en el eje de corte [mm].

Con los resultados obtenidos de los análisis numéricos se tiene que la propuesta dimensional (figura 4) y de material acero AISI 1020 cumple con las necesidades planteadas para la trituración del plástico PET.

Conclusiones.

Se obtuvo las dimensiones, material y características del eje de corte de la trituradora de plástico PET el cual satisface las necesidades planteadas en el objetivo.

Para trabajos futuros se recomienda:

- Realizar los cálculos del eje de corte haciendo uso de las ecuaciones de diseño mecánico y verificar los resultados obtenidos en las simulaciones.

- Determinar la fuerza de cizalladura necesaria para el corte del plástico PET debido a que se encuentran diferentes valores en la bibliografía disponible.
- Realizar el análisis y diseño de las cuchillas de corte móviles y fijas las cuales cumplan con los requerimientos específicos de este proyecto.
- Realizar el análisis del conjunto motor – reductor de velocidad para determinar sus características el cual satisfaga las necesidades de este proyecto.

Créditos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el apoyo al proyecto CI-01/2022-01 (“Trituradora de Plástico PET – Etapa de Diseño”), de la Convocatoria de Apoyo a la Investigación 2022 y las facilidades del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez para la realización de este trabajo.

Referencias bibliográficas.

Chapa Cordoba, O., & Martinez, E. (20 de Diciembre de 2022). *Diseño de Equipo para Molienda y Lavado de PET*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2342/1/4626.pdf>.

Cintex Envases. (16 de Diciembre de 2022). *CINTEX | Fabricación de Envases de Plástico - Extrusión Soplado*. Obtenido de <https://www.cintex.com.mx/producto/envase-pet-ondas-1500-ml/>.

Forbes Mexico. (6 de Abril de 2022). *Consumo de Resinas en Mexico*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/consumo-de-resinas-en-mexico-supera-6-millones-de-toneladas-en-2020-anipac/>.

Hoyos Mateus, D., & Hoyos Mateus, M. R. (19 de Diciembre de 2022). *Diseño de Trituradora PET / Universidad Distrital Francisco José Caldas - Repositorio Institucional*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5292>.

Plastic 2 Plastic / De Plástico a Plástico. (19 de Diciembre de 2022). *Montaje de Eje de Triturado / Plastic 2 Plastic*. Obtenido de <https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/plastic2plastic/2019/01/31/montaje-del-eje-de-triturado/>.

Información de los autores.



Alan Gilberto Fernández Jiménez, Egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, curso la especialidad de Diseño, Modelado y Simulación de Sistemas Mecatrónicos, realizó su tesis profesional con el proyecto denominado “Diseño de Trituradora PET”.



Mario Alberto De La Cruz Padilla, es Ingeniero Mecánico graduado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2005 y cuenta con una maestría en Diseño Mecánico por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico en 2007. Es graduado como Doctor en Educación en 2017 y Doctor en Ingeniería Aplicada en 2021. Actualmente es docente del departamento de ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y coordinador de carrera. Docente con perfil PRODEP desde el año 2016 como parte del Cuerpo Académico de Ingeniería Mecánica en la línea de investigación de Diseño Mecánico. Autor de diversos artículos y libros publicados.



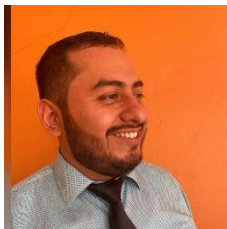
Luis Alberto Morales Alias, es doctor en ingeniería aplicada por el colegio de formación educativa TENAM. Profesor de tiempo completo en la Universidad Politécnica de Chiapas y profesor de Asignatura en el Tecnológico Nacional de México Tuxtla Gutiérrez donde pertenece al cuerpo académico de Ingeniería Mecánica en la línea de investigación de Diseño Mecánico. Cuenta con 10 certificaciones internacionales en el uso de software de diseño mecánico SolidWorks.



Roberto Carlos García Gómez, es Ingeniero Mecánico. Tiene una especialidad de Mecatrónica “Área de máquinas”, cuenta con una Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica “Área diseño” y un Doctorado en Ingeniería en Procesos de Manufactura. Ha impartido diversas asignaturas en licenciatura y posgrado. Cuenta con diversas certificaciones tanto en disciplinas administrativas, como profesionales. Actualmente en perfil deseable por PRODEP, cuenta con el reconocimiento en el sistema estatal de investigadores en el nivel V, es parte del cuerpo académico de ingeniería mecánica reconocida por el PRODEP; imparte clases en la licenciatura de ingeniería mecánica. En los últimos 5 años ha publicado 12 artículos en revistas indexadas, 10 artículos en revistas con arbitraje y 6 artículos de divulgación, coautor de 2 libro, 3 colaboraciones en libros de divulgación científica, coautor de una patente registrada en México.



Fernando Alfonso May Arrioja, es Ingeniero Mecánico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, cuenta con la Maestría en Energías Renovables de la Universidad Politécnica de Chiapas, así también con el Doctorado en Ingeniería Aplicada de la Universidad TENAM. Actualmente es Profesor Investigador del Departamento de Metal Mecánica del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Cuenta con el perfil PRODEP desde 2016 como miembro del Cuerpo Académico Ingeniería Mecánica en la línea de investigación de Termo fluidos. Es autor de diversos artículos y libros publicados.



Juan Carlos Niños Torres, es Ingeniero Mecánico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, cuenta con la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Celaya, así también con el Doctorado en Ingeniería Aplicada de la Universidad TENAM. Actualmente es Profesor Investigador del Departamento de Metal Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y jefe de la División de Estudios Profesionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Cuenta con el perfil PRODEP 2019-2022 como miembro del Cuerpo Académico Ingeniería Mecánica en la línea de investigación de Diseño Mecánico. Es miembro del comité de evaluadores del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI A.C.) avalado por CIEES desde 2016.

Diseño y construcción de un banco de pruebas de motores de inducción con interfaz de comunicación IO-Link.

Design and construction of an induction motor test bench with IO-Link communication interface.

Aldo Esteban Aguilar Castillejos* (1).
Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
aldo.ac@tuxtla.tecnm.mx.

Luis Noé Teco Rodríguez (2). Estudiante del Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez.
L18270559@tuxtla.tecnm.mx.

Osbaldo Ysaac García Ramos (3). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez,
ogarcia@tuxtla.tecnm.mx.

José Ángel Zepeda Hernández (4). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez,
jzepeda@tuxtla.tecnm.mx.

Raúl Moreno Rincón (5). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez, rmoreno@tuxtla.tecnm.mx.

Álvaro Hernández Sol (6). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez, alvarohs@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 04, 2022; aceptado en diciembre 08, 2022.

Resumen.

Este artículo presenta el proceso de desarrollo, diseño y construcción de un banco de pruebas de motores de inducción utilizando sensores industriales de temperatura, velocidad y vibración, cuyos parámetros puedan ser transmitidos mediante una interfaz IO-Link a un Controlador Lógico Programable (PLC), lo que permita generar un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para trabajos futuros. El sistema desarrollado presenta las ventajas de una estructura mecánica eficiente y confiable para las pruebas básicas de un motor, con la finalidad de adquirir los datos para su posterior análisis y para la generación de sistemas de control predictivos, instrumentación y la utilización de las variables críticas para pruebas de rendimiento.

Palabras claves: Medición de velocidad, modelo 3D, sensor industrial, temperatura, vibración.

Abstract.

This article presents the development, design and construction process of an induction motor test bench using industrial temperature, speed and vibration sensors, whose parameters can be transmitted through an IO-Link interface to a Programmable Logic Controller (PLC), that will allow to generate a SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) system for future works. The developed system presents the advantages of an efficient and reliable

mechanical structure for the basic tests of a motor, with the purpose of acquiring the data for its subsequent analysis for the generation of predictive control systems, instrumentation and the use of critical variables for performance tests.

Keywords: 3D Model, industrial sensor, speed measurement, temperature, vibration.

1. Introducción.

Los motores eléctricos son máquinas con la capacidad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica aprovechable, cuyas funciones básicas de arranque, aceleración, posicionamiento, frenado y movimiento de cargas, ha permitido que su fabricación se haya diversificado con diferentes características dependiendo de la aplicación.

La detección y diagnóstico de fallas demanda la aplicación de sensores adecuados para recolectar datos de parámetros críticos de funcionamiento en motores eléctricos con el propósito de detectar y monitorear fallas de manera preventiva o correctiva. Entre los parámetros más comunes que se consideran en el monitoreo, destacan los siguientes: tensión y corriente en el estator, densidad de flujo magnético en el entrehierro, velocidad y posición del rotor, par entregado al eje, temperatura externa e interna, vibración, etc. Cuantos más sean los parámetros monitoreados, más información puede llegar a extraerse con respecto al funcionamiento del motor (Castelli, 2007).

De acuerdo con empresas inmersas en el rubro, debido al uso continuo de los motores y generadores, el desgaste de las piezas y otros factores son anomalías comunes que deben abordarse, por lo que predecir y prevenir fallas masivas de equipos es una necesidad vital para la industria actual (Artesis, 2021).

El IEEE ha fundamentado en diversas conferencias que la mayoría de las fallas en motores eléctricos pueden ser clasificadas en dos grupos: fallas de aislamiento y fallas mecánicas. Botha presentó de manera muy específica algunas causas que pueden llevar a la ocurrencia de fallas en motores eléctricos de inducción (Botha, 1997).

Castelli enunció que las fallas mecánicas, en su mayoría están asociadas a daños en el rotor o componentes relacionados al mismo, dentro de las cuales se pueden destacar las siguientes: daños en rodamientos, quiebre de barras y anillos del rotor, irregularidades en el entrehierro (excentricidades estáticas y dinámicas) y desbalances (Castelli, 2007). En (Bonnet, A. H. et al., 1992). se presentaron las principales causas de fallas en el rotor y estator del motor, las cuales siguen siendo vigentes hoy en día.

Algunos desarrollos han enfocado sus esfuerzos en el diagnóstico de parámetros de manera indirecta y utilizando modelos matemáticos aproximados, por ejemplo, mediante la medición de variaciones de voltaje y corriente en el motor, como presentó Kroics (Kroics, 2018).

Por ello, la obtención directa de las variables críticas mediante sensores industriales se ha convertido en el objetivo principal de este banco de pruebas para motores de inducción, surge para monitorear en tiempo real variables críticas para la prevención de fallas en motores todo por medio de sensores y una interfaz IO-Link debido a su fácil implementación, comunicación y futura implementación de más sensores.

2. Métodos.

El proceso para lograr el diseño y construcción de este banco de pruebas se llevó a cabo mediante fases de desarrollo establecidas claramente para el cumplimiento de cada elemento fundamental del sistema, las cuales fueron:

Investigación bibliográfica. Fase de utilidad para establecer el diseño más adecuado para el banco de pruebas, así como para recabar información sobre los componentes que se implementarán, por ejemplo la elección de sensores, sus rangos de medición y metodología para comunicarlos a través de la interfaz IO-Link.

Diseño 3D utilizando SolidWorks. Se utiliza el software SolidWorks versión 2020, con el que se establecerán las dimensiones y el diseño del prototipo del banco de pruebas, así como la definición de la ubicación accesible de todas las piezas mecánicas, eléctricas, motor, sensores y elementos de control. La figura 1 presenta un boceto de lo que se implementará con el software:

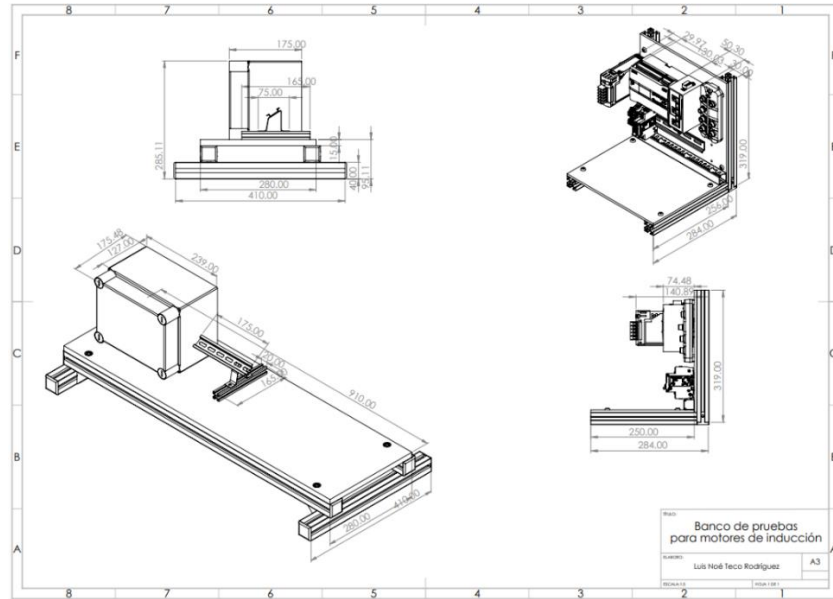


Figura 1. Dimensiones del banco de pruebas.

Instrumentación del motor de inducción trifásico. Tomando como referencia el diseño previo, se procede con la instrumentación del sistema, donde la disposición que los sensores tendrán es representada en un diagrama PI&D (Figura 2).

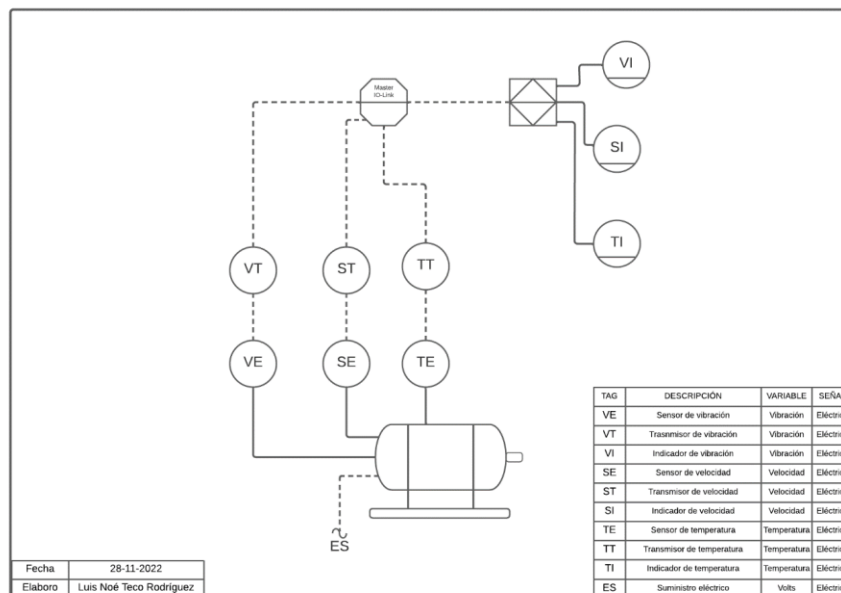


Figura 2. P&ID de la instrumentación del motor de inducción.

La ubicación e instalación de los sensores industriales permitirá que la información recabada sea enviada al sistema de monitoreo y control mediante una interfaz de comunicación IO-Link.

3. Desarrollo.

A partir de la generación del estado del arte, se eligieron las variables críticas (temperatura, velocidad y vibración), se establecieron las dimensiones más adecuadas para el diseño del sistema y a su vez los elementos estructurales y componentes eléctricos necesarios para la correcta implementación del banco de pruebas.



Figura 3. Sensores seleccionados para la medición de los parámetros del motor (temperatura, velocidad, vibración).

Los 3 sensores seleccionados para la obtención de los parámetros más importantes a monitorear fueron: sensor de temperatura (TS2229), velocidad (DI5028) y vibración (VVB001), de la marca alemana ifm efector, con características de salida tipo IO-Link que permite una conexión segura y obtención de datos con el sistema de monitoreo y control.

Diseño mecánico.

El proceso de diseño mecánico 3D se realizó con la versión 2020 del software SolidWorks, cuyas etapas de desarrollo se presentan a continuación, iniciando con los elementos estructurales de la base del motor usando perfiles de aluminio de 40x40 mm.



Figura 4. Diseño de la estructura de la base del banco de pruebas.

A la estructura diseñada se implementó una placa de aluminio como elemento de soporte con dimensiones de 28x91 cm., la cual fue acoplada por tornillos.



Figura 5. Diseño de la base del banco de pruebas.

El variador de frecuencia (FV) será montado sobre un riel DIN sujetado a un perfil de aluminio de 20x20mm y un soporte a 45°.

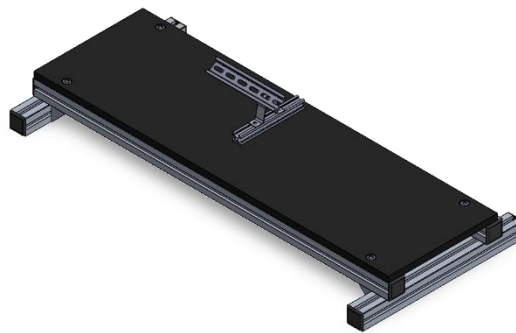


Figura 6. Diseño del riel de montaje para el variador de frecuencia (FV).

Una vez diseñada la base estructural, se agregaron los componentes eléctricos para el funcionamiento del motor de inducción: panel de control manual, protecciones eléctricas y variador de frecuencia (FV).

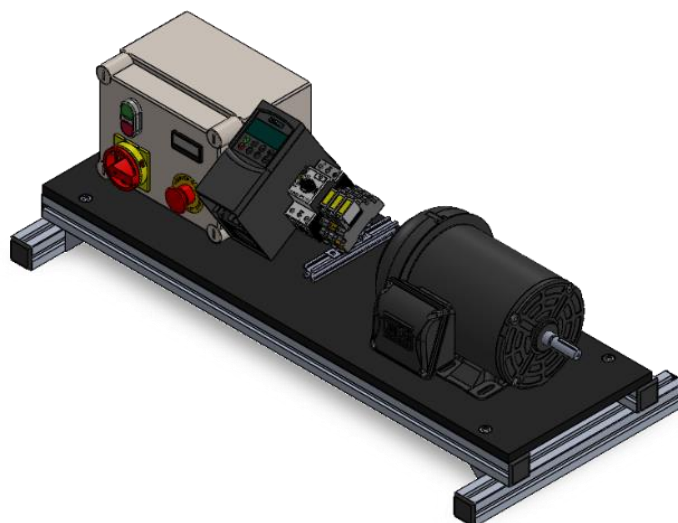


Figura 7. Ensamble de elementos eléctricos y de control del banco de pruebas.

El diseño y modelado de la base del sistema de monitoreo y control se realizó con procedimientos similares, pero adaptando las medidas correspondientes para los elementos estructurales y electrónicos.

Para la estructura de la base se optó por perfil de aluminio de 30x30mm y la base sólida estará compuesta de un panel espumado (SINTRA) debido a sus características rígidas y versatilidad para la fijación de componentes.

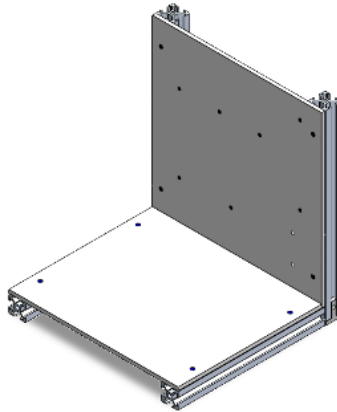


Figura 8. Diseño del panel de control y adquisición de datos.

Se incorporaron los rieles tipo DIN (TS 35) para la colocación de elementos como la fuente de alimentación 24VCD y controlador lógico (PLC).

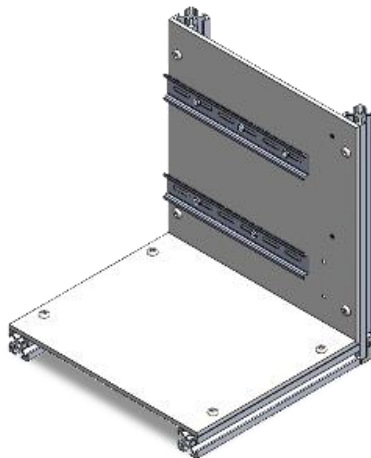


Figura 9. Implementación de rieles de conexión tipo DIN en el panel de control.

En la figura 10 se presenta la colocación de todos los elementos para la comunicación, control y adquisición de datos: PLC, Fuente 24VCD, Switch ethernet, Master IO-Link y elementos eléctricos de protección.

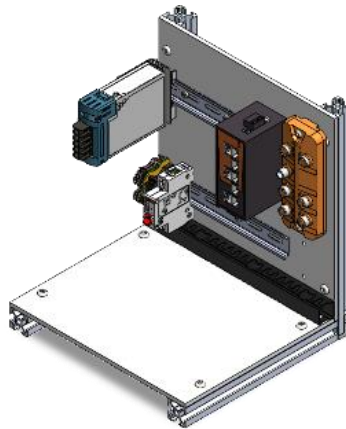


Figura 10. Diseño y ensamble de componentes de comunicación, control y adquisición.

El proceso de cableado también se incluyó en el diseño 3D, para una mejor referencia para la construcción física y a su vez para que los conectores cumplan las características específicas para el correcto funcionamiento del banco de pruebas.

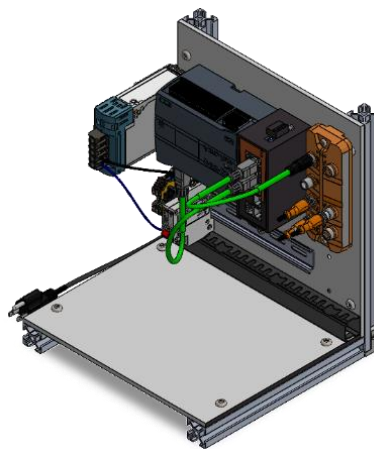


Figura 11. Diseño del cableado de componentes de comunicación, control y adquisición.

Al finalizar el diseño del panel eléctrico y de control del sistema, se implementó el ensamble del sistema completo y el montaje de los sensores industriales. La renderización del sistema se presenta en la figura 12.

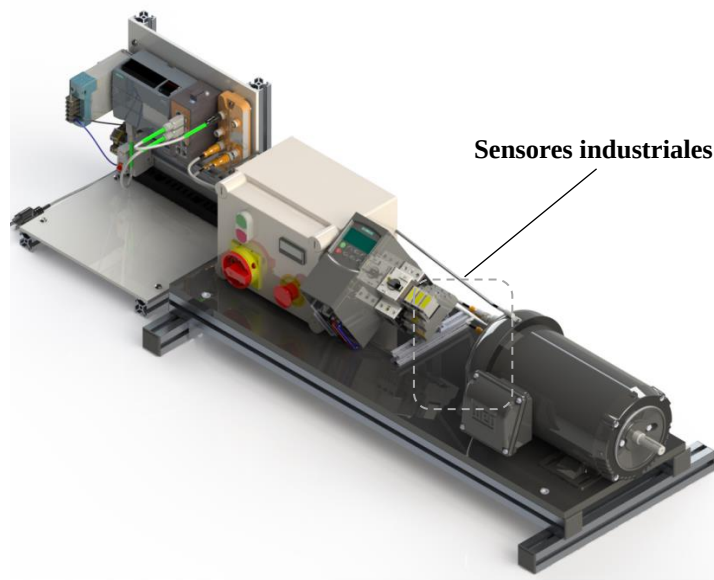


Figura 12. Diseño renderizado y ensamble de sensores (temperatura, velocidad, vibración).

Construcción.

Una vez establecido el diseño mecánico, se procedió a la construcción del sistema, con herramientas de corte para la adaptación de tamaños de los perfiles de aluminio y su posterior fijación para conformar las estructuras donde se colocarán las bases de elementos eléctricos y de monitoreo/control.



Figura 13. Proceso de corte y armado de estructuras y bases.

Posteriormente, se realizó el montaje de los componentes en las bases, como el panel de control manual, variador de frecuencia, fuente de alimentación, protecciones, switch ethernet y el master IO-Link.

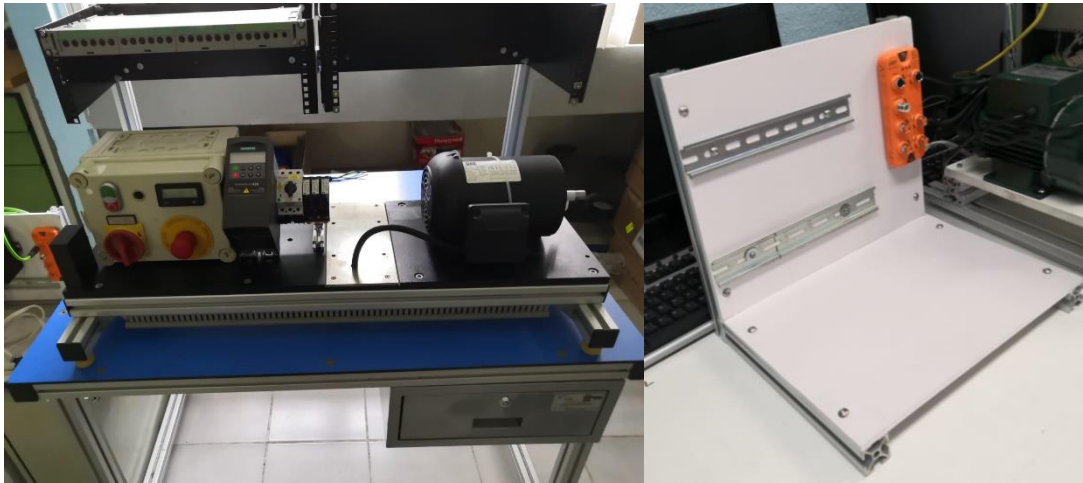


Figura 14. Montaje de componentes eléctricos y rieles.

La implementación de los elementos para la adquisición de datos (Master IO-Link), switch ethernet, fuente, PLC y protecciones eléctricas se realizó en el panel del sistema de monitoreo y control, tal como se había diseñado en la etapa anterior.

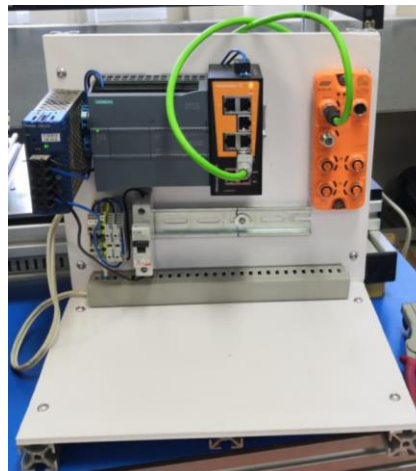


Figura 15. Montaje de elementos de control, comunicación y adquisición de datos.

4. Resultados.

El dibujo técnico final de todo el banco de pruebas de motores de inducción se obtuvo mediante la herramienta Drawings de SolidWorks, y se tomaron a consideración las modificaciones y correcciones finales en la colocación de elementos, con un margen de error de $\pm 1\%$ en las dimensiones.

Todas las medidas fueron establecidas con el estándar MMGS (milímetro, gramo, segundo), obteniendo una dimensión final del montaje de 910 mm x 370.71 mm para la sección de elementos eléctricos y de 281 mm x 412.13 mm en el panel del sistema de monitoreo y control, datos que se incluyen de manera general en la figura 16.

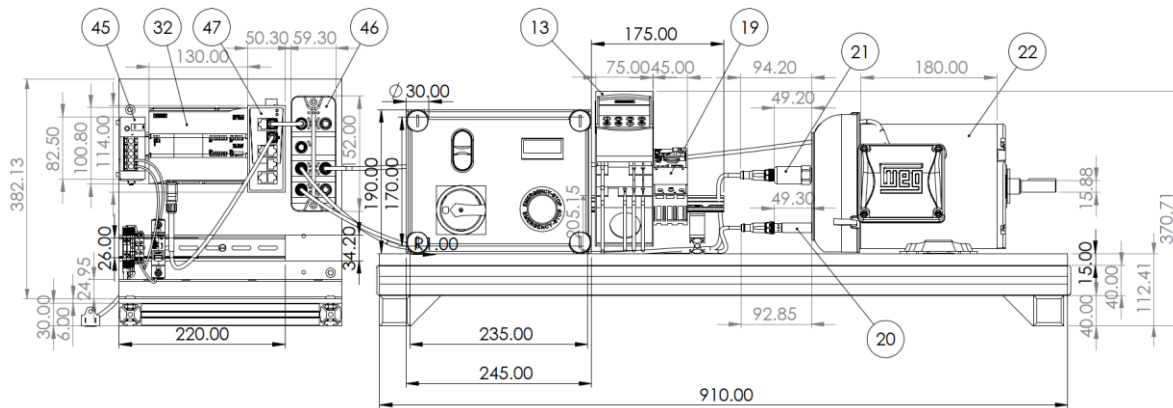


Figura 16. Vistas de dibujo técnico (dimensiones) del banco de pruebas.

El diseño final renderizado en 3D del banco de pruebas con todos los elementos eléctricos, protecciones, elementos de comunicación, adquisición de datos y control, así como los elementos primarios de características industriales, se presenta a continuación:

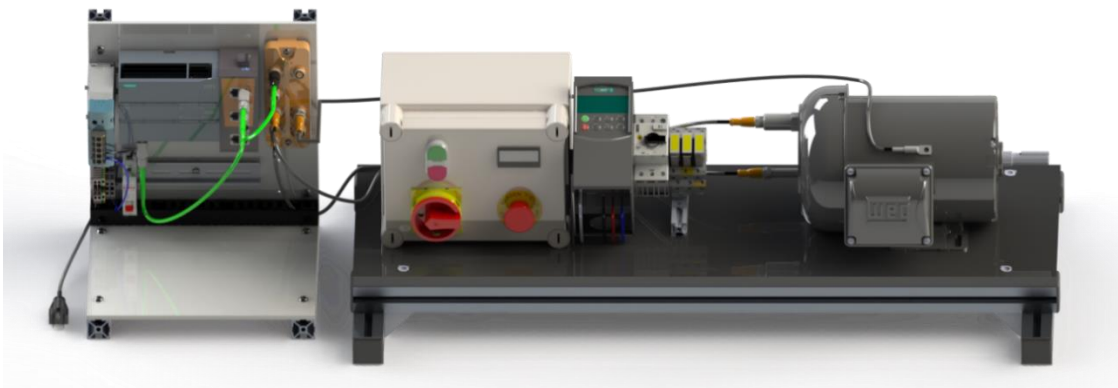


Figura 17. Diseño 3D renderizado del banco de pruebas de motores de inducción.

La implementación del sistema quedó conformada por los componentes y accesorios que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Componentes del banco de pruebas.

No. elemento	Descripción	Cantidad	No. elemento	Descripción	Cantidad
1	PERFIL BOSCH ALUMINIO (410mm con corte 0.5mm) 40X40 (mm)	2	46	Master IO-Link AL1100	1
2	PERFIL BOSCH ALUMINIO (910mm con corte 0.5mm) 40X40 (mm)	2	47	Switch ethernet Weidmuller	1
3	Escuadra 45	4	48	Clema con fusible	2
4	Mariposa	4	49	Clema	2
5	Tuerca	4	50	Clema PE	1
6	TAPA DE PERFIL BOSCH	8	51	EVC010_1	3
7	Plancha base	1	52	EVC010_2	3

8	Tornillo	4	53	TP3231	1
9	CAJA	1	54	EVC706	1
10	Perfil20x20	1	55	E12090_2	3
11	Soporte 45°	1	56	E12090_1	1
12	Riel din	1	57	Pieza2	4
13	Micromaster 420 sin tapa	1	58	Pieza3	1
14	Tapa inferior	1	59	Pieza5	2
15	Emergency button	1	60	Cable_1	1
16	LCD	1	61	Cable_2	1
17	Selector rojo	1	62	Cable_1	1
18	Double push button	1	63	Cable_2	1
19	Motor Protection	1	64	Cable_3	1
20	DI5028	1	65	Cable_4	1
21	VVB001	1	66	Cable_5	1
22	Motor WEG	1	67	Cable_6	1
23	Conector	2	68	Cable_7	1
24	Perfil_30	1	69	Cable_8	1
25	Perfil_30-V	2	70	Cable_9	1
26	Perfil_30-H	2	71	Cable_10	1
27	SINTRA_N	1	72	Cable_11	1
28	SINTRA	1	73	Cable_12	1
29	RIEL_DIN	1	74	Cable_13	1
30	Tornillo_conector	8	75	Cable_14	1
31	A5E31089385A_001.stp	1	76	Pieza6	1
32	A5E31089386A_001.stp	1	77	Cable_1	1
33	A5E31089392A_001.stp	1	78	Cable_2	1
34	A5E30157758A_001.stp	1	79	Cable_3	1
35	A5E32311422A_001.stp	1	80	Cable_4	1
36	A5E31089419A_001.stp	1	81	Cable_5	1
37	Tuerca1-4	8	82	Cable_6	1
38	Tornillo1-4	8	83	Cable_7	1
39	RIEL_DIN_C	1	84	Cable_8	1
40	Tornillo_Riel	5	85	Cable_9	1
41	Tuerca_Riel	7	86	Cable_10	1
42	Tornillo_para_M_IO	2	87	Cable_11	1
43	Canaleta_25x25	1	88	Cable_12	1
44	SD C25 1P - STECK	1	89	Cable_13	1
45	Fuente Omron	1	90	Enchufe Tripolo	1
			91	TS2229_Sensor	1

El montaje final del banco de pruebas para motores de inducción se presenta en la figura 18, con la implementación de todos los elementos necesarios para la siguiente etapa del sistema. Se efectuaron mediciones eléctricas bajo condiciones de prueba al vacío, sin encontrar ninguna incidencia.

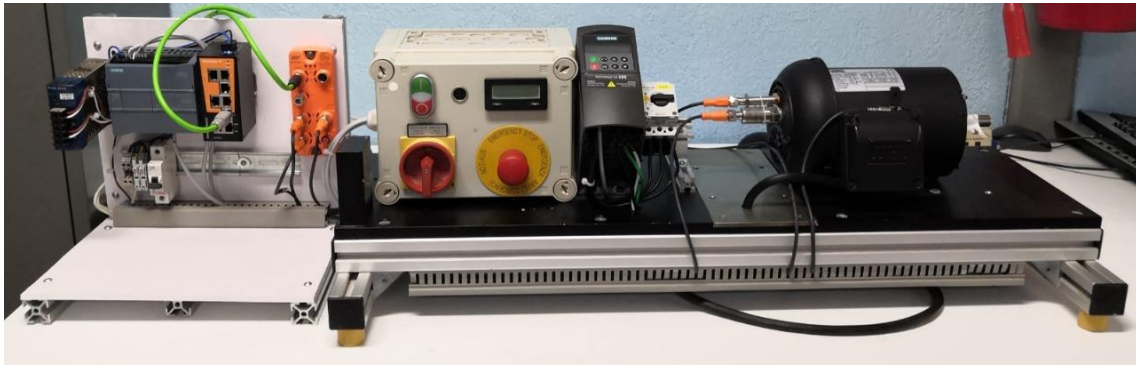


Figura 18. Banco de pruebas de motores de inducción, montaje final.

Créditos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto 14389.22-P (“Sistema didáctico de monitoreo de variables críticas de un motor de inducción trifásico”), de la convocatoria de apoyo a proyectos de desarrollo tecnológico e innovación 2022 y las facilidades del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez para la realización de este trabajo.

Conclusiones.

La construcción de este sistema tomó como fundamento las implementaciones que se han diseñado en empresas inmersas en el ramo industrial y proyectos de investigación desarrollados por instituciones a nivel internacional. Donde se ha demostrado que la obtención de los parámetros críticos en las máquinas eléctricas involucra varios aspectos técnicos que van desde el diseño industrial, elección de sensores y la correcta implementación de sistemas de comunicación y control.

Durante este documento se presentó el proceso de desarrollo, diseño y construcción de un banco de pruebas de motores de inducción utilizando sensores industriales de temperatura, velocidad y vibración de la marca ifm. El sistema desarrollado presenta las ventajas de una estructura mecánica eficiente y confiable para las pruebas básicas de un motor, cuyos parámetros pueden ser transmitidos mediante una interfaz IO-Link a un Controlador Lógico Programable (PLC), con la intención de generar un sistema SCADA adquirir los datos y realizar análisis para la generación de sistemas de control predictivos, instrumentación y la utilización de las variables críticas para pruebas de rendimiento.

A su vez, este sistema formará parte del equipamiento del recién inaugurado Laboratorio Industry 4.0 ifm/TecNM, que contribuirá a la formación de estudiantes con conocimientos en todos los rubros previamente comentados.

Referencias bibliográficas.

- Artesis (2021).** *Control del estado de motores y generadores*. Artesis. <https://www.artesis.com/es/control-del-estado-de-motores-y-generadores/>
- Bonnet, A. H. et al. (1992).** *Cause and Analysis of Stator and Rotor Failures in Three-Phase Squirrel-cage Induction Motors*. IEEE Trans. On Ind. Applic. Volumen 28, pp. 921-937, Julio-Agosto 1992.
- Botha, M. (1997).** *Electrical Machines Failure, Causes and Cures, Electrical Machines and Drives*. 8va conferencia anual de IEEE, N° 444, pp. 114-117, 1-3 de Septiembre de 1997

Castelli, M. (2007). *Metodología de monitoreo, detección y diagnóstico de fallos en motores asíncronos de inducción*. Core.ac.uk. Recuperado el 29 de noviembre de 2022, de <https://core.ac.uk/download/pdf/335340812.pdf>

Kroics, K. (2018). *Development of induction motor based test bench for supercapacitor braking energy recovery system testing, 2018*. IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCon). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/331591642_Development_of_Induction_Motor_Based_Test_Bench_for_Supercapacitor_Braking_Energy_Recovery_System_Testing

Información de los autores.



Aldo Esteban Aguilar Castillejos, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ing. Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) en el 2011 y el título de Ingeniero en Electrónica en el mismo Instituto, con especialidad en Instrumentación y Control. Cuenta con la certificación CSWA, CSWP, CSWP Avanzado de SolidWorks; así como un Diplomado en el motor de desarrollo de videojuegos UNREAL, Diplomado en Microsoft Teams y Diplomado en competencias para la enseñanza de las ciencias. Acreedor al premio de desempeño a la excelencia EGEL 2018 y Miembro del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del Estado de Chiapas. Ha participado en el desarrollo de proyectos de investigación (PEI Conacyt) para empresas privadas, desarrollo de patentes con desarrollos tecnológicos en el Estado de Chiapas y fue parte del cuerpo de investigación de la Universidad del Valle de México Campus Tuxtla hasta el 2022. Actualmente es parte del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes” del I.T.T.G. con desarrollos de proyectos financiados por CONACyT y el TecNM. Con campos de interés en: dispositivos opto-mecatrónicos, manufactura, sensores de fibra óptica, instrumentación y control.



Luis Noé Teco Rodríguez, estudiante del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, pasante de la carrera ingeniería eléctrica con especialidad sistemas eléctricos de potencia y calidad de la energía eléctrica, con campos de interés: modelado en 3D e iluminación.



Osbaldo Ysaac García Ramos, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Académico de Tiempo Completo en UVM desde 2005. Tiene 12 años de experiencia docente. Tiene Cursos especialización en Mecatrónica en Universidad de Esslingen Alemania, en la empresa Emco Salzburgo Austria, en la empresa Festo

Estados Unidos y Festo México. Responsable técnico del proyecto de investigación “Consolidar un centro de investigación y desarrollo de vehículos eléctricos funcionales y confortables e impulsados por energía limpia” junto con la empresa Invemex S.A de C.V., 2015. Ha desarrollado proyectos de investigación como ‘Sistema de medición de hélices de barco para la secretaria de marina financiado por Conacyt y Semar’, ‘Diseño y caracterización de Biomateriales a partir de macromicetos como alternativa al uso del unicel’ en el año 2014 (financiados por Conacyt). Tiene participaciones en congresos internacionales como congreso Tecno láser Habana Cuba 2013 con artículo y ponencia ‘Método de registro automático de imágenes de rango tridimensionales para restauración de piezas arqueológicas’.



José Ángel Zepeda Hernández, es Ingeniero Industrial en Eléctrica y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez e investigador desde 1999, Imparte cátedra en el área de Ingeniería Electrónica y la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el ITTG, donde imparte las asignaturas de Diseño con Transistores y Electrónica Básica respectivamente. Líder del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes”.



Raúl Moreno Rincón, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME-IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Certificado en SolidWorks Associate. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y Colabora en la línea de investigación “Robótica” de Ingeniería electrónica y es parte del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes”. Ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, sistema de control de animatronic, entre otros.



Álvaro Hernández Sol, es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Certificado en SolidWorks Associate. Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundo y asesora el “Club de robótica del ITTG”. Colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “Robótica” y es parte del cuerpo académico “sistemas de control inteligentes”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.

Diseño y construcción de un brazo robótico de 6 grados de libertad.

Design and construction of a robotic arm with 6 degrees of freedom.

Raúl Moreno Rincón* (1).
Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.
raull.mr@tuxtla.tecnm.mx.

Paola Martínez Pérez, Estudiante del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez,
lc16270591@tuxtla.tecnm.mx.

Álvaro Hernández Sol (3). Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez, alvaro.hs@tuxtla.tecnm.mx.

José Ángel Zepeda Hernández (4). Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez,
jose.zh@tuxtla.tecnm.mx.

Aldo Esteban Aguilar Castillejos (5). Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez,
aldo.ac@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en julio 26, 2022; aceptado en septiembre 09, 2022.

Resumen.

Esta investigación está dirigida al desarrollo de tecnología en el campo de aplicación de los brazos robóticos. El trabajo consistió en el diseño electromecánico de un sistema de posicionamiento y control tridimensional para una garra, basado en un brazo robótico de seis grados de libertad, que permitirá maniobrar objetos. La metodología aplicada para el desarrollo del proyecto consistió en el diseño de un brazo robótico con 3 grados de libertad para el posicionamiento de la garra, que determinan el espacio de trabajo del brazo y 3 grados de libertad para la garra que permiten orientarla, según el objeto a recoger y su posición. El diseño de las partes físicas, eslabones, engranes y uniones y su simulación, se realizó a través del software Solid Works. El brazo robótico tiene articulaciones de tipo rotatorios y los actuadores propuestos son eléctrico: motores a pasos y servomotores, los eslabones y cubre juntas fueron impresas en PLA, el sistema de control está basado en el microcontrolador Arduino.

Palabras clave: Articulaciones, brazo robótico, diseño asistido por computadora, grados de libertad.

Abstract.

This research is aimed at the development of technology in the field of application of robotic arms. The work consisted of the electromechanical design of a three-dimensional positioning and control system for a claw, based on a robotic arm with six degrees of freedom, which will allow objects to be maneuvered. The methodology applied for the development of the project consisted of the design of a robotic arm with 3 degrees of freedom for the positioning of the claw, which determine the work space of the arm and 3 degrees of freedom for the claw that allow it to be oriented, according to the object to pick up and its position. The design of the physical parts, links, gears and joints and their simulation was carried out through the Solid Works software. The robotic arm has rotary type joints and the proposed actuators are electric: stepper motors and servomotors, the links and joint covers were printed in PLA, the control system is based on the Arduino microcontroller.

Keywords: Computer aided design, degrees of freedom, joints, robotic arm.

1. Introducción.

Un brazo robótico está constituido mecánicamente por una serie de eslabones unidos mediante articulaciones que le permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos. (Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil, 2007). Para describir la morfología de un brazo robótico se hace referencia de los términos como cuerpo, brazo, codo y muñeca (figura 1).

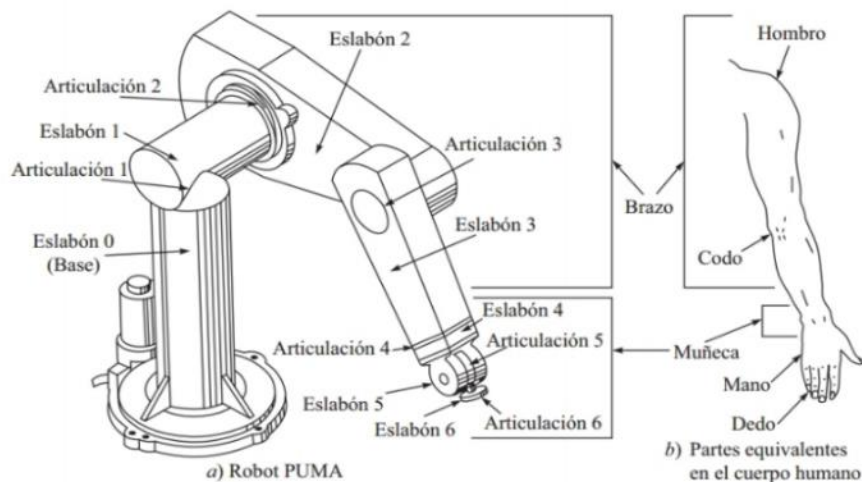


Figura 1. Analogía de un brazo robótico de tipo angular.

De acuerdo a la Asociación Internacional de Estándares (ISO) un Robot manipulador industrial es un manipulador de 3 o más ejes, con control automático, reprogramable, multi aplicación, móvil o no, destinado a ser utilizado en aplicaciones de automatización industrial. Incluye dos elementos importantes: el manipulador, conformado por el sistema mecánico y accionadores; y el sistema de control, software y hardware de control y potencia (Barrientos, Peñín, Balaguer y Aracil, 2007).

Los brazos robóticos se aplican en la automatización de tareas en el área industrial para realizar trabajos como, por ejemplo, en fábricas de coches y grandes industrias de ensamblado y creación de estructuras, para transporte de materiales pesados de un lugar a otro o para realizar tareas de precisión, por mencionar algunas. Esta herramienta permite mejorar la eficiencia del trabajo en las fábricas y la calidad de vida de los empleados. (Esneca, 2019).

2. Métodos.

Para realizar el diseño electromecánico de un brazo robótico se debe considerar la determinación de las características físicas, accionamiento eléctrico y control (Bolton, 2017). que se requieren:

- El diseño mecánico a través del diseño asistido por computadora, lo cual permite tener una planeación de las dimensiones y formas de los eslabones del brazo y de los límites de movimiento de sus articulaciones (Miranda, 2016), además de corregir posibles errores antes de su manufactura: Número de articulaciones y tipo (rotación o traslación), rango de movimiento (en grados si se trata de una articulación de rotación y en milímetros si es de traslación) y dimensiones (del brazo total y de cada eslabón).

- Diseño del diagrama eléctrico y de control que permitirá el accionamiento de cada articulación de manera independiente a través de un microcontrolador y accionadores. En esta etapa es muy importante determinar: Tipo de controlador (si este será por medio de microcontrolador o PLC), tipo actuadores: si serán eléctricos (motores a pasos o servomotores) o neumático (pistones), tipo de comunicación de los actuadores con el controlador, lo que conlleva a la elección de los drivers y accionadores de acuerdo a sus características y funciones a realizar (botones, palancas o joysticks)
- Manufactura en 3D y ensamble final del armado físico y eléctrico.

Consideraciones: Al diseñar un robot es importante reducir el máximo su momento de inercia y los pares estáticos que deben vencer, los actuadores dependen directamente de la distancia de las masas del actuador. Es por ello que, al diseñar un brazo robótico, se procura que los actuadores, los cuales suelen ser pesados, estén lo más cerca posible de la base del robot. Para esto, se utilizan sistemas de transmisión que trasladen el movimiento de los actuadores hasta las articulaciones.

Entre los sistemas de transmisión, destaca el *Circular-circular*, el cual puede consistir en un movimiento con engranajes, correa dentada, cadena, paralelogramo o cable. Las ventajas o inconvenientes de cada uno van de acuerdo a su aplicación; un sistema de engranes es apto para pares altos, sin embargo, tienden a desgastarse y necesitar una buena lubricación, mientras que un sistema de cuerda dentada es idóneo para distancias grandes.

Para mejorar un sistema de engranes en un brazo robótico es conveniente utilizar engranes helicoidales, puesto que, tienen la ventaja de que transmiten más potencia que los rectos y también pueden transmitir más velocidad y son más silenciosos; aunque, por el desgaste requieren ser sustituidos con mayor frecuencia que los rectos, sin embargo, tendrán un mejor desempeño.

En un engrane helicoidal la hélice que se forma se considera el avance de una vuelta completa del diámetro primitivo del engranaje, de esta hélice se deriva el ángulo β que forma el dentado con el eje axial; este ángulo tiene que ser igual para las dos ruedas que engranan, pero de orientación contraria, es decir, uno a la derecha y otro a la izquierda. Su valor se establece de acuerdo a la velocidad que tengan la transmisión (Jaen, 2011):

- Velocidad lenta: $\beta = 5^\circ - 10^\circ$
- Velocidad normal: $\beta = 15^\circ - 25^\circ$
- Velocidad elevada: $\beta = 30^\circ - 45^\circ$

El sistema de polea cuerda se forma a partir de pares de ruedas o poleas que están situadas a cierta distancia, con ejes normalmente paralelos que giran simultáneamente transmitiendo el movimiento desde el eje de entrada o motriz hasta el eje de salida o conducido, mediante una correa. Este puede mejorarse aplicando una cuerda dentada, la cual tiene un mayor agarre.

El movimiento que se transmite a la rueda conducida es en el mismo sentido que el movimiento de la rueda conductora. La relación de velocidades entre ambas ruedas se define de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \quad (1)$$

Donde:

ϕ_1 = diámetro de entrada (conductora).

ϕ_2 = diámetro de salida (conducida).

n_1 = velocidad de entrada.

n_2 = velocidad de salida.

3. Desarrollo.

El presente brazo es de tipo articulado con 6 grados de libertad (GL) rotatorios, de estos, los primeros tres tienen la función de posicionar el objeto, lo que se conoce como: cintura del brazo (J1), hombro del brazo (J2) y codo del brazo (J3); y el resto, de la orientación del efector final, articulaciones denominadas como: cabeceo o elevación, pitch (J4), movimiento derecha-izquierda, yaw (J5) y rotación, roll (J6). Las dimensiones del brazo se definieron durante el diseño en 3D, cuenta con cuatro eslabones que conformarán la estructura mecánica

Tabla 1. Dimensiones del brazo robótico.

	Variable	Longitud (mm)
1	B1 (Altura del hombro)	224
2	B2 (Longitud del brazo)	190
3	B3 (Longitud del antebrazo)	156
4	B4 (Longitud de la muñeca)	78.5
5	BT (Longitud de la herramienta)	69

Se comenzó diseñando la base del brazo, constituyendo la primera articulación conocida como la Cintura (J1), haciendo girar al brazo sobre el eje “Z” (yaw), el movimiento es a través de un engrane helicoidal de 40 dientes incrustado en un disco giratorio, el cual va ensamblado con un engrane de 10 dientes ubicado en el eje del motor (relación de engranaje helicoidales 1:4). Sobre esta, se diseñó la base de la articulación 2 y 3, para soporte de los motores. Para el diseño de la relación de engranes helicoidales se hizo uso del software GearTrax, el cual nos permite diseñar engranes estableciendo las características como el paso circular p, el módulo m y el paso diametral P. Ver figura 2.



Figura 2. Diseño mecánico de la articulación 1.

La segunda articulación corresponde al movimiento giratorio respecto al eje “Y” (pitch) entre el eslabón 1 y 2, es decir, es el movimiento de arriba-abajo del brazo. Para esta, se propuso utilizar dos motores con caja de engranajes planetarios, se compone de un engrane helicoidal de 60 dientes (relación de engranaje helicoidales 1:6) situado en el eslabón derecho que corresponde al brazo y ensamblado a dos engranes helicoidales de 10 dientes en los ejes de dos motores (Jaen, 2011). Figura 3.



Figura 3. Diseño mecánico de la articulación 2.

La tercera articulación se encarga del movimiento giratorio en “Y” (pitch) del eslabón 2 y 3, alargando el espacio de trabajo del brazo y dándole un grado más de libertad. La transmisión de movimiento es por banda dentada y polea, la banda es de aproximadamente 510 mm de largo, 6 mm de ancho y 2 mm de paso. Para la polea conductora, se utilizó una polea comercial GT2 de 20 dientes y la polea conducida se diseñó en 3D, esta no es dentada, pero va sujeta a la cuerda ya que esta articulación tiene un rango de movimiento corto (Torres, s.f.). La relación de transmisión entre ambas es de 1:5. Figura 4.

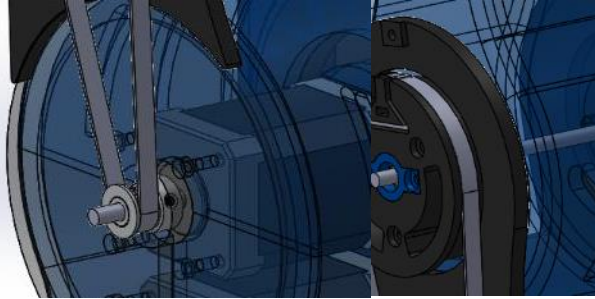


Figura 4. Diseño mecánico de la articulación 3.

Relación de transmisión de velocidad

$$i = \frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{12 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = \frac{1}{5} \quad (2)$$

Velocidad del eje conducido

$$n_1 = \frac{\phi_1 n_2}{\phi_2} = \frac{18.75 \times 12}{60} = 3.75 \text{ rpm} \quad (3)$$

Para la articulación 4, 5 y 6 se utilizaron servomotores, por lo que solo se diseñaron los eslabones y los soportes de cada servomotor, de manera que los eslabones fueran lo más cortos posibles, figura 5.

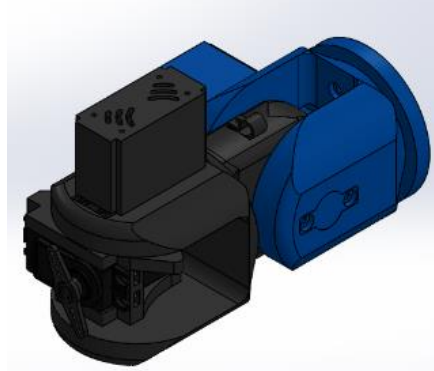


Figura 5. Muñeca de 3 grados de libertad.

Por último, tenemos la garra, figura 6, es la herramienta que manipulara el brazo robótico.

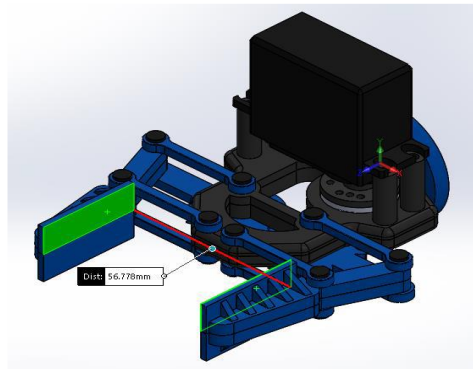


Figura 6. Garra para brazo robótico.

Diseño eléctrico y de control: Para el control se utilizó un Arduino Mega (Porcuna, 2016), junto con una Cnc Shield V3 para Arduino que permite controlar hasta 4 motores a pasos, conectar hasta 6 finales de carrera (dos para cada eje) y el driver correspondiente al modelo, que es el A4988. Para la articulación 1 se propuso el motor a pasos Vexta C6244-9212K, para la segunda los motores Nema 17HS13-0404S-PG5 y para la tercera articulación el motor Hanpose 17HS6401S. El diagrama de conexonado se muestra en la, figura 7, estos incluyen dos sensores piezoeléctricos que permitirían medir el estado de la garra, abierta o cerrada, para evitar usar demasiada fuerza en los objetos.

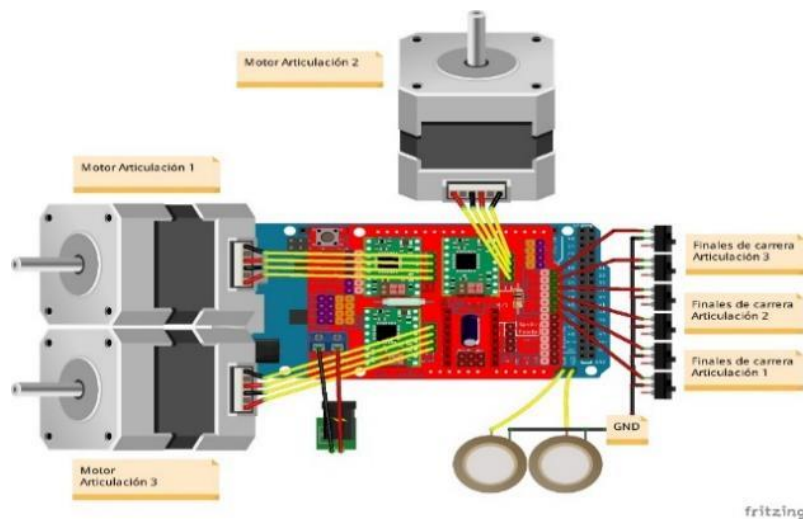


Figura 7. Diagrama eléctrico, motores, sensores finales de carrera y alimentación.

Mientras que, para las articulaciones 4, 5 y 6 se propuso el servomotor MG995 de alta velocidad y engranes de metal, con un par de 8.5 kgf.cm. figura 8.

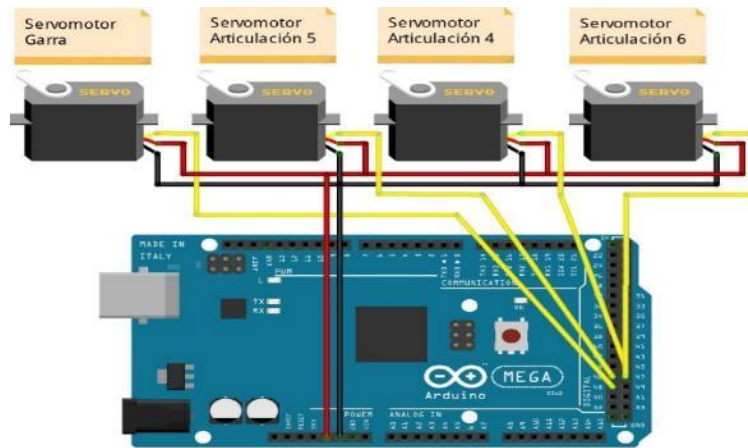


Figura 8. Diagrama eléctrico, servomotores.

Los accionadores se eligieron de acuerdo a las aplicaciones del brazo, figura 9, estos son los principales al diseñar un brazo robótico y sus características, para este caso:

- Palanca de 2 estados: permite seleccionar entre el modo manual y automático.
- Botón de arranque: inicia el sistema en modo manual o automático de acuerdo a lo seleccionado.
- Botón de paro: realiza un paro con fin de ciclo y lleva al brazo a su posición inicial.
- Botón de reset: para limpiar registros internos del programa o conteos, o llevar al brazo posición inicio.
- Botón de paro de emergencia: detiene instantáneamente al brazo robótico sin perder el curso de su trayecto, de manera que si se reinicia este continua su tarea.
- Botón de accionamiento de la garra: acciona al actuador que cierra y abre la garra.
- Botón de accionamiento de rutina en modo automático: iniciar la rutina programada para el brazo robótico.
- Joysticks: permiten el control manual de las 6 articulaciones.

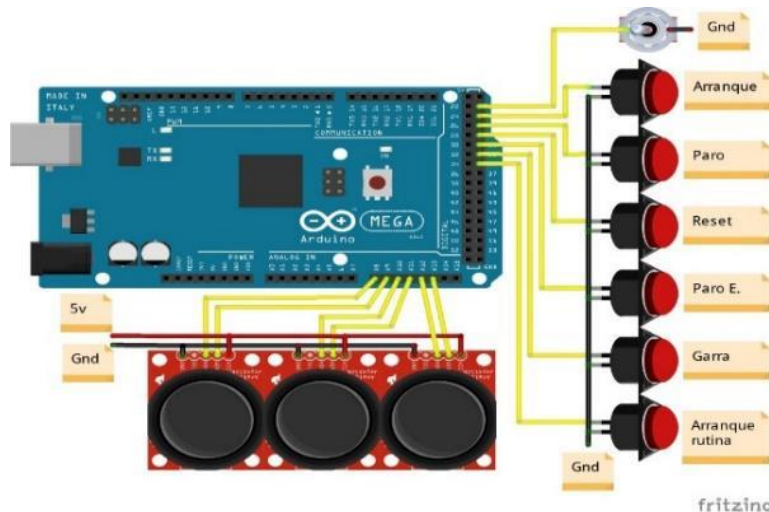


Figura 9. Elementos de entrada.

Manufactura y ensamblado final: La manufactura del brazo robótico consistió en la impresión en 3D de las piezas del robot, el material del que está hecho es de filamento de PLA. Las características principales que configuramos

fueron la altura de capa: 0.2, grosor de pared: 1 a 1.5, recuento de líneas de pared: 1 a 5, relleno: 20 a 45 y patrón de relleno: Trihexagonal.

Resultados: El brazo robótico se seis grados de libertad completamente ensamblado se muestra en la siguiente imagen, figura 10, destacando las partes que lo conforman, las medidas mencionadas en el desarrollo fueron respetadas.

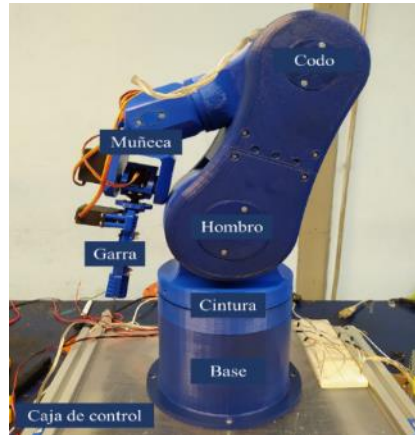


Figura 10. Ensamble final y partes que conforman al brazo robótico.

Tabla 2. Caracterización del brazo robótico.

Característica		Parámetro
Dimensión total		695.25 mm
Capacidad de movimiento	Articulación 1	-160°, 0, 160°
	Articulación 2	0°, 130°
	Articulación 3	-160°, 0, 160°
	Articulación 4	-90°, 0°, 90°
	Articulación 5	-90°, 0°, 90°
	Articulación 6	-90°, 0°, 90°
Velocidad	Articulación 1	4.6874 rev/min
	Articulación 2	3.125 rev/min
	Articulación 3	3.75 rev/min
	Articulación 4	0.2 s/60°
	Articulación 5	0.2 s/60°
	Articulación 6	0.2 s/60°
Alimentación		12 volts
Peso total		5111 g
Capacidad de carga		500 g aprox.

Conclusiones.

Al final se logró satisfactoriamente el objetivo de este proyecto, que es tener una estructura rígida que tiene un movimiento constante y estable, además se pueden realizar movimientos de las articulaciones de forma manual (para demostraciones o mantenimiento) o diseñando tareas específicas a realizar en forma automática y en este caso permite establecer libremente al programador el método de control que desee aplicar, quedando como posible mejora el diseño de un software amigable y específico a él.

La aplicación con 3 GL para el posicionamiento y 3 GL para la orientación de su herramienta (garra) demostró la premisa de que es suficiente para la ubicación de la garra en cualquier punto del espacio de trabajo y con la orientación necesaria

Pudimos determinar que la aplicación del software AutoCAD Mechanical, y SolidWorks permiten el diseño y simulación de los sistemas electromecánicos, eliminando la necesidad de construir para probar, reduciendo de esta manera tiempo, dinero y esfuerzo y permitiéndonos ubicar los sensores de final de carrera para cada articulación que protegen a los motores y a la estructura de movimientos peligrosos o inadecuados

Además, determinamos que podemos darle mayor potencia a nuestro brazo robótico, si cambiamos la tarjeta CNC que controla a los motores de las 3 articulaciones de posición por driver programables e independientes por motor que nos permitirían controlar e incrementar la corriente a cada uno de estos de acuerdo a sus necesidades (trabajo futuro)

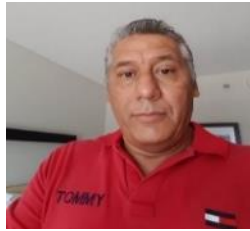
Créditos.

Los autores de la presente investigación agradecen al Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo y el apoyo proporcionado a través de sus alumnos de electrónica en diferentes modalidades de colaboración, como son residencias profesionales y servicios social.

Referencias Bibliográficas.

- Barrientos, A., Peñín, L., Balaguer, C. y Aracil, R. (2007).** *Fundamentos de robótica, 2da edición*. México: Editorial McGraw-Hill.
- Bolton, W. (2017).** *Mecatrónica*. México: Editorial Alfaomega.
- Esneca (2019).** *Qué es el brazo robótico y en qué industrias se emplea*. (05 de abril de 2019). ESNECA.
<https://www.esneca.com/blog/brazo-robotico-industrias/>
- Jaen, E. (2011).** *Cálculo y diseño de engranes helicoidales, Monografía de licenciatura*, Universidad Veracruzana,
https://www.academia.edu/17383436/C%C3%A1lculo_y_dise%C3%B1o_de_engranes_helicoidales
- Miranda, C. (2016).** *Cinemática y dinámica de robots manipuladores*. México: Editorial Alfaomega.
- Porcuna, L. (2016).** *Robótica y domótica básica con Arduino*. México: Editorial Ediciones de la Ura-ma.
- Torres, M. (s.f.).** *Sistemas de polea y correa*. Xunta de Galicia.
https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html

Información de los autores.



Raúl Moreno Rincón, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Certificado en SolidWorks Associate. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y Colabora en la línea de investigación “Robótica” de Ingeniería electrónica y es parte del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes”. Ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, sistema de control de animatronic, entre otros.



Paola Martínez Pérez, Estudiante de Ingeniero en Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, curso la especialidad de mecatrónica industrial, realizó su tesis profesional con el proyecto denominado “Sistema de control y posicionamiento tridimensional basado en un brazo robótico de 6gl (sistema electromecánico)”.



Álvaro Hernández Sol, es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Certificado en SolidWorks Associate. Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundo y asesora el “Club de robótica del ITTG”. Colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “Robótica” y es parte del cuerpo académico “sistemas de control inteligentes”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.



José Ángel Zepeda Hernández, es Ingeniero Industrial en Eléctrica y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez e investigador desde 1999, Imparte cátedra en el área de Ingeniería Electrónica y la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el ITTG, donde imparte las asignaturas de Diseño con Transistores y Electrónica Básica respectivamente. Líder del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes”.



Aldo Esteban Aguilar Castillejos, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ing. Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) en el 2011 y el título de Ingeniero en Electrónica en el mismo Instituto, con especialidad en Instrumentación y Control. Certificado en SolidWorks Associate y SolidWorks Professional Avanzado, con Diplomado en Competencias para la enseñanza de las ciencias, Diplomado en Unreal Engine. Actualmente es parte del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes” del I.T.T.G. y parte del grupo de investigación en la Universidad del Valle de México, con desarrollos de proyectos financiados por CONACyT y empresas privadas. Con campos de interés en: dispositivos opto-mecatrónicos, manufactura, sensores de fibra óptica, instrumentación y control.

Implementación de la metodología UWE en el diseño de un sistema de información web para la administración de expedientes clínicos odontológicos.

Implementation of the UWE methodology in the design of a web-based information system for the administration of dental clinical records.

Jordán Camacho Campuzano* (1).
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Acapulco.
mm19320003@acapulco.tecnm.mx.

Eduardo de la Cruz Gámez (2). Tecnológico Nacional de México/I.T. de Acapulco. eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx.

Rafael Hernández Reyna (3). Tecnológico Nacional de México/I.T. de Acapulco. rafael.hr@acapulco.tecnm.mx.

José Antonio Montero Valverde (4). Tecnológico Nacional de México/IT de Acapulco.
jose.mv@acapulco.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en junio 02, 2022; aceptado en julio 01, 2022.

Resumen.

El desarrollo del presente artículo tiene como finalidad, presentar la aplicación y el desarrollo sistemático de la metodología UWE (Ingeniería Web basada en UML) en la realización de un Sistema de Información basado en Web que tiene como objetivo el registro de los expedientes médicos, así como también reportes médicos que se realizan a diario en el área de Clínica del Centro de Estudios Odontológicos de Guerrero A.C., ubicado en la Ciudad de Acapulco de Juárez, Guerrero. Como primera parte se presenta la introducción, así como también las herramientas utilizadas durante el desarrollo de la metodología UWE, para lograr el diseño del Sistema. Posteriormente, se desarrollan cada una de las etapas propuestas en la metodología para el diseño del Sistema, finalizando con el desarrollo y resultados obtenidos del Sistema de Información Web.

Palabras claves: Metodología UWE, Sistemas Web, UML.

Abstract.

The purpose of this article is to present the application and systematic development of the UWE (UML Web Engineering) methodology in the development of a Web-based information system for the registration of medical records, as well as medical reports that are made daily in the clinic area of the Centro de Estudios Odontológicos de Guerrero A.C., located in the city of Acapulco de Juárez, Guerrero. As a first part, the introduction is presented, as well as the tools used during the development of the UWE methodology, to achieve the design of the System. Subsequently, each of the stages proposed in the methodology for the design of the System are developed, ending with the development and results obtained from the Web Information System.

Keywords: UML, UWE Methodology, Web Systems.

1. Introducción.

El Centro de Estudios Odontológicos de Guerrero A.C. (CEOG) es una universidad privada, perteneciente a la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de Guerrero, la cual se encuentra ubicada en la Ciudad de Acapulco de Juárez, Gro. Dicho Centro Educativo posee un Departamento de Clínica Dental, en el cual, ingresan los Docentes y Alumnos a realizar tratamientos clínicos. En la actualidad, el CEOG cuenta con una planta docente de 12 especialistas y 80 alumnos con acceso al departamento de Clínica Dental, atendiendo diariamente, de 15 a 20 pacientes de diferentes edades y que desean realizarse algún tratamiento dental.

Hasta la fecha, el departamento de Clínica Dental del CEOG realiza de manera manual el proceso de creación del expediente clínico, utilizando copias y demás materiales de papelería. Se puede observar en algunos expedientes que no cuentan con algunos datos, así como una mala caligrafía provocando inconsistencias o problemas para entender los procedimientos realizados. Por lo tanto, el implementar el proyecto del Sistema de Expedientes Clínicos, ayudará a tener en orden, con mejor claridad y evitar la redundancia de documentos, así como también mejorar el proceso de creación de nuevos expedientes, así como también disminuir el tiempo de búsqueda, o la pérdida de los mismo.

Actualmente, existen muchas plataformas para el desarrollo de aplicaciones y sistemas, siendo Internet una de las principales. El desarrollo de Sistemas Web conlleva una serie de decisiones en la tarea de diseño e implementación que pueden influir durante todo el proceso de desarrollo, lo cual puede afectar la división de tareas. Algunos problemas que se pueden encontrar, tal es el diseño de la modelo y el desarrollo de la interfaz de usuario, los cuales tienen diferentes requerimientos, por lo cual deben de trabajarse por separado.

Una metodología para el desarrollo de sistemas web, contiene actividades que se deben de llevar a cabo para lograr un diseño y desarrollo del sistema web más eficiente, esto con la finalidad de obtener varios productos parciales. Es muy importante la planificación de actividades que se realizarán, agrupar todos los criterios de desarrollo, así como también tener puntos de revisión y control.

La metodología define las fases, tareas, objetivos y los productos necesarios para realizar un proceso y seguimiento de manera apropiada. Así como también se debe de asegurar una excelente calidad del desarrollo del sistema, satisfacer todas las necesidades propuestas de los clientes que interactúan con el sistema, generar toda la documentación de forma ordenada asociada al sistema y facilitar su mantenimiento.

2. Metodología.

Metodología UWE (Uml – Based Web Engineering):

La metodología UWE aparece como un Modelo de Ingeniería Web basado en el estándar de la OMG tal como UML (Koch y Kraus, 2002). La presente metodología tiene como principal objetivo, lograr el desarrollo de sistemas web con una descripción completa durante el desarrollo del proceso de diseño. Todo este proceso interactivo, incluye puntos de control y revisión, así como diferentes disciplinas en el desarrollo del trabajo.

UWE trabaja con la separación de niveles durante su desarrollo, contiene elementos especiales en el diseño web, hace uso de los diagramas UML, además de contar con herramientas para lograr su implementación.

Además, en el apartado de calidad, UWE maneja una adecuada interoperabilidad, además tiene la capacidad para ser entendido, aprendido y operado fácilmente, contando con una gran adaptabilidad en el desarrollo de sistemas.

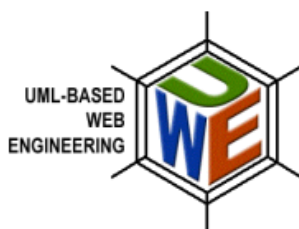


Figura 1. Ingeniería Web Basada en UML.

Procesos UWE:

El autor (Vilariño, 2010) plantea, conforme al modelo UWE, realizar las fases enlistadas a continuación para diseñar un sistema web:

Especificación de requerimientos:

En esta primera etapa, se enlistan y detallan los requisitos funcionales del sistema. Para modelar esta etapa, UWE plantea utilizar el modelo de Casos de Uso de UML, esto con la finalidad de poder recabar los requerimientos, para que a través de estos modelos se pueda demostrar parte del comportamiento del Sistema, así como también, identificar los clientes que interactúan con el sistema.

Modelo de contenido:

En esta tarea, se muestran las clases conceptuales del mundo real. Es la entrada para muchos de los artefactos que se construirán en el proceso de desarrollo. UWE, menciona utilizar los diagramas de clases basados en UML para representar los modelos de dominio.

Modelo de navegación:

Este modelo será el encargado de definir las estructuras de navegación que se le brindará a cada cliente del sistema, así como las funcionalidades a las que tenga acceso, todo esto mediante accesos como lo son enlaces y nodos, permitiendo la comunicación entre los objetos. El diseño del modelo navegacional está compuesto por índices, formularios, menús y vistas guiadas.

Modelo de presentación:

El modelo de presentación está constituido por clases y subclases que contienen la navegación entre dichas clases, así como también la lógica de la interfaz de usuario. UWE une la presentación con los elementos de la interfaz de usuario, todo esto definido por los estereotipos de UML. Algunos de los elementos para el diseño del modelo de presentación son: ventanas, imágenes, botones, audio, texto, etc.

MagicDraw.

MagicDraw es una herramienta CASE (Computer Aided Software Engineering). Ingeniería de Software Asistido por Computadora. Esta herramienta fue desarrollada por la empresa No Magic. Es una herramienta destinada para hacer eficiente la tarea del diseño de software, reduciendo costos en tiempo y dinero.

Esta herramienta está diseñada para modelar en UML(Unified Modeling Lenguaje), siendo compatible con el estándar UML 2.3, así como también generar código fuente.

Cuenta con una interfaz intuitiva, como lo muestra en la figura 1, la mayoría de opciones están en la pantalla principal.

Además, puedes recibir ayuda en el diseño con la opción de autocompletar y también correcciones automáticas en tiempo real.

Para realizar el modelado de las etapas de la metodología UWE, es necesario utilizar el plug-in MagicUWE, el cual está basado en dicha metodología, que fue desarrollado como un complemento para MagicDraw.

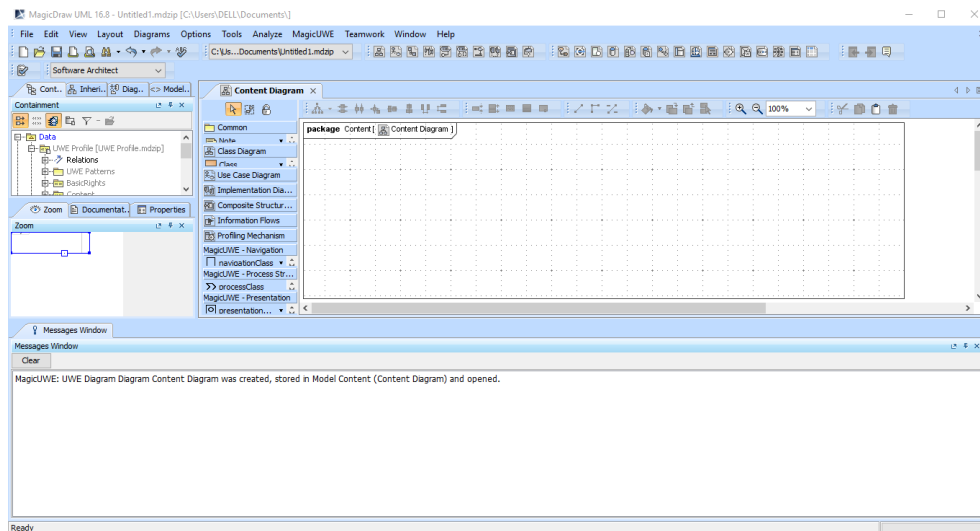


Figura 2. Pantalla Principal de MagicDraw 16.8.

3. Desarrollo.

En este caso de estudio, para realizar el desarrollo de los modelos de cada una de las fases mencionadas con anterioridad, se utilizó el Software MagicDraw UML 16.8, junto con la extensión MagicUWE 1.3.6.

Especificación De Requerimientos.

Esta fase propone enlistar y detallar los requerimientos del sistema web, además se integra el diagrama de casos de uso, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema, así como también, conocer a los usuarios que interactúan dentro del mismo.

El sistema está enfocado para el personal que trabaja en el área de Clínica, entre los que destacan la secretaria de dicha área, los médicos dentistas que ingresen, así como también el administrador del sistema. En UWE, se resaltan en los casos de uso, el estereotipado con *browsing* y con *processing*, esto con la finalidad de poder mostrar si los datos que permanecen en el sistema son modificados o no.

Tabla 1. Estereotipos y sus iconos.

	<i>browsing</i>
	<i>processing</i>
	<i>webUseCase</i>

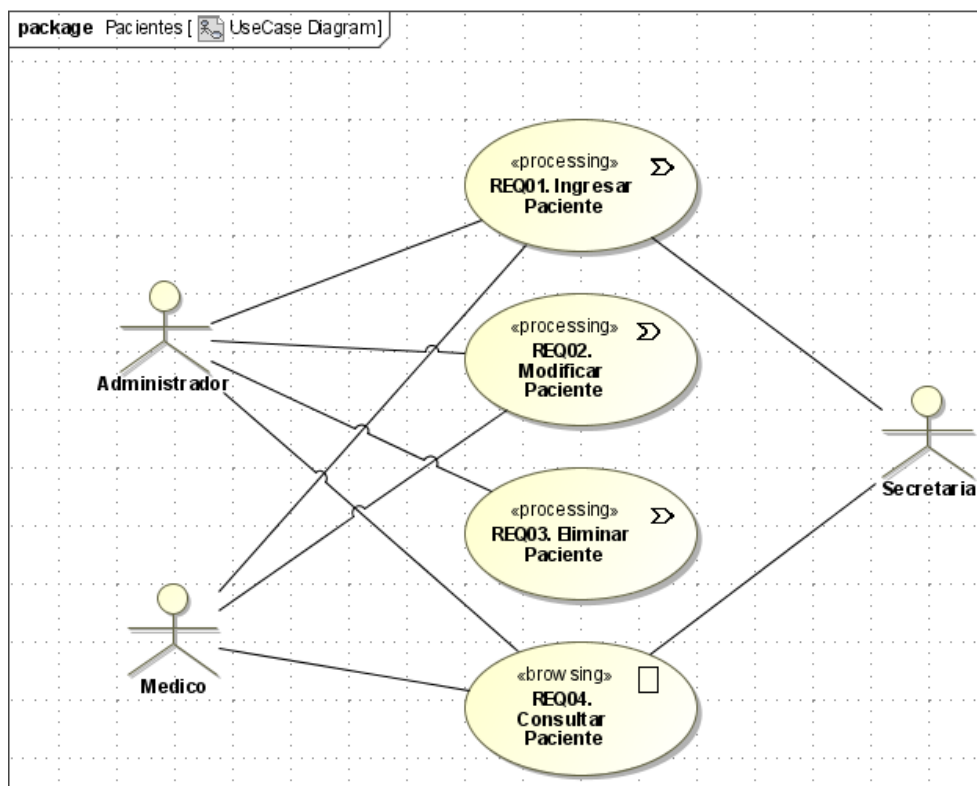


Figura 3. Caso de Uso de Pacientes.

En la figura 3, se muestra cómo interactúan los actores principales con el Sistema, son las actividades que pueden realizar los usuarios, dependiendo de los permisos que tenga. En este caso, la administración de pacientes, el administrador tiene permiso de realizar cualquiera de las cuatro actividades, ya sea ingresar un paciente, modificar datos del paciente, eliminar el paciente o solo consultar los datos. El Médico solo podrá realizar el ingreso, modificación o consulta de la información del paciente seleccionado. Y finalmente, la secretaria solo podrá consultar la información con la que cuente el paciente, sin tener acceso a las demás actividades.

En la administración de las historias clínicas, tal y como se observa en la figura 4, el Administrador del Sistema tendrá el libre acceso a las cuatro actividades principales, las cuales son: Ingresar una nueva historia clínica, modificar, eliminar o consultar la información de la historia clínica. El médico, no cuenta con el permiso de Eliminar la historia clínica, pero podrá realizar el ingreso, modificación y consulta de la información. La secretaria, solo podrá realizar la consulta de la información.

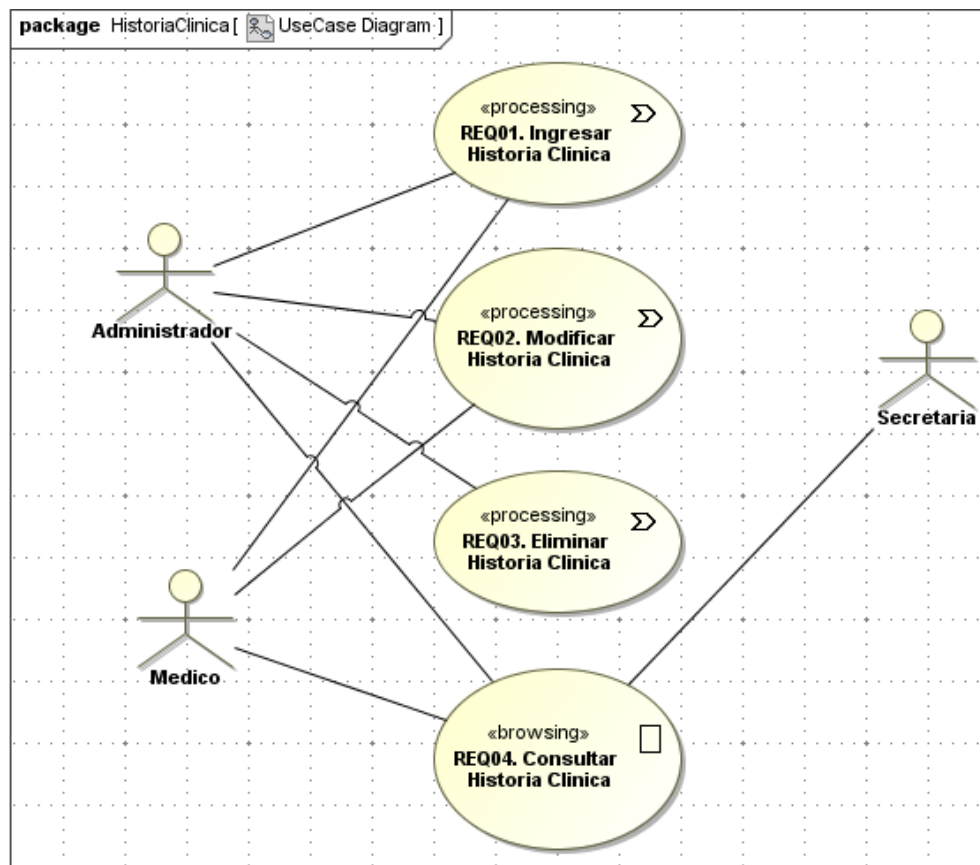


Figura 4. Caso de Uso de Historia Clínica.

Modelo de contenido.

Después de realizar la identificación de los requisitos, se continua con el desarrollo de la fase del modelo de contenido, el cual se puede identificar con la creación del diagrama de clases de UML sin necesidad de describir notaciones o elementos adicionales o específicos tal y como se realizó en la fase anterior.

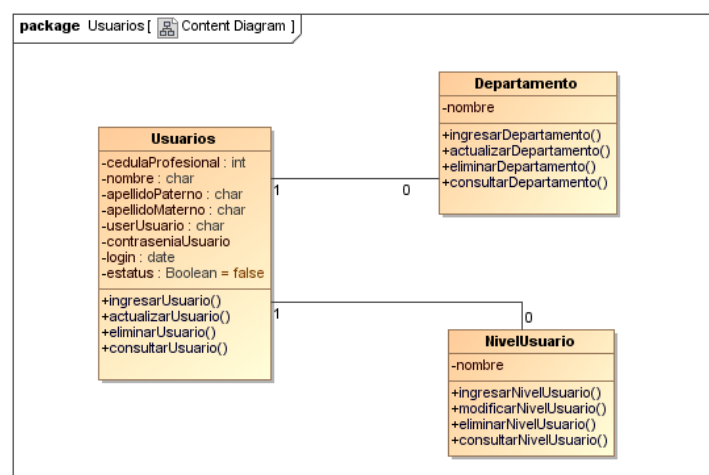


Figura 5. Diagrama de Clases de los Usuarios del Sistema.

Como se puede observar en la figura 5, se encuentran las clases que nos permiten identificar a los usuarios que tendrán acceso al sistema. Encontramos la clase Usuarios, en el cual se agregarán todos los datos necesarios para identificar un usuario. En la clase Departamento, se agregan los departamentos que existen en la Universidad, para identificar al usuario a que departamento pertenece. Y, por último, la clase NivelUsuario, en el cual se podrán dar de alta las categorías en la cual se administrarán los privilegios y/o permisos a diferentes acciones del Sistema.

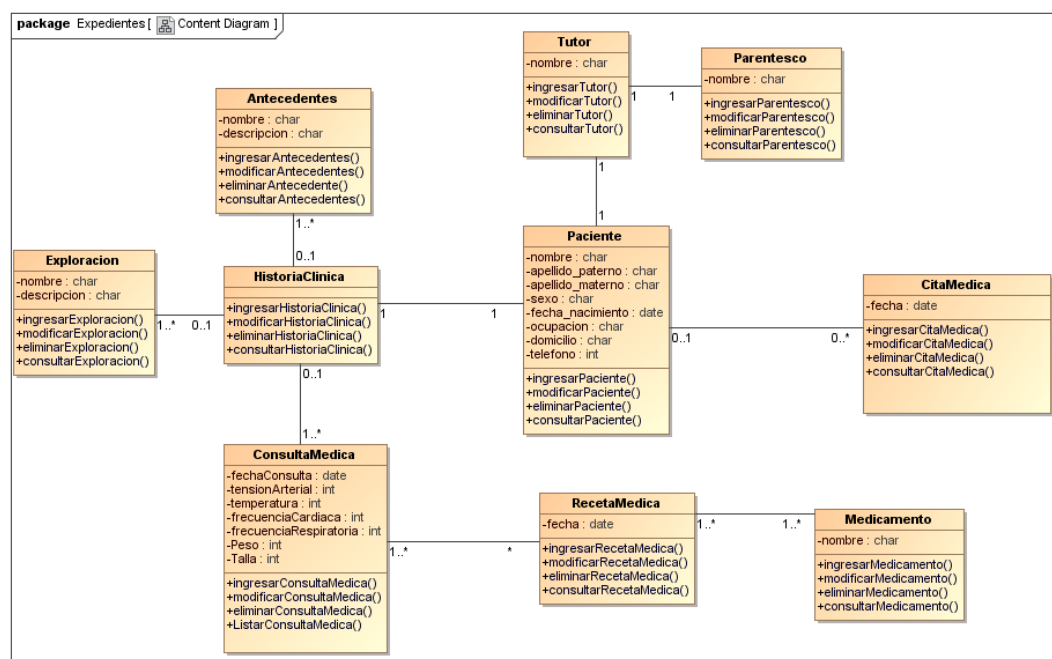


Figura 6. Diagrama de Clases de los Pacientes.

Modelo De Navegación.

Cuando se construye un Sistema Web, es de mucha utilidad el saber cómo se enlazan las páginas con las que cuenta, por lo tanto, se necesita modelar un diagrama en el que se pueda representar los enlaces y nodos. Los nodos están conectados a través de los enlaces.

Durante el desarrollo de la etapa de navegación, se emplea el diagrama de navegación de UML, dicho diagrama permite mostrar la forma en como el usuario explora el Sistema web, además de mostrar los links de direccionamiento, menús y los procesos que se realizan durante la navegación dentro del Sistema desarrollado.

Tabla 2. Estereotipos y su representación.

	<i>navigationclass</i>		<i>menu</i>
	<i>index</i>		<i>query</i>
	<i>guidedTour</i>		<i>processClass</i>
	<i>externalNode</i>		

En la figura 7, se encuentra la navegación del usuario administrador en el sistema web. Lo primero que se encontrará será la opción de Iniciar Sesión para poder acceder a todas las funcionalidades del sistema. Posteriormente al Iniciar Sesión, se encontrará con el menú principal, el cual mostrará las diferentes opciones con las que cuenta el sistema.

Las opciones o submenús con los que cuenta el sistema son: Usuarios, Pacientes, Historia Clínica, Citas y Consultas.

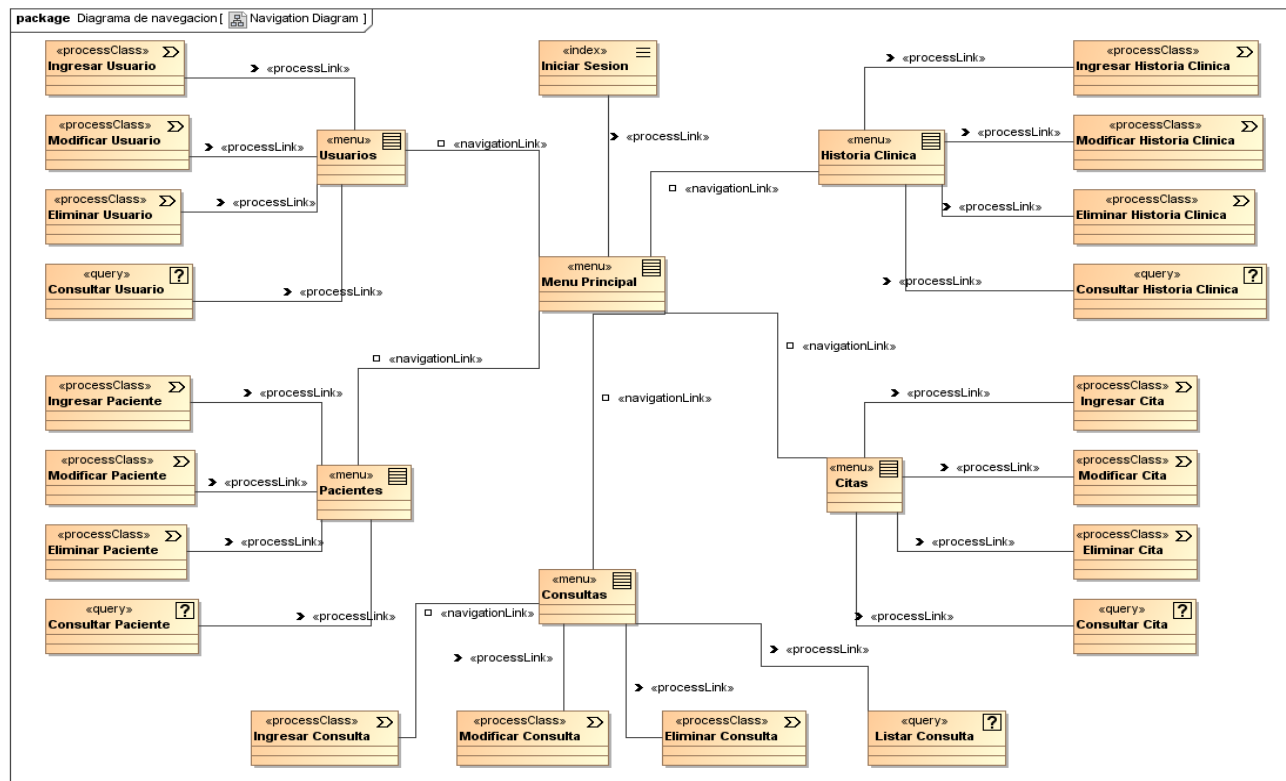


Figura 7. Diagrama de Navegación del Administrador del Sistema.

Modelo De Presentación.

Durante el modelado de esta fase, se crea una visión abstracta de lo que contendrá la interfaz de usuario del sistema web. El proceso para desarrollar esta interfaz, será mediante el uso del diagrama de presentación, en el cual se integrará la interfaz de usuario principal del sistema web construido. En el desarrollo de dicho diagrama, se utilizarán los estereotipos mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Estereotipos y su representación.

	<i>presentationGroup</i>		<i>presentationPage</i>
	<i>Text</i>		<i>textInput</i>
	<i>Anchor</i>		<i>fileUpload</i>
	<i>Button</i>		<i>Image</i>
	<i>inputForm</i>		<i>customComponent</i>
	<i>presentationAlternatives</i>		<i>selection</i>

En la figura 8, se desarrolla la interfaz de usuario de la pantalla inicial de sistema web. En dicha interfaz se muestra el siguiente contenido: Un logotipo de tipo imagen, junto a él un encabezado de tipo texto. Posteriormente, se representa lo que es el formulario para iniciar sesión en el sistema, cuenta con una entrada de texto en el cual se inserta el usuario, continuando con la contraseña. Para ingresar, se selecciona el botón de ingresar. Así como también cuenta con un pie de página del tipo texto fijo.

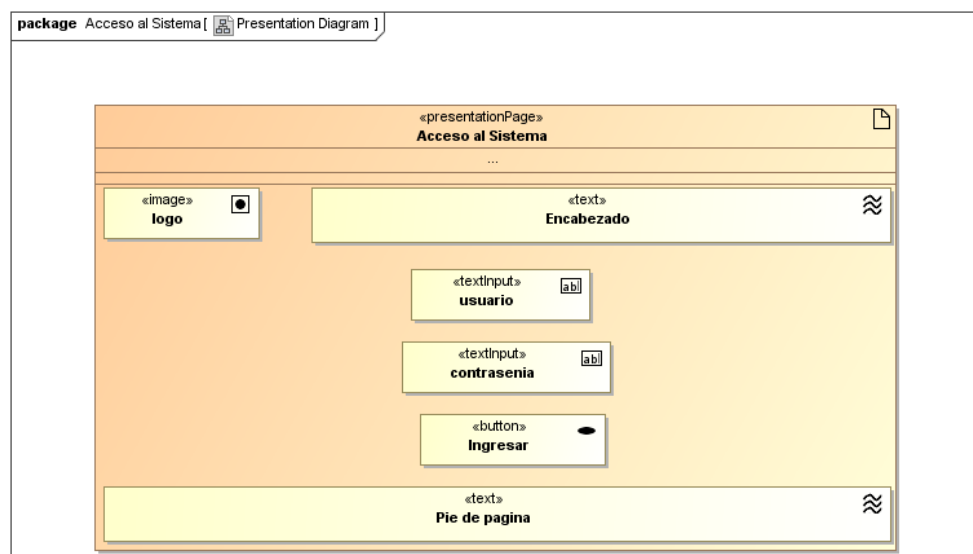


Figura 8. Presentación del Acceso al Sistema.

Posteriormente al inicio de sesión, se despliega el menú principal del sistema web, tal y como se muestra en la figura 9. Incluye el encabezado, el logotipo y el pie de página que se mostraba en la página de Acceso al Sistema. Además, se muestran las opciones de Administración, el cual tiene las diferentes opciones para gestionar a los usuarios que interactúan en el Sistema, también la gestión de los departamentos y finalmente los permisos y/o niveles de los Usuarios registrados en el Sistema. Así como también la opción de Expedientes Clínicos, con la finalidad de gestionar la creación y administración de los mismos y continuando con la administración de las citas médicas, la cual gestiona la creación y administración de las mismas.

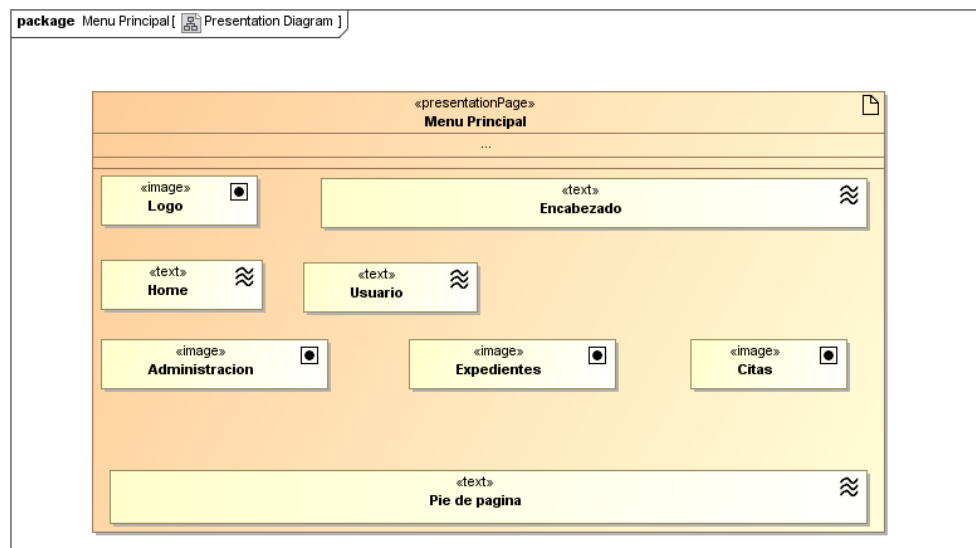


Figura 9. Presentación del Menú Principal.

Resultados.

A continuación, se puede observar el desarrollo del sistema web, utilizando los modelos de presentación que se describen en la última fase de la metodología UWE.

Al ingresar por primera vez al sistema, tal y como aparece en la figura 10, lo que se muestra es la presentación de la página Iniciar Sesión o Ingresar, en el cual se solicitan los datos del Usuario y la contraseña que previamente se dieron de alta en el Sistema. Consta de 2 textbox, además de un botón de Ingresar. Cuenta con un logotipo, y el encabezado en el que incluye el nombre del Sistema.

Figura 10. Iniciar sesión en el Sistema.

En la pantalla del Menú Principal, aparecen 4 opciones a elegir como se muestra en la figura 10. Entre la que podemos encontrar Administración, Expedientes, Citas y Formatos clínicos. Se conforma por cuatro imágenes para cada opción específica.

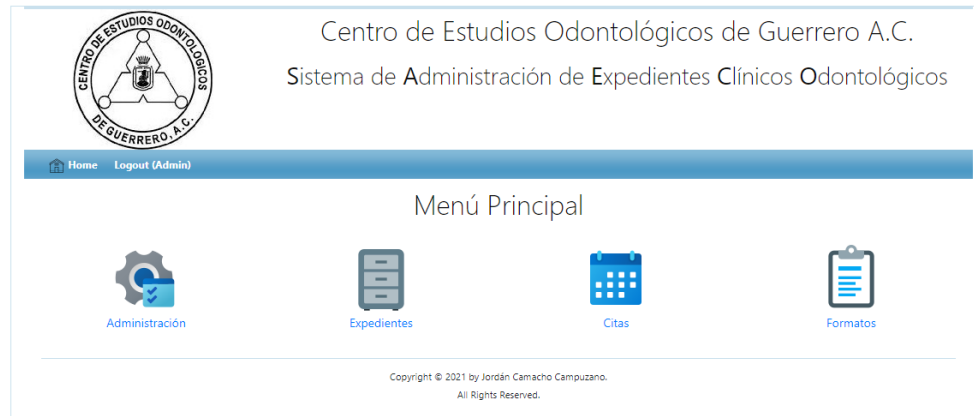


Figura 11. Menú Principal del Sistema.

En la página de administración de pacientes, se puede observar el listado de pacientes que están dados de alta en el sistema, como se muestra en la figura 12. Se enlistan algunos datos personales, también del lado derecho, muestra algunos iconos con las opciones de mostrar todos los datos, modificar y eliminar al paciente. También, del lado izquierdo, está la opción de crear un nuevo expediente.

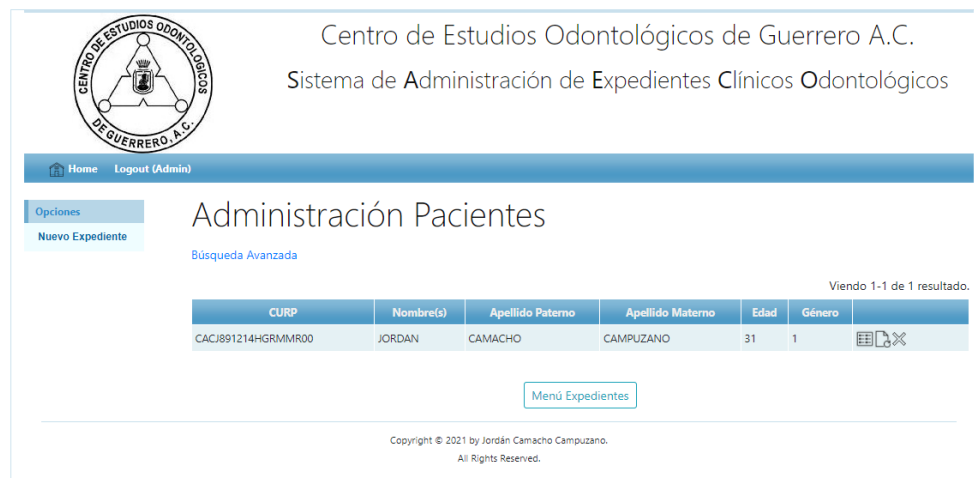
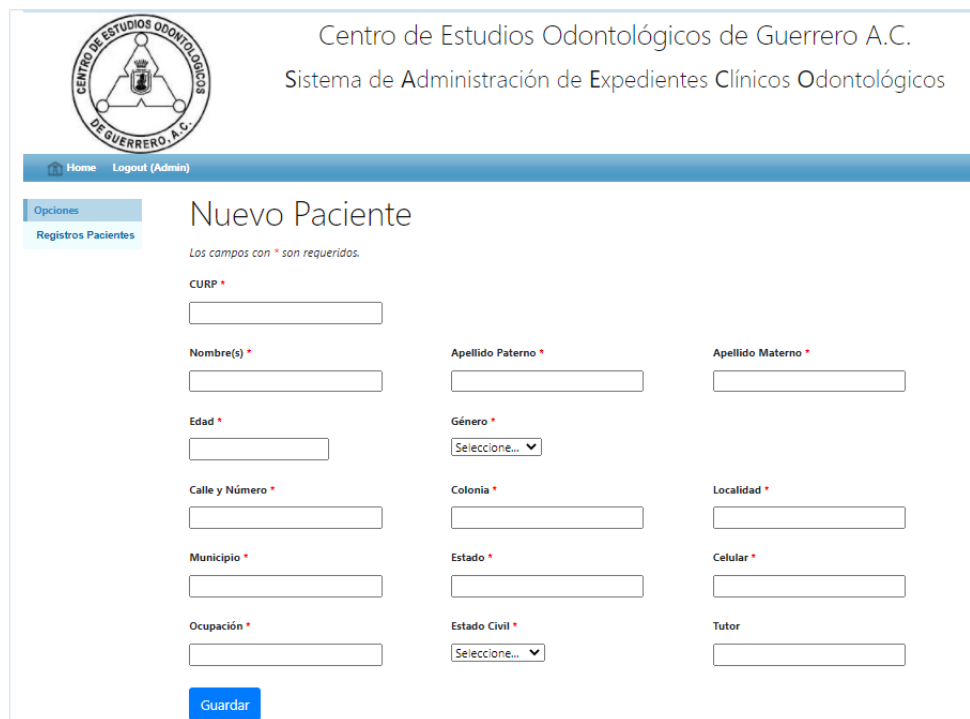


Figura 12. Listado de Pacientes.



Centro de Estudios Odontológicos de Guerrero A.C.
Sistema de Administración de Expedientes Clínicos Odontológicos

Home Logout (Admin)

Opciones
Registros Pacientes

Nuevo Paciente

Los campos con * son requeridos.

CURP *

Nombre(s) *

Apellido Paterno *

Apellido Materno *

Edad *

Género *

Calle y Número *

Colonia *

Localidad *

Municipio *

Estado *

Celular *

Ocupación *

Estado Civil *

Tutor

Guardar

Figura 13. Nuevo Paciente.

Conclusiones.

En el presente artículo, se lleva a cabo la implementación de la metodología UWE durante el diseño y desarrollo del sistema de información web para la administración de expedientes clínicos. El presente Sistema de Expedientes Clínicos contribuirá a mejorar la calidad del manejo de los expedientes, tanto al crear un nuevo expediente para el paciente de primera vez, así como también llevar un mejor control de las notas de evolución de los pacientes subsecuentes, además, de evitar los gastos de papelería. Así como también, se evitará la pérdida de información en los expedientes o en su caso, la redundancia de los mismos.

Durante el desarrollo de la metodología, se mencionan los diagramas de casos de uso, el diagrama de navegación, diagrama de clases y la presentación de la interfaz gráfica, todo esto con la finalidad de conocer previamente el comportamiento y el manejo del sistema.

Al utilizar la metodología UWE, se pueden crear sistemas o aplicaciones web con una estructura muy ordenada y aplicaciones robustas. Así como también, ofrece una excelente portabilidad, lo que se traduce a que el sistema puede ser desarrollado en alguna plataforma en específico o realizarlo en otra.

Para finalizar, el Sistema web fue desarrollado bajo el framework Yii, utilizando la herramienta Bootstrap para simplificar el diseño final.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al programa de Becas Nacionales del Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el soporte económico otorgado durante el desarrollo del posgrado de la Maestría en Sistemas

Computacionales, así como también se agradecen las atenciones otorgadas por el Centro de Estudios Odontológicos de Guerrero A.C. para el desarrollo del presente proyecto.

Referencias bibliográficas.

- KOCH, N., & KRAUS, A. (2002).** The Expressive Power of UML-based Web Engineering. Workshop on Weboriented Software Technology. 2002.
- Moreno, J. C., & Marciszack. (2014).** La Usabilidad web en el Desarrollo de Software dirigido por modelos. Cordoba. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10915/41611>.
- Narváez, A., Baldeón, P., Hinojosa, C., & Martínez, D. (2012).** Experiencia de desarrollo de una aplicación Web utilizando la metodología UWE y el lenguaje QVT en la transformación de modelos. vol. I, (1), 1-10.
- Silva, L. (2012).** Sistema web de Solicitud de Servicios para la empresa Core Business Consulting. Universidad Nacional Abierta, Caracas. Obtenido de <http://biblo.una.edu.ve/docu.7/bases/marc/texto/t38841.pdf>.
- UWE. (2020).** UML-Based Web Engineering. Obtenido de <http://uwe.pst.ifi.lmu.de/index.html>.
- Vera, M. (2015).** Desarrollo dirigido por modelos basado en componentes de interfaz de usuario. Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10915/48475>
- Vilariño, J. (2010).** Modelo para la seleccion de la metodologia de desarrollo web de una aplicacion segun sus características funcionales. Universidad Catolica Andrés Bello. Obtenido de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS2255.pdf>.

Información de los autores.



Jordán Camacho Campuzano. Ingeniero en Sistemas Computacionales, por el Tecnológico Nacional de México / I.T. de Acapulco. Actualmente en proceso de titulación de la Maestría en Sistemas Computacionales en un programa PNPC, en el Tecnológico Nacional de México / I.T. de Acapulco.



Eduardo de la Cruz Gámez. Doctor en Ciencias de la Computación por la Universidad Central Marta Abreu de las Villas, de la República de Cuba. Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico Nacional de México/I.T. de Acapulco. Realizó una estancia de investigación (2007) en la Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Republica de Cuba. Ha publicado en diversas

revistas científicas y tecnológicas Nacionales e Internacionales, así como en la IEEE. Actualmente es profesor en la Maestría en Sistemas Computacionales con reconocimiento Conacyt-PNPC del Tecnológico Nacional de México/I.T. de Acapulco.



Rafael Hernández Reyna. Maestro en Tecnologías de la Información por el Tecnológico Nacional de México/I.T. de Zacatepec. Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones por el Instituto Politécnico Nacional. Actualmente es Profesor Titular adscrito al Departamento de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México/I.T. de Acapulco.



José Antonio Montero Valverde. Doctor en Ciencias Computacionales, por el Tecnológico de Monterrey (2007), Maestro en Ciencias, IPN (1987), Ingeniero Electromecánico, I.T. de Acapulco (1983). Estancia Posdoctoral en el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Puebla, (2010). Actualmente es Profesor Titular adscrito al Departamento de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México/ I.T. de Acapulco. Ha dirigido 7 proyectos financiados y participado en 8. Autor de 15 publicaciones técnico-científicas. Ha dirigido y titulado más de 40 tesis a nivel licenciatura, 1 a nivel doctorado y 3 a nivel maestría.

Modelo de enseñanza para la materia de programación orientada a objetos basado en rutas de aprendizaje y objetos de aprendizaje.

Learning model for object-oriented programming topic based on learning paths and learning objects.

Amalia Elvira Jiménez López (1).

Estudiante Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

L17271328@tuxtla.tecnm.mx.

María Elena Jiménez Velasco (2). Estudiante Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez.

L17271329@tuxtla.tecnm.mx.

Héctor Guerra Crespo* (3), Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez, hector.gc@tuxtla.tecnm.mx.

Jorge Octavio Guzmán Sánchez (4), Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez,

jorge.gs1@tuxtla.tecnm.mx.

Galdino Belizario Nango Solís (5), Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez,

galdino.ns@tuxtla.tecnm.mx.

Joel Gómez Pérez (6), Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez, joel.gp@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en octubre 28, 2022; aceptado en noviembre 30, 2022.

Resumen.

Este artículo presenta un modelo de enseñanza de basado en objetos de aprendizaje principalmente basado en videos de producción audiovisual robusta para la materia de programación orientada a objetos. El modelo, en esta etapa, considera dos rutas de aprendizaje, una basada en conocimientos previos de programación y otra considera que el estudiante no tiene conocimientos en programación, estas rutas le dan versatilidad al modelo para adaptarse a diferentes planes de estudios formales a nivel universitario. La implementación del modelo es a través de un gestor de contenido educativo como Moodle y considera material didáctico en formato de apuntes, programas de ejemplo, presentaciones y videografía que permiten utilizar medios de educación a distancia y en línea.

Palabras claves: Modelos educativos, objetos de aprendizaje, orientado a objetos, programación.

Abstract.

This paper presents a learning model based on learning objects mainly based on videos of robust audiovisual production for object-oriented programming topic. The model, at this stage, considers two learning paths, one based on prior programming knowledge and other considers that the student has no programming knowledge. These paths give the model versatility to adapt to different formal study plans at the university level. The implementation of the

model is through an educational content manager Moodle and considers didactic material in the format of notes, example programs, slideshows and video that allow distance and online education.

Keywords: Educational models, learning objects, object-oriented, programming.

1. Introducción.

El aprendizaje no es lineal es una red compleja de puntos (nodos de conocimiento) que integrándolos generan conocimiento sólido.

La enseñanza de la materia programación orientada a objetos es un ejemplo claro de que el aprendizaje no es lineal, es una materia abstracta y es recomendable tener conocimiento previo en otras asignaturas de programación como lógica de programación, programación estructurada, estructura de datos, entre otros, sin embargo, también tiene el potencial de poder impartirse en un primer curso de programación.

Para que el tema de programación orientada a objetos pueda impartirse desde el principio de la formación de un programador será necesario enfocar los temas de las materias de conocimiento previo directo al contexto de esta filosofía de programación.

El programa de estudios típico de las áreas de programación es.

Algoritmos.

- Tipos de datos, lógica numérica (float, int).
- Operadores.
- Expresiones.
- Entrada/salida.
- Decisiones.
- Ciclos.

Programación estructurada.

- Operadores y expresiones.
- Entrada/Salida.
- Decisiones.
- Ciclos.
- Funciones.
- Arreglos.

Estructura de datos.

- Introducción.
- Arreglos.
- Búsquedas.
- Ordenamiento.
- Recursividad.
- Pilas y colas.
- Listas.
- Árboles.

Programación orientada a objetos.

- Sobrecarga de funciones.
- Sobrecarga de operadores.
- Clases.

- Constructores.
- Destructores.
- Funciones amigas.
- Herencia.
- Composición de datos.
- Funciones virtuales.
- Plantillas.

Bajo este esquema programación orientada a objetos debe impartirse después de algoritmos y programación estructurada y de manera paralela a estructura de datos, este formato es el más común en los planes de estudios de carreras relacionadas con el tema.

2. Métodos.

Programas de estudios.

La forma tradicional de impartir conocimiento inclusive una carrera es a través de un plan de estudios, el cual se define como “Conjunto estructurado de asignaturas, prácticas y actividades de la enseñanza y el aprendizaje. El plan de estudios debe contener los propósitos de formación general, los contenidos fundamentales de estudio y los criterios y procedimientos de evaluación y acreditación” (INEGI 2011, p. 7) y el detalle de cada asignatura o curso queda plasmado en un programa de estudios el cual se define como “La descripción sintetizada de los contenidos de las asignaturas o unidades de aprendizaje, ordenadas por secuencias o por áreas relacionadas con los recursos didácticos y bibliográficos indispensables, con los cuales se regulará el proceso de enseñanza-aprendizaje” (INEGI 2011, p. 7).

Los programas de estudio actuales para la impartición de programación orientada a objetos están consolidados dentro de un plan de estudios global, consideran que esta asignatura se encuentra dentro del área de programación de propósito general junto con las materias algoritmos, programación estructurada, programación avanzada, estructura de datos, entre otros, por lo tanto, para el desarrollo del programa de estudios de programación orientada a objetos hay que considerar todas las asignaturas mencionadas. La propuesta de este proyecto es aislar la programación orientada a objetos en un sólo programa de estudio que permita la flexibilidad de importación en cualquier momento del plan de estudios y con flexibilidad en el tiempo para impartirse.

Objetos de aprendizaje.

La propuesta de este proyecto en cuanto al desarrollo del material didáctico es a través de objetos de aprendizaje definido como “objeto de aprendizaje es cualquier entidad -digital o no- que puede ser usada para aprender, enseñar o capacitar (training)” (Willey, 2000). Otras definiciones incorporan “soportado por tecnología” (Willey, 2000) y evaluación (L’Allier, 1998).

De acuerdo a (South y Monson, 2000) de acuerdo al estándar (IEEE Std 1484.12.1, 2002) los atributos de Objetos Aprendizaje son.

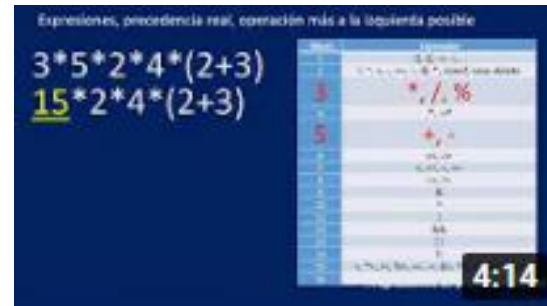
- Durabilidad.
- Interoperabilidad.
- Accesibilidad.
- Reusabilidad
- Extensibilidad.
- Asequibilidad.
- Manejabilidad.

Los recursos considerados para el desarrollo de los objetos de aprendizaje son.

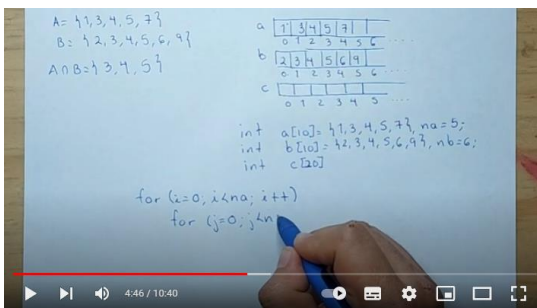
- Pizarrón blanco.
- Presentación estática.
- Grabación de pantalla.
- Cuaderno, mano alzada.
- Elementos de edición.



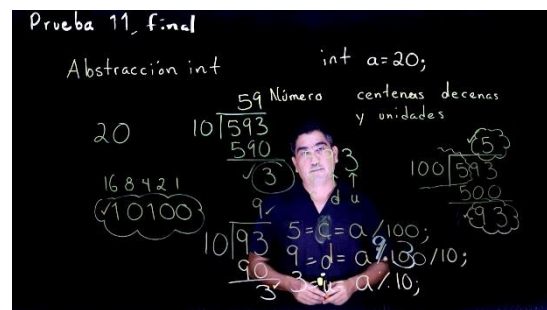
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1. Recursos de aprendizaje (a) pizarrón, (b) presentación y grabación de pantalla, (c) cuaderno-mano alzada, (d) elementos edición pizarrón de cristal.

3. Desarrollo.

El modelo de enseñanza de la materia de programación orientada a objeto propuesta está preparado para impartirla desde cero, sin antecedentes de programación o una vez llevada la materia de programación estructurada considerando que dentro de los temas se tengan contemplado funciones y ciclos al menos. En la figura 2 se presenta el modelo.

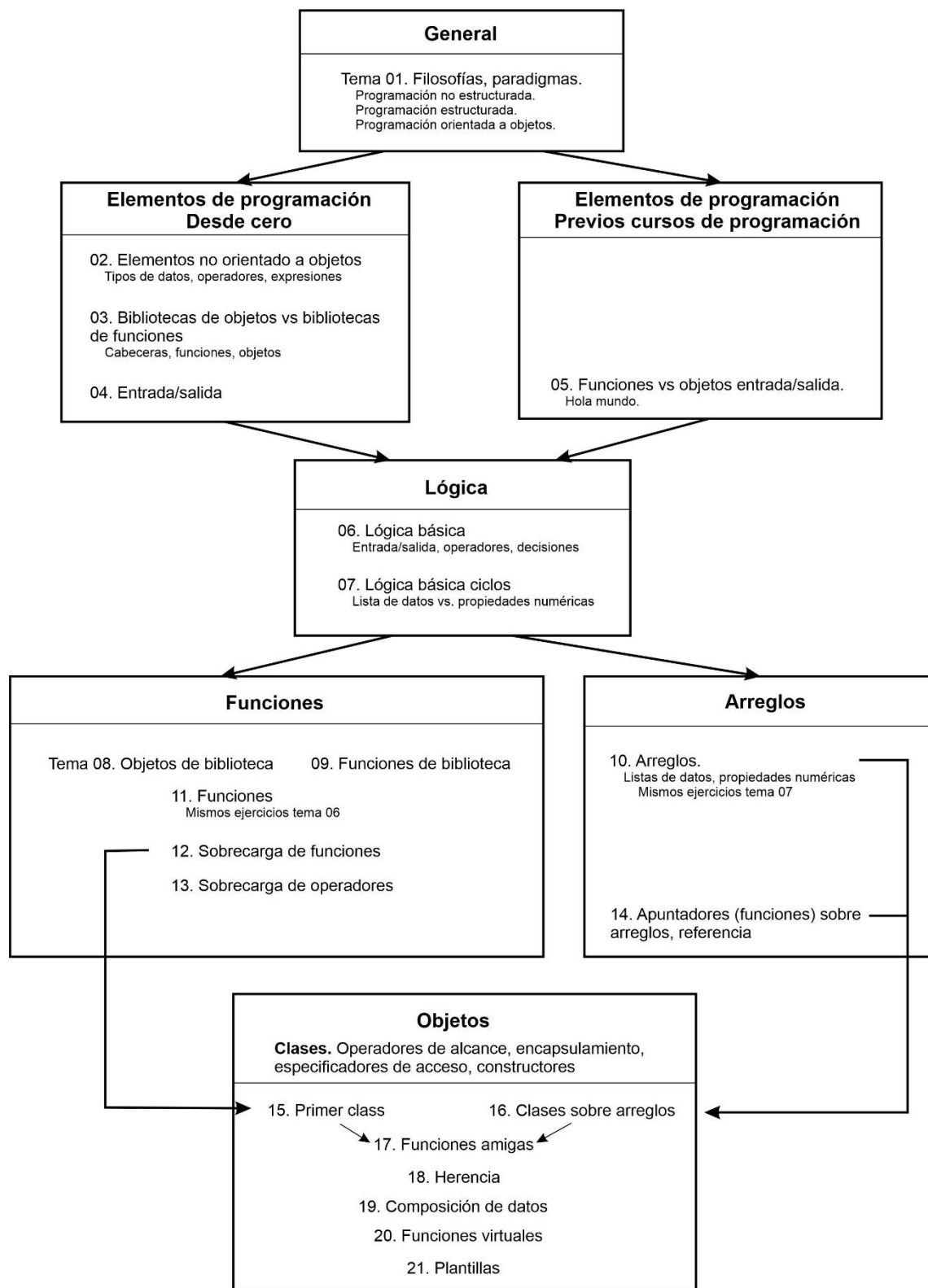


Figura 2. Modelo de enseñanza de programación orientada a objetos.

El modelo consta de 21 temas que descritos linealmente son.

- Tema 01. Filosofías, paradigmas.
- Tema 02. Elementos no orientados a objetos.
- Tema 03. Bibliotecas de objetos vs. bibliotecas de funciones.
- Tema 04. Entrada/salida.
- Tema 05. Funciones vs. Objetos (entrada/salida).
- Tema 06. Lógica básica, decisiones.
- Tema 07. Lógica básica, ciclos.
- Tema 08. Objetos de biblioteca.
- Tema 09. Funciones de biblioteca.
- Tema 10. Arreglos.
- Tema 11. Funciones.
- Tema 12. Sobrecarga de funciones.
- Tema 13. Sobrecarga de operadores.
- Tema 14. Apuntadores.
- Tema 15. Primer class.
- Tema 16. Clases sobre arreglos.
- Tema 17. Funciones amigas.
- Tema 18. Herencia.
- Tema 19. Composición de datos.
- Tema 20. Funciones virtuales.
- Tema 21. Plantillas.

Se utiliza el término temas para no dirigirlo formalmente a un tipo de plan de estudio en particular y pueda adaptarse a objetivos, unidades o competencias.

Consta de 7 secciones.

1. General.
2. Elementos de programación, desde cero.
3. Elementos de programación, previos cursos de programación.
4. Lógica.
5. Funciones.
6. Arreglos.
7. Objetos.

El modelo tiene dos rutas de aprendizaje, una ruta considera empezar sin conocimientos previos podría decirse que para primer semestre y la otra considera que el estudiante tiene lógica de programación sabe programar con funciones y arreglos, en esta ruta podría impartirse el modelo desde tercer semestre.

El tiempo para impartir los temas a detalle por lo pronto no están definidos en el modelo, pero ambas rutas consideran el mismo tiempo para impartirse, en el mismo semestre en un rango de 60 a 90 horas, con la observación que la ruta sin conocimientos previos no contempla el tema de arreglos, por lo tanto, el material didáctico en la parte de programación orientada a objetos en esa ruta debe considerarlo.

Implementación.

La implementación del modelo hasta el momento es en la plataforma Moodle la cual permite la gestión de contenido educativo y el manejo de la ruta de aprendizaje es a discreción por parte del docente y el estudiante, existe potencial para desarrollar una aplicación que automatice el proceso y debe ser considerada como un siguiente paso en el desarrollo del modelo.



Figura 3. Plataforma Moodle I.T.T.G. Curso programación orientada a objetos, organización de pestañas.

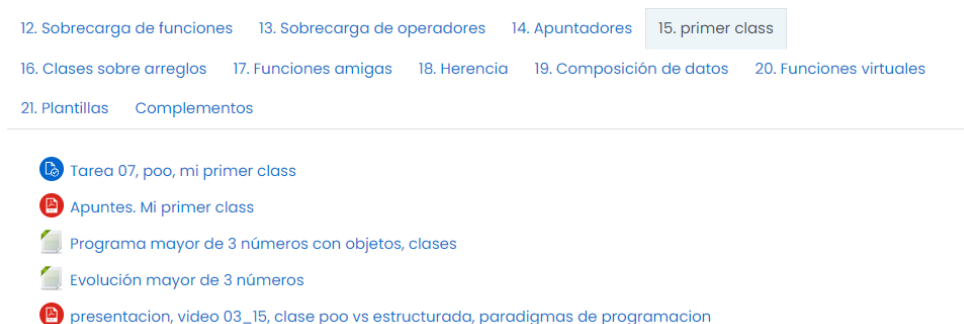


Figura 4. Estructura del contenido por pestaña, tarea, apuntes, programas y presentaciones. Pestaña 15. Primer class.

En cada pestaña el documento eje es la tarea la cual define el flujo de aprendizaje empezando por la definición del problema a resolver como lo ilustra la figura 5.

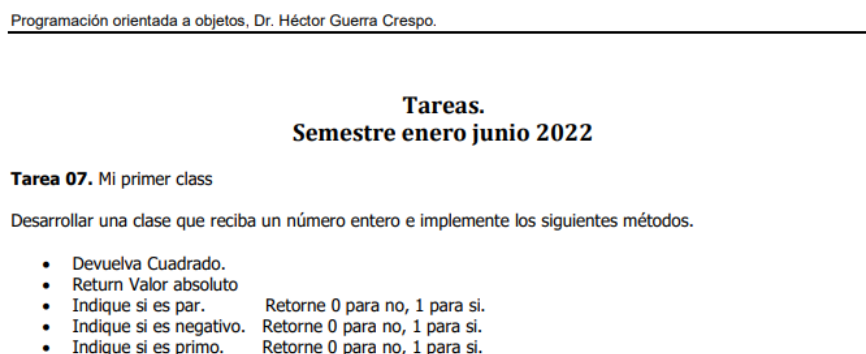


Figura 5. Documento de la tarea, definición de la tarea.

Continúa con la definición de la fecha de entrega, el formato de entrega y las actividades a realizar como lo ilustra la figura 6. Posteriormente se define la videografía (objetos de aprendizaje, videos) necesaria para desarrollar la actividad, gracias a los elementos didácticos y objetos de aprendizaje el modelo puede implementarse en modalidad a distancia y en línea.

Fecha de entrega: **viernes 01 de abril.**

Entrega.

- Documento pdf con los códigos fuente y las salidas.

Para realizar la tarea realizar las siguientes actividades.

Consultar el video 03_14 del capítulo 3 en la plataforma <https://tecnodidactica.com>

Leer los archivos.

- Apuntes clases (class) poo
- Evolución mayor de 3 números
- Programa mayor de 3 números con objetos, clases
- Presentación video 03_15, clase poo vs estructurada, paradigmas de programación

Ver los videos de youtube

<https://youtu.be/AaSYJU4qYgs>

<https://youtu.be/w03qB0cYbzY>

https://youtu.be/vXMy9IgU_dw

<https://youtu.be/cHGhRgFl5sw>

<https://youtu.be/XekcZxt17to>

<https://youtu.be/uD4GIgUgcgs>

clase 01a, evolución struct a class, conceptos básicos

clase 01b, evolución struct a class, conceptos básicos

clase 01c, evolución struct a class, conceptos básicos

clase 01d, evolución struct a class, conceptos básicos

clase 01e, evolución struct a class, conceptos básicos

clase 01f, evolución struct a class, conceptos básicos

Figura 6. Documento de la tarea, fechas de entrega actividades y videografía correspondiente.

Desarrollo del material didáctico.

El desarrollo del material didáctico está basado en objetos de aprendizaje audiovisuales de alto nivel de edición, cada tema se desarrolla textualmente de manera tradicional, pero se definen videos para complementar o facilitar el aprendizaje, la figura 7, 8 y 9 ilustran este aspecto.

Entonces existen `printf` y `scanf` como funciones de entrada y salida y `cout` y `cin` como objetos de entrada y salida, como usuario final el resultado es el mismo.

C# y Python son lenguajes que trabajan exclusivamente objetos, inclusive Python va más lejos ya que inclusive los tipos de datos son objetos lo cual le da un manejo muy versátil a todo el lenguaje.

Detallando más, la programación orientada a objetos no sustituye a la programación estructurada como sí la programación estructurada sustituyó la no estructurada, el código "núcleo" en la solución de un problema sigue siendo programación estructurada, la programación orientada a objetos es a nivel administración de toda la solución, lo que hace complicado entender sus diferencias.

En el siguiente video se explica la diferencia entre las diferentes filosofías de programación.



03_14. Paradigmas de programación, C++ Builder, Turbo C++.

Figura 7. Desarrollo del material didáctico textual y videos relacionados, Tema 01. Filosofías, paradigmas y Tema 03. Biblioteca de objetos vs. biblioteca de funciones.

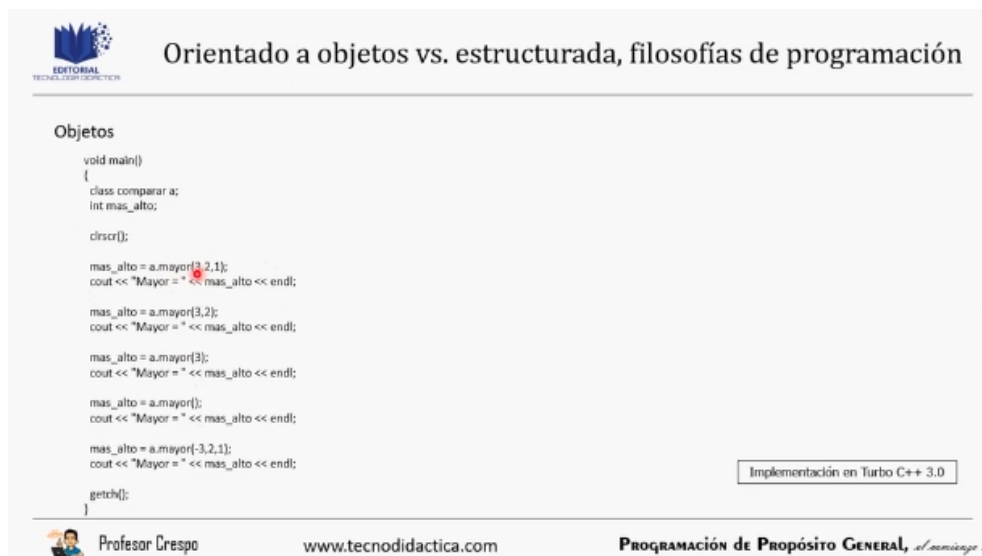


Figura 8. Video Tema 01. Filosofías, paradigmas. Objeto de aprendizaje, presentación estática y captura de pantalla, edición de múltiples videos.

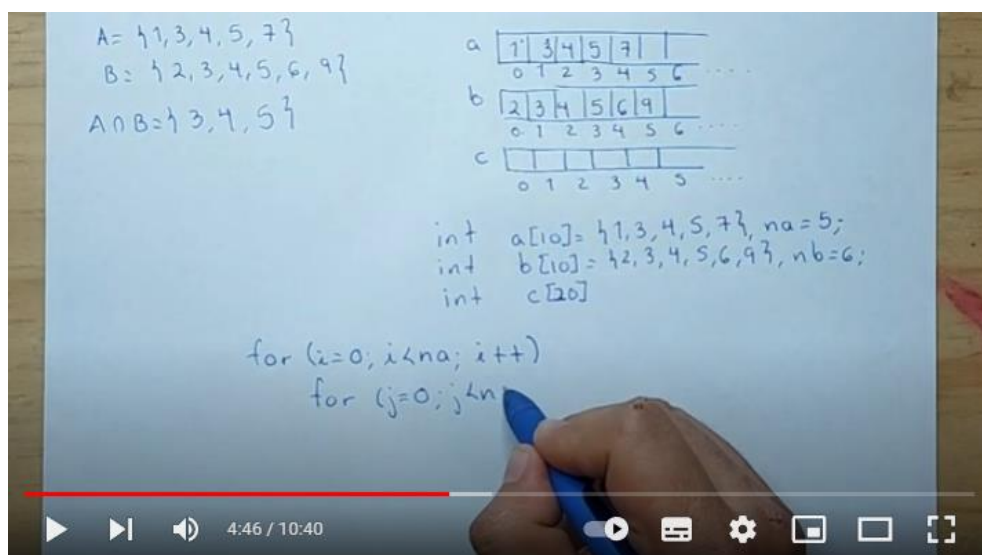


Figura 9. Video Tema 10. Arreglos. Objeto de aprendizaje, cuaderno – mano alzada.

Conclusiones.

La pandemia covid exigió que todos los elementos para impartir educación fueran reinventados, el modelo presentado responde a esta exigencia, considera una gran parte de los temas a considerar en programación orientada a objetos y sus antecedentes académicos, es versátil porque presenta dos rutas de aprendizaje pero tiene potencial para considerar más rutas, puede adaptarse a educación formal y continua, impartirse en formato presencial, a distancia y en línea, el material didáctico propuesto integra elementos tradicionales y audiovisuales y puede servir de referencia para otros modelos.

El modelo se implementa en el gestor de contenido educativo Moodle pero lo ideal es desarrollar una aplicación web y móvil que automatice el recorrido de la rutas inclusive existe el potencial de que los usuarios definan su propia ruta de aprendizaje.

Créditos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto 14342.22-P (“modelo basado en objetos de aprendizaje de compleja producción audiovisual para la enseñanza de la programación orientada a objetos”), de la convocatoria de apoyo a proyectos de desarrollo tecnológico e innovación 2022 y las facilidades del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez para la realización de este trabajo.

Referencias bibliográficas.

IEEE Std 1484.12.1, 2002. "IEEE Standard for Learning Object Metadata," in IEEE Std 1484.12.1-2002 , pp.1-40, 6 septiembre. 2002, doi: 10.1109/IEEESTD.2002.94128.

INEGI (2012). Clasificación mexicana de programas de estudios por campo de formación académica, Educación superior y media superior. Página 7. <https://www.copaes.org/documentos/Anexo-A-Clasificacion-Mexicana-de-Programas-de-Estudio.pdf>. Consultado el 27 de septiembre de 2022.

L’Allier, J. J. (1998). NETg's precision skilling: The linking of occupational skills descriptors to training interventions. Available: <http://www.netg.com/research/pskillpaper.htm>.

South Joseph y Monson David, 2000. “A universitywide system for creating, capturing and delivering learning objects” En: WILEY, D. A. (ed.). The instructional use of learning objects, 2000. Disponible en: <http://reusability.org/read/chapters/south.doc>. Consultado el 23 de mayo de 2022.

Wiley D. (2000). The instructional Use of Learning Objects. Online versión. 2000. Url. <http://www.reusability.org/read/>. Consultado el 23 de mayo de 2022

Información de los autores.



Amalia Elvira Jiménez López es estudiante de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez se ha especializado en la edición compleja de video.



María Elena Jiménez Velasco es estudiante de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez se ha especializado en la edición de objetos de aprendizaje en Powtoon



Héctor Guerra Crespo es egresado del I. T. de Mérida (Yucatán, México) de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en 1994, es Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur (Chiapas, México) en 2011. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en el área de Licenciatura en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Chiapas, en ambas desde 1995. Es miembro del Claustro Doctoral "Doctorado en Ciencias de la Ingeniería" perteneciente al Programa Nacional de Posgrados de Calidad, I.T. de Tuxtla Gutiérrez desde 2016. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel C (2024-2021).



Jorge Octavio Guzmán Sánchez tiene la Maestría en Ciencias de la Computación, especialidad bases de datos y sistemas de información, es Ingeniero en Sistemas Computacionales, profesional certificado por *Microsoft* en la administración de servidores con *Windows*. Ejerce la docencia desde hace más de una década, actualmente docente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



Galdino Belizario Nango Solís es Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 1996. Es Maestro en Ciencias de la Computación por el Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional, en 2001. Es Doctor en Desarrollo Tecnológico por la Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes, en 2016. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, donde imparte clases en las materias de programación lógica y lenguajes y autómatas.



Joel Gómez Pérez es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduado en 2005; Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduado en 2013. Ha colaborado con diversas universidades; entre ellas la Universidad Politécnica de Chiapas (UPCH) en el área de Ingeniería Mecatrónica, Biomédica, Energía; entre otros. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010 y colaborador en la Universidad del Valle de México (UVM) desde 2013. Es profesor con perfil deseable PRODEP desde 2017 y jefe de laboratorio de Física en el departamento de Ciencias Básicas.

Simulación de transitorios electromagnéticos en cables subterráneos utilizando discretización tiempo-espacial.

Simulation of electromagnetic transients in underground cables using time-spatial discretization.

Ruiz Lira, Miguel Ángel (1).
Estudiante Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez.
L19270844@tuxtla.tecnm.mx.

Avisaí Sánchez Alegría* (2). Tecnológico Nacional de México /I. T. de Tuxtla Gutiérrez.
avisai.sa@tuxtla.tecnm.mx.

Rubén Herrera Galicia (3). Tecnológico Nacional de México /I. T. de Tuxtla Gutiérrez. ruben.hg@tuxtla.tecnm.mx.

Joel Gómez Pérez (4). Tecnológico Nacional de México /I. T. de Tuxtla Gutiérrez. joel.gp@tuxtla.tecnm.mx.

*Corresponding author.

Artículo recibido en octubre 06, 2022; aceptado en noviembre 14, 2022.

Resumen.

El presente trabajo consiste en el desarrollo de una metodología para la simulación de transitorios electromagnéticos en cables subterráneos utilizando discretización en tiempo y espacio con el método de las características. Actualmente los principales softwares comerciales de simulación de transitorios electromagnéticos del tipo EMTP, permiten conocer el comportamiento del voltaje en los extremos del conductor, sin embargo, en cables subterráneos es común que las propiedades del dieléctrico no sean uniformes a lo largo del mismo, por tanto, es necesario tener una herramienta que permita conocer la distribución espacial del voltaje y también conocer la distribución temporal del mismo en los puntos internos del conductor. La metodología es implementada en una interfaz gráfica con Matlab para facilitar su uso común.

Palabras claves: Cables subterráneos, método de características, tiempo-espacio, transitorios electromagnéticos.

Abstract.

The present work presents a development for simulation of electromagnetic transients in underground cables, using discretization in time and space with the method of characteristics. Currently the principal commercial software for the simulation of electromagnetic transients (EMTP) allow one to know the voltage's behavior at the ends of the conductor, nevertheless, it is common in underground cables for the dielectric properties to not be uniform throughout, therefore, it is necessary to have a tool that allows one to know the spatial distribution of the voltage and also to know the temporal distribution in the internal points of the conductor. The methodology is implemented in a graphical interface with Matlab to facilitate its common use.

Keywords: Characteristics method, electromagnetic transients, time-space, underground cables.

1. Introducción.

En ingeniería eléctrica se conoce como sistemas eléctricos de potencia (SEP) al conjunto de elementos, herramientas y equipos que influyen desde la generación de la energía eléctrica hasta que es entregado al usuario final. Los SEPs, son divididos en subsistemas entre los cuales se encuentra el subsistema de transmisión, este normalmente es construido utilizando conductores aéreos o cables subterráneos. A lo largo de la trayectoria del sistema de transmisión, los conductores se enfrentan a diversas condiciones medio ambientales, como la variación de las características del terreno, altura de la vegetación, cambios climáticos, variación del dieléctrico que la rodea, o a fenómenos más serios como las descargas atmosféricas que afectan al correcto funcionamiento del sistema y lo exponen a fallas.

Cuando sucede una falla, el sistema desconecta al conductor fallado e inmediatamente intenta restablecer el servicio reconectando los interruptores, sin embargo, en el momento de la reconexión, sucede el fenómeno de transitorio electromagnético (TEM) con una duración del orden de milisegundos pero que tienen magnitudes de voltajes y corrientes muy elevadas, que si no se diseñan correctamente los dispositivos de protección pueden ser destruidos, propiciando que el daño se haga extensivo a otras partes del SEP.

Normalmente las empresas encargadas del servicio eléctrico como la Comisión Federal de Electricidad, realizan mantenimientos periódicos del sistema de transmisión, en este caso, ellos desenergizan/energizan las líneas o cables, y también se presenta el fenómeno transitorio, conocido como “transitorio electromagnético de maniobra”.

Otro fenómeno físico de muy corta duración pero que provoca un efecto aun mayor en transmisión, son las descargas atmosféricas comúnmente conocido como rayos. Los rayos, tienen una duración del orden de microsegundos, pero inducen transitorios de magnitud superior a los de maniobras.

Para evitar al máximo posible los daños que los transitorios electromagnéticos pudiesen generar, los elementos de protección del SEP deben tener la capacidad de soportar los altos niveles de voltaje y corriente, asimismo los dieléctricos deben ser capaces de soportar el estrés al que son sometidos, de aquí la importancia del análisis y simulación de TEMs para el diseño de aislantes.

En cuanto a la frecuencia de operación, los TEMs generados por descargas atmosféricas alcanzan en promedio los 3 MHz, los de maniobras con interruptores están por debajo de los 3 MHz, pero en ciertas fallas como en subestaciones aisladas en gas SF6 se alcanzan hasta los 50 MHz (Padilla S. 2007).

Desde mediados del siglo pasado, se han desarrollado métodos que simulan el comportamiento de una LT, J. desarrolló un modelo para líneas uniformes que hasta hoy sigue siendo ampliamente utilizado Martí (J. Martí, 1982), también está el modelo universal (A. Morched, B. Gustavsen, M. Tartibi, 1999). Estos modelos en conjunto con el trabajo de Dommel (H.W Dommel, 1968), son utilizados en softwares de simulación de transitorios electromagnéticos como el EMTP/ATP y PSCAD.

Otra técnica de análisis es modelar la línea como una red de 2 puertos, y realizar el análisis transitorio en el dominio de la frecuencia y posteriormente transformarlo al dominio del tiempo con técnicas numéricas (A. Andreotti, A. Pierno, and V. A. Rakov, 2015).

Las técnicas descritas anteriormente, tienen el inconveniente que de manera directa únicamente se conoce el voltaje en el extremo del conductor. Con el uso de simuladores, es posible conocer la distribución espacial, conectando muchos segmentos en cascada, pero esto es tedioso para el usuario además de que se ve limitado por el número de nodos que permita el software.

En la literatura, se han desarrollado métodos en el dominio del tiempo basados en diferencias finitas (FDTD). Los métodos de FDTD son versátiles y relativamente sencillos de implementar computacionalmente, además de que permiten conocer la distribución del voltaje a lo largo del conductor, sin embargo, debe tenerse en cuenta que comúnmente requieren algunas medidas para disminuir las oscilaciones numéricas (M. Brignone, F. Delfino, R. Procopio, M. Rossi and F. Raschidi, 2017).

Una técnica similar a FDTD pero que evita las oscilaciones numéricas es el Método de Características (MC), este método ha sido desarrollado para el análisis de líneas aéreas y cables uniformes (García Sánchez Jorge Luis, 2016). Incluso se ha desarrollado para líneas afectadas por descargas atmosféricas y considerando dependencia frecuencial de los parámetros a líneas uniformes (Avisaí Sánchez-Alegría, Pablo Moreno, José R. Loo-Yau and Susana Ortega-Cisneros, July-2019) y no uniformes (Avisaí Sánchez-Alegría, Pablo Moreno, José R. Loo-Yau and Susana Ortega-Cisneros, August-2019), en todos los casos ha demostrado tener mejor estabilidad que FDTD.

En este trabajo se implementará el método de las características para Líneas de transmisión conformadas por cables subterráneos. Se diseñó una interfaz de Matlab amigable para el usuario y que permite decidir en qué parte de la LT se desea conocer el transitorio.

2. Métodos.

El comportamiento del voltaje y corriente en un cable subterráneo con parámetros independientes de la frecuencia está determinado por las ecuaciones siguientes:

$$\frac{\partial \mathbf{v}_{lo}(x, t)}{\partial x} + \mathbf{L}_G \frac{\partial \mathbf{i}_{lo}(x, t)}{\partial t} + \mathbf{R} \mathbf{i}(x, t) = \mathbf{0} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathbf{i}_{lo}(x, t)}{\partial x} + \mathbf{C}_G \frac{\partial \mathbf{v}_{lo}(x, t)}{\partial t} = \mathbf{0} \quad (2)$$

Donde los vectores de voltaje y corriente representan cantidades de lazo, esto es, $\mathbf{v}_{lo}(x, t)$ es el vector de diferencias de potencial entre capas conductoras e $\mathbf{i}_{lo}(x, t)$ es el que circula de una capa a otra como se observa en la figura 1. $\mathbf{L}_G$ es la inductancia geométrica, $\mathbf{C}_G$ es la capacitancia geométrica, $\mathbf{R}$ es la resistencia de corriente directa más la resistencia de corriente alterna calculada con una frecuencia representativa de los transitorios usualmente a 3 MHz (Pablo Moreno Villalobos) y considerando que la configuración y características del cable son uniformes.

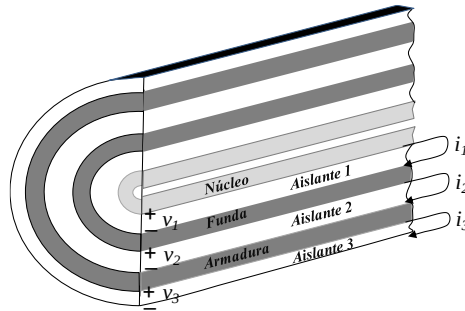


Figura 1. Vista axial de un cable subterráneo tri-capas.

Para aplicar el método de las características, se agrupan las ecuaciones (1) y (2) en forma matricial:

$$\frac{\partial}{\partial t} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{lo}(x, t) \\ \mathbf{i}_{lo}(x, t) \end{bmatrix} + \mathbf{A} \frac{\partial}{\partial x} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{lo}(x, t) \\ \mathbf{i}_{lo}(x, t) \end{bmatrix} + \mathbf{B} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{lo}(x, t) \\ \mathbf{i}_{lo}(x, t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{R} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Donde

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{L}_G \\ \mathbf{C}_G & \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{R} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Los eigenvalores de la matriz $\mathbf{A}$ están dados por.

$$\lambda = \pm \sqrt{\mathbf{L}_G \mathbf{C}_G} \quad (6)$$

Donde por la propiedad de los parámetros de un cable subterráneo.

$$\sqrt{\mathbf{L}_G \mathbf{C}_G} = \sqrt{\mu \varepsilon} \mathbf{U} \quad (7)$$

Donde $\mathbf{U}$ es la matriz identidad. Además, los eigenvectores izquierdos están dados por.

$$\mathbf{E}_L = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & +\mathbf{Z}_0 \\ \mathbf{1} & -\mathbf{Z}_0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Donde

$$\mathbf{Z}_0 = \sqrt{\mathbf{L}_G \mathbf{C}_G^{-1}} \quad (9)$$

Como cada elemento de $\lambda(x)$ es el inverso de la velocidad de propagación se puede definir.

$$\frac{dt}{dx} \mathbf{U} = \pm \lambda \quad (10)$$

Resolviendo la ecuación diferencial (10).

$$\mathbf{t} = +(\sqrt{\mu \varepsilon} \mathbf{U})x + \alpha \quad (11)$$

$$\mathbf{t} = -(\sqrt{\mu \varepsilon} \mathbf{U})x + \beta \quad (12)$$

Las ecuaciones (11) y (12) representan una familia de curvas con pendiente positiva y negativa respectivamente, y forman una malla como de la figura 2.

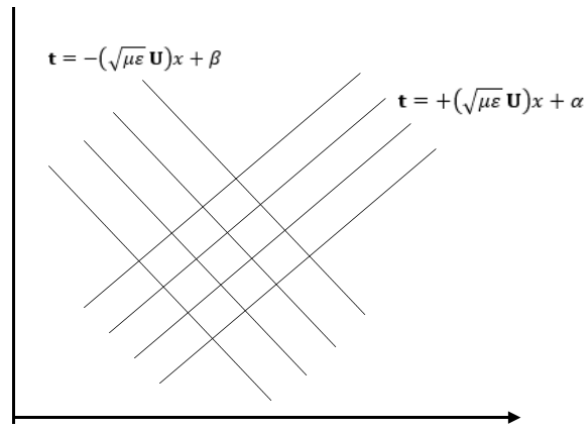


Figura 2. Malla formada por las familias de curvas.

Ahora, multiplicando a (8) por (3) obtenemos.

$$\left(\frac{\partial}{\partial x} + \lambda \frac{\partial}{\partial t} \right) \mathbf{v}_{lo}(x, t) + \mathbf{Z}_0 \left(\frac{\partial}{\partial x} + \lambda \frac{\partial}{\partial t} \right) \mathbf{i}_{lo}(x, t) + \mathbf{R} \mathbf{i}_{lo}(x, t) = \mathbf{0} \quad (13)$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial x} - \lambda \frac{\partial}{\partial t}\right) \mathbf{v}_{lo}(x, t) - \mathbf{Z}_0 \left(\frac{\partial}{\partial x} - \lambda \frac{\partial}{\partial t}\right) \mathbf{i}_{lo}(x, t) + \mathbf{R} \mathbf{i}_{lo}(x, t) = \mathbf{0} \quad (14)$$

Restringiendo las soluciones a las curvas características de (11) y (12):

$$\frac{d\mathbf{v}_{lo}(x, t)}{dx} + \mathbf{Z}_0 \frac{d\mathbf{i}_{lo}(x, t)}{dx} + \mathbf{R} \mathbf{i}_{lo}(x, t) = \mathbf{0} \quad (15)$$

$$\frac{d\mathbf{v}_{lo}(x, t)}{dx} - \mathbf{Z}_0 \frac{d\mathbf{i}_{lo}(x, t)}{dx} + \mathbf{R} \mathbf{i}_{lo}(x, t) = \mathbf{0} \quad (16)$$

Las expresiones (15) y (16) forman un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias, equivalentes a las ecuaciones diferenciales parciales originales y para resolverlas se construye una malla de discretización como se observa en la figura 3.

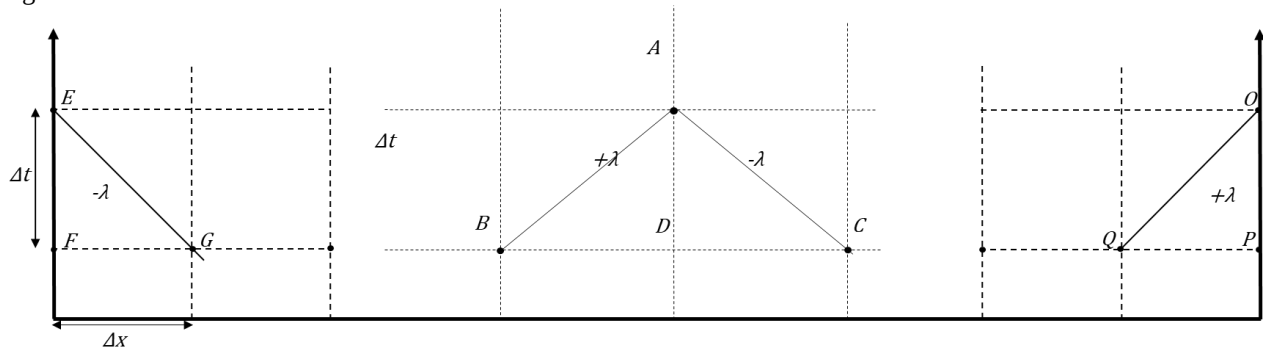


Figura 3. Malla para aplicación de diferencias centrales.

Aplicando un esquema de diferencias centrales al punto A de la figura 3,

$$(\mathbf{v}_{lo}^A - \mathbf{v}_{lo}^B) + \frac{\mathbf{Z}_0^A + \mathbf{Z}_0^B}{2} (\mathbf{i}_{lo}^A - \mathbf{i}_{lo}^B) + \frac{\mathbf{R}^A i_{lo}^A + \mathbf{R}^B i_{lo}^B}{2} \Delta x = \mathbf{0} \quad (17)$$

$$(\mathbf{v}_{lo}^A - \mathbf{v}_{lo}^C) - \frac{\mathbf{Z}_0^A + \mathbf{Z}_0^C}{2} (\mathbf{i}_{lo}^A - \mathbf{i}_{lo}^C) - \frac{\mathbf{R}^A i_{lo}^A + \mathbf{R}^C i_{lo}^C}{2} \Delta x = \mathbf{0} \quad (18)$$

Agrupando términos y considerando que $\mathbf{Z}_0$ tiene el mismo valor a largo de todo el cable.

$$(\mathbf{v}_{lo}^A - \mathbf{v}_{lo}^B) + \mathbf{R}_1 i_{lo}^A - \mathbf{R}_2 i_{lo}^B = \mathbf{0} \quad (19)$$

$$(\mathbf{v}_{lo}^A - \mathbf{v}_{lo}^C) - \mathbf{R}_1 i_{lo}^A + \mathbf{R}_2 i_{lo}^C = \mathbf{0} \quad (20)$$

Donde.

$$\mathbf{R}_1 = \mathbf{Z}_0 + \mathbf{R} \Delta x \quad (21)$$

$$\mathbf{R}_2 = \mathbf{Z}_0 - \mathbf{R} \Delta x \quad (22)$$

Resolviendo el sistema formado por (19) y (20), se encuentra las ecuaciones para la corriente y el voltaje en el punto A.

$$\mathbf{i}_{lo}^A = (2\mathbf{R})^{-1}[\mathbf{v}_{lo}^B - \mathbf{v}_{lo}^C + \mathbf{R}_2 \mathbf{i}_{lo}^B + \mathbf{R}_2 \mathbf{i}_{lo}^C] \quad (23)$$

$$\mathbf{v}_{lo}^A = \mathbf{v}_{lo}^B - \mathbf{R}_1 \mathbf{i}_{lo}^A + \mathbf{R}_2 \mathbf{i}_{lo}^B \quad (24)$$

En todo el desarrollo presentado hasta aquí, se han utilizado cantidades de lazo, sin embargo, en los extremos de la línea, la fuente de voltaje y las cargas se conectan entre fase y tierra, por tanto, para establecer un circuito equivalente de Norton es necesario obtener las ecuaciones expresadas en cantidades nodales, para esto es necesario emplear las transformaciones (25) y (26).

$$\mathbf{v}_{lo} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} = \mathbf{M}_v \mathbf{v}_{nodal} = \mathbf{M}_v \begin{bmatrix} v_{nucleo} \\ v_{funda} \\ v_{armadura} \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$\mathbf{i}_{lo} = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \mathbf{M}_i \mathbf{i}_{nodal} = \mathbf{M}_i \begin{bmatrix} i_{nucleo} \\ i_{funda} \\ i_{armadura} \end{bmatrix} \quad (26)$$

Donde $\mathbf{M}_v$ y $\mathbf{M}_i$ son matrices que transforman las cantidades nodales a cantidades de lazo, y están definidas por.

$$\mathbf{M}_v = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$\mathbf{M}_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (28)$$

En el punto E de la figura 3, solo existe una curva característica que es la ecuación (6) la cual, expresada en cantidades nodales se escribe como.

$$\frac{d\mathbf{M}_v \mathbf{v}(x, t)}{dx} - \mathbf{Z}_0 \frac{d\mathbf{M}_i \mathbf{i}(x, t)}{dx} + \mathbf{R} \mathbf{M}_i \mathbf{i}(x) = 0 \quad (29)$$

Aplicando diferencias finitas.

$$\mathbf{M}_v (\mathbf{v}^E - \mathbf{v}^G) - \frac{\mathbf{Z}_0^E + \mathbf{Z}_0^G}{2} \mathbf{M}_i (\mathbf{i}^E - \mathbf{i}^G) - \frac{\mathbf{M}_i (\mathbf{R}^E \mathbf{i}^E + \mathbf{R}^G \mathbf{i}^G)}{2} \Delta x = 0 \quad (30)$$

Resolviendo para $\mathbf{i}^E$:

$$\mathbf{i}^E = \mathbf{M}_i^{-1} \mathbf{R}_1^{-1} \mathbf{M}_v \mathbf{v}^E - \mathbf{M}_i^{-1} \mathbf{R}_1^{-1} [\mathbf{M}_v \mathbf{v}^G - \mathbf{R}_2 \mathbf{M}_i \mathbf{i}^G] \quad (31)$$

O bien.

$$\mathbf{i}^E = \mathbf{Y}_{en} \mathbf{v}^E - \mathbf{i}_{his}^E \quad (32)$$

Donde.

$$\mathbf{Y}_{en} = \mathbf{M}_i^{-1} \mathbf{R}_1^{-1} \mathbf{M}_v \quad (33)$$

$$\mathbf{i}_{his}^E = \mathbf{M}_i^{-1} \mathbf{R}_1^{-1} [\mathbf{v}_{lo}^G - \mathbf{R}_2 \mathbf{i}_{lo}^G] \quad (34)$$

De manera similar, la única curva característica que pasa por el punto O del extremo final de la línea es la ecuación (5), y la expresamos en cantidades nodales

$$\frac{d\mathbf{M}_v \mathbf{v}(x, t)}{dx} + \mathbf{Z}_0 \frac{d\mathbf{M}_i \mathbf{i}(x, t)}{dx} + \mathbf{R} \mathbf{M}_i \mathbf{i}(x) = 0 \quad (35)$$

Aplicando diferencias finitas.

$$\mathbf{M}_v (\mathbf{v}^O - \mathbf{v}^Q) + \frac{\mathbf{Z}_0^O + \mathbf{Z}_0^Q}{2} \mathbf{M}_i (\mathbf{i}^O - \mathbf{i}^Q) + \frac{\mathbf{M}_i (\mathbf{R}^O \mathbf{i}^O + \mathbf{R}^Q \mathbf{i}^Q)}{2} \Delta x = \mathbf{0} \quad (36)$$

Resolviendo para $\mathbf{i}^O$:

$$\mathbf{i}^O = -\mathbf{M}_i^{-1} \mathbf{R}_1^{-1} \mathbf{M}_v \mathbf{v}^O + \mathbf{M}_i^{-1} \mathbf{R}_1^{-1} [\mathbf{M}_v \mathbf{v}^Q - \mathbf{R}_2 \mathbf{M}_i \mathbf{i}^Q] \quad (37)$$

O bien.

$$\mathbf{i}^O = -\mathbf{Y}_{re} \mathbf{v}^O + \mathbf{i}_{his}^O \quad (38)$$

Donde.

$$\mathbf{Y}_{re} = \mathbf{M}_i^{-1} \mathbf{R}_1^{-1} \mathbf{M}_v \quad (39)$$

$$\mathbf{i}_{his}^O = \mathbf{M}_i^{-1} \mathbf{R}_1^{-1} [\mathbf{v}_{lo}^Q + \mathbf{R}_{2re} \mathbf{i}_{lo}^Q] \quad (40)$$

Las corrientes calculadas en los extremos con las ecuaciones (32) y (38) están en cantidades nodales, y se pueden expresar gráficamente como un circuito equivalente de Norton, juntamente con una fuente al inicio de la línea y una carga al final como se observa en la figura 4.

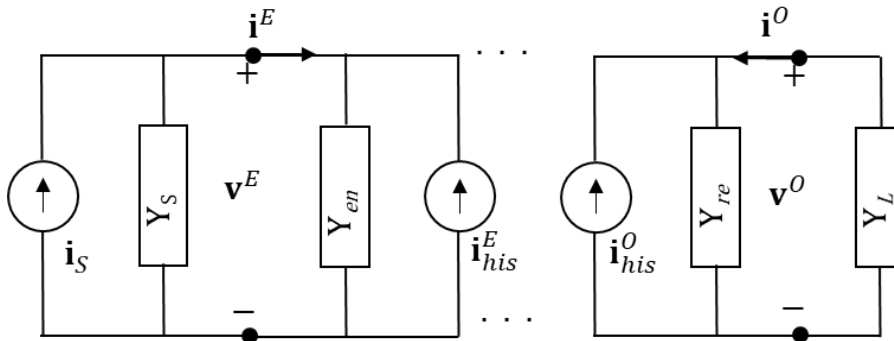


Figura 4. Circuito equivalente de Norton en los extremos del cable.

3. Desarrollo.

La forma en que se implementó el método fue usando una interfaz gráfica diseñada mediante el *editor de diseño GUIDE* incluido Matlab, la interfaz permite introducir los datos necesarios para la realización del cálculo, mostrando finalmente el comportamiento transitorio en forma de gráficas.

El programa posibilita la aplicación del método para cables subterráneos del tipo tricapa (Núcleo, Funda y Armadura), bicapa (Núcleo y Funda) y monocapa (Núcleo); el usuario elegirá el tipo de cable que desee con el panel ubicado en el extremo superior izquierdo de la interfaz, una vez seleccionado, se mostrará una imagen alusiva y los espacios donde

se colocarán los datos de entrada como se observa en la figura 5. Las columnas de datos A, B y C, corresponden a los datos del Núcleo, Funda y Armadura respectivamente y se muestran u ocultan dependiendo de la selección hecha por el usuario.

A la izquierda del interfaz están los espacios de llenado que requisita los datos de tiempo de observación en milisegundos, longitud en metros, profundidad de enterrado en metros, distancia a la que se desea visualizar el transitorio en metros, resistividad del terreno en Ω/m , **Rs** y **RL** las cuales son matrices $n \times n$ donde n es el número de capas y representan las resistencias en las terminales de cada capa del cable.

The interface is divided into three main sections: input parameters, observation parameters, and a diagram.

Input Parameters (Columns A, B, C):

- Column A (Core):** Radio del núcleo (cm), Radio del aislante 1 (cm), Resistividad del núcleo (Ω/m), Permittividad relativa del aislante 1.
- Column B (Sheath):** Radio de la funda (cm), Radio del aislante 2 (cm), Resistividad de la funda (Ω/m), Permittividad relativa del aislante 2.
- Column C (Armor):** Radio de la armadura (cm), Radio del aislante 3 (cm), Resistividad de la armadura (Ω/m), Permittividad relativa del aislante 3.

Observation Parameters:

- Selección de número de capas: ☐ Monocapa, ☐ Bicapa, ☒ Tricapa.
- Tiempo de observación (ms):
- Longitud (m):
- Profundidad (m):
- Distancia del transitorio (m):
- Resistividad de la tierra (Ω/m):
- Rs** =
- RL** =
- Calcular button.

Diagram: A cross-section of a three-layer cable with concentric circles representing the core, insulation, sheath, insulation, armor, and insulation. Radii are labeled r_1 through r_6 .

Figura 5. Interfaz designada para cálculo de transitorios en cables tricapa.

Cuando se han ingresado todos los datos, se presiona el botón “Graficar”, el cual es un push button programado para convertir los strings introducidos por el usuario en variables e iniciar el proceso de cálculo del método, resultando en las gráficas que nos muestran el transitorio en el punto que se haya definido. Para un nuevo caso de estudio, se puede cambiar el dato deseado y el programa hará el cálculo sin necesidad de resetear la interfaz.

En la figura 6 y 7 se observa el transitorio en el inicio de un cable tricapa de 2 km. de longitud, enterrado a 1 metro, con la fuente conectada en el núcleo y el resto de terminaciones en circuito abierto. El tiempo de observación normalmente se elige del orden de milisegundos, y la fuente de excitación se considera un escalón unitario.

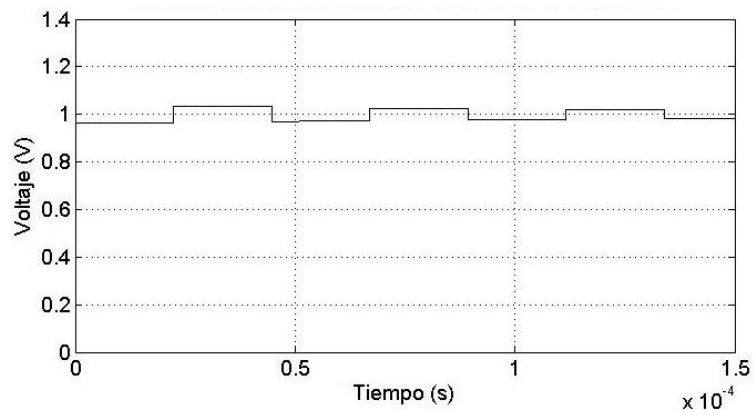


Figura 6. Transitorio del núcleo en el inicio del cable.

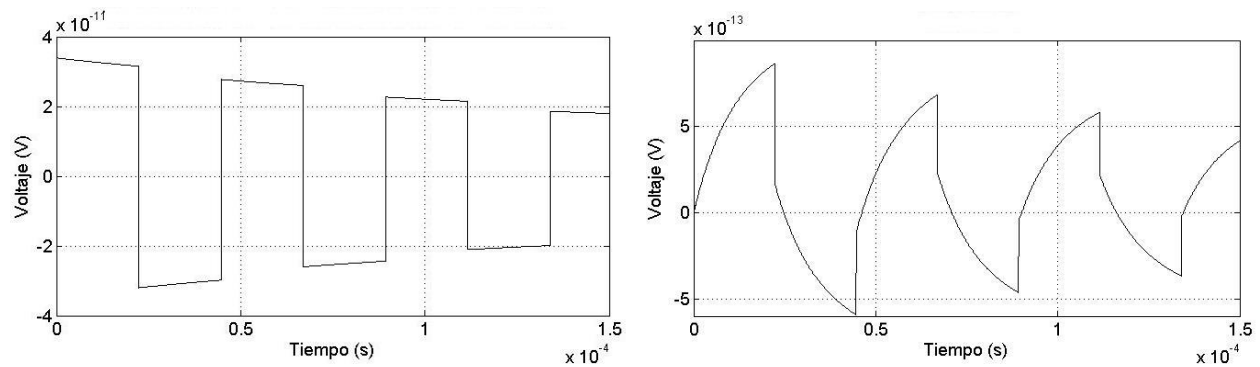


Figura 7. Transitorio en la funda y armadura al inicio del cable.

En una siguiente simulación se obtuvo el transitorio justo a la mitad del cable (100 mts), y se observa en las figuras 8 y 9.

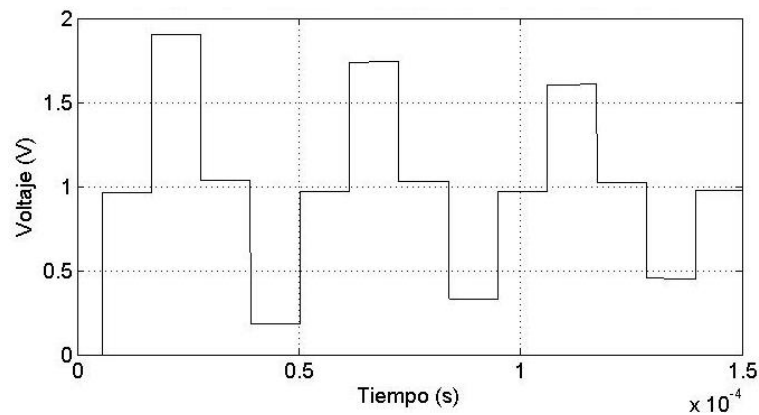


Figura 8. Transitorio del núcleo a mitad del cable.

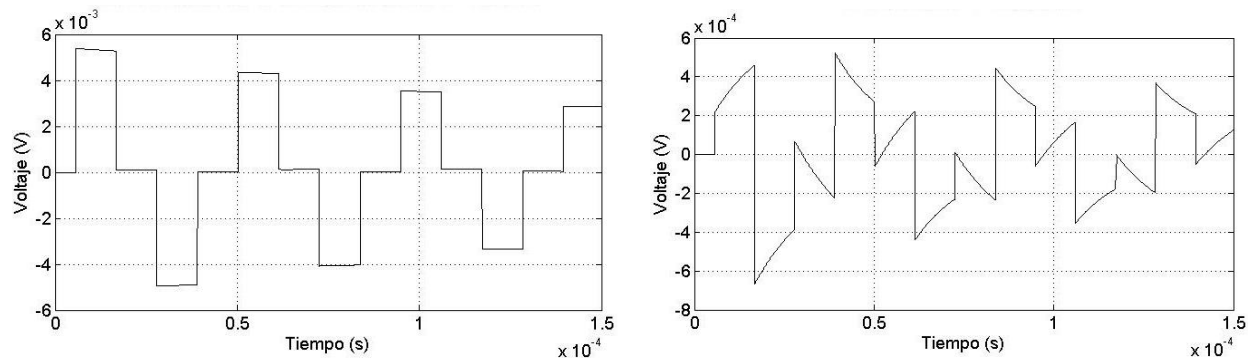


Figura 9. Transitorio de la funda y armadura a mitad del cable.

Finalmente, en las figuras 10 y 11 se presenta una nueva simulación donde se ha indicado que se desea el transitorio en el extremo final del cable.

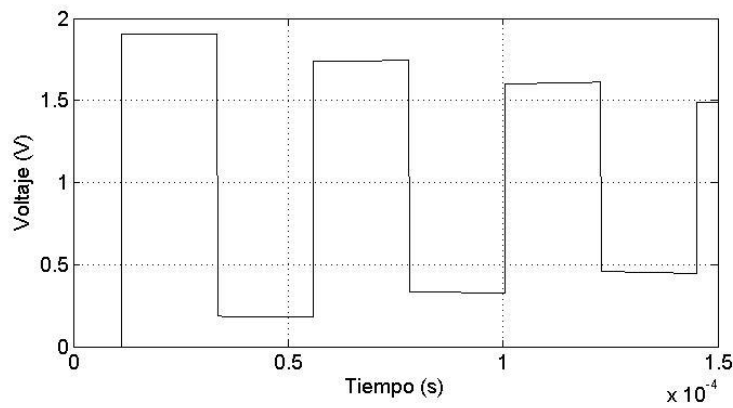


Figura 10. Gráfica del transitorio del núcleo en el extremo final del cable.

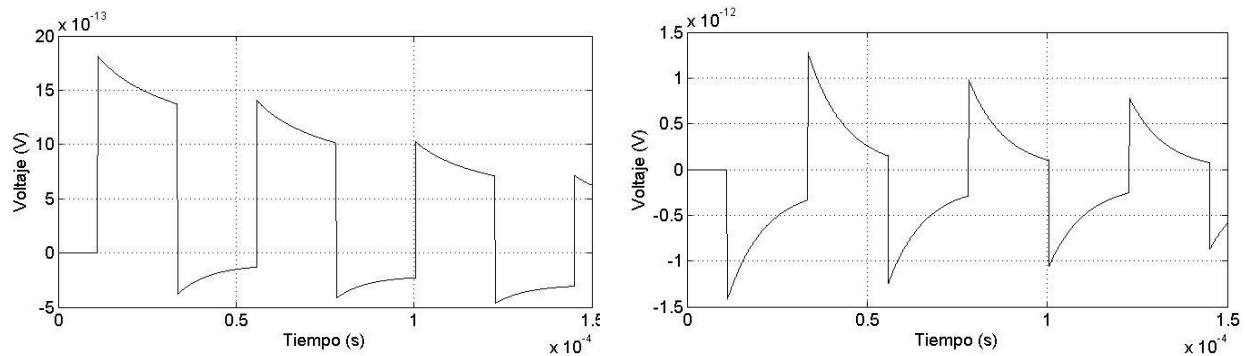


Figura 11. Gráfica del transitorio de la armadura en el extremo final del cable.

Conclusiones.

La metodología desarrollada basada en el método de las características permite conocer el transitorio electromagnético de un cable subterráneo en cualquier punto deseado por el usuario. Al ser un método numérico, la exactitud de la solución estará condicionada por el número de muestras elegidas, entre mayor exactitud se requiera, mayor será el número de muestras a utilizar. Esto podría ser un problema al momento de la implementación de cables con longitudes físicas muy largas, o bien si es necesario un análisis exhaustivo donde los segmentos en los que se divida el cable sean demasiado pequeños, lo que podría saturar la capacidad del equipo de cómputo.

Afortunadamente, en la malla de discretización se observa que las soluciones dependen únicamente de las soluciones de un paso de tiempo anterior, lo que hace al método un fuerte candidato para el cómputo en paralelo, más aún si se piensa en aplicaciones como *Hardware In The Loop (HIL)*. Y considerando que los extremos de la línea se modelan como un circuito equivalente de Norton, el método también puede ser incluido en simuladores generales de redes eléctricas del tipo EMTP.

Se ha desarrollado el método para cables monofásicos tricapa, sin dependencia frecuencial de los parámetros. En sistemas eléctricos de potencia, normalmente se utilizan sistemas trifásicos dentro de ductos lo que afecta el comportamiento de los parámetros y el tamaño de las matrices. Además, la resistencia, es afectada por la frecuencia, y puede haber casos como cables de comunicaciones, donde el valor de la conductancia deberá considerarse. Se considera expandir el método para los casos mencionados.

Referencias bibliográficas.

- A. Andreotti, A. Pierno, and V. A. Rakov (2015),** *A New Tool for Calculation of Lightning-Induced Voltages in Power Systems-Part I: Development of Circuit Model*, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 30, no.1, pp. 326-333.
- A. Morched, B. Gustavsen, M Tartibi, (1999)** *An universal model for accurate calculation of electromagnetic transients on Overhead Lines and Underground cables*, IEEE Transactions on Power Delivery, vol.14, No. 3, pp. 1032- 1038.
- Avisaí Sánchez-Alegría, Pablo Moreno, José R. Loo-Yau and Susana Ortega-Cisneros (July 2019),** *An alternative model for aerial multiconductor transmission lines excited by external electromagnetic fields based on the method of characteristics*, Electrical Engineering,, Iss. 3, pp. 1-12.
- Avisaí Sánchez-Alegría, Pablo Moreno, José R. Loo-Yau and Susana Ortega-Cisneros (August 2019),** *Time domain Electromagnetic Transient Analysis of Aerial Nonuniform Transmission Lines*, Mathematical problems in Engineering, Vol. 2019, pp. 1-12.
- García Sánchez Jorge Luis (2016),** *Análisis de líneas aéreas y cables subterráneos empleando el método de las características*, Tesis de Doctorado, CINVESTAV, Guadalajara Jalisco, junio 2016.
- H. W. Dommel, (1968).** *Digital Computer Solution of Electromagnetic Transients in Single and Multiphase Networks*, IEEE 68TP 657-PWR, summer Power Meeting.
- J. Martí (1982).** *Accurate modelling of Frequency-Dependent Transmission Lines in Electromagnetics transients simulation*, IEEE Transactions on power apparatus and systems, Vol. pas-101, No. 1, pp. 147-155.
- M. Brignone, F. Delfino, R. Procopio, M. Rossi and F. Raschidi (2017),** "Evaluation of power system lightning performance, Part I- Model and numerical solution using the PSCAD-EMTDC platform." *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. 59, no.1, pp. 137-145.

Pablo Moreno Villalobos (2012), *Análisis de transitorios electromagnéticos con la transformada numérica de Laplace*, Editorial Académica española.

Padilla Sánchez Felipe Octavio, (2015). *Análisis de transitorios electromagnéticos debido a fallas en Líneas de Transmisión Multiconductoras no Uniformes utilizando el método de las características*, Tesis de maestría, CINVESTAV, Guadalajara Jalisco, Enero 2015.

Información de los autores.



Miguel Ángel Ruiz Lira, estudiante del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), actualmente se encuentra cursando el séptimo semestre de la carrera en Ingeniería eléctrica, ha recibido varias capacitaciones durante su formación tales como cursos de instalaciones áreas y subterráneas, cálculo de corto circuito, diseño de diagramas unifilares, entre otros, todos estos acreditados por la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC).



Avisá Sánchez Alegría, es Doctor en Ciencias en la especialidad de ingeniería Eléctrica por el CINVESTAV, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica e Ingeniero Eléctrico por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, actualmente es profesor por tiempo determinado en el departamento de ingeniería Eléctrica y Electrónica en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, es candidato en el Sistema Nacional de Investigadores, e Investigador honorífico en el Sistema Estatal de Investigadores.



El **Dr. Rubén Herrera Galicia** tiene el título en México de Doctor en Eléctrica y es egresado de la *Technical University of Warsaw*, Polonia. Actualmente se encuentra laborando como profesor de tiempo completo en el Departamento de Eléctrica y Electrónica del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, trabajando actualmente en proyectos de Control inteligente aplicado a Sistemas Eléctricos de Potencia, Eficiencia Energética y Calidad de la Energía.



Joel Gómez Pérez, es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduado en 2005; Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduado en 2013. Ha colaborado con diversas universidades; entre ellas la Universidad Politécnica de Chiapas (UPCH) en el área de Ingeniería Mecatrónica, Biomédica, Energía; entre otros. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010 y colaborador en la Universidad del Valle de México (UVM) desde 2013. Es profesor con perfil deseable PRODEP desde 2017 y jefe de laboratorio de Física en el departamento de Ciencias Básicas.

Sistema de monitoreo de variables críticas de un motor de inducción trifásico utilizando comunicación IO-Link.

Monitoring system for critical variables of a three-phase induction motor using IO-Link communication.

Osbaldo Ysaac García Ramos* (1).

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
ogarcia@tuxtla.tecnm.mx.

Aldo Esteban Aguilar Castillejos (2). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez,
aldo.ac@tuxtla.tecnm.mx.

José Ángel Zepeda Hernández (3). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez,
jzepeda@tuxtla.tecnm.mx.

Álvaro Hernández Sol (4). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez, alvarohs@tuxtla.tecnm.mx.

Raúl Moreno Rincón (5). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez, rmoreno@tuxtla.tecnm.mx.

Joel Gómez Pérez (6). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez, joel.gp@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 07, 2022; aceptado en diciembre 13, 2022.

Resumen.

En el presente artículo se presenta el diseño y desarrollo de un sistema para el monitoreo de variables importantes de un motor de inducción trifásico tales como velocidad, temperatura, vibración. El sistema de monitoreo ha sido desarrollado desde el software de programación gráfica LabVIEW 2020. La interfaz se conecta mediante una red PROFINET a un sistema de OPC Server de National Instruments, el cual controla desde encendido y apagado del motor seleccionado y adquiere las señales provenientes de los sensores de velocidad, temperatura y vibración por medio de tecnología IO-Link. La medición de condiciones de motores eléctricos es fundamental considerarlo dentro de cualquier programa de mantenimiento predictivo o correctivo, ya que permitirá obtener información de soporte sobre la causa raíz de los problemas relacionados con la vibración temperatura y velocidad.

Palabras claves: Labview, OPC server, programación gráfica, sensor velocidad, sensor vibración.

Abstract.

This article presents the design and development of a system for monitoring important variables of a three-phase induction motor such as speed, temperature, vibration. The monitoring system has been developed using the LabVIEW 2020 graphical programming software. The interface is connected via a PROFINET network to a National Instruments OPC Server system, which controls the selected motor from on and off and acquires the signals from speed, temperature and vibration sensors through IO-Link technology. The measurement of electric motor conditions is

essential to consider within any predictive or corrective maintenance program, since it will allow obtaining support information on the root cause of problems related to vibration, temperature and speed.

Keywords: Graphical programming, Labview, OPC Server, speed sensor, vibration sensor.

1. Introducción.

El término SCADA es el acrónimo de Supervisory Control and Data Acquisition (supervisión, control y adquisición de datos), término que describe las funciones básicas de un sistema SCADA. Las industrias usan los sistemas SCADA para controlar los equipos y recopilar y registrar datos de sus operaciones.

Estos sistemas SCADA suelen ser una combinación de software y hardware, como controladores lógicos programables (PLC) y unidades terminales remotas (RTU). La adquisición de datos comienza con los PLC y las RTU, que se comunican con equipos de planta tales como las máquinas y los sensores de la fábrica. Los datos recopilados de los equipos se envían al siguiente nivel, por ejemplo, una sala de control, donde los operarios pueden supervisar los controles de PLC y RTU utilizando interfaces humano-máquina (HMI). Las HMI son un elemento importante de los sistemas SCADA. Se trata de las pantallas que los operarios utilizan para comunicarse con el sistema SCADA.

Usando sistemas SCADA, las organizaciones pueden controlar sus procesos industriales tanto local como remotamente, e interactuar directamente con componentes como motores, bombas y sensores desde el panel de una ubicación centralizada. A veces, estos sistemas pueden controlar los equipos automáticamente basándose en los datos que se recopilan. Los sistemas SCADA también permiten a las organizaciones monitorizar y realizar informes de sus procesos a partir de datos en tiempo real y archivar estos datos para su posterior procesamiento y evaluación (Copadata, 2022).

Dentro de los beneficios que utilizar el sistema SCADA se tienen que: Permite tener una retroalimentación en tiempo real, contribuye a la automatización del control de los procesos, se puede recabar toda la información resultante de los procesos industriales, permite la solución de problemas a distancia y se puede hacer un diagnóstico del estado de las máquinas y los procesos (F. Figueroa, 2020)

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico. Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas introducidas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. Cada uno de ellos puede estar definido como un control(a) o un indicador(b). Los controles sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores muestran los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación de programa del VI para controlar o realizar cualquier proceso de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal. El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el panel frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante terminales (J. Trujillo, 2022).

2. Métodos.

El proceso para lograr el diseño y desarrollo del sistema de monitoreo de variables importantes de un motor de inducción se realizó a través de etapas establecidas para alcanzar su adecuado funcionamiento, estas etapas fueron:

Investigación bibliográfica. Etapa de utilidad para determinar los sensores adecuados a utilizar en función de las señales a entregar para el sistema, definir velocidades de operación y el entendimiento de los protocolos de comunicación Profinet y IO Link.

Diseño de la Red Profinet y IO Link usando Tia portal: Se utiliza el software Tia portal V16 para realizar la red de comunicación en la cual se establecen las características de todos los componentes a utilizarse en el sistema Scada. La figura 1 presenta un diagrama descriptivo de la red:

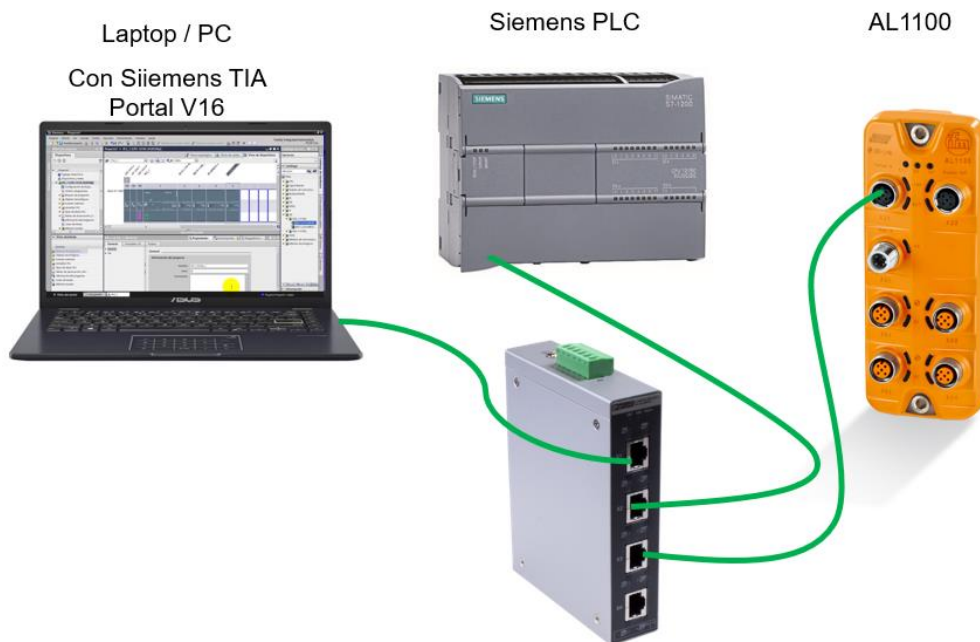


Figura 1. Diagrama descriptivo del diseño de la red Profinet y IO Link.

Diseño de la interfaz utilizando OPC server y Programación gráfica mediante Labview. Esta etapa es de gran importancia ya que a través del OPC server se enlazan datos que provienen de diferentes fabricantes en la red Profinet para enviar y recibir información hacia la interfaz gráfica desarrollada mediante Labview (Figura 2).

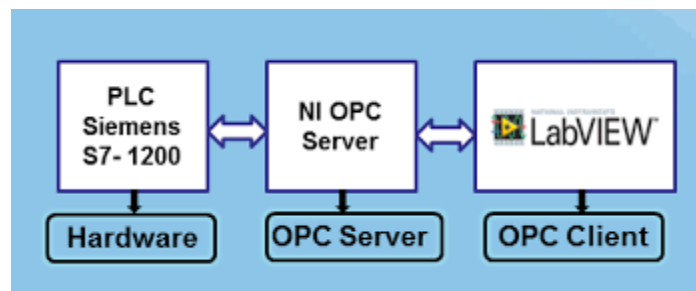


Figura 2. Interfaz utilizando OPC server y Programación gráfica mediante Labview.

3. Desarrollo.

Mediante la investigación bibliográfica y el estado del arte de los sistemas de monitoreo actuales se definió que el controlador adecuado es el S7-1200 Siemens con comunicación Profinet en combinación con el protocolo IO link debido a su robustez en el aislamiento de los campos magnéticos presentes en la adquisición de datos en motores de inducción, así también se eligió el software Labview debido a su versatilidad en la adquisición de los datos a través de OPC servers y a su accesibilidad académica.



Figura 3. Controlador S7-1200 Siemens.

También se eligió el maestro IO-Link, el cual se encarga de conectar los sensores y actuadores inteligentes a la unidad de control, lo que permite realizar la parametrización y el diagnóstico desde un punto centralizado. Para integrar los dispositivos digitales o analógicos se recurren a los correspondientes concentradores de sensores y actuadores (IFM, 2021).



Figura 4. Maestro IO Link IFM 1300.

Diseño de la red industrial PROFINET.

Para el diseño de la red PROFINET se utiliza un Ethernet Switch para conectar el PLC y el maestro IO-Link y cable ethernet crossover para la PC. El maestro IO-Link se comunica con el Ethernet switch para lo cual se hace uso de cable de conexión ethernet modelo E12090 de la empresa IFM, el cual tiene un conector M12 y un conector RJ45. Para comunicar el PLC y la PC al ethernet switch se utilizarán cables ethernet con conectores RJ45.

El diseño de la red industrial PROFINET contempla los direccionamientos IP que utiliza clase C IP para el PLC y el maestro IO-Link, en este caso se está utilizando una IP fija en la computadora que es 192.168.0.30, en el PLC la IP 192.168.0.10 y en el maestro IO-Link la IP 192.168.0.11. El diseño de la red PROFINET se puede observar en la figura 5.

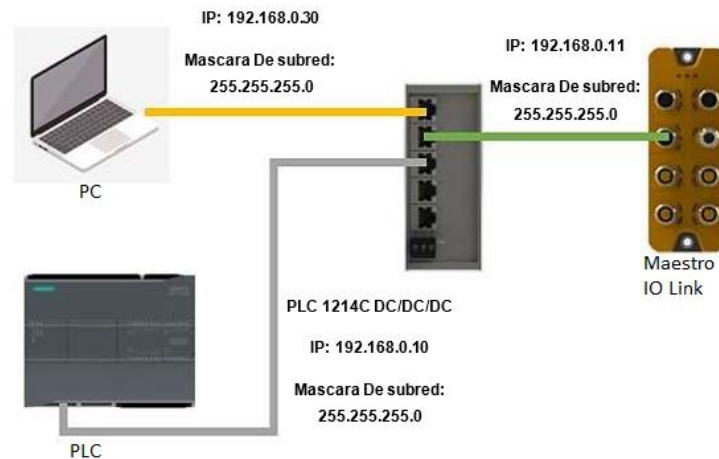


Figura 5. Diseño de la Red Profinet..

Para establecer la comunicación entre el Controlador S7-1200 y el Maestro IO Link 1300 se realiza la configuración de la red Profinet a través del software Tia portal V16 de Siemens como se muestra en la figura 6. (Ayllon, N, 2021).



Figura 6. Configuración de la Red de comunicación Profinet.

La adquisición de las variables de interés en este artículo fueron obtenidas de sensores industriales de temperatura, velocidad y vibración para los cuales se tuvo que diseñar y configurar la red IO Link tal y como se muestra en la figura 7, considerando las características del tipo de señal que entregan con su conversión al protocolo IO link. Para realizar el conexionado de cada uno de estos sensores se utilizó cable de control con conectores M12.

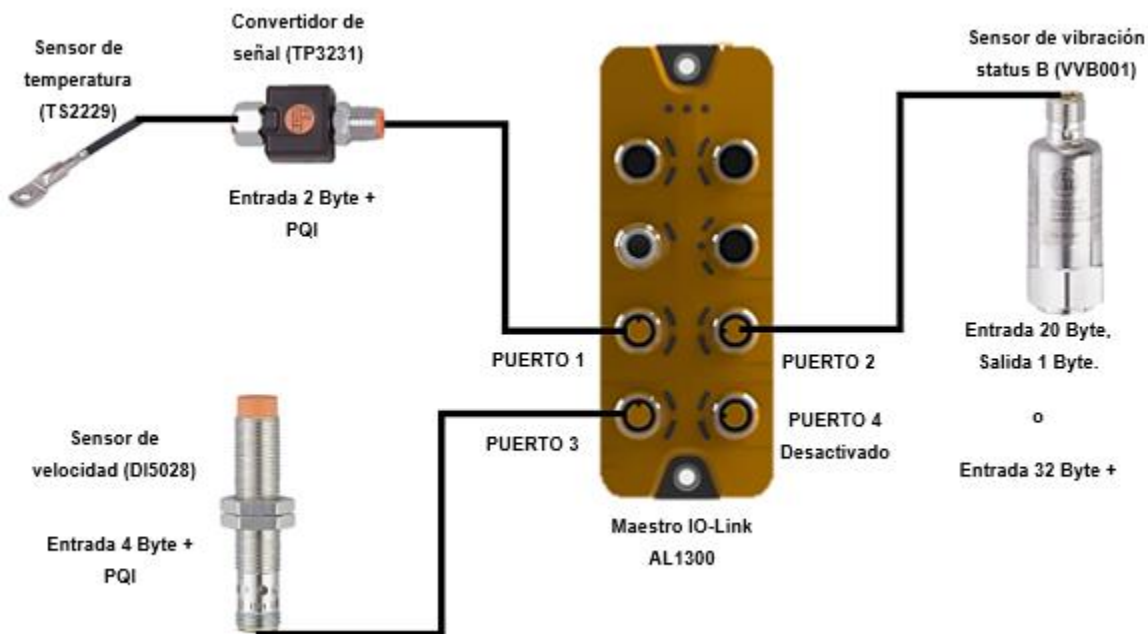
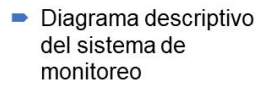


Figura 7. Configuración de la Red industrial IO-Link.

Para realizar el diseño de la red IO-Link es muy importante conocer cuál es la información que se adquirirá de cada sensor. Se necesita el modelo de cada sensor para encontrar esa información en la página oficial de IFM. Por ejemplo, para el Sensor de temperatura (TS2229) no cuenta con comunicación IO-Link integrada por lo que se necesita un convertidor de señal de temperatura a protocolo IO Link (TP3231, sensor de vibración (VVB001) y el sensor de velocidad (DI5028) traen dentro de su electrónica el protocolo IO link integrado.

Así también se necesita una información importante que permite al controlador conocer a detalle características del sensor a utilizar, esta información es el “IO-Link Device description”, el cual contiene información sobre la identidad del dispositivo, los parámetros, los datos de proceso, los datos de diagnóstico, las propiedades de comunicación y el diseño de la interfaz de usuario de las herramientas de ingeniería, esta información se encuentra en la página de IFM, (IFM, 2021).

A continuación, se muestra un diagrama descriptivo (figura 8), donde se consideran todos elementos y componentes que se utilizaron al implementar el sistema. Así también se agregó el conexionado correspondiente y como se pueden posicionar cada uno de estos componentes. También se integran en este diagrama los activadores del motor y su elemento de control el variador de frecuencia que permite controlar la velocidad del motor para realizar diversas pruebas.



Programación del PLC en diagrama de bloques.

Se insertaron 7 bloques funcionales en el cual un bloque monitorea al sensor de temperatura, 5 bloques corresponden al sensor de vibración debido a que este sensor entrega 5 datos estos son: Valor eficaz de velocidad (Fatiga (v-RMS)), Valor de pico de aceleración (Choque (a-Peak)), Valor eficaz de aceleración (Fricción (aRMS)), Temperatura y el Factor de cresta de aceleración. Donde el último bloque corresponde al sensor de velocidad.

- DI5028-Velocidad [FC7]
- TP3231-Temperatura [FC1]
- VVB001-Choque (a-Peak) [FC3]
- VVB001-Cresta [FC6]
- VVB001-Fatiga (v-RMS) [FC2]
- VVB001-Fricción (a-RMS) [FC4]
- VVB001-Temperatura [FC5]

En la tabla 1 se muestran las variables que se declararon en el PLC, listos para poder realizar monitoreo de las variables del motor monofásico, así como la verificación del funcionamiento de cada sensor.

Tabla 1. Componentes del banco de pruebas.

Nombre de la variable	Descripción	Tipo de dato	Dirección
Temperatura	Variables IO-Link	Word	%IW68
Temperatura_VVB001	Variables IO-Link	Word	%IW83
Fatiga (v-RMS)	Variables IO-Link	Word	%IW71
Choque (a-Peak)	Variables IO-Link	Word	%IW75
Friccion (a-RMS)	Variables IO-Link	Word	%IW79
Cresta_VVB001	Variables IO-Link	Word	%IW87
Fatiga_Real	Variables IO-Link	Real	%MD102
Choque_Real	Variables IO-Link	Real	%MD104
Friccion_Real	Variables IO-Link	Real	%MD106
Temperatura-VVB001_R	Variables IO-Link	Real	%MD108
Cresta_Real	Variables IO-Link	Real	%MD110
v-RMS_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M30.0
Advertencia_v-RMS_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M30.1
Advertencia_v-RMS_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M30.2
VVB001-Conectado	Variables IO-Link	Bool	%M30.3
Valor_Medido_Valido-VVB001	Variables IO-Link	Bool	%M30.4
Vibracion-VVB001	Variables IO-Link	Byte	%IB103
a-Peak_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M40.0
Advertencia_a-Peak_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M40.1
Advertencia_a-Peak_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M40.2
a-RMS_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M50.0
Advertencia_a-RMS_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M50.1
Advertencia_a-RMS_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M50.2
°C_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M60.0
Advertencia_°C_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M60.1
Advertencia_°C_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M60.2
Cresta_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M70.0
Advertencia_Cresta_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M70.1
Advertencia_Cresta_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M70.2
Convertidor-TP3231	Variables IO-Link	Byte	%IB70
TP3231-Conectado	Variables IO-Link	Bool	%M20.1
Valor_Medido_Valido-TP3231	Variables IO-Link	Bool	%M20.2
Temperatura_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M0.1
Advertencia_Temperatura	Variables IO-Link	Bool	%M0.2
Velocidad_de_Rotacion	Variables IO-Link	Int	%MW112
DI5028	Variables IO-Link	Int	%IW104
Velocidad_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M80.0
Advertencia_Velocidad_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M80.1
Advertencia_Velocidad_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M80.2
SSC1	Variables IO-Link	Bool	%M80.3
SSC2	Variables IO-Link	Bool	%M80.4
Leva_Detectada	Variables IO-Link	Bool	%M80.5
Mantenimiento_Requerido	Variables IO-Link	Bool	%M80.6
Fuera_de_Especificacion	Variables IO-Link	Bool	%M80.7
Comprobacion_de_Funcionamiento	Variables IO-Link	Bool	%M90.0
Fallo	Variables IO-Link	Bool	%M90.1
DI5028_Conectado	Variables IO-Link	Bool	%M90.2
Valor_Valido_DI5028	Variables IO-Link	Bool	%M90.3
Velocidad_DI5028	Variables IO-Link	Byte	%IB108
Proceso	Variables IO-Link	Byte	%IB107
Temperatura_Real	Variables IO-Link	DWord	%MD100
Paro	Variable estándar	Boolean	%M0.2
PARO_LV1	Variable estándar	Boolean	%M1.2
INICIO	Variable estándar	Boolean	%I0.0
INICIO_LV1	Variable estándar	Boolean	%M1.1

Comunicación del NI OPC SERVER.

Para la comunicación entre el controlador S7-1200, el maestro IO-Link y la PC en la cual se encuentra instalado el Software de Programación gráfica LabVIEW se utilizó la interfaz de comunicación OPC la cual es una tecnología de comunicación con una arquitectura de cliente y servidor. Una aplicación actúa de servidor proporcionando datos y otra actúa como cliente leyéndolos o manipulándolos. El OPC es la tecnología de comunicación industrial estándar. Ello permite el intercambio de información entre múltiples dispositivos y aplicaciones de control sin restricciones o límites impuestos por los fabricantes. Un servidor OPC puede estar comunicándose continuamente con los PLCs de campo, en esta comunicación se crea un servidor en la cual consta del envío/recibo de datos que el PLC y toma la información que se obtiene de los sensores IFM para mandarlos a LabVIEW como se muestra en la figura 10.

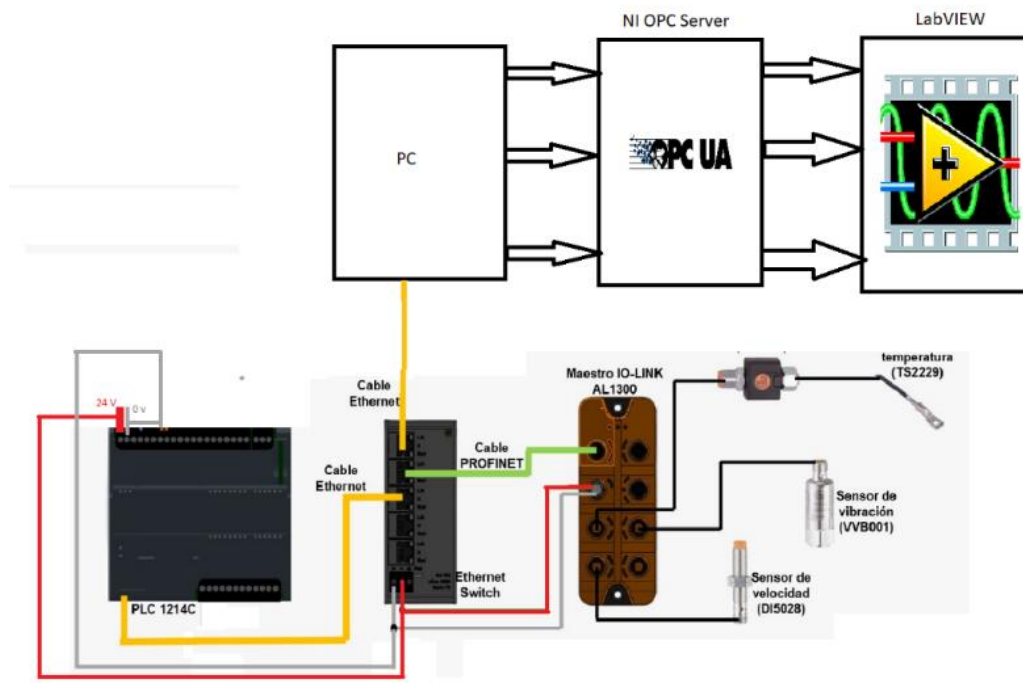


Figura 10. Diagrama de conexión OPC+PLC+Sistema IO-Link+LabVIEW.

Para la creación de dicho servidor se creó un canal, en conjunto con el driver (Siemens TCP/IP Ethernet):

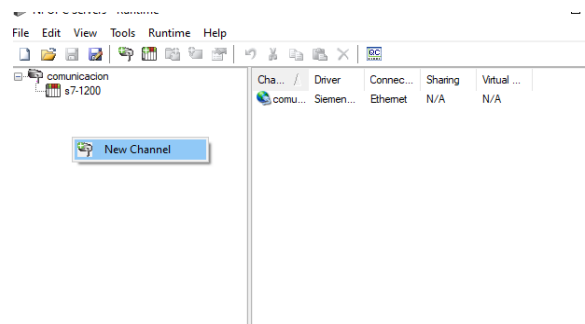


Figura 11. Creación de canal OPC Server.

Esto permite añadir el dispositivo, el cual fue nombrado como s7-1200, con una dirección IP del dispositivo heredada desde la programación realizada en TIA Portal, esta IP ya está definida en nuestra programación de TIA Portal V16, dirección: **192.168.0.10**.

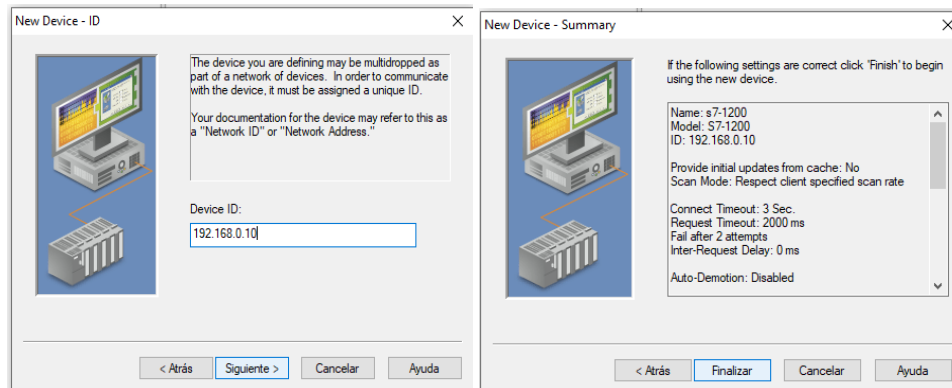


Figura 12. Configuración del dispositivo en OPC Server.

Con la finalidad de vincular las variables utilizadas en el PLC para ser monitoreadas en LabVIEW, se utilizó el servidor OPC estableciendo las mismas direcciones y tipo de dato a ser leído, tal y como se ilustra en la figura 13.

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate
temperatu...	M0.1	Boolean	100
Adverten...	M0.2	Boolean	100
encendido	M1.1	Boolean	100
apagado	M1.2	Boolean	100
Sensor te...	M20.1	Boolean	100
Rms-enra...	M30.0	Boolean	100
ad-rms bajo	M30.1	Boolean	100
ad-rms-alto	M30.2	Boolean	100
Sen-vib-C...	M30.3	Boolean	100
apeaker...	M40.0	Boolean	100
apeak-de...	M40.1	Boolean	100
apeakalto	M40.2	Boolean	100
cvibbajo	M60.1	Boolean	100
cbivalto	M60.2	Boolean	100
crestaenr...	M70.0	Boolean	100
crestabaja	M70.1	Boolean	100
crestaalta	M70.2	Boolean	100
velocidad...	M80.0	Boolean	100
bajavel	M80.1	Boolean	100
velalta	M80.2	Boolean	100
SSC1	M80.3	Boolean	100
SSC2	M80.4	Boolean	100
Leva	M80.5	Boolean	100
Sensor d...	M90.2	Boolean	100
Temperat...	MD100	Float	100
Vibracion ...	MD102	Float	100
a-peak vib	MD104	Float	100
Friccion	MD106	Float	100
Vibtemp	MD108	Float	100
crestavib	MD110	Float	100
velocidad	MW112	Word	100

Figura 13. Lista de variables en NI OPC Server.

Una vez establecida la vinculación de variables y la comunicación entre el dispositivo y OPC Server, se procedió al diseño y configuración de la interfaz en LabVIEW (versión recomendada: 2020 SP1 en adelante), mediante la librería DSC para poder añadir el servidor (I/O Server) “National Instruments.NIOPCServerV5” en conjunto con la lista de variables previamente creada.

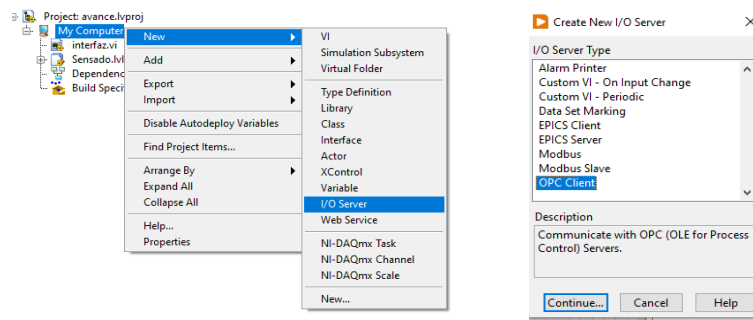


Figura 14. Selección y configuración de I/O Server en LabVIEW.

El cliente OPC fue denominado “Sensado” y mediante la herramienta de “Create Bound Variables” se realizó la extracción de variables que se utilizarán para la interfaz virtual (VI), tal como se muestra en la figura 15.

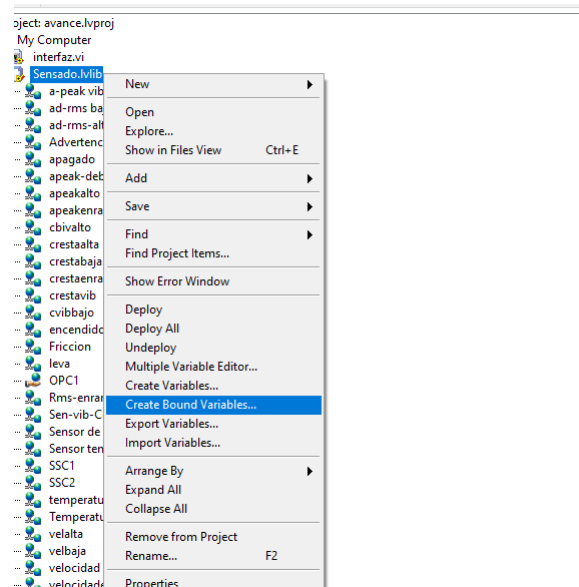


Figura 15. Extracción de las variables creadas en OPC para la interfaz en LabVIEW.

Mediante el diagrama a bloques se vincularon las variables deseadas con los indicadores más adecuados para la visualización en la interfaz, incluyendo gráficas sincronizadas con los datos enviados por la adquisición de señales en el PLC.

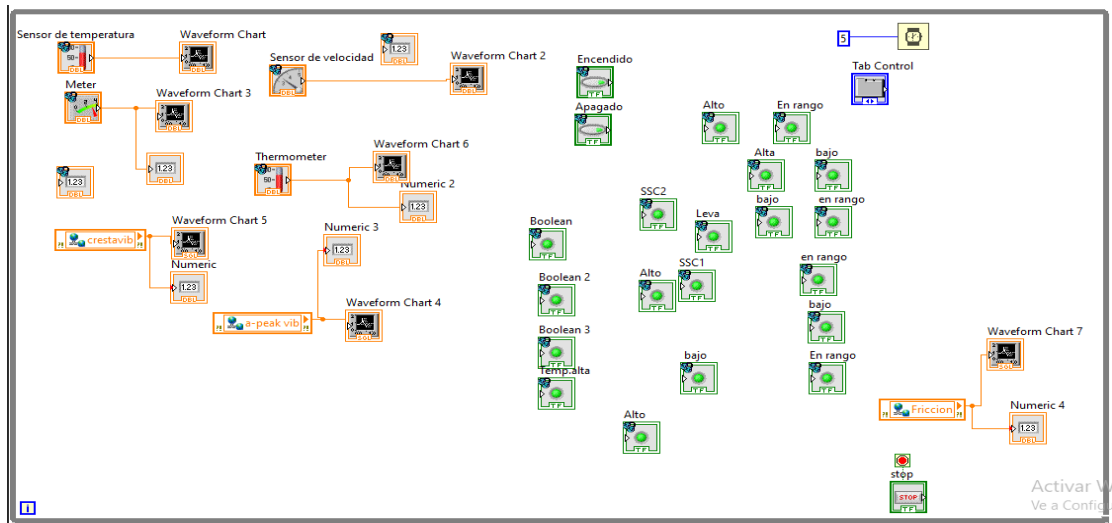


Figura 16. Diagrama de bloques de la interfaz con vinculación de variables.

4. Resultados.

Después de la realización de todos los procedimientos previamente descritos, el diseño de la interfaz se conformó en 2 secciones: la sección izquierda es la visualización de los estados de los sensores y la sección derecha con la adquisición de datos recibidos por los sensores mediante IO-Link (figura 17).

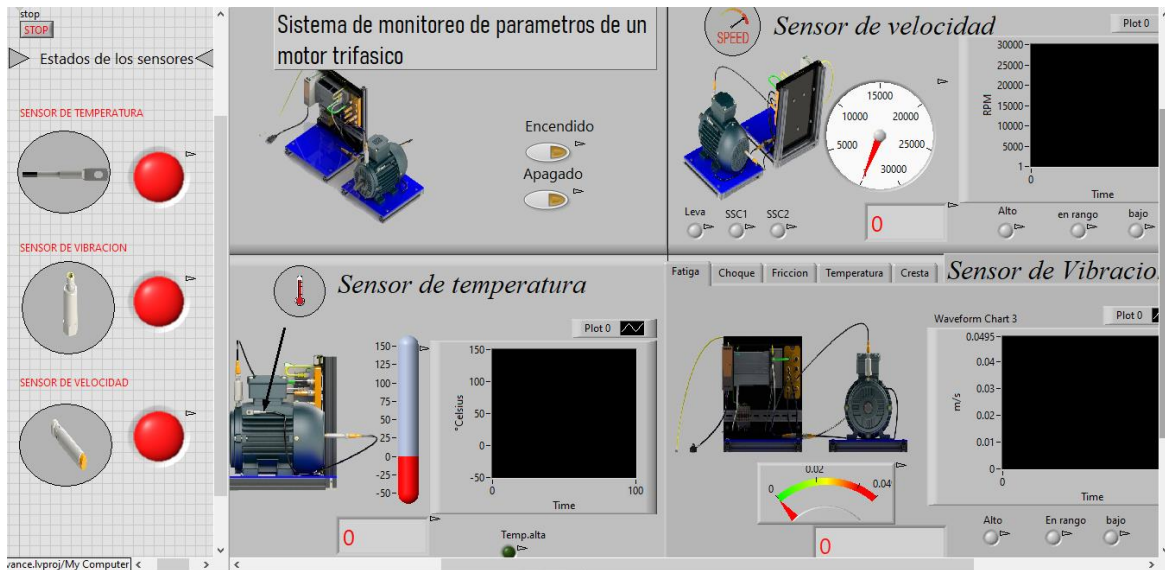


Figura 17. Interfaz SCADA del sistema de monitoreo de variables del motor de inducción trifásico.

En la figura 18 se presenta el sistema SCADA conectado con un cable ETHERNET al switch ethernet, que a su vez está comunicado con el IO-Link Master, que recopila la información de los sensores en el motor de inducción con los parámetros de velocidad, temperatura y vibración.

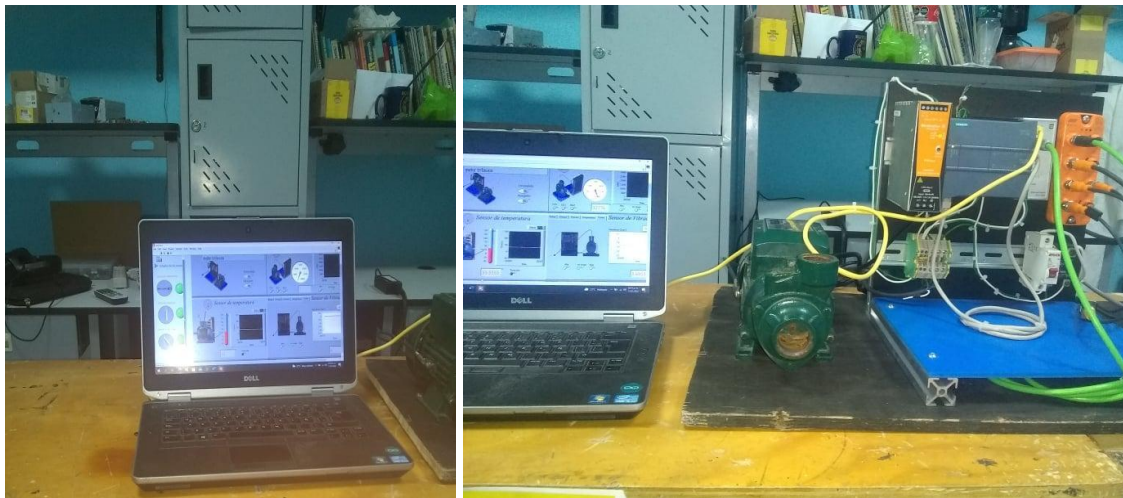


Figura 18. Sistema de monitoreo de variables críticas de un motor de inducción mediante IO-Link.

Para comprobar los resultados del sistema se utilizó LR Device de IFM Electronic. Se evaluaron los datos medidos directamente desde el software de la empresa y el comportamiento de las variables cuando el motor está apagado y encendido, para posteriormente comparar los valores que se están adquiriendo en la Interfaz gráfica en LabVIEW.

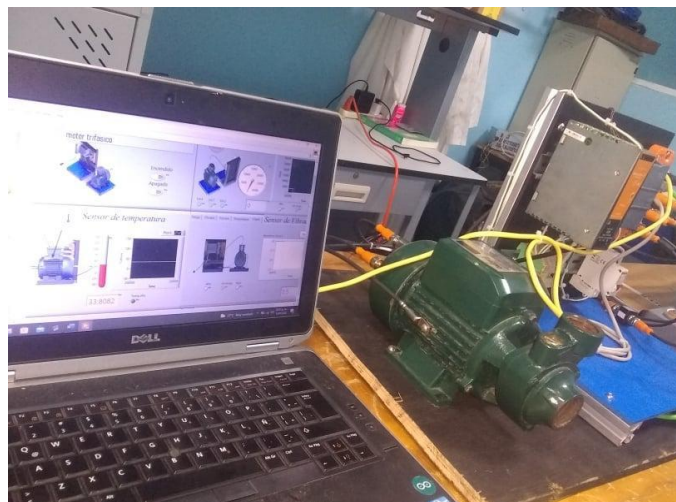


Figura 19. Medición de variables del motor de inducción.

Como ejemplo para este artículo, se compararon los datos obtenidos por parte del sensor de temperatura TP3221 cuando el motor WEG está encendido. Observando los datos que se nos muestra en LR Device en la figura 20, con un valor de 32.8°C en operación y su comportamiento gráfico.

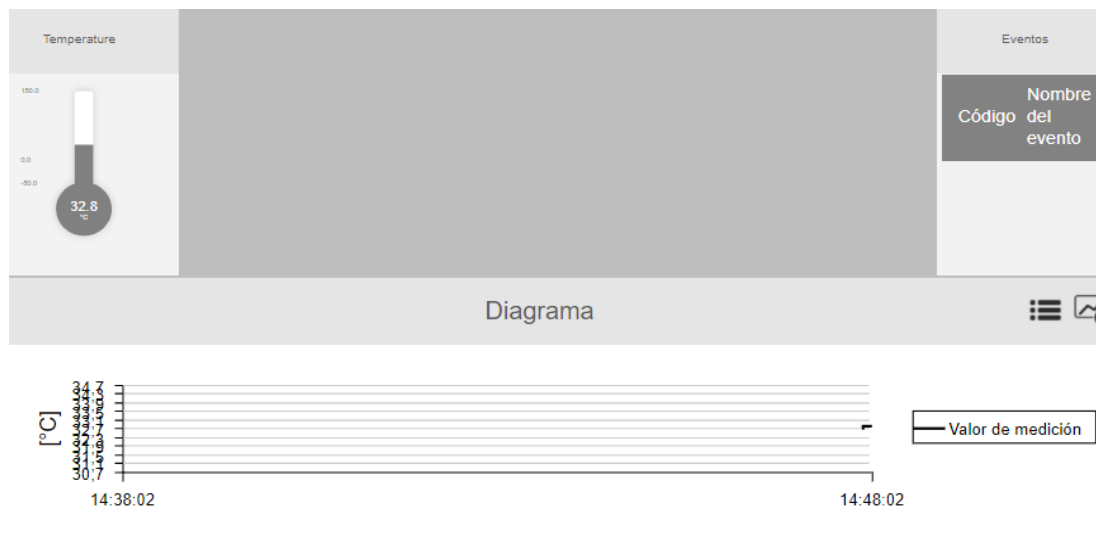


Figura 20. Monitoreo del sensor TP3221 en LR Device(motor encendido).

Mientras que con la interfaz SCADA diseñada en LabVIEW se puede observar en la figura 21 que los datos que recibe del servidor tienen un valor de 32.3°C, lo que genera un error del 1.52% en la obtención de la información.

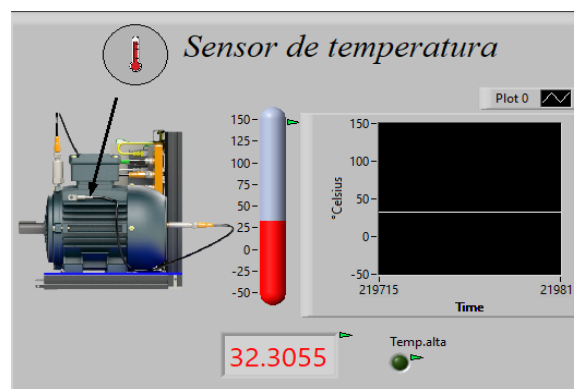


Figura 21. Monitoreo del Sensor TP3221 en LabView (motor encendido).

El mismo procedimiento se realizó con los sensores restantes, y se muestran ejemplos en la figura 22 y figura 23 de estas comparativas, siendo que se cuenta con todos los datos comprobatorios para posterior análisis.

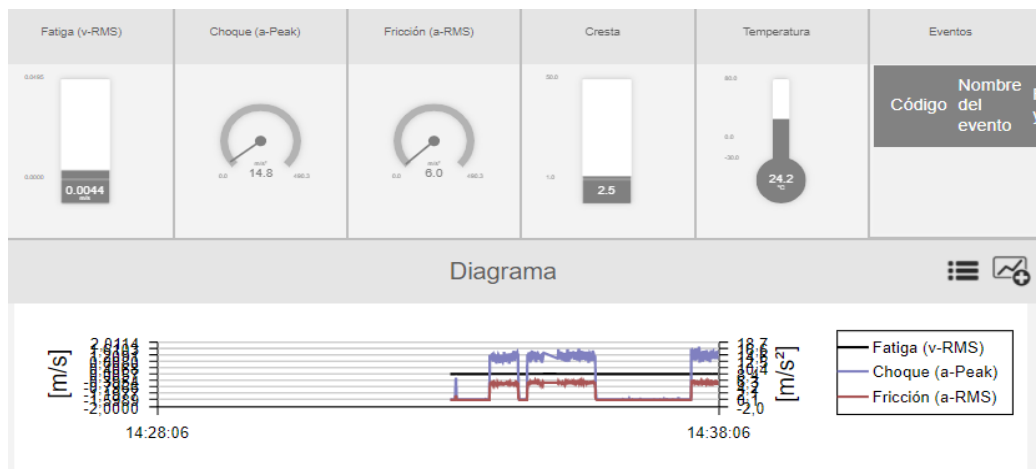


Figura 22. Monitoreo del sensor VVB001 choque en LR Device (motor encendido).

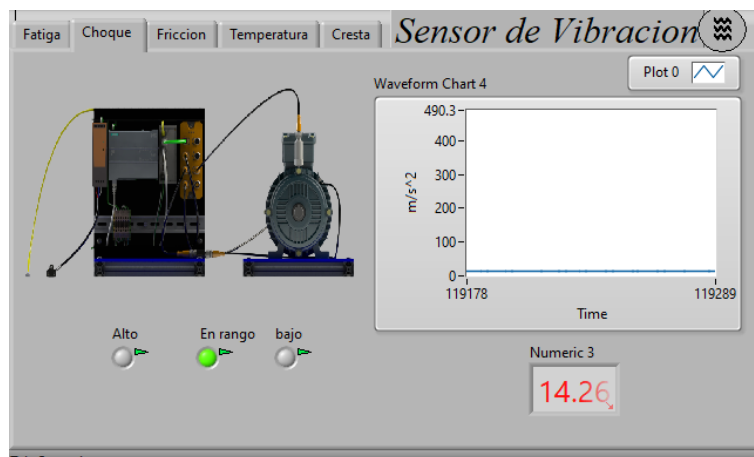


Figura 23. Monitoreo del sensor VVB001 choque en LabVIEW (motor encendido).

Créditos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto 14389.22-P (“Sistema didáctico de monitoreo de variables críticas de un motor de inducción trifásico”), de la convocatoria de apoyo a proyectos de desarrollo tecnológico e innovación 2022 y las facilidades del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez para la realización de este trabajo.

Conclusiones.

En el desarrollo de este sistema de monitoreo se pudo constatar la gran ventaja de utilizar la comunicación industrial IO-Link ya que facilita el tiempo de instalación, configuración, la reducción de cableados y el costo. Así también utilizar una de las grandes ventajas de las comunicaciones industriales en este caso Profinet que es la adquisición de datos en tiempo real, estos protocolos de comunicación facilitan en gran manera las aplicaciones en entornos académicos y de investigación.

En el presente trabajo se realizó el diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo de variables críticas de un motor trifásico haciendo uso de sensores industriales IFM utilizando tecnología de Industry 4.0 tales como la comunicación industrial Profinet y el protocolo de comunicación IO-Link, el cual se perfila para ser la interfaz digital más potente para ofrecer soluciones inteligentes. Para este trabajo representó una gran ventaja para desarrollar conocimientos en su uso y lograr adquirir variables desde el maestro IO-Link como temperatura, vibración y velocidad comunicadas al PLC S7-1200 y enviadas por este mediante OPC SERVER a un software SCADA 'Labview' que permitió representarlas en tiempo real mediante graficas de tendencias y registros de monitoreo.

Así también hay que mencionar que este desarrollo es parte de los sistemas de entrenamiento que se están desarrollando en el Laboratorio Industry 4.0 IFM-TecNM, que permitirá desarrollar habilidades y competencias en esta tendencia industrial.

Referencias bibliográficas.

- Ayllon, N. (2021).** *What is PROFINET? - PROFINET Explained - PI North America Blog. PI North America.* Recuperado 12 de enero de 2022 <https://us.profinet.com/profinet-explained/>.
- Copadata (2021).** *¿Qué es SCADA?.* Recuperado 11 de enero de 2022, de <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-es-scada/>.
- Figuerola, F. (2020).** *Scada: que es, para que sirve, como funciona. sensoricx.* Recuperado 11 de enero de 2022, de <https://sensoricx.com/mediciones/scada-que-es-para-que-sirve-ventajas-como-funciona/>.
- IFM. (2021).** *Ifm electronic.* Recuperado 19 de Junio de 2022 <https://www.ifm.com/mx/es>.
- J. Trujillo (2011).** *¿Que es labview? Desarrollo de Prototipos Electronicos.* Recuperado 12 de enero de 2022, de <https://jfrujilloa.wordpress.com/2011/01/12/%C2%BFque-es-labview/>.

Información de los autores.



Osbaldo Ysaac García Ramos, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Académico Departamento de Eléctrica-Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Tiene 17 años de experiencia docente. Tiene Cursos especialización en Mecatrónica en Universidad de Esslingen Alemania, en la empresa Emco Salzburgo Austria, en la empresa Festo Estados Unidos y Festo México. Responsable técnico del proyecto de investigación "Consolidar un centro de investigación y desarrollo de vehículos eléctricos funcionales y confortables e impulsados por energía limpia" junto con la empresa Invmex S.A de C.V., 2015. Ha desarrollado proyectos de investigación como 'Sistema de medición de hélices de barco para la secretaria de marina financiado por Conacyt y Semar', "Diseño y caracterización de Biomateriales a partir de macromicetos como alternativa al uso del unicel" en el año 2014 (financiados por Conacyt). Es profesor con perfil deseable PRODEP desde 2019.



Aldo Esteban Aguilar Castillejos, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ing. Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) en el 2011 y el título de Ingeniero en Electrónica en el mismo Instituto, con especialidad en Instrumentación y Control. Cuenta con la certificación CSWA, CSWP, CSWP Avanzado de SolidWorks; así como un Diplomado en el motor de desarrollo de videojuegos UNREAL, Diplomado en Microsoft Teams y Diplomado en competencias para la enseñanza de las ciencias. Acreedor al premio de desempeño a la excelencia EGEL 2018 y Miembro del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del Estado de Chiapas. Ha participado en el desarrollo de proyectos de investigación (PEI Conacyt) para empresas privadas, desarrollo de patentes con desarrollos tecnológicos en el Estado de Chiapas y fue parte del cuerpo de investigación de la Universidad del Valle de México Campus Tuxtla hasta el 2022. Actualmente es parte del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes” del I.T.T.G. con desarrollos de proyectos financiados por CONACyT y el TecNM. Con campos de interés en: dispositivos opto-mecatrónicos, manufactura, sensores de fibra óptica, instrumentación y control.



José Ángel Zepeda Hernández, es Ingeniero Industrial en Eléctrica y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez e investigador desde 1999, Imparte cátedra en el área de Ingeniería Electrónica y la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el ITTG, donde imparte las asignaturas de Diseño con Transistores y Electrónica Básica respectivamente. Líder del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes”.



Álvaro Hernández Sol, es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Certificado en SolidWorks Associate. Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundo y asesora el “Club de robótica del ITTG”. Colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “Robótica” y es parte del cuerpo académico “sistemas de control inteligentes”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.



Raúl Moreno Rincón, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME-IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Certificado en SolidWorks Associate. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y Colabora en la línea de investigación “Robótica” de Ingeniería electrónica y es parte del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes”. Ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, sistema de control de animatronic, entre otros.



Joel Gómez Pérez, es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduado en 2005; Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduado en 2013. Ha colaborado con diversas universidades; entre ellas la Universidad del Valle de México, Universidad Politécnica de Chiapas (UPCH) en el área de Ingeniería Mecatrónica, Biomédica, Energía; entre otros. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010. Es profesor con perfil deseable PRODEP desde 2017 y jefe de laboratorio de Física en el departamento de Ciencias Básicas.

Sistema traductor de Lenguaje de Señas Mexicano v3.0.

Mexican Sign Language translator system v3.0.

Álvaro Hernández Sol* (1).
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
alvaro.hs@tuxtla.tecnm.mx.

Ivanna Guadalupe Ramírez Espinosa (2). Estudiante de la Universidad Politécnica de Chiapas.
ivannaramirezi@hotmail.com.

Bryan Ramírez Molina (3). Estudiante del Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez.
bryan56@live.com.mx.

Ulises Alonso Martínez Ramos (4). Estudiante de la Universidad Politécnica de Chiapas.
alonsoramos97@gmail.com.

Osbaldo Ysaac García Ramos (5). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez.
osbaldo.gr@tuxtla.tecnm.mx.

Rubén Herrera Galicia (6). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez.
ruben.hg@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en mayo 04, 2022; aceptado en julio 01, 2022.

Resumen.

El presente artículo describe el diseño de un sistema traductor de lenguaje de señas mexicano usando sensores flex, acelerómetro y giroscopio aplicado en un par de guante comunes. Los sensores proporcionan la capacidad de identificar la posición de los dedos de las manos y conocer el desplazamiento en tres dimensiones del movimiento al comunicarse en lenguaje de señas mexicano. En cada dedo de ambas manos se coloca un sensor flex y en cada dorso se ubica un acelerómetro/giroscopio para la determinación de posición y movimiento tridimensional. Los datos de los sensores son usados como entrada al sistema experto que realiza la identificación de las diferentes palabras y frases que se utilizan de manera coloquial en LSM. En pruebas realizadas de posición y ángulo del par de guantes se lograron identificar 10 palabras y 5 frases comunes en LSM. Las consideraciones que hay que tomar en cuenta cuando se usa este tipo de sistemas, es que en el lenguaje de señas mexicano, no son sola la posición y movimiento de las manos las que se utilizan para la comunicación, ya que se tiene que considerar los movimiento y gestos que se realizan con las facciones del rostro, que para este estudio no fueron considerados.

Palabras clave: Acelerómetro, giroscopio, LSM, sensor flex.

Abstract.

This article describes the design of a Mexican sign language translator system using flex sensors, accelerometer and gyroscope applied in a common pair of Gloves. The sensors provide the ability to identify the position of the fingers of the hands and knowing the displacement in three dimensions of the movement when communicating in Mexican sign language. A flex sensor is placed on each finger of both hands and an accelerometer/gyroscope is located on each back to determine position and three-dimensional movement. The sensor data is used as input to the expert system that performs the identification of the different words and phrases that are used colloquially in LSM. In position and angle tests were identified 10 words and 5 common phrases in LSM. The considerations that must be taken into account when using this type of system is that in Mexican sign language, it is not only the position and movement of the hands that are used for communication, since the movement and gestures that are made with the features of the face, which were not considered for this study.

Keywords: Accelerometer, gyroscope, LSM, sensor flex.

1. Introduction.

A lo largo de la historia la humanidad ha buscado comunicarse, gracias a que lo ha logrado de manera exitosa ha sido el ápice de su desarrollo como especie en su mejor característica lo que más la hace destacar sobre las demás especies con las que coexiste en su ecosistema mundial, logrando entablar relaciones por igual en negociaciones y ayuda mutua entre individuos. La capacidad del ser humano de compartir información de manera primaria ha sido la forma oral, forma que se mantiene vigente hasta los días actuales por la necesidad del ser humano. ¿Por qué la comunicación oral es tan efectiva? La misma necesidad que el ser humano posee por aprender y guardar información de los conocimientos de cada generación ha sido información transmitida de boca en boca porque ocupa elementos que se encuentran en su propio medio: Emisor, receptor y canal este último hace llegar un mensaje al receptor para decodificarlo en sus variados idioma realizando un proceso comunicativo eficiente. La vitalidad de la comunicación oral es que la mayoría de los mensajes que son enviados por un emisor son atreves del sonido o gesticulaciones que esta pueda mostrar con comunicación corporal, el proceso comunicativo se ve afectado cuando el canal por situaciones ambientales que interfieren la llegada del mensaje o el receptor esta indispueto a recibir el mensaje debido a que no tiene la capacidad de percibir de manera sonora o no puede devolver una respuesta al quien fue el emisor. Las dificultades que puede traerle a un ser humano el no poder comunicarse son demasiadas y en su ingenio el ser humano buscará la manera de lograr esa comunicación mediante el uso de herramientas que le briden ayuda para lograr una comunicación eficiente. Cuando una persona sordomuda, quien no cuenta con la forma de recibir un mensaje oral y por su condición no puede emitir un mensaje se ha buscado crear sistemas de comunicación lo cuales emplea otros sentidos de ellos mismos o diversas herramientas para lograr la comunicación. Han incurrido a crear un lenguaje de señas, del tal hay dos tipos, el Lenguaje de Señas Internacional (LSI), y el lenguaje de señas particular de cada país o región (Serafín, 2011). La base central del presente proyecto el Guante Traductor de Lenguaje de Señas Mexicano (LSM) se ha gestado con el plan de facilitar la comunicación entre personas sordo-mudas del país y personas de habla oral, debido a que no todos saben el lenguaje de señas mexicano (LSM) Abriendo así la oportunidad a este proyecto, realizando un estudio de las gesticulaciones de las manos y dedos en el (LSM), traducir las palabras que mediante programación las palabras estarán determinadas y el guante ser capaz de interpretar dichos movimientos y traducirlos al lenguaje oral. Si consideramos lo que menciona Cruz (2008) en su tesis, que la traducción del LSM no puede realizarse haciendo la traducción de palabra por palabra, sino que se tiene que considerar también la gesticulación del rostro, así como el desplazamiento y posición del mismo para lograr una traducción adecuada de lenguaje, los resultados presentados en este artículo no son concluyentes para asegurar una completa traducción del lenguaje. Aunque se puede facilitar la comunicación entre personas que poseen esta discapacidad con personas normo-oyente. Lo permitirá un desarrollo social indispensable para la coexistencia de los seres humanos.

En el caso del estado de Chiapas, por cada mil habitantes con discapacidad de hablar o comunicarse se tiene un porcentaje del 14.4%. Las causas de esta discapacidad son: la primera por enfermedad (34.6%) y la segunda por nacimiento (31.8%) (INEGI, 2017).

2. Métodos.

Lenguaje de señas mexicano.

Actualmente la sordera es uno de los factores determinantes para pertenecer a la comunidad sorda. la persona que tiene problemas de sordera se reconoce a sí mismo como un agente de cambio, debido a que luchan por sus derechos, dentro de los cuales está la educación obligatoria, gratuita y bilingüe en LSM. Considerando la interpretación y estenografía proyectada en toda la televisión educativa.

Un procedimiento válido para lograr un análisis fonológico de la LSM es partir de un conjunto de señas elicidas de forma aislada, para posteriormente considerarlas de acuerdo al contexto de uso. Determinando categorías de las señas (configuración manual, ubicación, orientación, dirección y el empleo de rasgos no manuales) de forma aislada, ver figuras 1-2. Para finalizar con los procesos fonológicos y morfológicos que se desarrollan en las señas dentro de un contexto.

Consideraciones prácticas.

En esta investigación una serie de experimentos para obtener un sistema que permitirá la identificación de los siguientes aspectos.

- Posición de los dedos al generar una configuración manual.
- Ubicación y orientación de las manos en tres dimensiones.
- Dirección de movimiento al realizar una palabra o frase.



Figura 1. Configuración manual y ubicación de LSM.

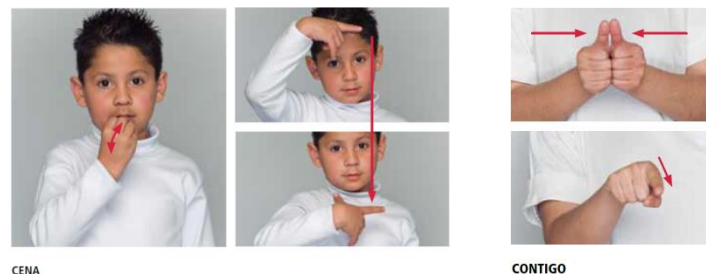


Figura 2. Orientación y dirección de LSM.

Para lograr lo anterior se utilizaron los siguientes materiales en el desarrollo del sistema.

- Sensores Flex de 4.5", usados para la determinación de la dactilología (figura 3).
- Acelerómetro y giroscopio (MPU6050) para la determinación de ubicación, orientación y dirección de movimiento de las manos (figura 4).

- Arduino Nano, para lectura y determinación de palabra o frase a reconocer.
- Módulo Bluetooth transmisión de frase a aplicación de celular.



Figura 3. Sensores flex.



Figura 4. Acelerómetro/giroscopio.

Pruebas.

En las pruebas se utilizó un par de guantes de Nylon donde se colocaron los sensores flex, uno por cada dedo de la mano, además de ubicar el acelerómetro/giroscopio en el dorso del guante, ver figura 5. Con todos los componentes en su lugar se procedió a realizar pruebas de determinación de posición, ubicación, orientación y dirección de movimientos.



Figura 5. Sistema traductor de LSM.

Considerando que el sensor flex se puede flexionar de 0 a 180°, pero que la posición de los dedos no puede superar los 90°, se realizaron pruebas de posiciones que se presentan más frecuentemente en las diferentes palabras a

identificar. En la figura 6, se puede observar cómo se comporta la medición en los diferentes dedos de las manos, cuando los colocamos en diferentes posiciones (0° , 45° y 90°).

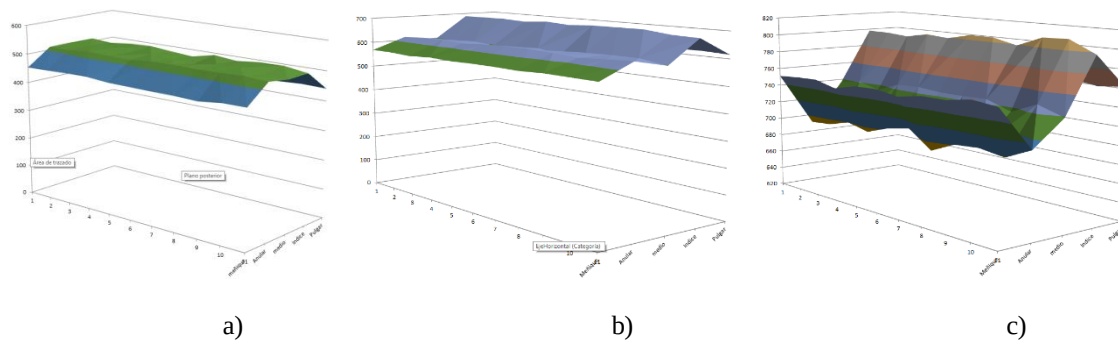


Figura 6. Lecturas de dactilología. a) 0° . b) 45° . c) 90° .

Con esta información se realizaron las pruebas de determinación de una serie de palabras predeterminada. Considerando únicamente la información de posición que arroja cada uno de los dedos se identificó entre 6 distintas frases, las cuales son:

- Hola.
- Adiós.
- Buenos días.
- Buenas tardes.
- Buenas noches.
- Gracias.

Se obtuvieron buenos resultados con estas frases y palabras, de un total de 30 veces que se presentaron las frases se pudo identificar en un 75% de todas las repeticiones presentadas con solo considerar la posición de los dedos, ver tabla 1.

Después de realizar las pruebas de dactilología, se procedió a realizar la comprobación de los movimientos lineales y angulares de las manos, usando para esto el acelerómetro/giroscopio MPU6050. Se procedió a realizar las pruebas para los diferentes movimientos que se pueden presentar en el LSM. En las figuras 7-9 se presentan estos resultados.

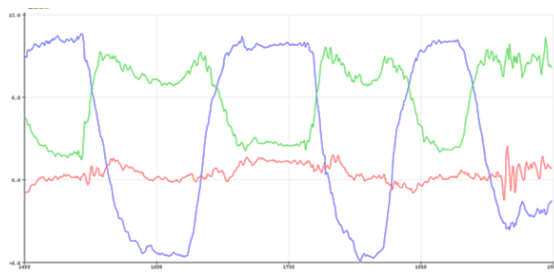


Figura 7. Movimiento lateral mano derecha (azul).



Figura 8. Movimiento adelante-atrás mano derecha (roja).

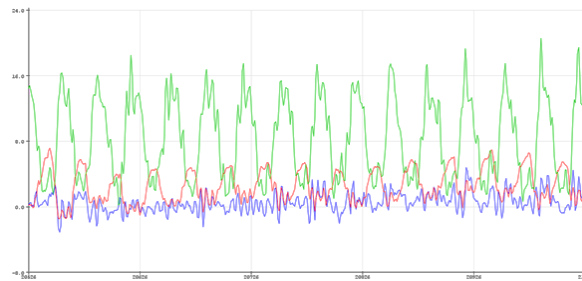


Figura 9. Movimiento ascendente mano derecha (verde).

Se puede observar en las gráficas que las señales tienen mucho ruido, por lo que fue necesario aplicar un filtro pasa bajo (Chipule, 2016), eliminando gran parte del ruido de alta frecuencia, que ocasionaba al intentar reconocer las frases, estas no sean bien identificadas.

Con esta información se procedió a realizar los movimientos usando los datos que se obtienen de los sensores flex y del acelerómetro y giroscopio para identificar las frases predefinidas., logrando incrementar en un 15% adicional la identificación de las frases propuestas, para lograr un 90% de frases identificadas (Tabla 1). En todas las pruebas realizadas en cada una de las frases que se identifican se lleva a cabo el mismo procedimiento, se parte de una posición fija (posición cero) y a partir de esta posición se lleva a cabo la identificación de la dactilología y el desplazamiento y rotación en tres dimensiones (x,y,z) para determinar la secuencia de palabras que componen la frase que se está representando y al final de cada frase se retorna a la posición de inicio. Ver figura 10.

Tabla 1. Frases reconocidas.

Frase	Dactilología	Dactilología/movimiento
Hola	27	30
Adiós	24	28
Buenos días	24	29
Buenas tardes	23	30
Buenas noches	13	18
Gracias	24	28

3. Discusión.

El realizar pruebas y experimentar y considerando los resultados se puede concluir que al usar los sensores flex en conjunto con acelerómetros y giroscopio se dota a un sistema de control electrónico de la capacidad de reconocer patrones de dactilología y de movimiento de las manos que intervienen en el proceso de comunicación en el lenguaje de señas mexicano (LSM). Por lo tanto, se puede afirmar que se cuenta con un sistema de identificación eficiente de frases simples del LSM. Con esta información se puede continuar incrementado la cantidad de frases del lenguaje, considerando aquellas que no requieran la gesticulación de la persona, considerando que estas no podrán ser identificadas.

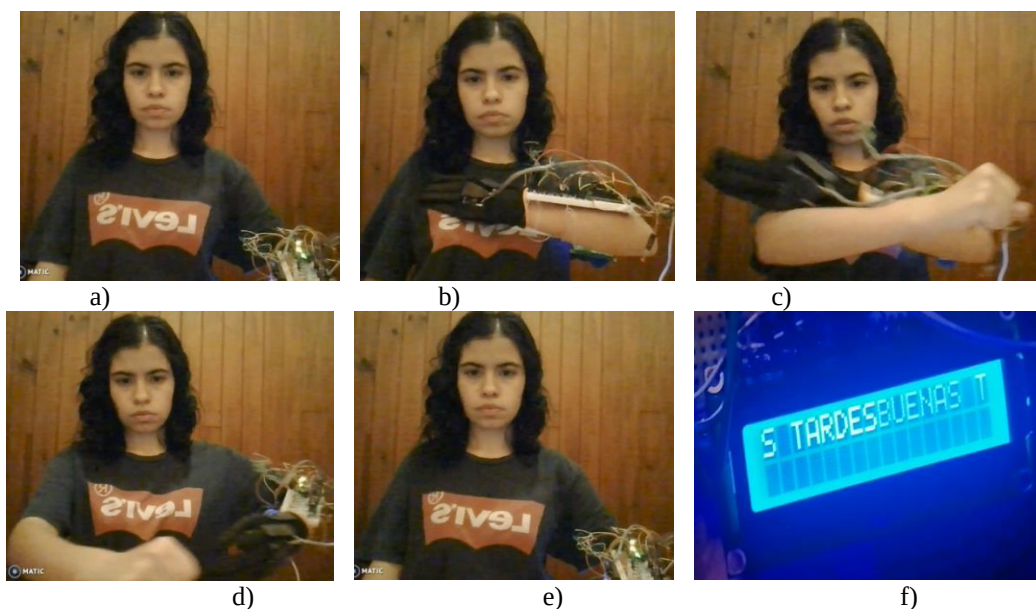


Figura 10. Proceso de reconocimiento (posición). a) Inicial de frase. b) Palabra "buenas". c) Inicial tardes. d) Final "tardes". e) Final de frase. f) Frase reconocida.

También se concluye que el desarrollo de una nueva tecnología tipo gadget que sea la herramientas para las personas sordomudas es posible, el sistema traductor se ve limitado en su parte por ser un prototipo desarrollo en primera y segunda fase, solo ensamblado obteniendo resultados superficiales, pero mostrando que su programación va encaminada y se puede mejorar sus características y eficiencia de diseño con el uso de otras tecnologías ya existentes, como el modelo bluetooth pasivo, una app de desarrollo para android o IOS que igual se complemente con el guante, así como el Kinect de Microsoft se complementa con su consola de videojuegos.

Créditos.

Se quiere agradecer de la manera más respetuosa al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto 11162.21-P, de la convocatoria de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación 2021 y las facilidades del Tecnológico Nacional de México Campus Tuxtla Gutiérrez para la realización de este trabajo sin el cual no hubiese sido posible lograr los resultados presentados.

Referencias bibliográficas.

- Chipule, A. y Aguila, G. (2016).** Diseño de un filtro digital pasa bajas de primer y segundo orden a partir de un circuito RC. *Pistas educativas*, 120, 1111-1120.
- Cruz, M. (2008).** *Gramática de la lengua de señas mexicana*. El colegio de México, centro de estudios lingüísticos y literarios. Tesis de Doctorado.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía México (2017).** La discapacidad en México, datos al 2014: versión 2017. México: INEGI. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estr uc/702825094409.pdf

Serafin, M.; González, R.. (2011). *Manos con voz, diccionario de lenguaje de señas mexicana*. Consejo Nacional para prevenir la discriminación (CONAPRED). Recuperado de https://www.conapred.org.mx/documentos_cedoc/DiccioSenas_ManosVoz_ACCSS.pdf

Información de los autores.



Álvaro Hernández Sol es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Certificado en SolidWorks Associate. Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundó y asesora el “Club de robótica del ITTG”. Colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “Robótica” y es parte del cuerpo académico “sistemas de control inteligentes”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.



Ivanna Guadalupe Ramírez Espinosa es Ing. Biomédico egresado de la Universidad Politécnica de Chiapas, durante su etapa académica cursó diplomados enfocados a Tecnovigilancia y Farmacovigilancia para la identificación y evaluación de incidentes adversos producidos por los dispositivos médicos en uso, así como la identificación de los factores de riesgo asociados a éstos. En la actualidad trabaja para una empresa de equipos médicos. Se especializa en instalación, capacitación y mantenimiento de equipos de quirófano.



Bryan Ramírez Molina es Ingeniero Electrónico con especialidad en telecomunicaciones egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Durante la etapa académica realizó labores externas a la escuela trabajando con aparatos auditivos en Blauton, una empresa especializada en el ámbito para personas con problemas auditivos. Actualmente se encuentra tomando un curso enfocado en el manejo de AutoCad para electrónica.



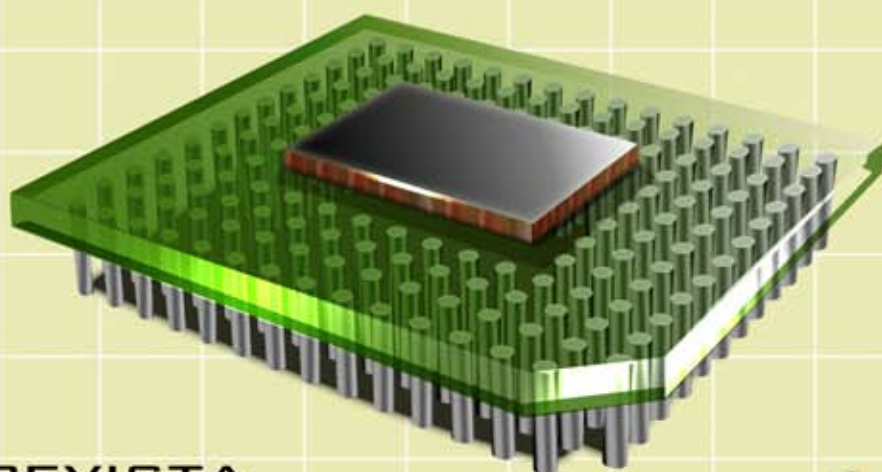
Ulises Alonso Martínez Ramos es Ing. Biomédico egresado de la Universidad Politécnica de Chiapas, durante su etapa académica cursó diplomados enfocados a redes de datos e IP para el uso de la telemedicina. En la actualidad se encuentra trabajando en venta, renta, mantenimiento, instalación y capacitación de equipos médicos, siendo especialista en Máquinas de anestesia.



Osbaldo Ysaac García Ramos, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Académico de Tiempo Completo en UVM desde 2005. Tiene 12 años de experiencia docente. Tiene Cursos especialización en Mecatrónica en Universidad de Esslingen Alemania, en la empresa Emco Salzburo Austria, en la empresa Festo Estados Unidos y Festo México. Responsable técnico del proyecto de investigación “Consolidar un centro de investigación y desarrollo de vehículos eléctricos funcionales y confortables e impulsados por energía limpia” junto con la empresa Invenex S.A de C.V., 2015. Ha desarrollado proyectos de investigación como ‘Sistema de medición de hélices de barco para la secretaria de marina financiado por Conacyt y Semar’, “Diseño y caracterización de Biomateriales a partir de macromicetos como alternativa al uso del unicef” en el año 2014 (financiados por Conacyt). Tiene participaciones en congresos internacionales como congreso Tecno láser Habana Cuba 2013 con artículo y ponencia ‘Método de registro automático de imágenes de rango tridimensionales para restauración de piezas arqueológicas’.



Rubén Herrera Galicia, obtuvo el título de doctor en ciencias técnicas con especialidad en electrónica por la Technical University of Warsaw, Polonia. Es profesor de tiempo completo adscrito al departamento de ingeniería eléctrica y electrónica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. Es investigador desde 1985 y colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Es parte del cuerpo académico “sistemas de control inteligentes”.



REVISTA
TECNOLOGÍA
DIGITAL

www.revistatecnologiadigital.com