

REVISTA IZTATL COMPUTACIÓN



1. Análisis del estado del arte de Minería de datos en Instituciones de Educación Superior para la toma de decisiones
9. LenSeñasMx: Realidad Aumentada para Aprendizaje Básico de Lenguaje de Señas Mexicano
17. Museo submarino usando realidad virtual
25. Realidad Aumentada enfocada al nuevo etiquetado en productos alimenticios
33. Modelo de sistema de control de acceso y gestión de operaciones de un estacionamiento privado
41. Clasificación de los dispositivos wearables y una propuesta de algoritmo para evaluar el desempeño energético
49. Clasificación de redes neuronales para cáncer en ovarios
57. Clasificación de la Hipótesis de Riemann por medio de árboles de decisión



Universidad Autónoma de Tlaxcala
Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología

Dr. Serafín Ortiz Ortiz
Rector

Dra. Margarita Martínez Gómez
Secretaria Académica

Dr. Alfredo Adán Pimentel
Secretario de Investigación Científica y Posgrado

Mtra. Diana Selene Ávila Casco
Secretaria de Extensión Universitaria y Difusión Cultural

M.C. Roberto Carlos Cruz Becerril
Secretario Técnico

Lic. Elvia Hernández Escalona
Secretaria Administrativa

Dr. Juan George Zecua
Secretario de Autorrealización

Dr. Arturo Elías Domínguez
Coordinador de la División de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología

M.C. José Antonio Joaquín Durante Murillo
Coordinador de Enlace Internacional, Vinculación e Intercambio Académico

Dra. Friné López Medina
Directora de la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología

Dr. Miguel Ángel Munive Rojas
Secretario de la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología

Mtro. Patrick Hernández Cuamatzi
Coordinador de Posgrados en Computación y Electrónica

Mtra. Carolina Rocío Sánchez Pérez
Coordinadora de Ingeniería en Computación



Comité Editorial

Dra. Marva Angélica Mora Lumbreras

M.C. Carolina Rocío Sánchez Pérez

M.I.A. Norma Sánchez Sánchez

Revista Iztatl Computación

Revista Iztatl Computación, año 11, No. 22, julio-diciembre 2022, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Tlaxcala en coordinación con la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología. Calle del Bosque s/n Colonia Tlaxcala centro C.P. 90000, Tlaxcala, Tlax, México. Teléfono (246) 4621422, <https://ingenieria.uatx.mx/revistas.html>, iztatl.computacion@gmail.com. Editor Responsable: Marva Angélica Mora Lumbreras. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2016- 102413050300-203, ISSN: 2007-9958, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsables de la última actualización de este número, Universidad Autónoma de Tlaxcala en coordinación con la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología. Calle del Bosque s/n Colonia Tlaxcala centro C.P. 90000, Tlaxcala, Tlax, México. Teléfono (246) 4621422, Dra. Marva Angélica Mora Lumbreras, fecha de última modificación, 7 de noviembre de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente 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 de la Universidad Autónoma de Tlaxcala a través de la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología.

Comité Revisor

Dr. Alberto Portilla Flores, UAT

Dr. Brian Manuel González Contreras, UAT

Dr. Carlos Sánchez López, UAT

Dr. Francisco Javier Albores Velasco, UAT

Dr. Ricardo Pérez Águila, UTM

Dra. Claudia Zepeda Cortés, BUAP

Dra. Leticia Flores Pulido, UAT

Dr. Luis Enrique Colmenares Guillén, BUAP

Dra. María Enedina Carmona Flores, UAT

Dra. Marva Angélica Mora Lumbreras, UAT

Dra. Marisol Hernández Hernández, UAEM

Dra. Verónica Rodríguez Rodríguez, UDLAP

M.C. Carlos Santacruz Olmos, UAT

M.C. Carolina Rocío Sánchez Pérez, UAT

M.C. Esther Ortega Mejía, BGO LDCM

M.C. Juventino Montiel Hernández, UAT

M.C. María del Rocío Ochoa Montiel, UAT

M.C. Marlon Luna Sánchez, UAT

M.I.A. Norma Sánchez Sánchez, UAT

M.C. Patrick Hernández Cuamatzi, UAT

Instituciones participantes:

BGO LDCM.- Bachillerato General Oficial Luis Donaldo Colosio Murrieta

BUAP.-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

UAEM.- Universidad Autónoma del Estado de México

UAT.-Universidad Autónoma de Tlaxcala

UDLAP.-Universidad de las Américas, Puebla

UTM.-Universidad Tecnológica de la Mixteca





Noviembre del 2022 llega con la Revista Iztatl Computación edición No, 22, integrada por 8 artículos revisados y arbitrados, con el fin de que haya calidad en esta revista, los artículos publicados se describen brevemente a continuación:

1. Análisis del estado del arte de Minería de datos en Instituciones de Educación Superior para la toma de decisiones de Norma Sánchez Sánchez, Marva Angélica Mora Lumbreras, Carolina Rocío Sánchez Pérez, Alberto Portilla Flores presenta un análisis de diferentes Instituciones de Educación Superior donde han hecho uso de la minería de datos para poder obtener indicadores que les permitieron tomar decisiones.
2. LenSeñasMx: Realidad Aumentada para Aprendizaje Básico de Lenguaje de Señas Mexicano de Juan Pedro Morales Pluma, Orlando Vazquez Muñoz y Marva Angélica Mora Lumbreras muestra la aplicación LenSeñasMx utilizando Realidad Aumentada, enfocada al lenguaje de señas mexicano y desarrollado en dispositivos Android.
3. Museo submarino usando realidad virtual de Javier Benítez Sánchez, Marva Angélica Mora Lumbreras presenta un museo virtual submarino en el que hay 20 especies diferentes de peces y 10 obras de arte bajo el agua, las cuales son: Cristo de Copoya, Altar a la patria, El Pato, Caballo, Atenea Parthenos, Artemisa y Maussollos, Pierda del Sol, La Crucifixión, Xochipilli, Monumento Beethoven.
4. Realidad Aumentada enfocada al nuevo etiquetado en productos alimenticios de Carlos Alberto Maldonado Flores, Marva Angélica Mora Lumbreras se presenta la implementación de una aplicación de Realidad Aumentada enfocada a los sellos de los alimentos, para que los mexicanos conozcan las características de los productos que están consumiendo y puedan tomar una decisión más saludable con respecto a los alimentos que consumen.

5. Modelo de sistema de control de acceso y gestión de operaciones de un estacionamiento privado de Alberto de Ita Solís, Juventino Montiel Hernández, María Enedina Carmona Flores, Mariano Larios Gómez muestra un software para automatizar las tareas rutinarias de los encargados y la administración eficiente de los datos.
6. Clasificación de los dispositivos wearables y una propuesta de algoritmo para evaluar el desempeño energético de Marcos Espinosa Martínez, Antonio Barcelata Pinzón, José Lorenzo Muñoz Mata, Griselda Saldaña González presenta la clasificación de los disponibles en el mercado, el uso de la energía y la eficiencia energética para los dispositivos wearables.
7. Clasificación de redes neuronales para cáncer en ovarios de Gabriel León Hernández, Esli Merari Sanluis López, Alejandro Toscueto Flores, Leticia Flores Pulido se evaluó un conjunto de datos sobre cáncer de ovario con el propósito de hacer una clasificación para detectar de forma temprana mujeres que tienen esta enfermedad.
8. En la Clasificación de la Hipótesis de Riemann por medio de árboles de decisión de Julian Pérez Dolores, Leticia Flores Pulido, Fco. J. Albores Velasco, Carlos Pérez Corona, Dr. Perfecto Malaquías Quintero pretenden crear n valores naturales con la ayuda del software Matlab (lenguaje M), para ser evaluados dentro de su implementación y lograr observar dicha diferencia numérica que surge de sus n valores.

Deseamos que éstos artículos sean de su total agrado y que en la próxima edición de la Revista Iztatl Computación contemos con un artículo de investigaciones tuyas.

Marva Angélica Mora Lumbreras
Editora responsable



Índice

1. Análisis del estado del arte de Minería de datos en Instituciones de Educación Superior para la toma de decisiones
Norma Sánchez Sánchez, Marva Angélica Mora Lumbreras, Carolina Rocío Sánchez Pérez, Alberto Portilla Flores

9. LenSeñasMx: Realidad Aumentada para Aprendizaje Básico de Lenguaje de Señas Mexicano
Juan Pedro Morales Pluma, Orlando Vazquez Muñoz y Marva Angélica Mora Lumbreras

17. Museo submarino usando realidad virtual
Javier Benítez Sánchez, Marva Angélica Mora Lumbreras

25. Realidad Aumentada enfocada al nuevo etiquetado en productos alimenticios
Carlos Alberto Maldonado Flores, Marva Angélica Mora Lumbreras

33. Modelo de sistema de control de acceso y gestión de operaciones de un estacionamiento privado
Alberto de Ita Solís, Juventino Montiel Hernández, María Enedina Carmona Flores, Mariano Larios Gómez

41. Clasificación de los dispositivos wearables y una propuesta de algoritmo para evaluar el desempeño energético
Marcos Espinosa Martínez, Antonio Barcelata Pinzón, José Lorenzo Muñoz Mata, Griselda Saldaña González

49. Clasificación de redes neuronales para cáncer en ovarios
Gabriel León Hernández, Esli Merari Sanluis López, Alejandro Toscuento Flores, Leticia Flores Pulido

57. Clasificación de la Hipótesis de Riemann por medio de árboles de decisión
Julian Pérez Dolores, Leticia Flores Pulido, Fco. J. Albores Velasco, Carlos Pérez Corona, Dr. Perfecto Malaquías Quintero



Análisis del Estado del Arte de Minería de datos en Instituciones de Educación Superior para la Toma de Decisiones

Norma Sánchez Sánchez, Marva Angélica Mora Lumbreras, Carolina Rocío Sánchez Pérez, Alberto Portilla Flores

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Calzada Apizaquito S/N, No. C.P 90300, Tlaxcala, México
{norma.sanchez01, marvaangelica.moral, carolinarocio.sanchez, alberto.portilla.f}@uatx.mx
<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 21 de octubre de 2022, Aceptado 31 de octubre de 2022,
Versión final 7 de noviembre de 2022*

Resumen La minería de datos aporta los elementos para la toma de decisiones. En el caso particular de las Instituciones de Educación son distintas las investigaciones y variados los resultados alcanzados. En este trabajo se realiza un análisis de diferentes Instituciones de Educación Superior donde han hecho uso de la minería de datos para poder obtener indicadores que les permitieron tomar decisiones. Este análisis se ha realizado para conocer las investigaciones realizadas, la forma en que fueron implementadas y los logros alcanzados. Y se pudo observar que cuando se aplica de manera adecuada el proceso de minería de datos a la información de las Instituciones Educativas, se pueden determinar patrones e identificar los indicadores institucionales que les permitan la toma de decisiones.

Abstract Data mining provides elements for decision making. In the particular case of Educational Institutions, there are different investigations and the results achieved are varied. In this work an analysis of different Higher Education Institutions where they have made use of data mining to obtain indicators that allowed them to make decisions. This analysis has been carried out in order to know the research carried out, the way in which they were implemented and the achievements reached. And it was observed that when the data mining process is properly applied to the information of the Educational Institutions, patterns can be determined and institutional indicators can be identified that allow them to make decisions.

Palabras Clave: Big Data, Minería de datos, Eficiencia terminal.

Keywords: Biga Data, Data Mining, Terminal efficiency.

1. Introducción

Las Instituciones de Educación Superior (IES) actualmente buscan que organizaciones nacionales e internacionales las evalúen y otorguen el reconocimiento al mejoramiento progresivo de la calidad educativa, contribuyendo a la mejora continua y el cumplimiento con altos estándares de calidad. Por lo que no es suficiente contar con información de los docentes, alumnos y directivos, sino que es necesario contar con mecanismos que permitan darles seguimiento a éstos, para así ayudar a la toma de decisiones. Las instituciones educativas cuentan con datos masivos que continúan creciendo, lo que se traduce en información más valiosa y abre la posibilidad a nuevas formas para el análisis de la realidad, para identificar soluciones estratégicas institucionales. El análisis de datos masivos se ha utilizado en distintas disciplinas como el medio ambiente, educación, salud, transporte, seguridad nacional y biomedicina [1].

En este proyecto se hace un análisis de 5 trabajos que han usado minería de datos para identificar indicadores institucionales, haciendo una reflexión de las diferentes metodologías que existen, qué técnicas son las que mejor se adaptan, así como que herramientas informáticas se han usado en los proyectos revisados.

2. Marco Teórico

Data Science es la ciencia de recopilar, almacenar, procesar, describir y modelar datos, entendiendo que es un estudio profundo de la cantidad masiva de datos, lo que implica extraer información significativa de datos sin estructurar, estructurados y no estructurados que se procesan utilizando el método científico, diferentes tecnologías y algoritmos [2].

Big Data se ha definido como un activo de información de alto volumen (gran escala), alta velocidad (movimiento/transmisión) y alta variedad (numérico, texto, video, etc.), que exigen formas rentables e innovadoras de procesamiento de la información para una visión mejorada y la toma de decisiones [3].

Minería de datos se define como el proceso de extraer conocimiento útil y comprensible, previamente desconocido, desde grandes cantidades de datos almacenados en distintos formatos, teniendo como tarea fundamental el encontrar modelos inteligibles a partir de los datos [4].

3. Justificación del análisis del estado del arte

En el proyecto de investigación doctoral se busca implementar una aplicación de minería de datos en la big data de la Universidad Autónoma de Tlaxcala que permita predecir la eficiencia terminal de los alumnos. Por lo que conocer las investigaciones realizadas en otras Instituciones de Educación Superior, la forma en que fueron implementadas y los logros alcanzados, permitirá hacer una comparativa y un análisis minucioso con respecto a su aportación para el trabajo doctoral.

4. Estado del arte relacionado con minería de datos en Instituciones de Educación Superior

4.1. Análisis de satisfacción de universitarios mediante la minería de datos

En la Universidad Autónoma de Coahuila se realizó una investigación para obtener indicadores de satisfacción de los servicios institucionales que brinda, tanto en área administrativa como en la académica; para lo cual se realizó una encuesta dirigida a la comunidad estudiantil, y con la información generada se alimentó un instrumento codificado en IBM SPSS Statistics 19 (Sistema global para el análisis de datos). Como resultado se tuvo que las áreas de fortaleza incluyen aspectos relacionados con la preparación del personal docente, la efectividad de la enseñanza, el apoyo estudiantil de tutorías y el prestigio de la universidad; y áreas de oportunidad o reto, los aspectos relacionados con la forma en que se llevan los procedimientos administrativos, la infraestructura, la atención brindada a la comunidad estudiantil y la seguridad en el campus [5].

Los autores para su investigación realizaron el siguiente proceso:

- *Selección de la muestra.* La población objetivo la conformaron estudiantes de nivel de licenciatura de las Facultades de la UAdeC.
- *Selección del instrumento de evaluación.* Elaboraron un instrumento de evaluación propio con 28 reactivos que permitió establecer la serie de indicadores.
- *Validez y confiabilidad del instrumento.* Realizaron pruebas de fiabilidad a través del coeficiente Alfa de Cronbach para evaluar la consistencia interna del instrumento de evaluación, donde se obtuvo un resultado de 0.76. En la estimación del nivel de confiabilidad, utilizaron el programa de internet "Raosoft sample size calculator", obteniendo el instrumento un nivel de confianza de 98 % con un margen de error de 4 % y una heterogeneidad de 50 %.
- *Desarrollo.* Diseñaron una página web para el instrumento de evaluación elaborado, con la información generada poblaron el instrumento codificado en IBM SPSS Statistics 19 y exportaron el archivo a IBM SPSS Text Analytics for Surveys 4.0.1.
- *Resultados.* Los resultados obtenidos fueron los grados de satisfacción de los estudiantes con respecto a los servicios institucionales ofrecidos por la Universidad.

4.2. Minería de datos: predicción de la deserción escolar mediante el algoritmo de árboles de decisión y el algoritmo de los k vecinos más cercanos

En la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros se aplicaron técnicas de minería de datos para predecir la deserción escolar, para lo

cual tomaron como base de análisis los datos del estudio socioeconómico del EXANI-II, elaborado por el CENEVAL; donde desarrollaron una herramienta utilizando dos algoritmos: el algoritmo de árboles de clasificación C4.5 y el algoritmo de los k vecinos más cercanos. Como resultado de su trabajo, lograron determinar aquellos alumnos que eran candidatos a desertar; la herramienta fue proporcionada a los tutores de la institución para que pudieran determinar el factor de riesgo de manera oportuna, y dar seguimiento a aquellos estudiantes vulnerables [6].

Para el desarrollo de la investigación siguieron las fases para el proyecto de minería de datos definidas en [4] siendo las siguientes:

- *Fase de integración.* Las fuentes de datos fueron las bases de datos del EXANI – II del 2003 hasta el 2008 de los alumnos inscritos, de los alumnos que causaron baja, así como las causas de baja.
- *Fase de selección, limpieza y transformación.* Se realizó el análisis de los datos que se insertaron en el almacén de datos, haciendo uso del sistema ETL (Extraction, Transformation, Load) para seleccionar los datos útiles para la investigación, después se hizo la limpieza y transformación de los datos para construir el modelo de calidad; Obteniendo una vista minable para aplicar las técnicas de minería de datos, con 16 atributos que representaron las características de los alumnos.
- *Fase de minería de datos.* La tarea de minería de datos elegida fue la clasificación, utilizando un árbol de decisión mediante el algoritmo C4.5 y el método de aprendizaje basado en vecindad conocido como los k vecinos más cercanos (k nearest neighbors).
- *Fase de pruebas y verificación de resultados.* En esta fase se generaron los modelos con la ayuda del minero de datos Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA), realizando pruebas que se verificaron al momento de crear los modelos. Al construir modelos para poco más de 6500 instancias, el modelo para el árbol de clasificación tuvo una precisión del 98.98%, mientras que el algoritmo de los k vecinos más cercanos obtuvo el 70%.

La investigación arrojó como resultado que los alumnos desertan por tres causas principales: la edad, que tiene que ver con la madurez y perspectiva de futuro de los estudiantes; los ingresos familiares, para los que cuya edad es menor o igual a 18 años, ya que aún dependen de los ingresos familiares para el costo de su educación; y el nivel de inglés, para aquellos alumnos cuya edad es mayor a 18 años.

4.3 Minería de datos para la toma de decisiones en la unidad de nivelación y admisión universitaria ecuatoriana

Este trabajo de investigación fue desarrollado en la Unidad de Nivelación y Admisión de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ES- POCH). A través de la minería de datos (DM) generaron conocimiento

de tendencias de postulaciones por área, género y años, hasta llegar a conocer predicciones, lo anterior para la toma de decisiones. Con la aplicación de minería de datos en Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA) se pudieron analizar algoritmos de predicción de clasificación y regresión, y mediante el análisis de parámetros estadísticos se determinó el uso de redes Bayesianas y optimización de secuencia mínima, que aseguraron la confiabilidad en la información, y generaron conocimiento para la toma de decisiones académicas. El proyecto de investigación permitió plantear estrategias para mejorar el rendimiento de los estudiantes, y al conocer los lugares de donde provienen, género y discapacidades, se crearon programas de bienestar y vinculación que mejoren el transcurso del estudiante en la ESPOCH [7].

Para conocer la realidad de la UNAE se consideraron dos escenarios.

- Para el escenario A se hizo uso de los algoritmos de clasificación: Árboles de Decisión y Redes Bayesianas, para conocer la realidad de las postulaciones de los estudiantes que obtienen un cupo para la ESPOCH y sus reglas del negocio para tomar decisiones; y al realizar una comparación entre los algoritmos empleados se dedujo que el algoritmo de Clasificación – Redes Bayesianas, es el que mejor se acoplo.
- Para el escenario B se analizaron los algoritmos de regresión: Regresión Lineal y Optimización de Secuencia Mínima, para conocer la predicción de la cantidad de estudiantes que serían parte de la institución en los próximos años, utilizando la herramienta WEKA Developer 3.7.13; siendo el algoritmo de Optimización de Secuencia Mínima el que se tomó como referencia al arrojar un 87,952% de confiabilidad.

4.4 Análisis del rendimiento académico en los estudios de informática de la Universidad Politécnica de Valencia aplicando técnicas de minería de datos

La investigación fue realizada en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) teniendo como objetivo el análisis del rendimiento académico de los alumnos de nuevo ingreso a lo largo de tres cursos. Para lo anterior, se relacionó el rendimiento con las características socioeconómicas y académicas de los alumnos. Se utilizaron técnicas de minería de datos, para determinar el nivel de condicionamiento que existe entre dicho rendimiento y características como el nivel de conocimientos de entrada del alumno, su contexto geográfico y sociocultural, etc. [8].

La metodología que siguieron para la obtención del rendimiento constó de las siguientes etapas:

- *Establecer el/los objetivo/s del estudio.*
- *Definir la población y la muestra de estudiantes implicada en el estudio.*

- *Obtención de la vista minable, a partir de la información contenida en la base de datos de la universidad.*
- *Elección del tipo de análisis de datos requerido.*
- *Generación y validación de los modelos.*

Los autores concluyeron que las técnicas de minería de datos les permitieron determinar qué características de los alumnos de nuevo ingreso son más relevantes para estimar su rendimiento académico el primer año. Determinaron que los estudios previos del alumno y la nota de ingreso en la titulación aparecen correlacionados con el rendimiento académico el primer año. Y dependen de la técnica utilizada, factores como las ocupaciones y estudios de los padres, o la edad de ingreso del alumno podrían influir en el rendimiento. Se detectó que el país de procedencia o el lugar de residencia no aparece en ningún caso.

4.5 Mercado de Datos para la toma de decisiones a partir de la información de los estudiantes generada por el Sistema de Gestión Universitaria y el Entorno Virtual de Enseñanza Aprendizaje de la Universidad de las Ciencias Informáticas

El proyecto se realizó en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) de la Habana, Cuba, donde contaban con los siguientes sistemas: el Entorno Virtual de Enseñanza y Aprendizaje (EVEA), el Repositorio de Objetos de Aprendizaje (RHODA), el Sistema de Gestión Universitaria (SGU), entre otras; dichos sistemas no son interoperables entre sí, por lo que la información se encuentra dispersa en varias bases de datos, imposibilitando el análisis integral de los estudiantes. El trabajo consistió en desarrollar un Mercado de Datos (Data Mart, por sus siglas en inglés) que permitiera la obtención de información dada por la interacción de los estudiantes con el EVEA y el SGU, con vistas a facilitar la toma de decisiones de directivos y profesores [9].

Se describe el proyecto, siguiendo la metodología Hefesto.

- *Fase 1: Análisis de requerimientos.* Se realizaron entrevistas, donde se obtuvieron las preguntas claves, y a partir de estas preguntas se obtuvieron los indicadores, siendo estos: Promedio de notas, Promedio de ausencias, Promedio de interacción en el EVEA, Cantidad de interacción en el EVEA, Cantidad de entradas en el EVEA, Cantidad de estudiantes y Cantidad de ausencias. Con los indicadores y las perspectivas identificadas, se construyó el modelo conceptual.
- *Fase 2: Análisis de los OLTP.* Se realizó un análisis de las fuentes de datos, para establecer una correspondencia entre éstas y el modelo conceptual creado, se determinó cómo calcular los indicadores identificados, se obtuvieron los niveles de granularidad y se construyó el modelo conceptual ampliado.
- *Fase 3: Modelo lógico del DM.* Se definió el tipo de modelo lógico de la

estructura del Data Mart, se diseñaron las tablas de dimensiones y de hechos, y se definieron las uniones correspondientes entre estas tablas. Posteriormente se construyó el modelo físico donde se especificaron los tipos de datos.

- **Fase 4: Procesos ETL.** En esta fase se diseñaron y llevaron a cabo los procesos de extracción transformación y carga de los datos.

Concluida la investigación, se obtuvo como resultado el producto de software Mercado de Datos para la toma de decisiones, determinando que los reportes emitidos constituyen una herramienta válida para el apoyo a la toma de decisiones de profesores y directivos.

5. Estudio comparativo del estado del arte

La Tabla 1 muestra un comparativo de los trabajos revisados.

Trabajo	Indicadores a obtener	Fuente de Datos	Herramientas, técnicas y/o algoritmos de minería de datos	Metodología empleada	Toma de decisiones	Producto obtenido
Análisis de satisfacción de universitarios mediante la minería de datos [5]	Indicadores de satisfacción de Servicios Institucionales	Encuesta a estudiantes	IBM SPSS Statistics 19	Propia. Cuyos pasos son: • Selección de la muestra. • Selección del instrumento de evaluación. • Validez y confiabilidad del instrumento. • Desarrollo. • Resultados.	Directivos y docentes	Tablas con los Grados de satisfacción de los estudiantes
Minería de datos: predicción de la deserción escolar mediante el algoritmo de árboles de decisión y el algoritmo de los k vecinos más cercanos [6]	Predicción de la deserción escolar	EXANI – II del 2003 hasta el 2008. Datos de los alumnos que causaron baja, y causas de baja	Algoritmo de árboles de decisión y el algoritmo de los k vecinos más cercanos	Las fases de minería de datos definidas en [4] que son: • Integración y recopilación. • Selección, limpieza y transformación. • Minería de datos. • Pruebas y verificación de resultados.	Docentes - Tutores	Sistema de predicción de deserción.
Minería de datos para la toma de decisiones en la unidad de nivelación y admisión universitaria ecuatoriana [7]	Tendencias de postulaciones de los estudiantes, y la predicción de la cantidad de estudiantes que serán parte de la institución en los próximos años	Data Warehouse (DW) y Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA)	Los algoritmos de clasificación: Árboles de Decisión y Redes Bayesianas. Los algoritmos de regresión: Regresión Lineal y Optimización de Secuencia Mínima	El desarrollo fue del tipo cuasi experimental. Se escogieron los algoritmos de DM y se analizó el conocimiento generado para la toma de decisiones	Directivos y docentes	Resultados emitidos por la herramienta WEKA
Análisis del rendimiento académico en los estudios de informática de la Universidad Politécnica de Valencia aplicando técnicas de minería de datos [8]	Rendimiento académico de los alumnos de nuevo ingreso	Base de datos de la universidad	Oracle Discoverer. Herramienta SPSS Clementine v.9.0 Modelos predictivos: los árboles de decisión y la regresión multivariante	Etapas de la metodología: • Establecer el/los objetivo/s del estudio. • Definir la población y la muestra implicada en el estudio. • Obtención de la vista minable. • Elección del tipo de análisis de datos requerido. • Generación y validación de los modelos.	Tutores.	Los reportes que genera la herramienta SPSS Clementine v.9.0
Mercado de Datos para la toma de decisiones a partir de la información de los estudiantes generada por el Sistema de Gestión Universitaria y el Entorno Virtual de Enseñanza Aprendizaje de la Universidad de las Ciencias Informáticas [9]	Promedio de notas Promedio de ausencias Promedio de interacción en el EVEA Cantidad de interacción en el EVEA Cantidad de entradas en el EVEA Cantidad de estudiantes Cantidad de ausencias	Bases de datos de los Sistemas de Gestión Universitaria y el Entorno Virtual de Enseñanza Aprendizaje de la Universidad	PostgreSQL; Visual Paradigm; Pentaho Data Integration; Mondrian; Schema Workbench; Tomcat; y Saiku Analytics	La metodología Hefesto que consta de 4 fases: • Análisis de requerimientos. • Análisis de los OLTP • Modelo lógico del DM • Procesos ETL	Directivos y docentes	Software Mercado de Datos para la toma de decisiones

Tabla 1 Tabla Comparativa de los trabajos revisados

6. Análisis del estado del arte con respecto a la tesis doctoral Minería de datos en la big data de la UAT

En el trabajo doctoral se va a implementar una aplicación de minería de datos en la big data de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, que permita predecir la eficiencia terminal de los alumnos; una vez revisados los trabajos, se identifica que para el presente trabajo se considera hacer uso de la metodología empleadas en el trabajo de [8] para la generación de los

modelos predictivos y la metodología de [9] para el desarrollo de la aplicación; en los trabajos de [7] y [8] usan los siguientes modelos predictivos: los árboles de decisión, la regresión multivariante y las redes bayesianas, en este trabajo doctoral se hará el análisis de que modelo es el que mejor se ajusta al problema de la predicción de la eficiencia terminal considerando los expuestos en dichos trabajos. La aplicación deberá mostrar los resultados de manera tal que puedan ser interpretados para la toma de decisiones.

7. Conclusiones

Después de revisar el estado del arte, se concluye que es posible implementar minería de datos en las Instituciones de Educación Superior; para los cual existen diferentes metodologías, técnicas, algoritmos y herramientas de software para ser empleadas en el proceso, que en conjunto facilitan el análisis de la información y generan conocimiento que da mayor certeza a la toma de decisiones. Los modelos de minería de datos que se utilizarán en este trabajo doctoral para predecir la eficiencia terminal de los alumnos serán: los árboles de decisión, la regresión multivariante y las redes bayesianas, y así elegir cual es que más se adecua al proyecto.

Referencias

1. Simpson, Dana. 2016. *The Use of Big Data: Benefits, Risks, and Differential Pricing Issues*. Nueva York: Nova Science Publisher. Google Scholar
2. Jeyaprakash, Thangakumar & K, Padmaveni. (2021). Introduction to Data Science - An Overview. *International Journal of Science and Management Studies (IJSMS)*. 407-410. 10.51386/25815946/ijms-v4i4p137. Google Scholar
3. Chen, D. Q., Preston, D. S., & Swink, M. (2015). How the use of big data analytics affects value creation in supply chain management. Obtenido de Econbiz: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07421222.2015.1138364?scroll=top&needAccess=true>
4. Orallo, J. H., Quintana, M. J. R. & Ramírez, C. F. (2004). *Introducción a la minería de datos*. Pearson Educación. ISBN: 9788420540917
5. Silva Ávila, A. E., Domínguez Lugo, A. J., Cortés Morales, G., Castorena Peña, A., & Polo Vázquez, M. (2015). Análisis de satisfacción de universitarios mediante la minería de datos. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, 5(10), 256 - 270. Recuperado a partir de <http://mail.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/113>
6. Valero Orea, S., Salvador Vargas A. & García Alonso M. (2010). Minería de datos: predicción de la deserción escolar mediante el algoritmo de árboles de decisión y el algoritmo de los k vecinos más cercanos. *Recursos digitales para la educación y la cultura*, volumen Kaambal, Mérida, Yucatán, Universidad Tecnológica Metropolitana, Mérida, Yucatán, México y Universidad de Cádiz, Andalucía, España pp. 33-39.
7. Uvidía Fassler, M. I., Cisneros Barahona, A. S., Méndez Naranjo, P. M., & Villa Yáñez, H. M. (2019). Minería de datos para la toma de decisiones en la unidad de nivelación y admisión universitaria ecuatoriana. *Cumbres*, 4(2), 55-67. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v4n2a5>
8. Alcover, R., Benloch, J., Blesa, P., Calduch, M.A., Celma, M., Ferri, C., Zúnica, L.R. (2007). Análisis del rendimiento académico en los estudios de informática de la Universidad Politécnica de Valencia aplicando técnicas de minería de datos. Trabajo presentado en las XIII Jornadas de Enseñanza universitaria de la Informática, Teruel, España. Recuperado de <http://bioinfo.uib.es/~joemiro/aenui/procJenui/Jen2007/alanal.pdf>
9. Marrero Pérez, L., & Ramos Pajón, P. P. (2015). Mercado de Datos para la toma de decisiones a partir de la información de los estudiantes generada por el Sistema de Gestión Universitaria y el Entorno Virtual de Enseñanza Aprendizaje de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Universidad de las Ciencias Informáticas. Facultad 2. Recuperado de <https://repositorio.uci.cu/jspui/handle/123456789/7215>



LenSeñasMx: Realidad Aumentada para Aprendizaje Básico de Lenguaje de Señas Mexicano

Juan Pedro Morales Pluma, Orlando Vázquez Muñoz y Marva Angélica Mora Lumbreras
Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Calzada Apizaquito S/N, No. C.P 90300, Tlaxcala, México
20181205@gmail.com, 20181663@uatx.mx, mamoral@garzas.uatx.mx
<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 19 de mayo de 2022, Aceptado 25 de mayo de 2022,
Versión final 24 de octubre de 2022*

Resumen El objetivo de este proyecto es realizar la aplicación LenSeñasMx utilizando Realidad Aumentada, enfocada al lenguaje de señas Mexicano y desarrollado en dispositivos Android. LenSeñasMx está dividida en categorías: útiles escolares, colores, verbos y números. Este proyecto fue realizado con el apoyo de la comunidad sorda de Apizaco. En el artículo se presenta el apartado de diseño, funcionalidad y pruebas.

Abstract The objective of this project is to make the LenSeñasMx application using Augmented Reality, focused on the Mexican sign language and developed on Android devices. LenSeñasMx is divided into categories: school supplies, colors, verbs and numbers. This project was carried out with the support of the deaf community of Apizaco. The article presents the section on design, functionality and tests.

Palabras Clave: Realidad aumentada, personas sordomudas, lenguaje de señas

Keywords: Augmented reality, deaf and dumb people, sign language

1. Introducción

La realidad aumentada combina aspectos reales y aspectos virtuales en tiempo real, desde un dispositivo móvil. En este proyecto se busca aplicar realidad aumentada para proporcionar ciertos conocimientos del lenguaje de señas mexicano, la aplicación de nombre LenSeñasMx está dividida en categorías: útiles escolares, colores, verbos y números. La importancia del lenguaje de Señas Mexicano radica en que es utilizado para la comunicación en personas sordas en México. Por lo que este trabajo está pensado que, mediante una aplicación con realidad aumentada, la gente pueda aprender algunas palabras del lenguaje de señas Mexicano.

2. Trabajos Relacionados

Reconocimiento de Objetos con Realidad Aumentada para el Aprendizaje de inglés como Lengua Extranjera [1]

Este producto hace el uso de realidad aumentada para el aprendizaje del idioma inglés, dentro de la aplicación se agregó un inicio con un pequeño tutorial para el uso de ésta. El funcionamiento es mediante un dispositivo móvil, se hace uso de la cámara y al enfocarla en objetos, la aplicación los reconoce y muestra el nombre del objeto reconocido en inglés. Los objetos que reconoce son limitados, pero cuenta con una función en caso de que no se reconozca el objeto, el usuario puede mandar la imagen para ser agregada a la aplicación, todo esto con conexión a internet.

Objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada para la enseñanza de la lengua de señas peruana (LSP) a progenitores de niños sordos de nacimiento del distrito de Andahuaylas [2]

Este trabajo de tesis es una aplicación de realidad aumentada para la enseñanza de la lengua de señas peruana. En éste se propone mejorar el grado de motivación y de aprendizaje de la enseñanza de lenguaje de señas. Mostrando la factibilidad del desarrollo de la aplicación. En este trabajo se realizaron pruebas

considerando como variables principales la motivación, tiempo de uso del material, tiempo que tomo aprender y movimiento exacto. El estudio concluye con que el desarrollo del objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada mejoro el proceso de enseñanza-aprendizaje de la lengua de señas peruana (LSP) a progenitores de niños sordos de nacimiento.

Prototipo de aplicación tutorial para el apoyo del aprendizaje de lengua de señas colombiana (LSC) en nivel básico para personas oyentes, bajo el sistema operativo Android implementando realidad aumentada [3]

Éste es uno de los trabajos con mayor similitud, el trabajo fue realizado por el ingeniero Hsneider Salgado Yate y la ingeniera Erika Fernanda Franco Sastre, es un Prototipo para el apoyo del aprendizaje de lengua de señas colombiana (LSC) enfocado en el nivel básico para personas oyentes, bajo el sistema operativo Android implementando realidad aumentada.

3. Descripción de la Aplicación LenSeñasMx

La aplicación LenSeñasMx de realidad aumentada está enfocado a la enseñanza de palabras básicas en lenguaje de señas mexicano. La aplicación de realidad aumentada, incluye palabras que pueden ser traducidas al lenguaje de señas, estas se dividirán en 4 categorías: útiles escolares, colores, verbos, números. La aplicación permitirá a los usuarios finales interactuar a través de dispositivos móviles (con sistema operativo Android), al enfocar la cámara del dispositivo en un marcador seleccionado. Dependiendo del marcador enfocado se mostrará una animación en realidad aumentada (la animación corresponde a una imagen en formato .gif), de cómo se representa en lenguaje de señas la palabra contenida en el marcador.

4. Conceptos Básicos

- La **Realidad Aumentada** es un conjunto de tecnologías que permiten que un usuario visualice parte del mundo real a través de un dispositivo tecnológico con información gráfica añadida por este. Consiste en la integración de contenidos gráficos sobre una vista del mundo real. [4]

- El **Lenguaje de Señas** es la lengua natural de las personas sordas. A diferencia del lenguaje oral, la lengua de señas se basa en las expresiones faciales y en diversos movimientos de las manos, los brazos y el cuerpo. [5]

5. Interfaz de Usuario

Es la interfaz inicial, al abrir la aplicación, se muestra una guía rápida. Figura 1.



Figura 1. Módulo guía rápida

La aplicación tiene los apartados de inicio, guía rápida y acerca de. Ver figura 2.



Figura 2. Módulo de inicio

A continuación, se muestra un ejemplo del funcionamiento. La aplicación LenSeñasMx funciona cuando se pone un marcador, por ejemplo, el siguiente: Ver figura 3, y el celular al tener cargada la aplicación muestra la seña de la palabra indicada en el marcador dependiendo las palabra y categoría.



Figura 3. LenSeñasMx funcionando con escaneo de marcador

En la Figura 4 se muestra el funcionamiento completo de LenSeñasMx. LenSeñasMx debe ser instalado en un celular o Tablet Android, cuando la aplicación enciende la cámara debe visualizar un marcador, el marcador al ser reconocido hace que el celular inmediatamente presente la seña de la palabra indicada en el marcador. Del lado derecho se describe en texto el significado de la palabra. Los marcadores utilizados en esta aplicación son en formato de texto, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. LenSeñasMx funcionando con el tipo de marcador que se utiliza



Figura 5. LenSeñasMx tiene la categoría de útiles escolares, esta es una representación de un útil escolar escaneado “Goma”.



Figura 6. LenSeñasMx cuenta con una categoría de números del 0 al 10, en esta figura 6, podemos observar la representación de un número “7”.



Figura 7. LenSeñasMx cuenta con una categoría de colores más utilizados, podemos observar en la figura 7, la representación de un color.

6. Resultados y Pruebas

A continuación, se presentan las pruebas de los componentes de la aplicación. Conforme se fue implementando la aplicación se probó la funcionalidad de cada uno de los casos. Actualmente la aplicación funciona sin problemas, ya que no se encontraron defectos en el desarrollo.

Caso de uso probado	Tipo de requisito	Folio	Descripción de la prueba	Descripción de defecto
Vizualizar guía	Útil	CP-01	El sistema mostrará la guía al iniciar.	Sin defectos
Abrir cámara e iniciar el modo de reconocimiento	Esencial	CP-02	El sistema iniciará la cámara y el reconocimiento de marcadores.	Sin defectos
Reconocer marcador	Esencial	CP-03	El sistema reconocerá automáticamente los marcadores al enfocarlos.	Sin defectos
Visualizar animación del marcador	Esencial	CP-04	El sistema mostrará la animación gif dependiendo del marcador reconocido.	Sin defectos

7. Conclusiones

Podemos concluir que la funcionalidad de la aplicación es óptima para su uso, ayudando a las personas a aprender algunas palabras del lenguaje de señas mexicano de una manera diferente.

El desarrollo de la aplicación LenSeñasMx fue realizado con la Unity y Vuforia, haciendo uso de los conocimientos aprendidos durante nuestra formación profesional. Vuforia es una herramienta muy potente para llevar la realidad virtual en entornos de la vida y diferentes escenarios.

Referencias

1. Onofre Victorero Enrique & Mora Lumbreras Marva Angelica. (02 de octubre de 2020). Reconocimiento de Objetos con Realidad Aumentada para el Aprendizaje de inglés como Lengua Extranjera. Revista Iztatl Computación, No. 18, 8-23.
2. LIMACHI CCOICCA, JACKELINE SEBASTIANA. (2018). Objeto de aprendizaje basado en realidad aumentada para la enseñanza de la lengua de señas peruana (LSP) a progenitores de niños sordos de nacimiento del distrito de Andahuaylas. 1library. Recuperado 2022, de <https://1library.co/document/q76vd8ny-aprendizaje-realidad-aumentada-ensenanza-progenitores-nacimiento-distrito-andahuaylas.html>
3. Salgado Yate, H., & Frnaco Sastre, E. F. (2018). Prototipo de app tutorial para el apoyo del aprendizaje de lengua de señas colombiana (lsc) en nivel básico para personas oyentes, bajo el sistema operativo android implementado realidad aumentada. repository.udistrital.edu.co. Recuperado 2022, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13480/FrancoSastreErikaFernanda2018.pdf?sequence=7>
4. Innovae. (s. f.). Realidad Aumentada. Recuperado 2022, de <https://www.innovae.eu/la-realidad-aumentada/>
5. MEXICANA. (s. f.). Mexicana. Recuperado 2022, de <https://mexicana.cultura.gob.mx/es/repositorio/x2abesp3qm-4>



Museo submarino usando realidad virtual

Javier Benítez Sánchez¹, Marva Angélica Mora Lumbreras²

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Calzada Apizaquito S/N, No. C.P 90300, Tlaxcala, México
jbenitez0922@gmail.com¹, marvaangelica.moral@uatx.mx²
<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 17 de octubre de 2022, Aceptado 24 de octubre de 2022,
Versión final 03 de noviembre de 2022*

Resumen En este artículo se presenta un museo virtual submarino en el que hay 20 especies diferentes de peces y 10 obras de arte bajo el agua, las cuales son: Cristo de Copoya, Altar a la patria, El Pato, Caballo, Atenea Parthenos, Artemisa y Maussollos, Pierda del Sol, La Crucifixión, Xochipilli, Monumento Beethoven. Lo que da la oportunidad a que el usuario conozca características importantes tanto de las especies como de las obras.

Abstract This article presents a virtual underwater museum in which there are 20 different species of fish and 10 works of art under water, which are: Christ of Copoya, Altar to the homeland, The Duck, Horse, Athena Parthenos, Artemis and Maussollos, Pierda del Sol, The Crucifixion, Xochipilli, Beethoven Monument. What gives the user the opportunity to know important characteristics of both the species and the works.

Palabras Clave: Objetos 3D, Museo Submarino, Unity, Mundo Virtual, Blender.

Keywords: 3D Objects, Undersea musseum, Unity, Virtual World, Blender.

1. Introducción

Los mundos virtuales son toda una experiencia que cualquiera puede experimentar, desde una aplicación en un smartphone, un videojuego o un simulador. Una de sus grandes ventajas es el poder llevar experiencias específicas en un ambiente controlado y seguro desde la comodidad de su casa. Con esta ventaja se ha aplicado en varias áreas, desde la agricultura, la mecánica, aeronáutica, medicina, biología e inclusive el arte. Actualmente existen muchas representaciones virtuales de museos de todo el mundo, como el museo de Bellas Artes en México, las temáticas de cada museo varían desde el arte, objetos históricos, artefactos o especies animales, sin embargo, los museos submarinos son una experiencia relativamente nueva y por ello poca gente tiene acceso a ella, ya que se requiere de un equipo especializado para poder recorrerlo en cualquiera de sus maneras posibles. Así que una alternativa para facilitar el acceso a esta experiencia y el mensaje que posee es recrearla en un mundo virtual para que más personas puedan conocerlos, ya que el acceso a una computadora de escritorio o laptop ha incrementado bastante hoy en día.

2. Trabajos Relacionados

2.1 Museo Virtual del Arte (MUVA)

El Museo Virtual del Arte (MUVA) fue realizado por 4 arquitectos, quienes usaron como base los planos del museo real para crear un recorrido virtual en donde se puede admirar pinturas a una distancia media y cercana. Las obras presentadas en este espacio son seleccionadas por especialistas del arte, para posteriormente tomar fotografías de alta calidad, escanearlas y finalmente procesarlas para que la programación permita su interacción [1].

2.2 20.000 Leguas de viaje submarino en realidad virtual

El proyecto 20.000 Leguas de viaje submarino en realidad virtual, permite ver que sucede al sumergirse en lugares como el Mar de Cortés, en el Mar Rojo. Se utilizan gafas de Realidad Virtual para ver de manera inmersiva videos de 360 grados [2].

2.3 Mundos Submarinos para el apoyo en el Buceo

El proyecto “Editor 3d de Mundos Submarinos en Blender para el apoyo en el Buceo” recrea la experiencia de recorrer el fondo del mar y ver los animales nadando. Pérez en el 2004 utilizó texturas, render y animaciones de todos los elementos creados para presentar un suelo marino con su vegetación, hasta algunos animales y herramientas empleadas en el buceo deportivo [3].

3. Museo submarino

La creación de los museos submarinos nace del artista y fotógrafo británico Jason deCaires Taylor, quien buscó una manera de generar conciencia de la importancia y fomentar su preservación de los arrecifes de coral, con una reinención de los museos tradicionales, colocaría sus esculturas en medio del mar, pero estas esculturas están fabricadas con un material y diseño que fomentan la vida marina, como el uso de cemento con PH neutro de larga duración. Se diseñaron con texturas que puedan permitir la atracción de pólipos corales para la formación de corales pétreos o arrecifes artificiales para las especies. El museo está diseñado para ser visitado desde las profundidades del mar, mediante buceo, o desde su superficie, con snorkel o barcos de cubierta de cristal [4].

Con el paso del tiempo se han creado nuevos entornos y simuladores que permiten al ser humano desarrollar actividades complejas de manera satisfactoria, como simuladores tácticos o visitar lugares diferentes en un ambiente controlado y seguro desde la comodidad de sus hogares, “es importante estudiar mundos virtuales ahora, porque el período actual de transformación puede no durar mucho más, y puede ser imposible reconstruir sus procesos y fenómenos clave por completo a través de registros históricos que se conservan de forma natural” [5].

4. Museo Submarino Virtual

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un ambiente virtual que permita simular la experiencia de recorrer un Museo Submarino. Para ello se realizó una investigación sobre museos submarinos, sobre

animales marinos y se realizó el modelado de 20 peces en 3D y 10 obras de arte en Blender, así como la realización de la ambientación para tener un cierto nivel de inmersión y la experiencia dentro de este ambiente virtual. Las especies marinas fueron animadas, procurando mantener su forma de desplazarse en la naturaleza.

A continuación, se presenta el proyecto, la Figura 1 muestra el menú de inicio del Recorrido virtual "Mundo submarino". El cual tiene dos opciones: Iniciar y Salir. Al iniciar se mostrará el mundo virtual submarino con especies y obras de arte, las cuales son explicadas de manera textual y auditiva.



Figura 1. Menú de inicio.

Para este artículo se presentan 3 especies la orca, el pez ángel de Clarion y el pez Pleco o pez diablo.

La Orca (*Orcinus orca*) es un mamífero inmenso marino, que se caracteriza por su instinto de caza, los machos llegan a medir aproximadamente hasta 9.5 metros de longitud y alcanzar un peso de 5.5 toneladas, es identificable fácilmente por sus colores monocromático [6], ver Figura 2.



Figura 2. La orca (*Orcinus orca*) dentro del Museo Virtual Submarino.

El pez Pleco Sudamericano (*Hypostomus plecostomus*) es una

especie invasiva en varias lagunas y ríos de México, se plantea que esta especie fue insertada por acuaristas inexpertos que los liberaron, no cuentan con depredador y al poseer la habilidad de resistir un tiempo fuera del agua dificulta más su extracción [7], ver Figura 3.

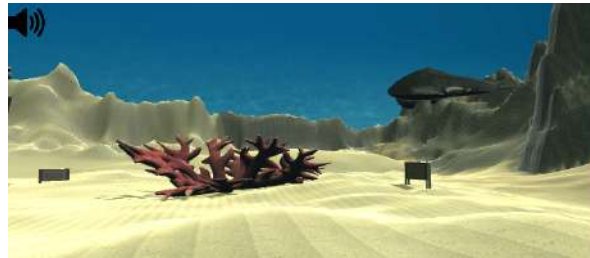


Figura 3. Pleco Sudamericano (*Hypostomus plecostomus*) dentro del Museo Virtual Submarino.

El pez Ángel de Clarión (*holacanthus clarionensis*), esta especie es una de las especies de peces de ornato más apreciadas en México, habitan en las costas de Oaxaca, Baja California Sur y Guerrero, pertenecen a la familia Holacanthus y se alimentan de moluscos sésiles y microalgas [9], ver Figura 4.



Figura 4. Pez ángel de Clarión (*holacanthus clarionensis*) dentro del Museo Virtual Submarino.

Dentro de las obras representadas en este museo se encuentran el Altar a la patria, el Cristo de Copoya y una estatua de la diosa mexicana Xochipilli.

El altar a la patria fue construido por Ernesto Tamariz y Enrique Aragón Echegaray, tiene partes de marfil, y bronce, este monumento alberga los restos del general Felipe Santiago Xicoténcatl y los cadetes llamados “Niños Héroes”, ubicado en la CDMX [10], ver Figura 5.



Figura 5. Altar a la Patria dentro del Museo Virtual Submarino.

El famoso Cristo de Copoya es la representación más grande de esta figura histórica, midiendo 62 metros superando al Cristo Redentor de Brasil que mide 30 metros, está hecha de acero inoxidable de la mano de Jaime Latapí López y se ubica en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas [11], ver Figura 6.



Figura 6. Cristo de Copoya dentro del Museo Virtual Submarino.

El artista Juan Soriano en el año 1989 decide crear la escultura titulada “El pato”, siendo una abstracción de dicho animal pero con patas mas alargadas y fabricado con bronce, durante una exposición en el centro histórico del estado de Tlaxcala en el año 2006 se presentó una exposición de esta escultura junto con otras más [11,12], ver Figura 7.



Figura 7. El pato dentro del Museo Virtual Submarino.

6. Resultados y Pruebas

Cumpliendo con la Metodología de la Realidad Virtual de Mora [13], se realizaron pruebas de integración y de funcionalidad.

En las pruebas de integración se probó lo siguiente: Menú Principal, Lobby, del Terreno de Exposición, Ambientación y Personajes.

En las pruebas de funcionalidad se probó la pantalla de inicio que permitirá iniciar el recorrido, habilitar o deshabilitar el sonido ambiental del museo, controles básicos para el recorrido, 20 especies submarinas y las 10 obras submarina, información descriptiva de las obras submarinas, información descriptiva de las especies marinas animadas, ambientación auditiva e interacción del usuario con los personajes.

Tanto en las pruebas de integración como en las pruebas de funcionalidad ya no se encontraron defectos de ningún tipo.

7. Conclusiones

El reto de crear un recorrido bajo el agua que pueda ser tranquilo y disfrutable para los usuarios llevó a incrementar los conocimientos sobre el modelado de objetos en 3D, animar modelados en 3D utilizando esqueletos con la herramienta Blender fue todo un desafío. Al finalizar este proyecto se cumplieron todos los requerimientos planteados al inicio de manera satisfactoria, generando un producto con las funcionalidades planteadas en la fase de diseño. Este ambiente virtual puede utilizarse como herramienta educativa para los niños de edad primaria, ya que al contener datos sobre animales marinos y algunos escultores y artistas de México y otros lados del mundo, puede ayudar despertar esa curiosidad sobre esos temas, además de mantener esa consciencia sobre lo importante que son los arrecifes de coral para estos animales y su impacto en el ambiente. Además de ser una evidencia más de la importancia que tienen los entornos virtuales para la investigación, simulación y difusión de ambientes, donde normalmente es complicado o riesgoso experimentar en carne propia.

Referencias

1. González, L., 2020. El Museo Virtual de Arte ya ha lanzado su primera exposición en realidad virtual. [online] Traveler. Available at:

- <<https://www.traveler.es/experiencias/articulos/museo-virtual-de-arte-exposicion-de-rembrandt-realidad-virtual/18030>> [Accessed 12 May 2021].
2. Mucha, M., 2016. 20.000 leguas de viaje submarino en realidad virtual | otrosmundos | Ocholeguas | elmundo.es. [online] Viajes.elmundo.es. Available at: <<http://viajes.elmundo.es/2016/11/17/otrosmundos/1479391735.html>> [Accessed 12 May 2021].
 3. Hermes, P., 2004. Editor 3d de mundos submarinos en blender para el apoyo en el buceo. 1st ed. [ebook] Bogotá: Uniandes, pp.14-86. Available at: <<http://hdl.handle.net/1992/21498>> [Accessed 23 September 2021].
 4. Taylor, J., 2015. Entrevista a Jason deCaires Taylor.
 5. Bainbridge, W., 2007. The Scientific Research Potential of Virtual Worlds. Science, [online] 317(5837), pp.472-476. Available at: <<https://www.semanticscholar.org/paper/The-Scientific-Research-Potential-of-Virtual-Worlds-Bainbridge/27cc5ee0be95557c92dcac123c3f1f60eabf4d20>> [Accessed 24 September 2021].
 6. Gilbert, 1890, «*Holacanthus clarionensis*» fishbase.org. Consultado el 16 de Mayo de 2022.
 7. Urbán Ramírez, J. y Guerrero, M. 2002. Ficha técnica de *Orcinus orca*. En: Urbán Ramírez, J. (compilador). Conocimiento biológico de las especies de mamíferos marinos (Cetáceos, Sirenios y Carnívoros), incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Departamento de Biología Marina, Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W038. México, D.F.
 8. Sanabria, Ana Isabel 2004. Catálogo de las principales especies de peces ornamentales de Colombia especies de interés comercial CD, Bogotá: INCODER, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. [Accessed 16 May 2022].
 9. México, G., n.d. Altar a la Patria. [online] Portal Ciudadano de la CDMX. Available at: <<https://www.archivo.cdmx.gob.mx/vive-cdmx/post/altar-la-patria>> [Accessed 16 May 2022].
 10. Chiapasónate. n.d. Cristo de Chiapas. [online] Available at: <<http://www.turismochiapas.gob.mx/st/cristo-de-chiapas>> [Accessed 16 May 2022].
 11. Soriano, J., n.d. Juan Soriano | El Pato (1989) | MutualArt. [online] Mutualart.com. Available at: <<https://www.mutualart.com/Artwork/El-Pato/9B4CE206A6C03D4B>> [Accessed 16 May 2022].
 12. abcadmin, a., 2020. Destaca Tlaxcala que conserva 8 obras escultóricas del artista Juan Soriano - ABC TLAXCALA. [online] ABC TLAXCALA. Available at: <<https://abctlax.com/destaca-tlaxcala-que-conserva-8-obras-escultoricas-del-artista-juan-soriano/>> [Accessed 16 May 2022].
 13. Mora Lumbreras Marva Angélica, Libro: Realidad Virtual: Estudio y Aplicaciones, Difusión, Museos, Cultura, Tradiciones y Educación por medio de Realidad Virtual, Editorial Académica Española EAE, ISBN: 978-620-2-25210-2, 16 de Diciembre del 2017.



Realidad Aumentada enfocada al nuevo etiquetado en productos alimenticios

Carlos Alberto Maldonado Flores, Marva Angélica Mora Lumbreras
Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Calzada Apizaquito S/N, No, C.P 90300, Tlaxcala, México
xdtornado48@gmail.com, marva.mora@gmail.com
<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 17 de octubre de 2022, Aceptado 26 de octubre de 2022,
Versión final 03 de noviembre de 2022*

Resumen: El etiquetado en los empaques de alimentos fue aprobado por el Congreso mexicano en 2019 debido al sobrepeso y obesidad de la población mexicana. En este artículo se presenta la implementación de una aplicación de Realidad Aumentada enfocada a los sellos de los alimentos, para que los mexicanos conozcan las características de los productos que están consumiendo y puedan tomar una decisión más saludable con respecto a los alimentos que consumen.

Abstract: Labeling on food packaging was approved by the Mexican Congress in 2019 due to the overweight and obesity of the Mexican population. This article presents the implementation of an Augmented Reality application focused on food stamps, so that Mexicans know the characteristics of the products they are consuming and can make a healthier decision regarding the food they consume.

Palabras Clave: Realidad aumentada, Sellos, Productos, Celular, Tecnología

Keywords: Augmented reality, Seals, Products, Cellular, Technology

1. Introducción

La Realidad Aumentada se ha convertido en una herramienta que ofrece una nueva manera de visualizar elementos. El popular juego para iPhone y Android, Pokemon Go, ha puesto la realidad aumentada (RA) en el centro de todas las miradas. Sin embargo, lejos de lo que cree la mayoría, sus aplicaciones no se han limitado solamente a los juegos y el ocio. Gracias a la realidad aumentada, se ha facilitado enormemente la labor de muchos profesionales.

Un claro ejemplo de ello es el sector de la medicina, en el que las herramientas aportadas por la Realidad Aumentada, junto con la informática y ramas derivadas de la misma, han generado una nueva forma de desempeñar sus labores de una forma más rápida y eficaz. De hecho, uno de los campos de medicina que más se han visto beneficiados por los avances de la RA es la cirugía. Con las últimas novedades y creaciones de la RA, en las resonancias magnéticas ahora se pueden obtener datos del interior del paciente de una forma no invasiva. Además, también se pueden realizar reconstrucciones superponiendo el resultado final sobre el cuerpo, con RA, en tiempo real. Esto ha aportado mayor rapidez y garantía de recuperación para los pacientes intervenidos en las operaciones. En este artículo se presenta una aplicación de Realidad Aumentada utilizando como marcadores los sellos que los productos alimenticios traen impresos en su envase.

2. Trabajos Relacionados

2.1 MedicAR: Aplicación móvil con Realidad Aumentada como apoyo en la adherencia a un tratamiento farmacológico

Uno de los trabajos que tiene mucha similitud con el tema de este artículo es la aplicación de los ingenieros Lucero Alejandra De la Torre Ortiz, Eduardo López Sosa en su tesis "Prototipo de aplicación móvil con Realidad Aumentada como apoyo en la adherencia a un tratamiento farmacológico" llamado MedicAR, que es una aplicación móvil con Realidad Aumentada como apoyo en la adherencia a un tratamiento farmacológico, en esta aplicación se usan imágenes de los productos y de ahí sirve para detectar las mismas imágenes en donde se daría comentarios de los marcadores [1].

2.2 Diseño de un sistema de realidad aumentada para la prevención de Obesidad de los Niños

Otro de los trabajos que está relacionado con parte del trabajo que se está realizando es el proyecto de los ingenieros Oseas Neftalí Gómez Soto, Mabel Vázquez Briseño y Mónica Elizabeth Tentori Espinosa llamado “Diseño de un sistema de realidad aumentada para la prevención de Obesidad de los Niños”, en donde realizando el diseño de un sistema interactivo permite mostrar información nutrimental a niños de manera clara utilizando Realidad Aumentada (Gómez, 2015). Ellos entrevistaron a variedad de gente, tanto jóvenes como adultas. Donde se abrieron ideas, temas e información para su trabajo [2].

2.3 Diseño e implementación de un sistema para información de productos del sector retail basado en realidad aumentada

Finalmente, el software de los ingenieros Palacios Estrada y Bruno Francescoli en su tesis “Diseño e implementación de un sistema para información de productos del sector retail basado en realidad aumentada”, donde se utiliza la Realidad Aumentada enfocado en el Marketing [3], en este proyecto se trata de brindar una solución informática para hacer que la gente conozca una nueva forma de marketing digital, utilizando la tecnología de vanguardia Realidad Aumentada (RA), el sistema proporciona la información al momento, de manera instantánea aparecerá la información del producto con tan solo acercamos a cierta distancia y al apuntar con la cámara del celular al producto interesado, aparecerá la información del mismo.

3. Descripción de la Aplicación

“Realidad Aumentada enfocada al nuevo etiquetado en productos alimenticios” o RASA abreviado, es una aplicación para dispositivos móviles en donde se brinda Información relevante de los sellos alimenticios usando la Realidad Aumentada. RASA usa como marcadores impresos los sellos alimenticios y tendrá las siguientes opciones:

- Escaneo
- Galería
- Acerca De
- Contacto

4. Conceptos Básicos

Realidad Aumentada: La Realidad Aumentada nos permite añadir capas de información visual sobre el mundo real que nos rodea, utilizando la tecnología, los dispositivos pueden ser nuestros propios teléfonos móviles. Esto nos ayuda a generar experiencias que aportan un conocimiento relevante sobre nuestro entorno, y además recibimos esa información en tiempo real [4].

Sellos Alimenticios: Este etiquetado se integra por 5 sellos de advertencia en forma de octágono, que, de manera clara, sencilla y visible indican los niveles superiores a los límites establecidos por el Ministerio de Salud como: calorías, grasas saturadas, grasas trans, azúcar y sodio [5].

5. RASA: Realidad Aumentada enfocada a los Sellos Alimenticios

En 2019 se implementó el etiquetado en los empaques de alimentos en México, debido al sobrepeso y obesidad de la población mexicana. Por lo que RASA es una aplicación que nos permitirá apoyar a la sociedad de una manera novedosa.

A continuación, se describe la aplicación. Al entrar a RASA se puede visualizar un menú con las siguientes opciones: Escaneo, Galería, Acerca de y Contacto, ver la Figura 1.



Figura 1. Menú Principal

- Escaneo.- Permite escanear los sellos en cualquier producto que los contenga.

- **Galería.-** Muestra un menú que tiene 5 opciones que representan cada sello, en cada uno tiene su propia galería de productos y consecuencias dependiendo del sello elegido, ver Figura 2.



Figura 2. Menú Galería Sellos

- **Acerca De.-** Muestra el propósito u objetivo por el que se decidió hacer la aplicación, ver Figura 3.



Figura 3. Acerca De

- **Contacto.-** Se podrán ver los contactos del desarrollador, junto con todas opciones también se tiene un botón de salir.

En la Figura 4 se muestra cómo funciona la aplicación al escanear el sello del exceso de sodio en unas frituras, donde se describe sobre el sello y las consecuencias que conlleva al consumir un producto que contenga el sello.

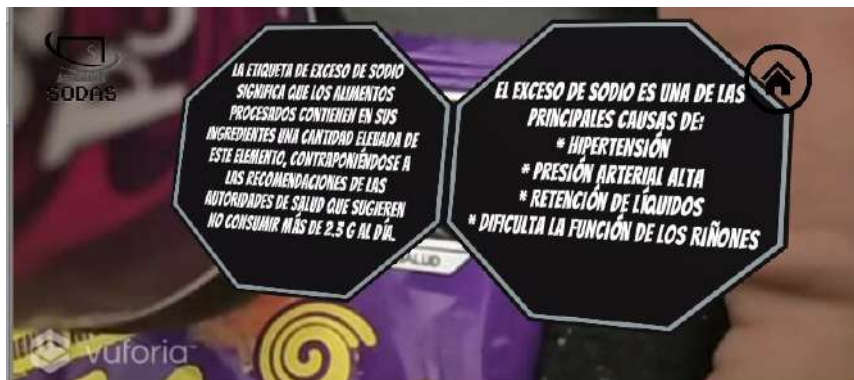


Figura 4. Escaneo del Exceso de Sodio

En la Figura 5 se muestra cómo funciona la aplicación al escanear el sello del exceso de Grasas Saturadas en una caja de cereal, en donde al igual que del exceso de sodio se describe sobre el sello y las consecuencias que conlleva al consumir un producto que contenga el sello.

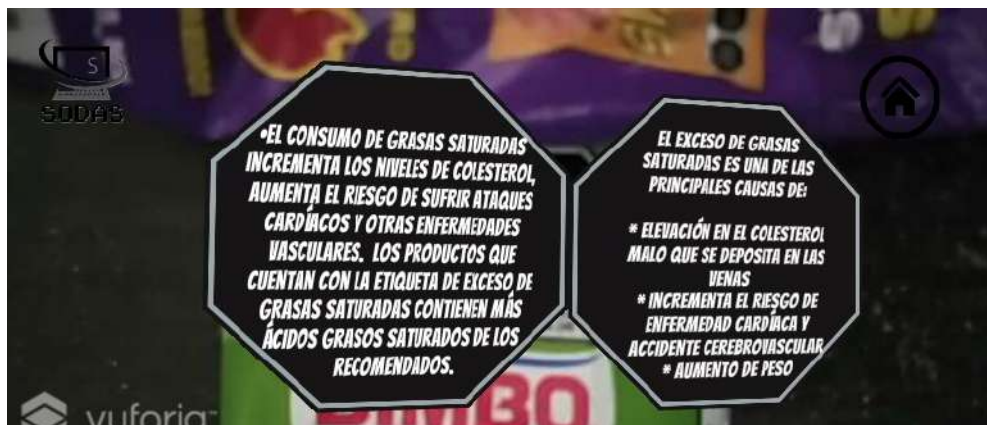


Figura 5. Escaneo del Exceso de Grasas Saturadas.

6. Resultados y Pruebas

En este proyecto se hicieron pruebas de integración, donde se probó la comunicación entre el hardware y software, y hasta ahora no se encontraron defectos.

También se hicieron pruebas del sistema, verificando el funcionamiento correcto de las interfaces entre los distintos subsistemas que lo componen y con el resto de sistemas de información con los que se comunica, para ello se usó un Redmi 8 para hacer las pruebas.

REPORTE DE PRUEBAS DE SISTEMA					
Requisito Probado	Tipo Requisito	Numero de caso de prueba	Descripción de la Prueba	Descripción de defecto	Fecha Aprobación
Menú Principal	Esencial	CPS_01	Prueba de los Botones del Menú Principal	Sin Defectos Encontrados	14/Mayo/2022
Acceso a la Cámara	Esencial	CPS_02	Prueba de Cámara al rastrear los marcadores	Sin Defectos Encontrados	16/Mayo/2022
Reconocimiento de Marcador	Esencial	CPS_03	Prueba del Reconocimiento de los marcadores	Sin Defectos Encontrados	16/Mayo/2022
Información de los Sellos	Esencial	CPS_04	Prueba de visualización de información Cambiada	Sin Defectos Encontrados	24/Agosto/2022

Tabla 1. Pruebas de Sistema

7. Conclusiones

Al desarrollar el Sistema de Realidad Aumentada relacionado a los Sellos Alimenticios, se obtuvo más conocimiento acerca del diseño de interfaces y aplicaciones integrando Realidad Aumentada, para lo cual se utilizó Unity y Vuforia; y para la edición de audio se usó Cool Edit Pro. El trabajo también permitió reforzar los conocimientos acerca de los Sellos Alimenticios en general.

Al finalizar la aplicación se cumplieron las expectativas y los objetivos planteados al inicio del proyecto, teniendo una aplicación con los módulos y funcionalidades planteadas.

Este proyecto demuestra que la tecnología puede ser aplicada en cualquier área, pero podríamos revolucionar este campo y generar nuevas ideas en la que la Salud y la tecnología se mezclen.

Referencias

1. López Sosa E. & De la Torre Ortiz L. (2018). Prototipo de Aplicación Móvil con Realidad Aumentada Como Apoyo en la Adherencia a un Tratamiento Farmacológico. Ciudad Juárez, Chihuahua: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
2. Gómez Soto O.N., Vázquez Briseño M., Tentori Espinosa M.E... (2015, Agosto 04). Diseño de un sistema de realidad aumentada para la prevención de obesidad en niños. *Research in Computing Science*, 108, 19–26. 2021, Noviembre 27, De Google Académico Base de datos.
3. Palacios, B. (2021). Diseño e implementación de un sistema para información de productos del sector retail basado en realidad aumentada. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.
4. ¿Qué es la Realidad aumentada? - Características y tipos. Recuperado 13 de octubre de 2022, de <https://www.neosentec.com/realidad-aumentada/>
5. Etiquetado frontal de alimentos y bebidas. (2021, 5 octubre). gob.mx. Recuperado 13 de octubre de 2022, de <https://www.gob.mx/promosalud/acciones-y-programas/etiquetado-de-alimentos>.



Modelo de sistema de control de acceso y gestión de operaciones de un estacionamiento privado

Alberto de Ita Solís¹, Juventino Montiel Hernández², María Enedina Carmona Flores³, Mariano Larios Gómez⁴

^{1,2,3}Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología
Carretera Apizaquito S/N, San Luis Apizaquito, C.P. 90401, Apizaco, Tlaxcala

⁴Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

14 y avenida san Claudio, Ciudad Universitaria, sin número, Puebla

alberto_de_ita@hotmail.com¹, juventino.Montiel.h@uatx.mx², enedinacarmona@uatx.mx³,
larios@correo.buap.mx⁴

*Recibido 05 de marzo de 2021, Aceptado 20 de abril de 2021,
Versión final 31 de mayo de 2022*

Resumen Este prototipo se conforma de 5 fases a partir del modelo de desarrollo de software en cascada y diagramación BPMN. Su función principal es la gestión de los procesos de los estacionamientos privados, el otorgamiento de una llave única de acceso para los conductores y autenticaciones para los encargados del estacionamiento. La implementación de un software para automatizar las tareas rutinarias de los encargados mencionados, da lugar a la administración eficiente de los datos, permitiendo el alta, baja y edición sin perder la integridad de los mismos. Posteriormente la exportación de reportes del estatus del estacionamiento. Además, contribuye para que los conductores a través de una interfaz gráfica de usuario (GUI) puedan apreciar el área total del terreno y así seleccionar el cajón más conveniente para estacionar su vehículo.

Finalmente, por medio de la evaluación con atributos de calidad o requerimientos no funcionales se garantiza la calidad del software.

Abstract This prototype is made up of five phases of the waterfall software development model and also BPMN diagramming. Its main function is the management of the private parking processes, giving it a unique access key for drivers and authentications in the case of parking managers. The implementation of a software to automate the routine tasks of parking managers, allows the efficient administration of the data allowing; insertion, deletion and editing without losing their integrity. Later the export of parking status reports. In addition, it helps drivers through a graphical user interface (GUI) they can appreciate the total area of the parking terrain and then they can select the most convenient space to park their vehicle.

Finally, through the evaluation with quality attributes or non-functional requirements, the quality of the software is

guaranteed.

Palabras Clave: Bases de datos relacionales, Interfaz gráfica de usuario, Aplicaciones de escritorio, Arduino, Encriptación

Keywords: Relational database, Graphical user interface, Desktop application, Business process model and notation, QR Code

1. Introducción

En este trabajo se realiza un análisis de 24 requerimientos funcionales y 8 requerimientos no funcionales. Desplegándose con las fases del modelo de desarrollo en cascada.

La idea central de este proyecto gira en torno al desarrollo de un prototipo que permita el registro, edición y eliminación de datos tanto de encargados, conductores y vehículos, asimismo de lugar a la administración de los siguientes puntos:

1. La información de los miembros encargados del estacionamiento.
2. La información de los conductores y de sus vehículos.
3. Una llave única encriptada para el acceso de los conductores al estacionamiento.
4. Los controles de registro de fechas y horarios de acceso y salida para cada conductor.
5. La generación de reportes por periodos de tiempo determinados.

2. Trabajos Relacionados

En esta sección se abordan los proyectos realizados en diferentes países para solventar los problemas que generalmente abarcan: congestión vehicular, registro de datos tardío, invisibilidad de disponibilidad de cajones, falta de control de flujo vehicular, etcétera. Las soluciones propuestas de cada uno de los documentos se desarrollan desde los ejes: electrónico, mecánico e informático.

2.1 Sistema electrónico para el aviso automático de disponibilidad en estacionamientos

El trabajo de tesis de Isabel B. Crisólogo Rodríguez desarrollado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, fundamenta que los estacionamientos en Perú no cuentan con un sistema de control vehicular. Ni siquiera los centros comerciales con estacionamientos de gran capacidad tienen un sistema de control de parqueo en el cual se dé aviso de disponibilidad de espacio.

La solución a este problema se basa en un sistema de conteo electrónico de vehículos a partir de sensores; este sistema permitiría al conductor saber si hay o no espacios disponibles en el estacionamiento. [1]

2.2 Detección y extracción de placas de vehículos en señales de video

En el segundo ejemplo tenemos un sistema desarrollado en 2012 en la ciudad de Guayaquil Ecuador por estudiantes de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. En este proyecto se implementó un sistema para detectar y extraer placas de vehículos desde una señal de video utilizando un sistema de visión artificial. El proyecto se divide en dos etapas: 1. Instalación y calibración y 2. Extracción y

procesamiento. [2]

2.3 Prototipo automático de un estacionamiento radial

En el año 2013 ingenieros mecánicos del IPN elaboran un proyecto en donde se establece la propuesta de un estacionamiento radial automático. El prototipo funciona a través de sensores, un Arduino Leonardo, un Arduino Mega 2560, una plataforma con niveles a escala, un elevador, motores y rieles para el desplazamiento de los vehículos. La cantidad de automóviles almacenados en el espacio de un estacionamiento de este tipo será superior al de cualquier estacionamiento tradicional, debido a que el incremento de lugares representará un crecimiento vertical del estacionamiento, ya sea un estacionamiento subterráneo o sobre el nivel del suelo. [3]

2.4 Sistema de estacionamiento inteligente basado en Arduino

En el departamento de ingeniería informática en el estado de Gujarat India, dos estudiantes hicieron un proyecto en el cual su propósito principal fue producir una solución al problema de deambular por los estacionamientos antes de encontrar un lugar adecuado para estacionar. Para esto se ha elaborado un sistema de estacionamiento automático, utilizando un hardware de código abierto, sensores programables y el uso de una computadora para proporcionar una interfaz y mostrar la salida digital producida de los sensores ultrasónicos. Tan pronto como el lugar de estacionamiento se encuentra vacío, se detecta mediante sensores ultrasónicos que lo notifican. [4]

3. Descripción de la Aplicación

En esta sección se describe el desarrollo del sistema desde el modelado de procesos BPMN y el diseño del circuito electrónico.

3.3 Modelado

En la Figura 1 se muestra un ejemplo del requerimiento funcional: Alta de encargado (REQF1) en donde se aprecia el flujo de secuencia entre tareas para dar de alta a un encargado del estacionamiento.

Se visualizan las condiciones y la intervención que juegan los requerimientos no funcionales (RNF1) dentro del proceso.

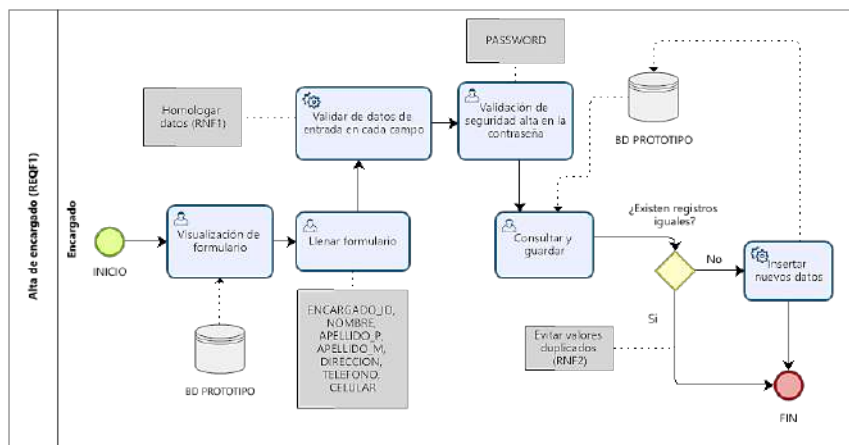


Figura 1. Diagrama BPMN de RQF1: Alta de encargado

En la figura 2 se representa el circuito electrónico del prototipo que es utilizado como una interfaz de salida y muestra el resultado de la validación de acceso de los conductores y también funge el papel del simulador de la pluma o barrera de estacionamiento.

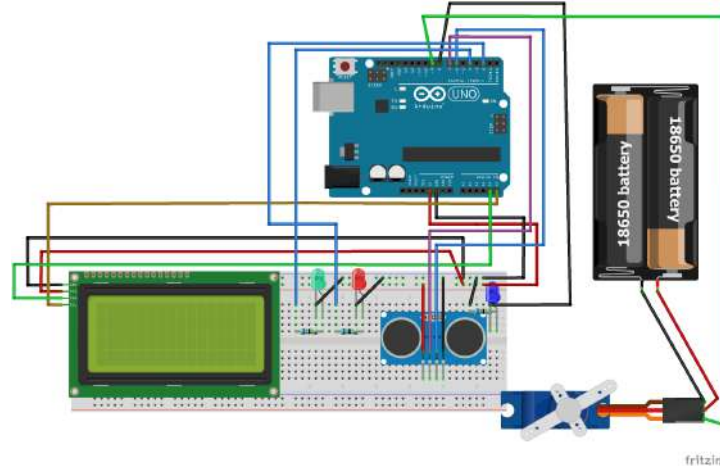


Figura 2. Circuito electrónico del prototipo

4. Conceptos Básicos

4.1 Diagramas BPMN

Exponen el flujo de trabajo del sistema con un nivel de abstracción que va desde una notación gráfica de fácil lectura y entendimiento de entre los colaboradores del negocio, hasta una lógica de diseño del software que aporta gran utilidad al desarrollador: establecen un diseño y un flujo de secuencia lógico entre los requerimientos funcionales; en donde se desglosan las tareas que debe realizar el sistema y cómo debe realizarlas. [5]

4.2 Circuito electrónico

Es la interconexión de dos o más componentes por los cuales circula una corriente eléctrica y que contiene una trayectoria cerrada. Los dispositivos electrónicos están compuestos en su mayoría por circuitos destinados a gestionar información codificada en una señal de voltaje. [6]

5. Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)

El sistema se consolidó por 6 módulos principales: 3 de administración, uno de configuración, uno de gestión de acceso y salida, finalmente uno de generación de reportes. Además, se adiciona el menú principal. Se detallan en los subsecuentes puntos:

5.1 Administración de encargados

En la Figura 3 se muestra el formulario de encargados en donde podemos hallar íconos y fuentes claras, además de los botones: "Nuevo", "Modificar" y "Eliminar" ubicados en la parte inferior del Tform los cuales tienen un acceso directo a las tareas que desee realizar el encargado del estacionamiento.



Figura 3. Módulo de encargados

5.2 Administración de conductores

En la figura 4 se aprecia una tabla principal al igual que el módulo anterior, en donde se enlistan los registros de los encargados, pero en este se muestran los conductores de la base de datos. De igual manera 3 botones para las tareas requeridas.

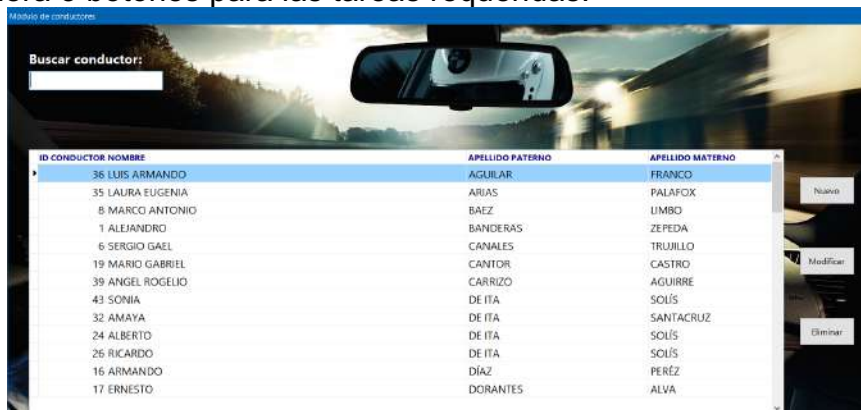


Figura 4. Módulo de conductores

5.3 Administración de vehículos

En la figura 5 al igual que los anteriores módulos, este cuenta con características de gestión de datos, pero esta vez aplicadas a los vehículos. Cabe mencionar que tiene también un área de búsqueda para consultar a través de algún dato y hallar los registros vehiculares fácilmente.



Figura 5. Módulo de vehículos

5.4 Configuración

Posteriormente al registro de los datos del conductor y el vehículo se llega al módulo de códigos QR (ver Figura 6) donde a través de la consulta de estas relaciones se encriptan los datos, se codifican con una norma ISO y se genera un código QR, para posteriormente compartirle la imagen al conductor a su teléfono celular y tenga una llave de acceso única al estacionamiento.



Figura 6. Módulo de códigos QR

5.5 Gestión de acceso y salida

Esta parte del proyecto es la más compleja en cuanto a inserción y actualización de registros, de acuerdo a los datos de entrada del sistema. En la figura 7 se muestra cuando se asigna un cajón de acuerdo al tipo de vehículo, en este caso a un automóvil.

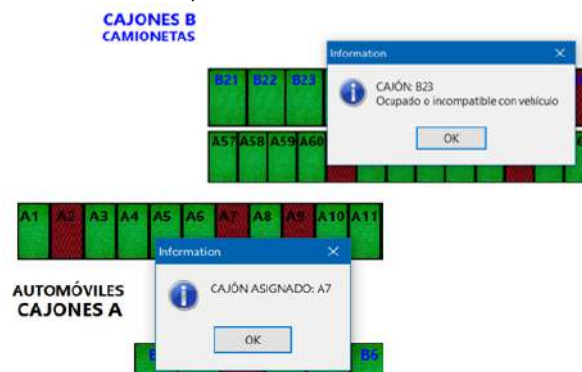


Figura 7. Módulo de estacionamiento

5.6 Generador de reportes

En la figura 8 se muestra el módulo de reportes que permite gestionar las operaciones en la base de datos en orden cronológico. Se filtran los datos, se consolidan y finalmente se exportan a un reporte con formato .xlsx para su posterior análisis de datos.

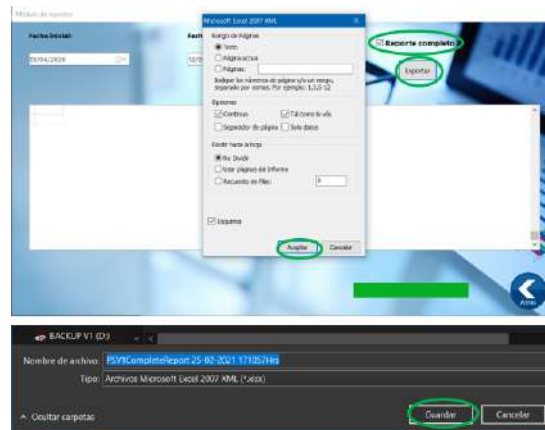


Figura 8 . Módulo de reportes

5.7 Menú principal

Finalmente, en la figura 9 se muestra el menú principal del sistema, el cual centraliza todos los módulos y los accesos al sistema. Esta interfaz gráfica principal es para el uso de los encargados del estacionamiento y los conductores. Posee una barra de estatus de la parte inferior derecha para determinar los accesos y tornarse de color verde o roja dependiendo del resultado de la validación.



Figura 9 . Menú principal

6. Resultados y Pruebas

6.1 Restricciones

Propiedad	Descripción
Homologación de datos	Se especificó que los datos de entrada/salida del sistema fueran homologados a letras mayúsculas. A excepción de la contraseña de usuario.
Valores únicos	La base de datos contiene valores únicos en sus tablas y evita la redundancia.
Consultas rápidas	El tiempo de respuesta de las consultas a la base de datos resulto ser menor o igual a 3 segundos.

Tabla 1. Requerimientos no funcionales (Restricciones)

7. Conclusiones

El objetivo principal de este prototipo fue el desarrollo de un

sistema para un estacionamiento privado, el cual permitiera tener un control de acceso de los encargados, los conductores y sus vehículos, asimismo, gestionar las operaciones para cada uno de los procesos del negocio y además se pudieran generar datos del estatus del mismo negocio a través del tiempo y obtener información valiosa.

Este modelo de estacionamiento privado que se centró en dar una solución desde el área de los sistemas distribuidos. En donde finalmente se puede concluir que la conformación de un sistema completo cubriendo el objetivo principal, requerimientos funcionales y no funcionales se basa principalmente en la realización de cada una de las fases de un modelo de desarrollo de software y en mi experiencia en la fase de diseño; la integración de bloques o procesos con diagramación BPMN los cuales esclarecen la lógica del negocio y el flujo de secuencia entre tareas.

No obstante, reiterando lo anterior, un punto clave en este proyecto fue la utilización de un adecuado IDE que se complementó con la disponibilidad y compatibilidad de librerías para satisfacer funcionalidades específicas del sistema mismo. También, la utilización de SQL como el soporte de datos el cual le atribuyó robustez. Estos factores permitieron que el desarrollo del prototipo se pudiera construir por bloques de código y finalmente llegarse a consolidar como un software de calidad.

Agradecimientos

Agradezco a mi Dios que me ha otorgado la vida para llegar a este momento, de él reside mi fuerza y mi voluntad.

Agradezco a mis profesores por sus enseñanzas colmadas de tan sustancial valor en mi formación educativa y profesional. En especial a la Dra. Marva Angélica y el M.C. Juventino.

Referencias

- [1] Crisólogo Rodríguez, I. B. (2008). Diseño de un sistema electrónico para el aviso automático de disponibilidad en estacionamientos vehiculares. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [2] Rodríguez, H., Vera, R. y Vintamilla, B. (2012). Detección y extracción de placas de vehículos en señales de video. Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador.
- [3] Juárez Arredondo, J. M. y Sánchez Rodríguez M. C. (2013). Desarrollo de un prototipo automático de un estacionamiento radial. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional, México D.F.
- [4] Shah, Kush. y Chaudhari, Priya. (2017). Arduino Based Smart Parking System. Departamento de Ingeniería Informática, SVIT Vasad, Gujarat, India.
- [5] Gómez Estupiñan, J. F. (2014). Análisis de BPMN como herramienta integral para el modelado de procesos de negocio. Colombia: Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Manizales.
- [6] Pérez Porto, J. y Gardey, A. (2011). Definición de circuito eléctrico. Definición.de. <https://definicion.de/circuito-electric>



Clasificación de los dispositivos wearables y una propuesta de algoritmo para evaluar el desempeño energético

Marcos Espinosa Martínez, Antonio Barcelata Pinzón, José Lorenzo Muñoz Mata, Griselda Saldaña González*

Universidad Tecnológica de Puebla, División de Mecatrónica, Antiguo camino a la resurrección no. 1002-A, Zona Industrial Oriente, C.P. 72300, Puebla, Puebla, México
marcos.espinosa@utpuebla.edu.mx, antonio.barcelata@utpuebla.edu.mx,
jose.munoz@utpuebla.edu.mx, griselda.saldana@utpuebla.edu.mx
<http://www.uatx.mx/> <http://www.utpuebla.edu.mx/>

*Recibido 12 de noviembre de 2021, Aceptado 18 de noviembre de 2021,
Versión final 03 de enero de 2022.*

Resumen La saturación de los teléfonos inteligentes ha generado una nueva tendencia en los dispositivos móviles como son los denominados vestibles “wearables”, en formas de accesorios y ropa que las personas utilizan. En general son de tamaño pequeño y hacen funciones de detectar, recoger y almacenar información para mejorar la calidad de vida. La reducción del consumo de energía es uno de los retos que enfrentan actualmente. En este documento se presenta la clasificación de los dispositivos disponibles en el mercado, el uso de la energía y la eficiencia energética para los dispositivos wearables. Al final se hace la propuesta de un algoritmo de simulación para evaluar el desempeño energético de dispositivos vestibles “wearables”.

Abstract The saturation of smartphones has generated a new trend in mobile devices such as the so-called "wearables" in the form of accessories and clothing that people use. They are generally small in size and perform functions of sensing, collecting and storing information to improve the quality of life. Reducing energy consumption is one of the challenges they currently face. This paper presents the classification of those available in the market, energy use and energy efficiency for wearable devices. At the end, a simulation algorithm is proposed to evaluate the energy performance of wearable devices.

Palabras Clave: Wearables, Energía, Eficiencia energética,

Desempeño energético, Algoritmo.

Keywords: Wearables, Energy, Efficiency, Performance, Algorithm.

1. Introducción.

Los usuarios muestran un creciente interés por los dispositivos móviles que prometen mejorar la calidad de vida de manera que los smartphones por sí solos no pueden. Estos dispositivos, que pueden ser en forma de relojes inteligentes, pulseras, gafas inteligentes, joyas inteligentes, prendas electrónicas, parches para la piel, etc., suelen denominarse wearables. Los wearables también pueden ayudar a los usuarios a realizar muchas otras tareas útiles, como comprobar los mensajes de texto entrantes e información urgente, de forma mucho más cómoda y natural que con un smartphone.

La energía se considera uno de los recursos más críticos, especialmente con las crecientes demandas de los usuarios para obtener más potencia y funcionalidades avanzadas. No es conveniente para muchos usuarios recargar con frecuencia sus dispositivos wearables enchufando los dispositivos a fuentes de energía. Más recientemente, la carga inalámbrica es capaz de ofrecer más flexibilidad y comodidad a los usuarios, sin embargo, suele necesitar más tiempo de carga, ya que la velocidad a la que se puede transferir la energía al dispositivo es limitada [1]. Por lo tanto, la duración de la batería activa es un factor crítico que los usuarios consideran a la hora de seleccionar los dispositivos wearables. Esto ha motivado a la industria a explorar medios para ampliar la vida útil de la batería de los dispositivos portátiles.

2. Trabajos relacionados con dispositivos wearables.

Los productos comerciales existentes se dividen en tres grandes categorías: 1) Accesorios, 2) Tejidos electrónicos y 3) Parches electrónicos. Ver figura 1.

1) Accesorios. En esta categoría están los dispositivos que llevan los usuarios de forma externa y que no encajan en la categoría de prendas de vestir. Los accesorios son, con mucho, la categoría más popular de dispositivos en el mercado actual de los wearables. Estos dispositivos incluyen relojes inteligentes, pulseras, gafas inteligentes, correas para el pecho, cinturones inteligentes y diversos complementos para la ropa.

2) Tejidos electrónicos (e-textiles). Son prendas de vestir como la

ropa y los zapatos inteligentes que se utilizan principalmente para: a) controlar las señales fisiológicas humanas y biomecánicas en diversas aplicaciones como la salud y el deporte [3], [4], b) la detección de entornos militares o peligrosos [5], y c) aplicaciones sensoriales/hápticas como los masajes terapéuticos [6]. Los e-textiles están hechos de materiales conductores y cómodos de llevar como fibras conductoras y circuitos electrónicos flexibles, o bien son prendas ordinarias con módulos convencionales de detección, actuación y transmisión de datos.

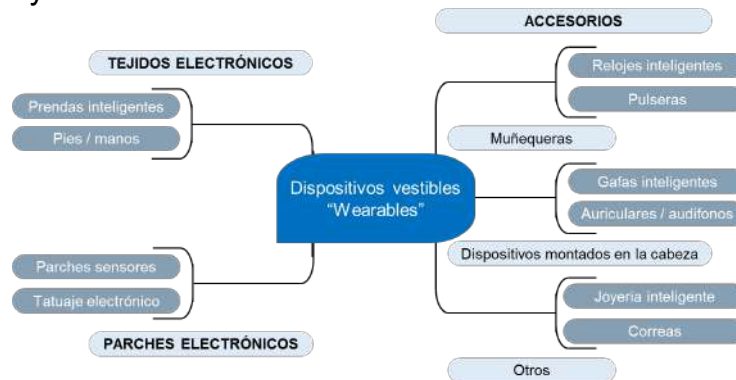


Figura 1. Clasificación de los dispositivos vestibles "wearables" [2].

3) Parches electrónicos (e-patches): Su característica principal es que pueden ser adheridos o tatuados a la piel y se clasifican en dos categorías: Parches con sensores y tatuajes/piel electrónica (e-tattoo/e-skin), a) Los parches sensores diseñados para monitorear señales fisiológicas humanas y la biomecánica consisten en módulos de sensores reutilizables con parches desechables y adhesivos. b) Tatuaje electrónico/piel electrónica: estos tatuajes utilizan circuitos electrónicos flexibles y estirables para realizar la detección y la transmisión inalámbrica de datos.

La eficiencia energética de los wearables puede lograrse generalmente de las baterías o minimizando el consumo de energía. Recientemente, la recolección de energía [7] está recibiendo la atención de la comunidad investigadora e industrial. Los trabajos relacionados con la eficiencia energética en los dispositivos móviles vestibles se pueden dividir en tres grandes rubros: los avances en materia de baterías, en donde se puede describir el estado de la técnica en tecnologías de baterías, sus limitaciones y las tendencias futuras; el segundo con detección eficiente de la energía, donde se describen los métodos para minimizar el consumo de energía sin comprometer el rendimiento del sistema; y tercero, la denominada

recolección de energía en relación con los wearables.

3. La energía en los dispositivos vestibles “wearables”.

Un importante factor en el diseño de dispositivos portátiles son las baterías las cuales deben ser compactas, eficientes y duraderas. En los últimos años, hemos sido testigos de una mejora en la tecnología de las baterías teniendo en cuenta el tamaño, la forma, la capacidad y la fiabilidad [8]. Hay diferentes tipos de baterías que se utilizan en los wearables actuales [8], [9]. El litio sigue siendo el elemento clave en las baterías de los wearables porque es el más ligero de todos los metales y funciona a un alto voltaje [9]. Las pilas de litio tipo moneda o pilas de botón de litio son una de las baterías más utilizadas para pequeños dispositivos como mandos a distancia, audífonos, relojes y algunos de los primeros dispositivos portátiles [8]. Estos tipos de pilas se adaptan bien a los dispositivos portátiles pequeños y de baja potencia, ya que son compactas, ligeras, rentables y bastante seguras, sin embargo, no son recargables y tienen una alta resistencia interna [10].

La detección puede consumir mucha energía como resultado del uso de muchos sensores y el muestreo continuo. Minimizar el consumo de energía de los sensores puede conseguirse apagando los que consumen más energía (siempre que sea posible), utilizando el mínimo número de sensores para lograr una aplicación deseada, y reduciendo la frecuencia de muestreo, sin embargo, esto puede degradar el rendimiento del sistema. Por lo tanto, minimizar el consumo de energía de los sensores sin afectar al rendimiento del sistema es un factor importante al que hay que tener en cuenta a la hora de lograr la eficiencia energética.

Los dispositivos autoalimentados mediante la captación de energía del entorno son muy atractivos para los wearables portátiles [11] e implica la no dependencia de las baterías. Los wearables habilitados para la recolección de energía (EH) pueden recoger libremente de las fuentes ambientales, como la solar, cinética y térmica, para alimentar o recargar la electrónica directamente sin necesidad de recargar o sustituir manualmente las baterías. Los avances recientes y las aplicaciones de la recolección de energía en los dispositivos portátiles se pueden clasificar como 1) Recolección de energía cinética, 2) Recolección de energía termoeléctrica y 3) Recolección de energía solar.

4. Conceptos básicos de eficiencia energética en los dispositivos wearables móviles.

Los dispositivos vestibles wearables móviles personales como los smartwatches, las joyas inteligentes y la ropa inteligente han lanzado una nueva tendencia en la era de la Internet de las Cosas (IoT), a saber, la Internet de las Cosas que se puede llevar puesta (IoWT). Estos son pequeños dispositivos IoT capaces de detectar, almacenar, procesar e intercambiar datos para ayudar a los usuarios mejorando tareas de la vida cotidiana a través de diversas aplicaciones. Sin embargo, el IoWT también ha planteado nuevos retos, como la creciente demanda de mayor potencia de suministro eléctrico de cálculo. La mayoría de los wearables son dispositivos alimentados por baterías que necesitan recargarse, por lo que la limitada duración de la batería sigue siendo el cuello de botella que lleva a la necesidad de mejorar la eficiencia energética de los wearables [13].



Figura 2. Ecosistema de dispositivos wearables [13].

La IoWT o, lo que es lo mismo, la Internet de las cosas vestible (WIoT) es una fusión de varios dispositivos inteligentes para llevar puestos, incluyendo relojes inteligentes, pulseras, zapatos inteligentes, joyas inteligentes, gafas inteligentes, parches para la piel, etc. Los wearables están equipados con varios sensores, unidades informáticas y de comunicación, lo que les permite detectar, procesar e intercambiar varios tipos continuamente [14], ver figura 2. Por lo tanto, el diseño de soluciones energéticamente eficientes de energía para estos dispositivos es de suma importancia para prolongar la vida útil de la batería de los wearables y, al mismo tiempo, cumplir con los requisitos de rendimiento de la aplicación. Los sistemas de gestión de la energía son un conjunto de elementos interrelacionados que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos; su implementación tiene por objeto la mejora del desempeño energético [12]. La política energética para los

dispositivos wearables es minimizar el consumo de energía de los sensores sin afectar el rendimiento del sistema para lograr la eficiencia energética ante situaciones transitorias de arranque, acoplamiento y liberación de carga. El concepto de desempeño energético incluye el uso de la energía, la eficiencia energética, consumo e intensidad de la energía. Ver figura 3.



Figura 3. Representación conceptual de desempeño energético [12].

5. Propuesta de algoritmo para simulación de dispositivos vestibles “wearables” para evaluar el desempeño energético.

Los dispositivos wearables tienen un principio de funcionamiento basado en un sistema de control electrónico retroalimentado el cual se puede modelar mediante ecuaciones de estado (ver ecuación 1) y conocer la dinámica del proceso.

$$\dot{\mathbf{X}} = \mathbf{A} \mathbf{X} + \mathbf{B} \mathbf{U} + \mathbf{r} \quad (1)$$

Al obtener el modelo representándolo mediante un sistema de ecuaciones variables de estado; ahora es necesario seleccionar adecuadamente la técnica para resolverlas. Es necesario seleccionar una técnica para resolver el sistema de ecuaciones y encontrar el área bajo la curva que nos permita observar el comportamiento de nuestro sistema y observar en detalle el estado dinámico. El método de Runge-Kutta tiene la exactitud del esquema de la serie de Taylor sin necesitar del cálculo de derivadas superiores. Existen variaciones, pero todas se pueden ajustar a la forma general a la ecuación (2).

$$y_{i+1} = y_i + \left[\frac{1}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \right] h \quad (2)$$

La ecuación (3) muestra el método de Runge-Kutta de cuarto orden, es una buena alternativa para este propósito ya que proporciona una

exactitud excelente y es relativamente fácil de programar.

$$\begin{aligned}
 k_1 &= f(x_i, y_i) \\
 k_2 &= f(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}hk_1) \\
 k_3 &= f(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}hk_2) \\
 k_4 &= f(x_i + h, y_i + hk_3) \quad (3)
 \end{aligned}$$

Una característica importante de un algoritmo para resolver sistemas de estado con un método de Runge-Kutta es la secuencia del cálculo de las k's. Las k's son relaciones recurrentes, es decir que k1 aparece en la ecuación de k2 , que aparece en la ecuación de k3 , esta recurrencia hace al método eficiente para el cálculo en el algoritmo de simulación.

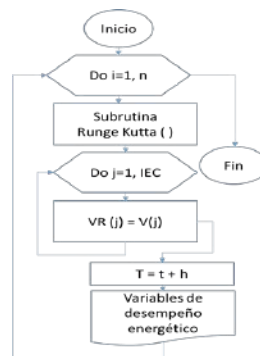


Figura 3. Algoritmo de simulación de dispositivos vestibles “wearables” para evaluar el desempeño energético [15].

6. Conclusiones.

El algoritmo propuesto de simulación ha sido probado en un sistema de control electrónico para medir el desempeño energético de motores de corriente directa, y dadas las similitudes para sistemas de control electrónico de dispositivos wearables se considera una buena alternativa para implementarse. El diseño de algoritmos de simulación para evaluar el desempeño energético de dispositivos vestibles “wearables”, se justifica al ser una herramienta para observar el comportamiento dinámico nominal y transitorio de variables eléctricas de corriente y voltaje. El algoritmo de simulación tiene el objetivo de resolver las ecuaciones de estado, por lo cual se convierte en una herramienta adecuada que evitar costo de pruebas destructivas. El método de integración Runge Kutta de cuarto orden cumple con las necesidades de exactitud y fácil programación para

analizar los transitorios electrónicos que muestran el comportamiento de las variables de corriente, voltaje y potencia definidos

Referencias

1. Improving Energy Efficiency in Wearables Using Low-ESR Capacitors. Accessed on Aug. 10, 2016. [Online]. Available: <http://www.digikey.com.au/en/articles/techzone/2016/may/improvingenergy-efficiency-in-wearables-using-low-esr-capacitors>.
2. Suranga Seneviratne, Yining Hu, Tham Nguyen, Guohao Lan, Sara Khalifa, Kanchana Thilakarathna, Mahbub Hassan, and Aruna Seneviratne " A Survey of Wearable Devices and Challenges", IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 19, NO. 4, FOURTH QUARTER 2017
3. M. Gokey. (2016). Why Smart Clothes, Not Watches, Are the Future of Wearables. [Online]. Available: <http://www.digitaltrends.com/wearables/smart-clothing-is-the-future-ofwearables/>
4. M. Pacelli, G. Loriga, N. Taccini, and R. Paradiso, "Sensing fabrics for monitoring physiological and biomechanical variables: E-textile solutions," in Proc. 3rd IEEE EMBS, Cambridge, MA, USA, 2006, pp. 1–4.
5. S. Scataglini, G. Andreoni, and J. Gallant, "A review of smart clothing in military," in Proc. Workshop Wearable Syst. Appl., Florence, Italy, 2015, pp. 53–54.
6. M. Nguyen. (2016). How New Haptic Wearable Devices Move Our Life. [Online]. Available: <https://www.wearable-technologies.com/2015/09/how-new-haptic-wearable-devices-move-our-life/>
7. R. J. M. Vullers, R. van Schaijk, I. Doms, C. V. Hoof, and R. Mertens, "Micropower energy harvesting," Solid State Electron., vol. 53, no. 7, pp. 684–693, 2009.
8. L. Burgessl. Why We Need Battery Innovation—Now. Accessed on Nov. 8, 2016. [Online]. Available: <http://readwrite.com/2015/08/14/battery-innovation-needed/>
9. M. Powell. Power on: The Latest Battery Breakthroughs. Accessed May 10, 2016. [Online]. Available: <http://iq.intel.com/the-latest-battery-breakthroughs/>
10. L. Ada. Lithium Batteries and Coin Cells. Accessed on Nov. 8, 2016. [Online]. Available: <https://learn.adafruit.com/all-about-batteries/lithium-batteries-and-coin-cells>
11. J. A. Paradiso and T. Starner, "Energy scavenging for mobile and wireless electronics," IEEE Pervasive Comput., vol. 4, no. 1, pp. 18–27, Jan./Mar. 2005.
12. Norma Mexicana ANCE – IMNC ISO 50001:2011 NMX-J-SAA-50001:2011, Sistemas de gestión de la energía – Requerimientos con orientación para su uso. Asociación de Normalización y certificación, A.C. México D.F. 2011.
13. WALEED BIN QAIM, ALEKSANDR OMETOV, ANTONELLA, ILARIA LENER4, CLAUDIA CAMPOLO, ELENA SIMONA LOHAN, AND JARI NURMI, (IEEE), "Towards Energy Efficiency in the Internet of Wearable Things: A Systematic Review", IEEE Access Received August 25, 2020, accepted September 13, 2020, date of publication September 21, 2020, date of current version October 6, 2020.
14. M. Cornacchia, K. Ozcan, Y. Zheng, and S. Velipasalar, "A survey on activity detection and classification using wearable sensors," IEEE Sensors J., vol. 17, no. 2, pp. 386403, Jan. 2017.
15. Espinosa Martínez Marcos, Esparza Ponce Hilda Esperanza; Plataforma para evaluar el desempeño energético de controladores PIC en motores de corriente directa basada en la norma ISO 50001, Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados, AC, 2013.



Clasificación de redes neuronales para cáncer en ovarios

Gabriel León Hernández, Esli Merari Sanluis López, Alejandro Toscuento Flores, Leticia Flores Pulido

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ciencias Básicas Ingeniería y Tecnología,
Cuerpo Académico de Sistemas Inteligentes
Calzada Apizaquito s/n. C.P. 90300 Apizaco, Tlaxcala, México
{20191425,20191433,20191442,leticia.flores.p}@uatx.mx
<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 21 de mayo de 2022, Aceptado 26 de mayo de 2022,
Versión final 30 de mayo de 2022*

Resumen En este artículo se evaluó un conjunto de datos sobre cáncer de ovario con el propósito de hacer una clasificación para detectar de forma temprana mujeres que tienen esta enfermedad. Con el uso de redes neuronales se compararán dos algoritmos. En principio, se realizará una clasificación con mapas auto organizativos utilizando el programa de Matlab y su caja de herramientas de redes neuronales. Posteriormente, se clasificará el conjunto de datos de cáncer de ovarios con base a datos de salida que serán creados como requerimiento del aprendizaje supervisado de Backpropagation. Se concluye con una comparación de ambas redes neuronales. Los mejores resultados los obtuvo Backpropagation, con un porcentaje de clasificación del 97.7%.

Abstract In this paper, an ovarian cancer dataset was evaluated for the purpose of classification for early detection of women with ovarian cancer. Using neural networks, two algorithms will be compared. At first a classification with self-organizing maps will be performed using the Matlab program and its neural networks' toolbox. Subsequently, the ovarian cancer dataset will be classified based on output data that will be created as a requirement of Backpropagation supervised learning. It is concluded with a comparison of both neural networks. The best results were obtained by Backpropagation, with a classification rate of 97.7%.

Palabras Clave: Cáncer, Ovarios, Inteligente, Clasificación

Keywords: Cancer, Ovaries, Smart, Classification

1. Introducción

El cáncer de ovario es el tercer tumor ginecológico más frecuente a nivel mundial, pero sigue siendo la primera causa de muerte en cáncer ginecológico al ser diagnosticado habitualmente en estadios avanzados. Aparece habitualmente después de la menopausia, aunque puede surgir en mujeres jóvenes con antecedentes familiares de cáncer de mama u ovario. Entre los síntomas más frecuentes, se pueden citar la hinchazón abdominal, sensación de gases, malas digestiones, estreñimiento o diarrea, ganas de orinar frecuentes. También puede haber pérdida de apetito o de peso sin causa aparente. A veces, aparece sintomatología genital como alteraciones menstruales, sangrado postmenopáusico o dolor en la relación sexual. En este artículo, se entrena a dos redes neuronales para detectar cáncer utilizando datos de espectrometría de masa en perfiles de proteínas. Nuestro conjunto de datos son 216 pacientes, de los cuales 121 son pacientes con cáncer y 95 pacientes normales, nuestras características son niveles de intensidad de iones en valores específicos de carga/masa, cada paciente con 100 valores de carga de masa específicos. Estos datos fueron obtenidos del banco de datos del programa de proteómica clínica de la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos) y el NCI (Instituto Nacional del Cáncer). Los datos presentados aquí respaldan la existencia de múltiples conjuntos de características proteómicas distintas y altamente precisas que pueden distinguir con precisión el cáncer de ovario. La importancia de esta clasificación es desarrollar métodos de detección para mejorar la sensibilidad y la especificidad de la detección del cáncer de ovario en etapa temprana [1]. El diagnóstico temprano mejora los resultados del tratamiento y también reduce de forma drástica la tasa de mortalidad. En nuestra investigación se hará uso de dos modelos de redes neuronales, específicamente se implementará Backpropagation introducido por primera vez por Rumelhart, Hinton y Williams en 1960. Por otro lado, la red neuronal de mapas auto organizativos propuesta por Teuvo Kohonen en 1982, ambas aplicadas en Matlab. En la sección 2 Trabajos Relacionados, se explica, a grandes rasgos, tres investigaciones que se relacionan con el tópico de este artículo. En la sección 3 Métodos y Materiales, se describe a profundidad el conjunto de datos y se explica brevemente los modelos de redes neuronales empleados. En la Sección 4 se muestra la implementación de las redes neuronales. Finalmente, en la sección 5 se expone una conclusión al respecto de esta investigación.

2. Trabajos Relacionados

En el artículo Cáncer de ovario: Tamizaje y diagnóstico, recolectan información que señala que los avances terapéuticos no han demostrado ser efectivos en mejorar la sobrevivencia de las pacientes con cáncer de ovario, lo cual orienta a una búsqueda constante de un método, que permita llevar a cabo el tamizaje y la detección temprana de dicha patología. Los datos empleados para desarrollar un método adecuado de tamizaje son: Edad, Mutación de BRCA1 y BRCA2, Antecedentes heredo familiares y Síndrome de Lynch. Los métodos que tienen la mayor tasa de éxito en la detección son: Tomografía computarizada con 90 %, Tomografía por emisión de positrones 86 % y ultrasonido [2]. En el artículo Procesamiento de imágenes para posicionamiento de dispositivos mecánicos con algoritmo Backpropagation y manejo separado de componentes RGB, se reconocen patrones de imágenes en donde el algoritmo tiene la función de realizar una aproximación funcional de los componentes recibiendo imágenes descompuestas. Los datos son obtenidos por el procesamiento de imágenes segmentadas por los componentes RGB. Se usan los elementos de entrada: rojo, verde y azul. Al ser sometida a un entrenamiento de 300 ciclos con 6 valores arrojo, una precisión de 87.5 %, y en una prueba general arrojo un 100 % [3]. En el artículo Clasificación de cáncer cervical usando redes neuronales convolucionales, transferencia de aprendizaje y aumento de datos, se implementa una metodología que de manera automática clasifique el tipo de cáncer cervical como: Leve (Tipo 1 y Tipo 2) y Agresivo (Tipo 3). Esta herramienta utiliza técnicas de procesamiento digital de imágenes y aprendizaje profundo. Los datos fueron obtenidos de Intel y kaggle, fueron empleadas 1.000 imágenes por cada tipo. La arquitectura propuesta alcanzó precisiones hasta del 97,35 % en la clasificación y se demostró que la propuesta puede ser utilizada como un complemento para mejorar la eficiencia de las herramientas del diagnóstico asistido del cáncer [4].

3. Métodos y materiales

3.1. Proteómica para la detección temprana del cáncer de ovario

El cáncer se origina cuando las células en el cuerpo comienzan a crecer en forma descontrolada. Aunque en el pasado se creía que los cánceres de ovario comenzaban solamente en los ovarios, la evidencia reciente sugiere que muchos casos de cáncer ovárico en realidad pueden originarse en las células del extremo más distante de las trompas de Falopio. Los

ovarios están compuestos principalmente por tres tipos de células. Cada una puede desarrollar un tumor diferente que son: Tumores epiteliales, Tumores de células germinales y Tumores del estroma [5], representados en la Figura 1. Recientemente, fueron descubiertos patrones de proteínas en suero que diferencian a las mujeres con cáncer de ovario de las que no lo tienen. Los investigadores otorgan a la prueba una sensibilidad del 100 %, una especificidad del 95 % y un valor predictivo positivo del 94 %, lo que justificaría su uso como prueba de detección precoz [6]. Solo alrededor de 20 % de los casos de cáncer de ovario se detectan en una etapa temprana. Cuando esta enfermedad se encuentra temprano, aproximadamente el 94 % de las pacientes viven más de 5 años después del diagnóstico.

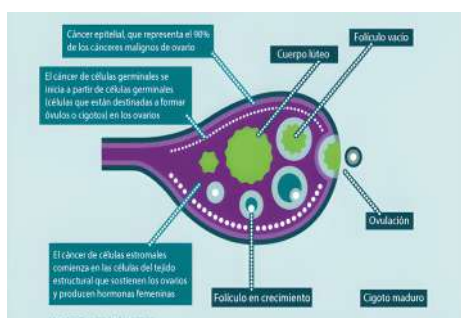


Figura 1. Tipos de cancer de ovario

3.2. Algoritmo Backpropagation

Este es un algoritmo que hace uso de aprendizaje supervisado, realiza el procedimiento normal de entrada y de salida, pero hace regreso antes de dar el resultado de salida final. Puede tener una o más capas ocultas, calcula la suma pesada, la activación de las capas ocultas y de salida, al igual que calcula errores y actualiza pesos [7]. El cálculo de la unidad oculta se da con la expresión de la suma pesada, y para el cálculo de activación correspondiente hace uso de una función de activación exponencial, donde z_j =unidad oculta, Y_k =unidad de salida, V_{0j} =bias de la unidad j , V_{ij} =bias de la unidad i , X_i =entrada de la unidad i . Las unidades de salida las cuales se calculan por medio de la suma pesada, y la correspondiente activación se obtienen con las fórmulas:

$$z_k = v_{0j} + \sum(x_i * v_{ij}) \tag{1}$$

$$z_{kactivada} = \frac{1}{1 + \exp(-z_k)} \tag{2}$$

3.3. Algoritmo de Mapas Autoorganizativos

Este algoritmo es un tipo de red de aprendizaje no supervisado, posee una capa competitiva cuyas neuronas, durante el entrenamiento, buscan representar a los patrones de entrada. Una vez finalizado el entrenamiento, cada subconjunto de datos con características similares queda representado por una o más neuronas. La arquitectura generalmente se representa como una estructura bidimensional de neuronas. Cada uno de los patrones de entrada está representado por un vector n-dimensional, donde cada posición representa una característica del patrón de entrada [8].

Fórmula para calcular distancias (3).

$$D_j = \sum (W_{d_j} + x_{ip_k})^2 \tag{3}$$

Fórmula para actualizar pesos (4).

$$W_j D_j = w_j + \alpha [x_i - w_j] \tag{4}$$

Donde w_j son los pesos del grupo j , α el parámetro de aprendizaje con un rango de 0.0 a 1.0, x_i los valores de cada característica por patrón, D_j es la distancia del grupo j , la cual almacena una sumatoria donde w_d son los pesos del grupo j , se adicionan las entradas del patrón k x_{ip_k} , donde k es el patrón en curso.

4. Implementación de Redes Neuronales

El conjunto de datos nos brinda información de 216 pacientes, los cuales 121 son pacientes con cáncer y 95 pacientes normales, cada paciente con 100 características, que representan niveles de intensidad de iones en valores específicos de carga/masa. Con los datos podemos realizar una clasificación de dos grupos: pacientes con cáncer y pacientes normales. Para el algoritmo de Backpropagation se requiere cargar los datos de entrada, los cuales son obtenidos del conjunto de datos `ovarian_dataset`, se lee el archivo de salidas deseadas donde se indican el número de pacientes que presentan este patógeno y aquellos que no, estos datos se almacenan en una matriz que posteriormente será transpuesta. Se inicia creando la arquitectura con 100 nodos de entrada, 50 nodos en la capa

oculta y 2 nodos de salida definidos en el archivo de salidas. La arquitectura se muestra en la Figura 2(a). Iniciamos con el entrenamiento, se calcula la salida y se gráfica la matriz de confusión que puede observarse en la Figura 2(b), mediante la función *plotperformance* se muestra el rendimiento de la red, Figura 2(c). Por último, el histograma de error se muestra en la Figura 2(d).

Para el caso de SOM cargamos los datos y los almacenamos en una variable *x*. La función *selforgmap* nos permite generar mapas autoorganizados para clasificar muestras con tanto detalle como se desee, probaremos una capa bidimensional de 2 neuronas. Utilizamos la función *vec2ind* para que nos devuelva el índice de la neurona con una salida de 1, para cada vector. La arquitectura se muestra en la figura 3(a). A partir de aquí podremos trazar la topología, calcular las clases para cada paciente y mostrar el número de pacientes en cada clase, figura 3(b), mostrar un plano de ponderación para cada una de las 100 entidades de entrada, figura 3(c). Por último, mostramos las posiciones de la red con sus distancias, como se muestra en la figura 3(d). Finalmente, se muestra una tabla de resultados con los porcentajes de clasificación donde se observa que Backpropagation fue más efectivo, obteniendo un 97.7% de clasificación a comparación con SOM que arrojo 94.7%, como se muestra en la Tabla 1. La diferencia entre ambos resultados no es tan grande, sin embargo, para la detección temprana de una enfermedad mortal es realmente significativa.

Método	Características	Instancias	Grupos a clasificar	Grupo 1	Grupo 2	%Clasf G1	%Clasf G2	Promedio
BACK	100	216	2	117	94	99.2 %	95.9 %	97.7 %
SOM	100	216	2	131	85	100 %	89.4 %	94.7 %
Promedio				124	89.5	99.6 %	92.2 %	96.2 %

Tabla 1. Tabla de porcentajes

5. Conclusiones

En esta investigación se ha presentado el entrenamiento de dos redes neuronales para la detección de cáncer de ovario. Los algoritmos utilizados son SOM y Backpropagation sobre el conjunto de datos ovarian_dataset. En comparación con resultados de los artículos mencionados anteriormente en la sección Trabajos Relacionados, supera sus tasas de éxito, volviendo estos algoritmos confiables. Backpropagation logro el mayor porcentaje de efectividad, ya que promediando la clasificación de

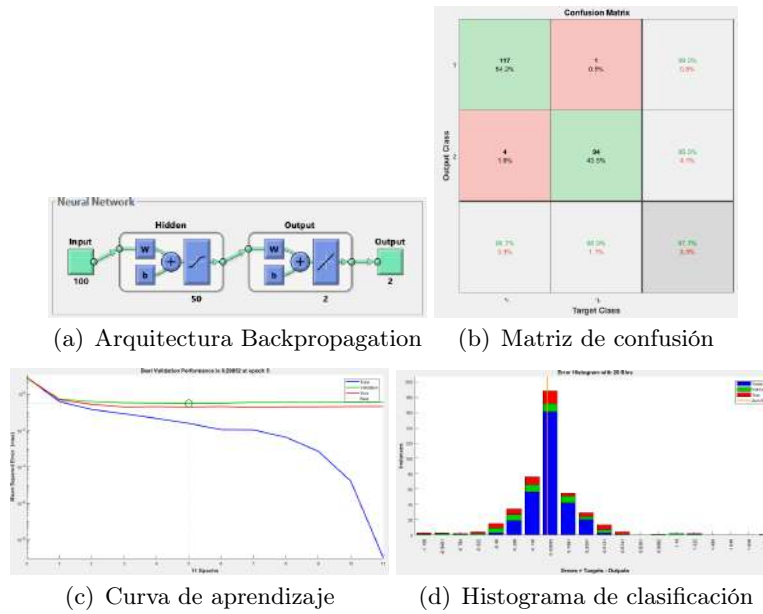


Figura 2. Implementación de Backpropagation al Conjunto de datos de Cáncer de Ovarios

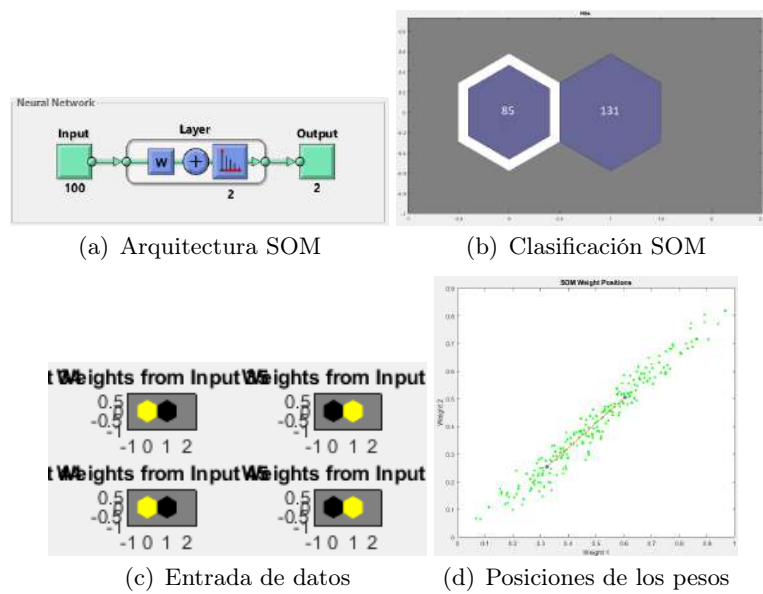


Figura 3. Implementación de SOM al Conjunto de datos de Cáncer de Ovarios

los dos grupos alcanzó un 97.7% de clasificación. El conjunto de datos son 216 pacientes con 100 características, cada característica representa un nivel de intensidad de ion en un valor específico de carga/masa. La clasificación fue en 2 grupos: pacientes normales y pacientes con cáncer. Para la arquitectura de Backpropagation se ingresaron 100 nodos de entrada, se establecieron 50 nodos en la capa oculta y 2 nodos de salida, el resultado fue un 97.7% de clasificación y un 2.3% de error. Para SOM, 100 nodos de entrada y 2 nodos de salida, el porcentaje de clasificación fue de 94.7% de efectividad y un 5.3% de error. El método con la mejor clasificación fue el de tipo supervisado, ya que arrojó el porcentaje de efectividad más alto, y para cada grupo un porcentaje mayor al 95%. Hay que tomar en cuenta que para ambas redes neuronales el número de características e instancias fueron las mismas. Para trabajos a futuro, un modelo el cual sería aplicable es Resonancia adaptativa, el cual es un aprendizaje de tipo no supervisado. Algunos conjuntos de datos en los cuales se podría aplicar las redes neuronales son: clasificación de alimentos, diabetes, COVID, otros tipos de cáncer, entre otros.

Referencias

1. Ovarian Cancer Research | New Treatments for Ovarian Cancer. (2018, 11 abril). American Cancer Society. Recuperado 31 de marzo de 2022, de <https://www.cancer.org/cancer/ovarian-cancer/about/new-research.html>
2. Cortés Morera, Alejandro, Ibáñez Morera, Mario, Hernández Lara, Amanda, & García Carranza, María Alejandra. (2020). Cáncer de Ovario: Tamizaje y diagnóstico imagenológico. *Medicina Legal de Costa Rica*, 37 (1), 54-61. Recuperado el 07 de abril de 2022, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152020000100054&lng=en&tlng=es.
3. Mario, M. C. ., Oliveira, A. M. de ., Silva Filho, J. I. da ., Garcia, D. V. ., & Barbuy, H. S. . (2022). Image processing for positioning mechanical device with Backpropagation algorithm and separate handling of RGB components. *Research, Society and Development*, 11(2), e21311225768. <https://doi.org/10.33448/rsdv11i2.25768>
4. Bravo Ortíz, M. A. ., Arteaga Arteaga, H. B. ., Tabares Soto, R., Padilla Buriticá, J. I. ., & Orozco-Arias, . S. . (2021). Clasificación de cáncer cervical usando redes neuronales convolucionales, transferencia de aprendizaje y aumento de datos. *Revista EIA*, 18(35), 35008 pp. 1-12. <https://doi.org/10.24050/reia.v18i35.1462>
5. ¿Qué es el cáncer de ovario? (2018, 11 abril). Sociedad Americana Contra El Cáncer. Recuperado 28 de abril de 2022, de <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-ovario/acerca/que-es-cancer-de-ovario.html>
6. Cebrián, C. A. (2002, 1 noviembre). Detección precoz del cáncer de ovario | Medicina Integral. ELSEVIER. <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-deteccion-precoz-del-cancer-ovario-13039577>
7. Flores-Pulido L., Notas de Curso de Redes Neuronales, Primavera 2022, Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2022.
8. Lanzarini, L. C. (2008, 9 mayo). Mapas auto-organizativos dinámicos. Mapas auto-organizativos dinámicos. Recuperado 28 de abril de 2022, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/3924>



Clasificación de la Hipótesis de Riemann por medio de árboles de decisión

Julian Pérez Dolores, Leticia Flores Pulido, Fco. J. Albores Velasco,
Carlos Pérez Corona, Perfecto Malaquias Quintero

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Ingeniería y Tecnología,
Calzada Apizaquito s/n. C.P. 90300 Apizaco, Tlaxcala, México
(20181612 - leticia.flores.p - franciscojavier.albores.v - carlos.perezc -
perfectomalaquias.quintero.f)@uatx.mx

<http://www.uatx.mx/>

*Recibido 21 de mayo de 2022, Aceptado 26 de mayo de 2022,
Versión final 30 de mayo de 2022*

Resumen. Se dice que la Hipótesis de Riemann, es para cualquier n (número natural), la diferencia numérica de los valores que existen entre 1 y n . En esta investigación se pretende crear n valores naturales con la ayuda del software Matlab (lenguaje M), para ser evaluados dentro de nuestra implementación y lograr observar dicha diferencia numérica. La clasificación se realiza con la ayuda de Weka; ya que nos permitirá clasificar y ordenar nuestros resultados para conocer cuáles son los valores que se pueden encontrar dentro de la Hipótesis de Riemann. Adicionalmente se crean los árboles de decisiones que necesitamos para la clasificación, los cuales nos ayudaran a visualizar mejor nuestros resultados y conocer que algoritmo de clasificación se adapta mejor a nuestra investigación. La idea central es encontrar algún patrón que nos ayude a entender mejor la Hipótesis de Riemann.

Abstract It is said that the Riemann Hypothesis is for any n (natural number), the numerical difference of the values that exist between 1 and n . In this research, we intend to create n natural values with the help of Matlab software (M language), to be evaluated within our implementation and to observe said numerical difference that arises from our n values. Sorting is done with the help of Weka; since it will allow us to classify and order our results to know what are the values that can be found within the Riemann Hypothesis. Additionally, the decision trees that we need for classification are created, which will help us to better visualize our results and to know which classification algorithm is

best suited to our research. The central idea is to find some pattern that helps us better understand the Riemann Hypothesis.

Palabras Clave: Hipótesis, Riemann, árboles, Clasificación, Algoritmo.
Keywords: Hypothesis, Riemann, trees, Classification, Algorithm

1. Introducción

Georg Freidrich Bernhard Riemann (1826 - 1866) le da nombre a lo que se conoce como Hipótesis de Riemann. Muchas encuestas entre expertos señalan que «la demostración de la Hipótesis de Riemann» es la cuestión matemática pendiente de mayor importancia, puesto que si $x = 1$ el resultado es, y seguirá siendo infinito. Sin embargo, valores de x mayores que 1 dan como resultado una suma finita y si los valores de x son menor que 1, entonces la suma es infinita. El matemático Georg Bernhard Riemann conjeturó que los ceros de dentro de la función se producen en números complejos cuya parte real es $1/2$.

Luego de entender lo anterior, comenzamos a desarrollar, implementar y analizar 200 valores enteros, valores reales de la Hipótesis mencionada anteriormente; estos valores serán los que necesitamos para realizar la clasificación, ya que representan la suma correspondiente dentro de la Hipótesis de Riemann. La finalidad de visualizar, analizar y estudiar los resultado generados es comprender mejor la gráfica que generan estos valores creados dentro de la Función. También se utilizaron árboles de decisión desarrollados con la ayuda del software Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis), debido a que es una biblioteca de clases de aprendizaje y mediante métodos de aplicación, análisis profundo y evaluación de datos nos permite la experimentación de un análisis propio en nuestros resultados implementados en las técnicas utilizadas.

Los árboles de decisión se pueden expresar como una técnica que permite analizar decisiones secuenciales basada en el uso de resultados y probabilidades asociadas. Por ello utilizamos el algoritmo J48 de WEKA la cual es una implementación del algoritmo C4.5, ya que es uno de los algoritmos de minería de datos mas utilizado, debido a que nos permite trabajar con valores continuos y logra separar los posibles resultados en dos ramas en función de un umbral. El algoritmo C4.5 genera un árbol de decisión a partir de los datos evaluados mediante particiones realizadas recursivamente, según la estrategia de primero en profundidad (depth-first); este algoritmo de clasificación considera todas las pruebas posibles que pueden dividir el conjunto de datos y selecciona la prueba que resulta en la mayor ganancia de información, antes de cada partición de datos.

Para cada atributo continuo se realiza una prueba binaria sobre cada uno de nuestros 200 valores que toma el atributo en los datos.

La confirmación de la hipótesis de Riemann tendría consecuencias profundas en la teoría de los números primos y en el modo en que entendemos las propiedades de los números complejos. Se pretende clasificar un subconjunto de 200 valores de Riemann por medio de árboles de decisión con la intención de igualar al aspecto visual de un espectro de Riemann por colores detectados visualmente hablando.

2. Trabajos relacionados

En el tema **Árbol de decisión para la clasificación de señales de Compatibilidad** del autor Ercan Gokgoz, publicado en 2015 se utilizan árboles de decisión y la transformada de Wavelet discreta para clasificar las señales utilizadas en el campo de la medicina y de esta manera obtener el diagnóstico de trastornos neuromusculares [1].

Es interesante ver como en el tema **Similitud musical basada en el uso conjunto de métricas discretas de Riemann y sistemas artificiales inmunes** utiliza los sistemas inmunes y la transformada discreta de Riemann para crear un árbol de decisiones con varias pistas musicales para calcular cuál será la siguiente pista a reproducir, mientras que un usuario esté escuchando la pista actual [2].

En **Revisión de algoritmos de clasificación para electroencefalograma Interfaces cerebro-computadora** publicado en el año 2015 por Fabien Lotte se realiza una comparativa de algunos algoritmos de clasificación para identificar los nuevos enfoques de clasificación en el año de 2007 al 2017 con la finalidad de diseñar interfaces cerebro computadora, en los años establecidos gracias a la ayuda de técnicas de extracción y selección de características de EEG, algoritmos de clasificación, geometría de Riemann y Bosques aleatorios [3].

Otro tema interesante fue publicado por Shan Guan en el año 2019 llamado **Clasificación del electroencefalograma de imágenes motoras según el árbol de decisiones, marco y geometría de Riemann** En el se utiliza una matriz de covarianza, árboles de decisión, algoritmo de extracción y clasificación, y así como el anterior la geometría de Riemann. Esta investigación es utilizada para analizar la interacción humana mediante señales de electroencefalograma que son generadas por el cerebro humano y de esa forma poder utilizarlas en una amplia aplicación de hogares inteligentes, entrenamiento militar, entre otros [4].

En el tema **Clasificación automática de los trastornos del sueño basado en la calidad del sueño** publicado en el año 2020 por

Rosana Widasari se utiliza la clasificación de señales electrocardiográficas, vectores de soporte basados en árboles de decisión y clasificador de árboles en bolsas para poder clasificar los trastornos del sueño en pacientes que sufren de insomnio y respiración alterada y lograr identificar la calidad del sueño utilizando las condiciones de vigilia, sueño ligero, sueño profundo y sueño REM [5].

El último tema **Métodos de optimización para árboles de decisión diferenciables interpretables en aprendizaje reforzado** utiliza árboles de decisión, lista de reglas y una red neuronal, los cuales permiten modelar y resolver problemas de la vida real; sus principios y métodos se usan para resolver problemas cuantitativos en áreas como Matemáticas, Física, Biología, Ingeniería, entre otros [6].

3. Métodos y material

3.1. Árboles de decisión

Un árbol de decisión es un conjunto de condiciones organizadas en una estructura jerárquica, de tal manera que la decisión final a tomar se puede determinar siguiendo las condiciones que se cumplen desde la raíz del árbol hasta alguna de sus hojas, y son especialmente apropiados para expresar procedimientos médicos, legales, comerciales, estratégicos, matemáticos, lógicos, etc.

El parámetro más importante que deberemos tener en cuenta al crear nuestros árboles es el factor de confianza para la poda del algoritmo que influye en el tamaño y capacidad de predicción del árbol construido. Con una probabilidad menor, se exigirá que la diferencia en los errores de predicción antes y después de podar sea más significativa para no podar.

Con ello podemos decir que el pre-procesado, la clasificación, el agrupamiento, la asociación y la visualización previos de los datos de entrada nos permiten obtener, con mayor facilidad unos mejores y óptimos resultados. Es preciso mencionar que el algoritmo utilizado J48, consta de dos fórmulas principales que son la fórmula de entropía que se calcula para cada atributo y la de ganancia que se calcula para todas las instancias del conjunto de datos. Las fórmulas mencionadas son las siguientes:

Fórmula de entropía:

$$E = \frac{Prob_{atributo1}}{Prob_{atributo1}/Clase1} * \log_2 \frac{Prob_{atributo1}}{Prob_{atributo1}/Clase2} \quad (1)$$

Fórmula de ganancia:

$$GAN = \sum E_{atributo1} + E_{atributo2} + E_{atributoN} \quad (2)$$

3.2. Hipótesis de Riemann

Como ya se había mencionado la Hipótesis de Riemann, es la cuestión matemática pendiente de mayor importancia. Esta demostración está relacionada con la función zeta, que puede representarse como una curva de aspecto bastante complejo, pero de gran utilidad en teoría de números para investigar las propiedades de los números primos. La función ζ se definió originalmente como la serie:

$$\zeta(x) = 1 + (1/2)^x + (1/3)^x + (1/4)^x \dots \quad (3)$$

4. Implementación

Riemann comprendió que la función zeta puede extenderse de manera única por continuación analítica a una función meromorfa, en todo el plano complejo con un único polo en $s = 1$, como se observa en la Figura 1. Tal función seguirá comportándose bien, excepto en los puntos donde el denominador de la fracción es cero. Si el denominador tiene cero en z y el numerador no, entonces el valor de la función se acercará al infinito; si ambas partes tienen un cero en z , entonces se debe comparar la multiplicidad de estos ceros.

Para analizar mejor esta función, se implementó un algoritmo en matlab, que cuenta con un código principal y 4 funciones. En el código principal de nuestro algoritmo, podemos ingresar la cantidad de números que deseamos utilizar dentro de la función zeta; para nuestra investigación utilizamos un total de 200 números, cada uno de estos valores tiene un exponente aleatorio, generado en un rango de 1 a 4, buscando descartar los valores imaginarios. Después de asignar un índice y una potencia aleatoria a cada valor, realizamos las operaciones correspondientes a la serie zeta de Riemann y redondeamos cada valor de manera que se logre obtener resultados más precisos. Por último, almacenamos independientemente los valores obtenidos dentro de una matriz de caracteres para posteriormente ser concatenados y almacenados dentro de una hoja de cálculo, la cuál será utilizada en el clasificador WEKA para un mayor análisis y una clasificación precisa en los resultados.

Al clasificar las señales de Riemann en grupos con la ayuda de WEKA como se explicó anteriormente, podríamos entender mucho mejor las conjeturas matemáticas del origami. Los diferentes algoritmos se utilizarán para la clasificación y regresión de los datos en el sistema, permitiendo la predicción de atributos discretos y continuos. Se mostrarán los valores

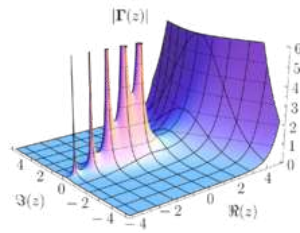


Figura 1: Función Gamma meromorfa

generados con los algoritmos **Hoeffding**, **J48**, **CDT**, **REP**, **JCHAIDStar** y **Random** los cuales generan los árboles de decisión utilizados en nuestra investigación; por último se realizarán las pruebas necesarias en cada algoritmo y se realizará una comparativa para conocer con cual se podría trabajar mucho mejor. En la Figura 2 se muestra el diagrama general de nuestro sistema.

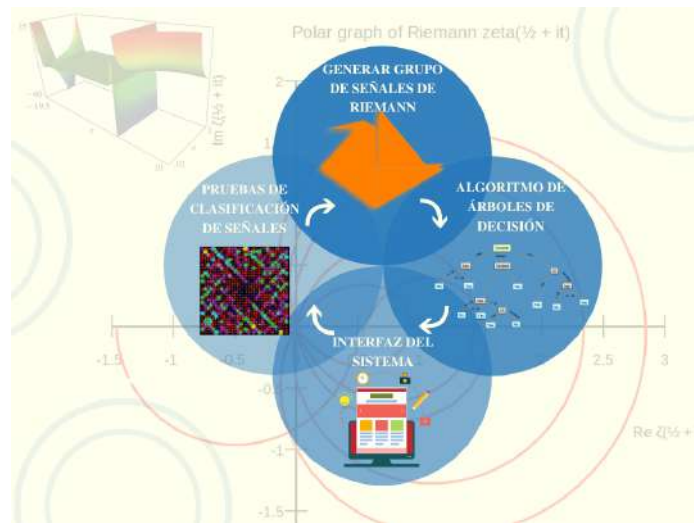


Figura 2: Diagrama general del sistema

5. Análisis de resultados

En la Figura 3a observamos que el árbol parte de la potencia para ser evaluada. Si el valor generado es $\leq 2,091$ los valores se almacenan del lado izquierdo en el grupo 2, mientras que si el valor es $> 2,091$ entonces

los valores se colocan del lado derecho dentro del grupo 3. La Figura 3b muestra una tabla con los datos generales de la clasificación Hoedffding.

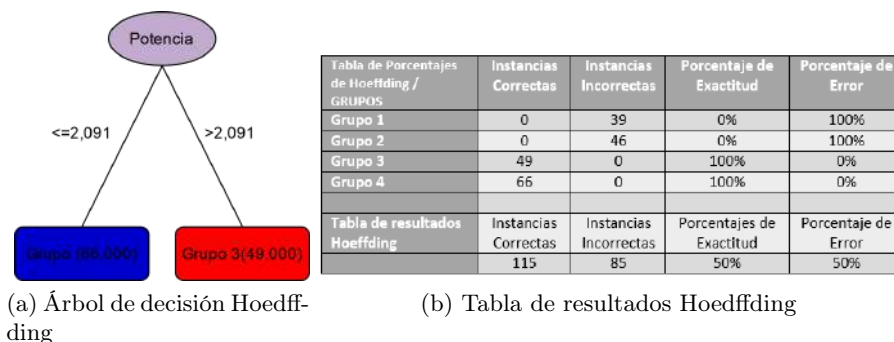


Figura 3: Árbol y resultados del algoritmo Hoedffding

En la Figura 4a se encuentra el árbol generado por el algoritmo J48 y al igual que el algoritmo anterior parte de la potencia para comenzar a clasificar los valores dejando así 39 valores dentro del grupo 1, 46 valores en el grupo 2, 49 valores en el grupo 3 y 66 valores en el grupo 4. Mientras que en la Figura 4b se muestra la información general de la ejecución del mismo algoritmo.

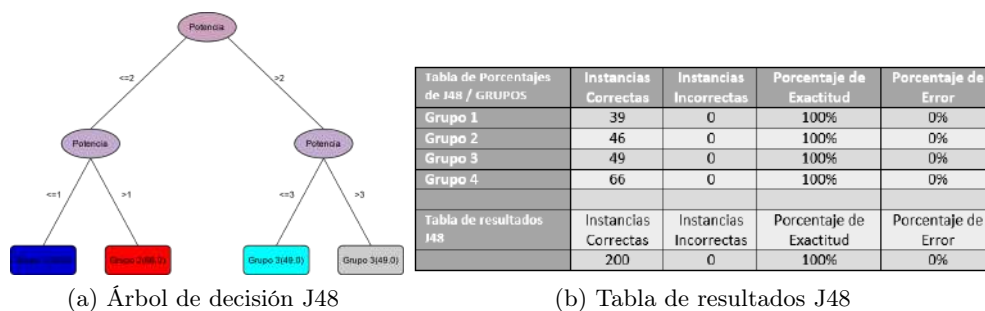


Figura 4: Árbol y resultados del algoritmo J48

Por otro lado al generar nuestro árbol CDT (Árbol de decisión de categoría) observamos que esta vez además de evaluar la potencia, los pasos correspondientes se ven reflejados en números secuenciales con la finalidad de generar el árbol como se muestra en la Figura 5a. Además la Figura 5b también nos muestra la información general de la ejecución del algoritmo CDT.

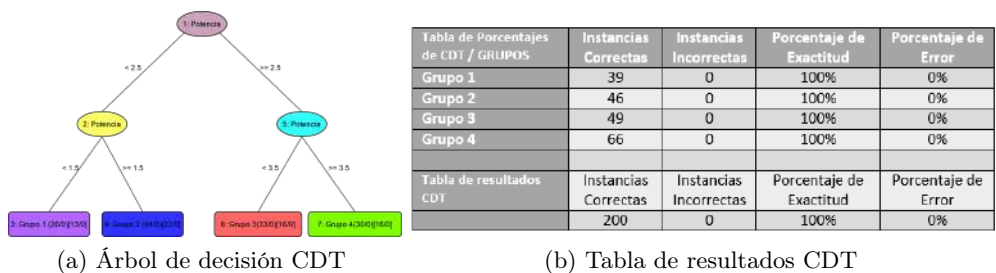


Figura 5: Árbol y resultados del algoritmo CDT

El árbol REP (Poda de error reducido) tiene las mismas características como lo es el árbol CDT y al igual que en el algoritmo utilizado anteriormente la Figura 6b muestran las especificaciones generales de la ejecución dentro del algoritmo REP.

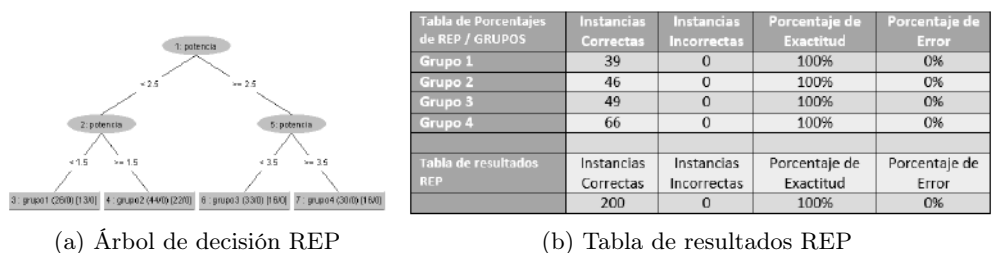


Figura 6: Árbol y resultados del algoritmo REP

Como en los árboles anteriores el árbol LADTree (LogitBoost AD-Tree) lleva una secuencia numérica, pero esta ocasión parte del conjunto de grupo obtenidos para nuestra clasificación y al igual que los anteriores debe de cumplir con una secuencia establecida partiendo desde el punto 1 hasta el punto 4 como se muestra en la Figura 7a.

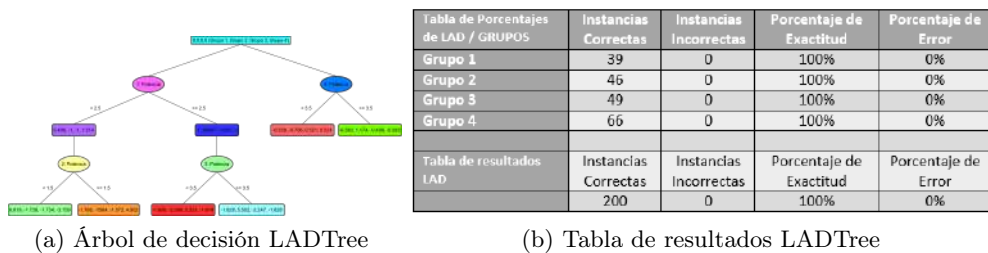


Figura 7: Árbol y resultados del algoritmo LADTree

Para el árbol JCHAIDStar también se tomo como inicio los números de Riemann; este comienza a evaluar con respecto a la potencia de cada valor mostrando así un árbol mas grande y detallado.

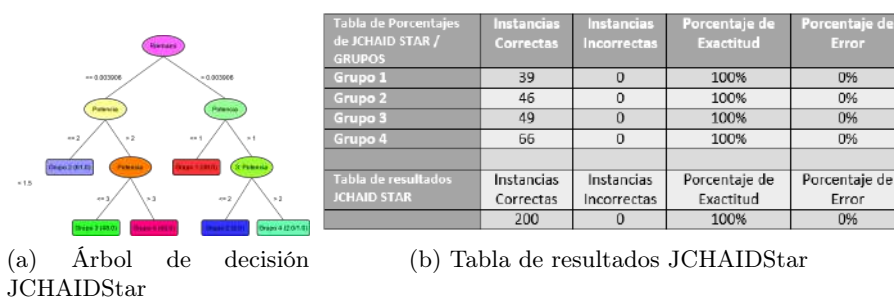


Figura 8: Árbol y resultados del algoritmo JCHAIDStar

El árbol generado por el clasificador RANDOM, que se muestra en la Figura 9a, funciona de la misma manera que los anteriores, pero este clasificador además de ordenar los valores por grupo también muestra los pasos correspondientes para su creación. Por último se observa que la Tabla 9b contiene los valores correspondientes al algoritmo clasificador Random.

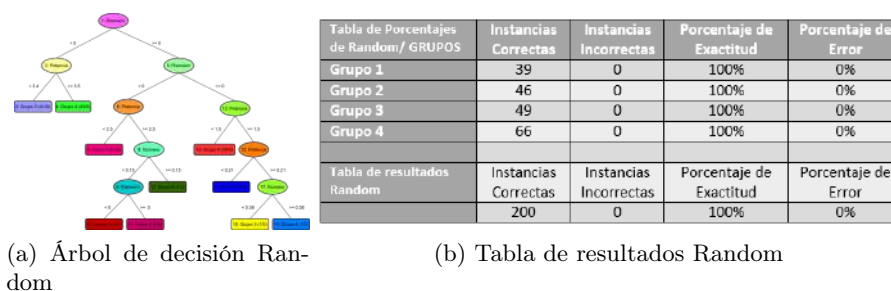


Figura 9: Árbol y resultados del algoritmo Random

6. Conclusiones

La Hipótesis de Riemann creada por el matemático alemán Bernhard Riemann, es una conjetura sobre la distribución de los ceros de la función zeta de Riemann. Para analizar mejor el funcionamiento de esta función utilizamos la ayuda del software llamado Matlab, en el cual creamos 200 valores elevados a una potencia N . También gracias a Matlab logramos visualizar dentro del plano cartesiano cual es el comportamiento que tiene cada uno de los resultados de nuestros 200 valores de Riemann generados. En lo personal, la creación para los valores de Riemann fue una de las partes más sencillas, ya que sólo se crearon 200 valores y se almacenaron dentro de una hoja de cálculo de Excel, para después ser clasificadas dentro del software clasificador denominado WEKA y encontrar alguna relación entre ellos.

Weka permite aplicar una gran diversidad de filtros sobre los datos, permitiendo realizar transformaciones sobre ellos de todo tipo y por eso es una herramienta adecuada para realizar la clasificación de nuestros 200 números generados. Este proceso fue uno de los más tediosos, ya que Matlab sólo almacena nuestros valores generados pero no le indicamos el grupo al que pertenece cada valor. Se tuvo que agregar el grupo a los valores generados de manera manual para posteriormente continuar con su clasificación, debido a que WEKA no puede analizar dichos datos sin algún grupo de pertenencia.

Una vez agregados los grupos para cada uno de los valores, proseguimos a su calificación con algunos algoritmos incluidos en WEKA tales como el algoritmo "Hoeffding", "J48", "CDT", "REP", "LADTree", "JCHAIDStar" y "Ramdon" con la finalidad de obtener su árbol de decisión, su matriz de confusión, sus estancias correctamente e incorrectamente clasificadas y por último sus porcentajes de error y clasificación.

Esta investigación e implementación se realizó con la finalidad de encontrar algún patrón dentro de la hipótesis de Riemann, así como encontrar un algoritmo óptimo para la clasificación del conjunto de valores generados de la Función ζ . Después de analizar los resultados obtenidos con cada uno de los algoritmos logramos observar que **"LADTree"**, **"JCHAIDStar"** y **"Random"** generan un árbol adecuado logrando así entender un poco más el comportamiento de los valores dentro de la clasificación y que **"J48"**, **"CDT"**, **"REP"**, generan un árbol moderadamente extenso para su entendimiento y al final notamos que el algoritmo **"Hoeffding"** es el menos indicado para la clasificación, ya que además de generar un pequeño árbol no logra clasificar adecuadamente los valores.

Referencias

1. Comparison of decision tree algorithms for EMG signal classification using DWT, *Biomedical Signal Processing and Control*, Volume 18, 2015, Pages 138-144, ISSN 1746-8094, <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2014.12.005>.
2. Motor Imagery EEG Classification Based on Decision Tree Framework and Riemannian Geometry. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 1-13. 10.1155/2019/5627-156.
3. A Review of Classification Algorithms for EEG-based Brain-Computer Interfaces: A 10-year Update. *Journal of Neural Engineering*, IOP Publishing, 2018, 15 (3), pp.55. [ff10.1088/1741-2552/aab2f2ff](https://doi.org/10.1088/1741-2552/aab2f2ff). [ffhal-0184-6433](https://doi.org/10.1088/1741-2552/aab2f2ff).
4. Music similarity based on the joint use of Discrete Riemann metrics and Immune Artificial Systems. *Universidad de Olivedo 1606-2008*, 2015, pp.293.
5. Optimization Methods for Interpretable Differentiable Decision Trees Applied to Reinforcement Learning. *Proceedings of the Twenty Third International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, in *Proceedings of Machine Learning Research* 108:1855-1865 Available from <http://proceedings.mlr.press/v108/silva20a.html>
6. Automatic Sleep Disorders Classification Using Ensemble of Bagged Tree Based on Sleep Quality Features. *Electronics*, 9, 512. 10.3390/electronics9030512.



IZTATL
COMPUTACIÓN