



REVISTA
TECNOLOGÍA
DIGITAL

“Semillero de Investigadores”

ISSN: 2007-9400

“Tecnología para la sociedad”

Índice LatIndex: Folio 23658

www.revistatecnologiadigital.com

Desde 2011

Volumen Número

10 1

Año 2020

REVISTA TECNOLOGÍA DIGITAL

CONSEJO EDITORIAL.

Presidente. Dr. Héctor Guerra Crespo.

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

Secretario. M.C. Walter Torres Robledo.

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

Editor M.C. Imelda Valles López.

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

Editor traductor. Dr. Daniel Samayoa Penagos.

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

Editor traductor. Dra. Magdalena Guerra Crespo.

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

Editor traductor. Dra. María Candelaria Gutiérrez Gómez.

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

Revista Tecnología Digital.

Índice LatIndex: 23658.

ISSN: 2007-9400.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
Carretera Panamericana Km. 1080.

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

Departamento de Sistemas y Computación.

01-961-6150461 Ext. 319

www.revistatecnologiadigital.com

Editor Responsable.

Editorial Tecnología Didáctica®.

Dr. Héctor Guerra Crespo.

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

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

www.tecnologiadidactica.com

Revista Tecnología Digital. Año 10, Volumen 10, Número 1 de 22 de diciembre de 2020 es una publicación anual on-line www.revistatecnologiadigital.com editada por Héctor Guerra Crespo oficinas en Palenque 139 Col. ISSSTE Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México C.P. 29060. correo-e hgcrespo@hotmail.com. Editor responsable: Héctor Guerra Crespo. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2014-022811040300-203 otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. ISSN 2007-9400. Responsable de la última actualización de este número Dr. Héctor Guerra Crespo, Presidente del Consejo Editorial, Palenque 139 Colonia ISSSTE Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, C.P. 29060, fecha de la última modificación, 22 de diciembre de 2020.

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 del editor responsable. Índice LatIndex: 23658.

Índice.

	Página.
Automatización virtual del sistema de control del chiller para brumizador de botellas. 1
Diseño de rehabilitador de extremidades superiores ARMexs V2.0. 23
Estudio de la implementación de las nuevas tecnologías de la información en la modernización del Estado Mexicano. 35
Evaluación bolsas de palabras como característica estilométrica para atribución de autoría. 51
Planeación financiera de una empresa de Servicios utilizando una plataforma Web y su comparación con el método tradicional. 65
Preservación y virtualización, modelado tridimensional de arquivolta de acceso principal en Templo neogótico, León Guanajuato. 73
Prototipo de redes neuronales artificiales de clasificación binaria con una sola etiqueta para la detección del trastorno depresivo mayor e ideación suicida. 85
Sistema de control de velocidad basado en lógica difusa para robot móvil. 103
Software educativo para niños con Síndrome de Down en nivel de coeficiente intelectual leve. 115

Automatización virtual del sistema de control del chiller para brumizador de botellas.

Virtual Automation Control System for the Chiller Mist sprayer bottles.

Hernán Valencia Sánchez* (1).

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

Roberto Carlos García Gómez (2). TecNM/ITTG, roberto.gg@tuxtla.tecnm.mx.

Fernando Alfonso May Arrijoja (3). TecNM/ITTG, fernando.ma@tuxtla.tecnm.mx.

Julio Cesar Llaven Gordillo (4). TecNM/ITTG, julio.lg@tuxtla.tecnm.mx.

José Manuel Rasgado Bezares (5). TecNM/ITTG, jose.rb@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en septiembre 17, 2020; aceptado en noviembre 09, 2020.

Resumen.

Automatización Virtual utiliza una herramienta de programación gráfica, altamente productiva para la construcción de sistema de adquisición de datos, instrumentación y control. Este software nos da la capacidad de crear una interfaz de usuario que nos proporciona la interactividad con el sistema. La automatización del sistema de control del chiller para brumizador de botellas, haciendo uso de un circuito electrónico que proporcione el nivel del tanque de recuperación ya que la pérdida por ciclo de trabajo podría provocar un paro de emergencia de la bomba hidráulica. Este proyecto se montará en un circuito en la bomba con interruptor On-Off de señal analógica; se colocarán flotadores en distintos niveles del contenedor de agua, los cuales transmitirán la señal analógica para transformarla en señal digital en una tarjeta de adquisición y procesamiento de datos, mostrando al operador la información de nivel de agua para el contenedor y permitiendo que cuando el nivel este bajo permita la entrada de agua suavizada en el sistema.

Palabras claves: Virtual, Automatización, Circuito.

Abstract.

Virtual Automation using a highly productive graphic programming tool for the construction of a data acquisition, instrumentation and control system. This software gives us the ability to create a user interface that provides interactivity with the system. The automation of the chiller control system for Bottle Mist Makers, making use of an electronic circuit that provides the recovery tank level since the loss per duty cycle could cause an emergency stop of the hydraulic pump. This project will be mounted on a circuit in the pump with an analog signal On-Off switch; Floats will be placed at different levels of the water container, which will transmit the analog signal to transform it into a digital signal on an Acquisition and data processing card, showing the operator the water level information for the container and allowing when the level This low will allow softened water to enter the system.

Keywords: Virtual, Automation, Circuit.

1. Introducción.

El objetivo de controlar este sistema permite mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma; así como mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos de riesgo e incrementando la seguridad. Otro beneficio es realizar las operaciones de monitoreo del sistema de forma automática para tomar determinaciones de acuerdo a sus condiciones de operación.

Al modificar la estructura o rediseñar maquinaria industrial nos permite implementar soluciones a problemas de demanda de producto o tan solo problemas diarios de la planta, donde se busca mejor la producción a un bajo costo y de forma segura.

Para Instrumentar este proceso debemos conocer los elementos que realizaran la operación y tenga que tomar una determinación de acuerdo a los parámetros de funcionamiento óptimo del proceso en la etapa de sensado se debe conocer los parámetros mínimos requeridos para en funcionamiento del sistema, en la etapa de control de acuerdo a la información proporcionada por el sensor, se determina la referencia que es una señal que se establece bajo ciertos parámetros deseados, es un punto de consigna para el valor de la señal de la variable (SETPOINT).

Con este valor de referencia el actuador abrirá el paso del agua suavizada cuando este en el parámetro mínimo del proceso.

2. Métodos.

Etapa de Sensado.

Un sensor es un elemento en un sistema de medición que detecta la magnitud de un parámetro físico y lo transforma por una señal que puede procesar el sistema. El elemento activo de un sensor se le conoce como transductor. Los sistemas de monitorización y control requieren sensores para medir cantidades físicas tales como posición, distancia, fuerza, deformación y aceleración.

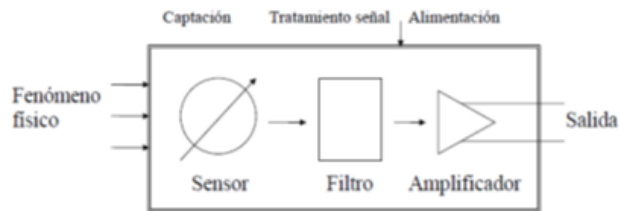


Figura 1. Estructura de un transductor.

Los sensores siempre involucran la aplicación de una ley o principio físico o químico que relaciona la cantidad de interés con algún evento medible. Para este caso en específico se utilizó la ecuación de Bernoulli (conservación de la energía). Cuando se analiza el flujo en conductos existen tres formas de energía que siempre hay que tomar en consideración las cuales son energía potencial, energía cinética y energía de flujo.

Energía potencial es debido a su elevación, la energía potencial del elemento con respecto de algún nivel de referencia.

$$PE = wz \text{ ----- Ecuación 1}$$

en donde *w* es el peso del fluido y *z* la elevación.

Energía Cinética es debido a su velocidad, la energía cinética del elemento es.

$$KE = wv^2/2g \text{ ----- Ecuación 2}$$

en donde

w es el peso del fluido

v es la velocidad del fluido

Energía de flujo se le conoce como energía de presión o trabajo de flujo este representa la cantidad de trabajo necesario para mover el elemento de fluido a través de una cierta sección en contra de la presión *p*.

$$FE = wp/\gamma \text{ ----- Ecuación 3}$$

en donde

p es la presión en una cierta sección

γ el peso específico del fluido

La cantidad de energía de estas tres formas que posee el elemento de fluido será la suma de todas ellas.

$$E = PE + KE + FE \text{ ----- Ecuación 4}$$

Para poder determinar cuál es la distancia que se deben instalar los sensores se debe tener en cuenta una altura constante que nos permitirá mantener el flujo de agua que alimente a la bomba hidráulica.

Consideremos el siguiente recipiente:

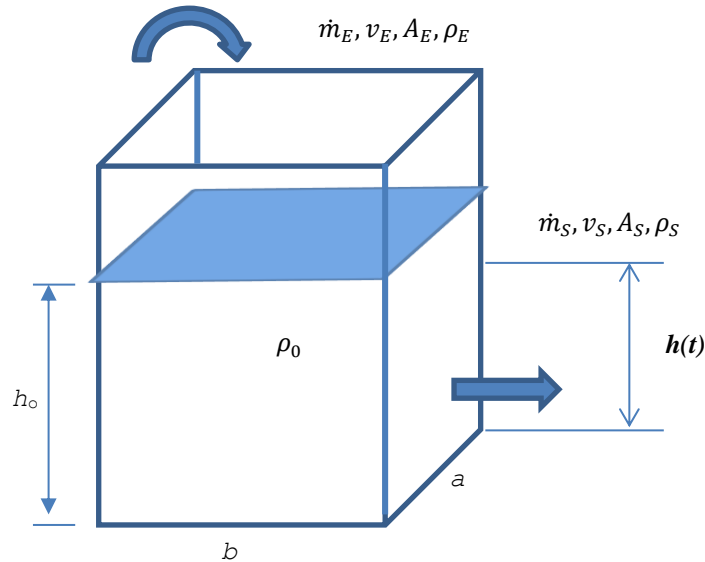


Figura 2. Tanque recuperador.

Donde:

\dot{m}_E = flujo másico de entrada, v_E = velocidad de entrada, A_E = área de entrada y ρ_E = densidad de entrada.
 \dot{m}_S = flujo másico de salida, v_S = velocidad de salida, A_S = área de salida y ρ_S = densidad de salida.
 ρ_0 = densidad inicial del fluido dentro del recipiente, h_0 = altura inicial en el recipiente.

Aplicando la ecuación de conservación de la masa y considerando el volumen de fluido como el volumen de control (VC), una entrada y una salida:

$$\frac{d}{dt} \iiint_{VC} \rho dV + \iint_{SC} \rho \vec{v} \cdot \vec{dA} = 0 \text{ --- Ecuación 5}$$

Considerando la densidad constante pues los cambios de presión y temperatura durante el proceso son despreciables:

$$\rho_0 = \rho_E = \rho_S$$

Entonces tenemos:

$$\rho_0 \frac{d}{dt} (abh) + \rho_S A_S v_S - \rho_E A_E v_E = 0 \text{ --- Ecuación 6}$$

$$ab \frac{dh}{dt} = A_E v_E - A_S v_S$$

$$\int_{h_0}^h dh = \frac{A_E v_E - A_S v_S}{ab} \int_0^t dt$$

$$h - h_0 = \frac{A_E v_E - A_S v_S}{ab} t$$

Entonces, podemos establecer el tiempo en el cual el nivel h alcanzará posiciones media y mínima usando:

$$t = \frac{(h - h_0)(ab)}{A_E v_E - A_S v_S} \text{ --- Ecuación 7}$$

Donde se deben conocer el nivel inicial h_0 , las dimensiones a y b de la sección de la base del recipiente, así como las áreas y velocidades tanto de entrada como de salida.

Análisis del ciclo de trabajo del brumizado.

Inicio día 1, Jornada de trabajo 8 hrs el proceso se inicia en las condiciones del cono recuperador que se encuentra vacío y el tanque de Recuperación su nivel inicial es de $h_0 = 0.45 \text{ m}$.

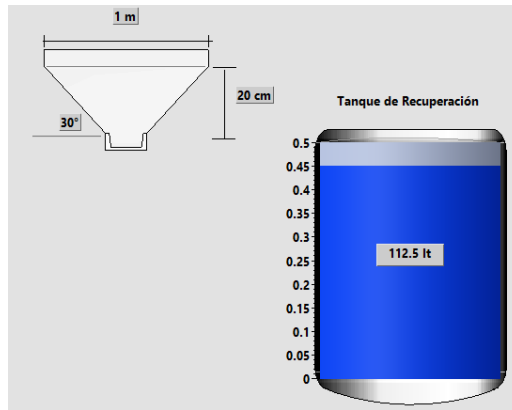


Figura 3. Condiciones iniciales del proceso.

Al término de la jornada de trabajo los aspersores lanzan el agua a presión y una cantidad de esa agua se pierden en la atmosfera y no se recupera al 100%, la cantidad que se pierde en la atmosfera es de un 10% el cual equivale 11.25 lt. Las condiciones al término de la jornada se muestran en la Fig.4 en donde el cono recuperador se encuentra lleno.

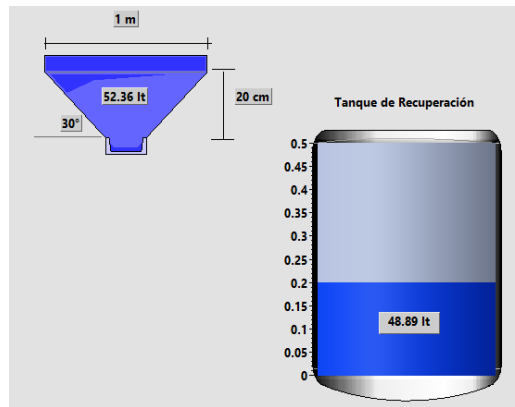


Figura 4. Condiciones Finales del proceso.

Inicio del día 2. Las condiciones de trabajo son las mostradas en la figura número 5.

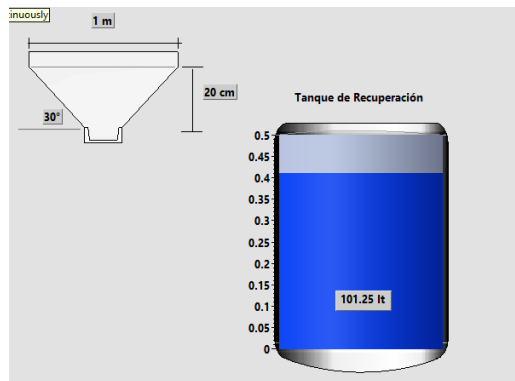


Figura 5. Condiciones iniciales del día 2 del proceso

Condiciones al término de la jornada laboral en la figura 6.

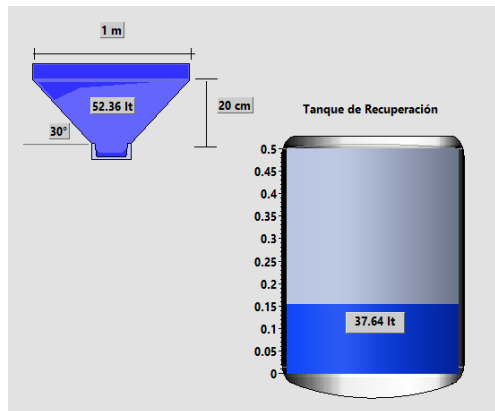


Figura 6. Condiciones finales del día 2 del proceso.

Inicio día 3 las condiciones son las mostradas en la figura 7.

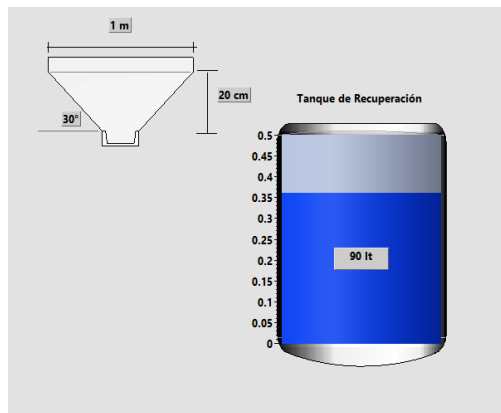


Figura 7. Condiciones iniciales del día 3 del proceso.

Condiciones al término de la jornada 3 mostrada en la figura 8.

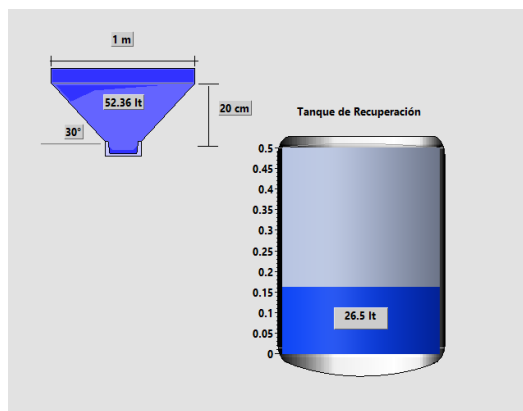


Figura 8. Condiciones finales del día 3 del proceso.

Inicio día 4 las condiciones son las mostradas en la figura 9.

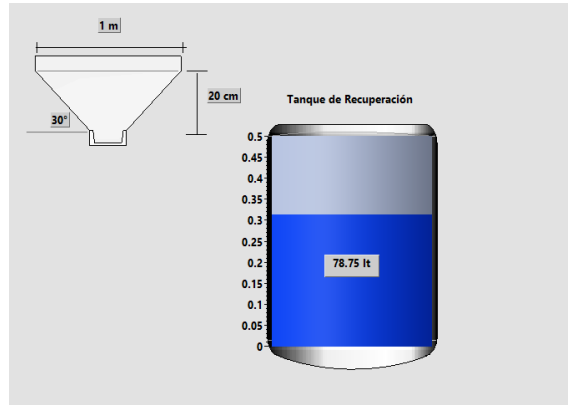


Figura 9. Condiciones Iniciales del día 4 del proceso.

Condiciones al término de la jornada 4 mostrada en la figura 10.

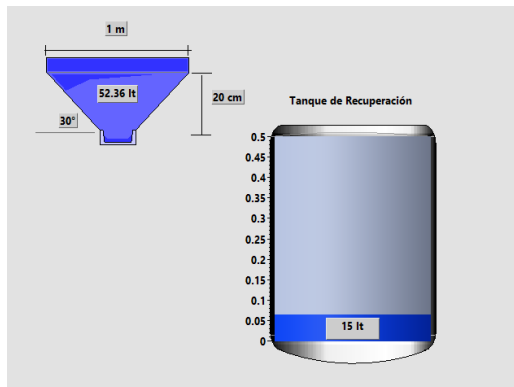


Figura 10. Condiciones Finales del día 4 del proceso.

De acuerdo al análisis de operación del equipo se tiene la tabla siguiente:

Tabla 1. Operación del Equipo.

Día de Operación	Nivel Inicial en m	Nivel Final en m	Volumen inicial en lt	Volumen Final en lt
1	0.45	0.2	112.5	48.89
2	0.405	0.151	101.25	37.64
3	0.36	0.106	90	26.39
4	0.31	0.060	78.75	15.14

Al iniciar el día 4 el sensor del nivel medio se activará para indicar que el nivel del tanque debe complementarse con agua suavizada y permitir al equipo funcionar por tres días antes de repetir la operación con agua suavizada y permitir al equipo funcionar por tres días antes de repetir la operación.

De los valores nivel inicial y nivel final, considerando la jornada de 8 hrs, tenemos:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{0.2 - 0.45}{8} \approx \frac{0.151 - 0.405}{8} \approx \frac{0.106 - 0.36}{8} \approx -0.03125$$

Por lo anterior, entonces:

$$\frac{dh}{dt} \approx -0.03125 \frac{m}{h} \text{ --- Ecuación 8}$$

Reescribiendo la ecuación número 7 en función de los caudales se tiene lo siguiente:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_E - Q_S}{ab} \text{ --- Ecuación 9}$$

En donde a y $b = 0.5 \text{ m}$ que son los lados del tanque recuperador y $\left(\frac{dh}{dt}\right) = -8.777 \times 10^{-6} \text{ m/s}$

Entonces se tiene sustituyendo los valores en la ecuación 9.

$$Q_E - Q_S = ab \frac{dh}{dt} = (0.5\text{m})(0.5\text{m})(-8.777 \times 10^{-6} \text{ m/s})$$

$$Q_E - Q_S = -2.194 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t = \frac{(h - h_0)(ab)}{Q_E - Q_S}$$

$$t = (h - h_0)(-113924.0506)$$

$$t = -113924.0506(h - h_0) \text{ --- Ecuación 10}$$

Tabla 2. Tiempo de operación del Proceso.

Día de Operación	h en metros	h ₀ en metros	t en segundos	t en horas
1	0.1	0.45	39873.42	11.0759
2	0.1	0.405	34746.84	9.6519
3	01	0.36	29620.25	8.2278
4	0.1	0.31	23924.655	6.6457

La altura mínima para que el proceso termine su jornada de trabajo es la de 0.31 metros si se llegase a operar debajo de esta altura existe un nivel bajo para proteger a la bomba que es 0.1 m.

Controlador.

Un sistema de control automático es una interconexión de elementos que forman una configuración denominada sistema, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlar se por sí mismo.

Un sistema o componente del sistema susceptible de ser controlado, al cual se le aplica una señal $r(t)$ a manera de entrada para obtener una respuesta o salida $y(t)$, puede representarse mediante bloques.

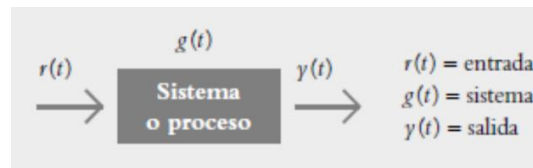


Figura 11. Diagrama de Bloques.

El vínculo entrada-salida es una relación de causa y efecto con el sistema, por lo que el proceso por controlar (también denominado planta) relaciona la salida con la entrada.

Las entradas típicas aplicadas a los sistemas de control son: escalón, rampa e impulso.

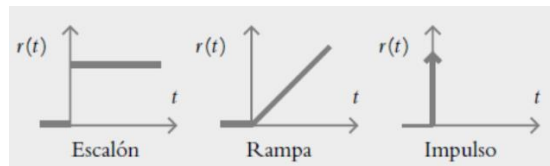


Figura 12. Tipos de Señales.

La entrada escalón indica un comportamiento o una referencia constantes introducidos al sistema, mientras que la entrada rampa supone una referencia con variación continua en el tiempo, y la entrada impulso se caracteriza por ser una señal de prueba con magnitud muy grande y duración muy corta. La función respuesta impulso o función de transferencia es la representación matemática del sistema (Corona, 2016).

Básicamente, el problema de control consiste en seleccionar y ajustar un conjunto específico de elementos tal que, al interconectarse, el sistema resultante deberá comportarse de una manera específica.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz (HMI-Human Machine Interface), son pantallas de gran valor visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso.

Los controladores On/Off, también llamado Todo o Nada, usa un algoritmo simple para solamente revisa si la variable de proceso está por encima o por debajo de un Setpoint determinado. En términos prácticos, la variable manipulada o la señal de control del controlador cambia entre “totalmente ON” o totalmente OFF, sin estados intermedios. Este tipo de accionamiento provoca un control muy impreciso de la variable de proceso, pero es útil para procesos cuya variabilidad no es alta.

En procesos en los que no se requiere un control muy preciso, el control On/Off, puede ser el adecuado. En este tipo de control, el elemento final de control se mueve rápidamente entre una de dos posiciones fijas a la otra, para un valor único de la variable controlada.

Un controlador On/Off opera sobre la variable manipulada solo cuando la altura cruza a la especificada que se desea SP. La salida tiene solo dos estados, completamente activado (On) y completamente desactivado (Off). Un estado es usado cuando la altura está en cualquier lugar sobre el valor deseado y el otro estado es usado cuando la altura está en cualquier punto debajo de la altura deseada SP.

Para este proyecto usamos el control On/Off, ya que no controlamos de forma específica y proporcional o especial ninguna variable del sistema, por ejemplo, temperatura de agua, mililitros de entrada o salida del contenedor, densidad o impurezas en el agua, etc (Crespo, 2017).

Elementos finales de control.

Los elementos finales de control son mecanismos que modifican el valor de una variable que ha sido manipulada como respuesta a una señal de salida desde un dispositivo de control automático; es decir, se encarga de manipular alguna característica del proceso según lo ordenado por el controlador. Según el tipo de proceso, hay dispositivos que reciben señales de control del tipo discretas, tipo batch o continuas.

Los elementos finales de control pueden ser una válvula de control, variadores de frecuencia y motores eléctricos, una servoválvula, un relé, elementos calefactores de carácter eléctrico o un amortiguador.

Ya que industrialmente lo más común es que la variable manipulada por estos dispositivos sea un caudal, el elemento de control de más amplia difusión es la válvula.

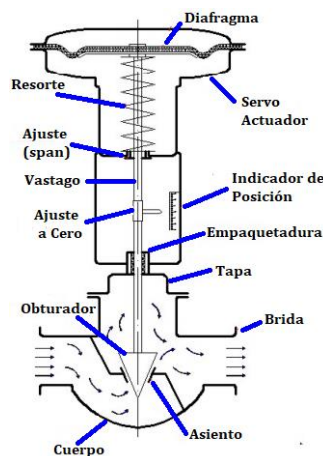


Figura 13. Elementos de una válvula de control.

Etapas de integración.

Controles de nivel: Los controladores de nivel son dispositivos cuya finalidad es la de obtener la garantía de mantener el nivel del líquido o fluido en un rango de variación establecido de acuerdo al análisis realizado en el nivel del líquido en el Tanque recuperador se buscó en el mercado un controlador de acuerdo a nuestras necesidades requeridas para controlar que no se quede sin líquido el tanque recuperador (Lajara, 2018).

Selección de sensor industrial.

Sensor que opere con este mecanismo EN-3, electro nivel de vaciado o llenado. Para control de nivel de agua y protección de bombas por bajo nivel de succión.

Descripción.

Controla la bomba para que automáticamente mantenga un depósito lleno o vacío. Protege bombas contra bajo nivel de succión. Controla bombas monofásicas y trifásicas de cualquier capacidad y para todo tipo de arrancadores.

El FaseAlert-3 es un equipo muy confiable, fabricado con tecnología de punto, tiene leds que indican claramente el funcionamiento y las fallas. El modelo F3D tiene una pantalla LCD con iluminación que indica: Los 3 voltajes de línea, las fallas y los ajustes e indicaciones de operación, además tiene memoria permanente de la última falla y registro de los voltajes máximos y mínimos, esto le permitirá saber el historial de fallas y variaciones de voltaje que ocurren en el tiempo en que usted no está presente. Adicionalmente tiene una conexión para el registrador de voltajes DL-100 que almacena los voltajes y fallas de alimentación trifásica en una memoria. Estos datos se alimentan a una computadora por medio de un USB para tener una fácil visualización grafica de la información.

En el FaseAlert-3 se pueden ajustar tanto los retardos de operación, el alto y bajo voltaje, así como el desbalance de voltaje.

Operación:

El FaseAlert-3 protege desconectando la bobina de contacto y apagando el motor cuando detecta una falla en los voltajes, esto lo hace mediante un contacto interno que se abre o cierra de acuerdo a las condiciones del voltaje.

Tiene programado un retardo para no desconectar el motor por fallas de corta duración que no le afectan. Cuando regresan los voltajes normales, puede tener un retardo al reconectar (ajustable), esto es necesario en algunos equipos como compresores de refrigeración.

Los electroniveles son controladores que detectan el nivel del líquido, midiendo la corriente eléctrica que pasa a través de el por medio de electrodos.



Figura.14. Electronivel.

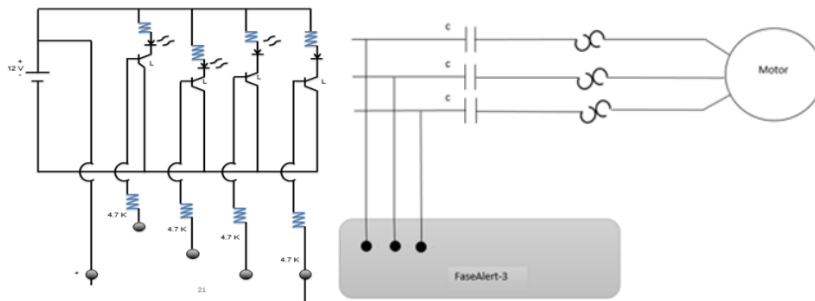


Figura 15. Ejemplos de conexión del electronivel.

Electrodos.

Preparación de cables para electrodos.

- Para alambrear los electrodos se puede usar cable desde calibre 12 al 16.
- Use cables de 3 diferentes colores para evitar errores de conexión.
- Utilice un color para cada electrodo.

Preparación de electrodos.

Pele el extremo del cable 3 cm e inserte la cubierta de plástico en el cable con el fondo abierto hacia abajo. Inserte el electrodo de bronce hasta el tope del forro del cable y apriete el tornillo para asegurar el cable al electrodo. Doble el sobrante del cable pelado para asegurar mejor el electrodo al cable. Baje la cubierta plástica azul, de tal forma que cubra completamente el electrodo y el cable pelado. La cubierta de plástico evitará que el electrodo haga contacto por los lados en paredes de recipientes conductores y sólo permitirá el contacto a través del líquido por la parte de abajo, lo que evitará falsas detecciones de nivel.

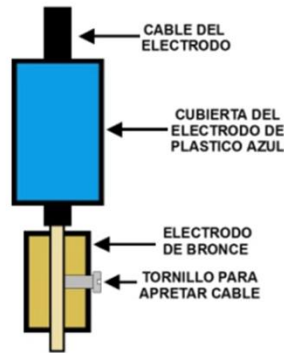


Figura 16. Electrodos.

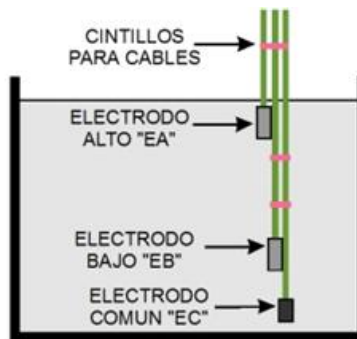


Figura 17. Contenedor de agua con electrodos.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del modelo EN-3 (Álvarez, 2012).

Voltaje de Alimentación	120/220 VCA,50/60 CPS
Capacidad de los contactos	NA 12 amp,NC 8 amp,1.5 CF a 220 V
Vida útil a plena carga	200000 operaciones
Resistencia del liquido	50K Ω max
Voltaje de electrodos	18 VCA max
Consumo	3 watts max
Largo del cable de electrodos	300 mts.max (5000mts sobre pedido)
Temperatura de operación	De -10 a + 50 °C
Peso con paquete	390 gr

Programación del Circuito en la Tarjeta de Adquisición de Datos.

Se montará una pantalla LCD para indicar en qué nivel está el contenedor en el inicio de la jornada de trabajo. Además, tendrá indicadores de Nivel Alto, Nivel Medio y el de emergencia será Nivel Bajo.

Para operar el equipo es necesario que la jornada de trabajo se inicie de acuerdo al análisis previo realizado, esto consiste en que el nivel debe ser medio (al menos) para garantizar que la jornada de trabajo se concluya (Bustamante, 2014).

Placa Electrónica de Electrovaciado y paro de Emergencia.

Placa impresa en CNC y perforada. Para soldar los componentes de la placa de trabajo, observando así el circuito que consta de: 4 bornes, Arduino nano, indicadores luminosos (led), resistencias, 1 relevador.

Los tres bornes que van directamente a los indicadores luminosos, reciben las señales analógicas de los sensores instalados dentro del contenedor de agua helada indicando así con los indicadores luminosos el nivel del contenedor. El borne que esta directo al relevador es la salida que controla la bomba hidráulica actuando el relevador como control on/off, apagando o encendiendo la bomba hidráulica.

El Arduino nano recibe las señales analógicas y las convierte en digitales mandándolas a una pantalla LCD y al relevador, apagando o encendiendo la bomba hidráulica.



Figura 18. Placa electrónica con salida analógica y digital.

Pantalla LCD.

Este componente se encarga de convertir las señales eléctricas de la placa en información visual fácilmente entendible por los seres humanos. Debemos de dominar tanto las conexiones como la programación de la pantalla LCD con Arduino ya que es un componente muy útil en muchos proyectos. La gran ventaja es que gracias a la pantalla LCD, podremos mostrar información de datos como temperatura, humedad, presión o voltaje (sin autor, 2010).



Figura 19. Pantalla LCD.

```

FLOTADORES
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <FastIO.h>
#include <I2CIO.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal.h>
int const flotador1=4;
int const flotador2=3;
int const flotador3=2;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE); // set the LCD I2C address
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2);
  pinMode(flottador1,INPUT);
  pinMode(flottador2,INPUT);
  pinMode(flottador3,INPUT);
  //Encender la luz de fondo.
  lcd.backlight();
  digitalWrite(12,0);

```

Figura 20. Código Tarjeta de Adquisición de datos.

Programación Virtual del Proceso de Enfriamiento del Brumizador.

Conociendo el proceso con sus pérdidas y altura mínima para que funcione adecuadamente el sistema en un ciclo de trabajo que equivale a 8 horas.

Los comandos utilizados para la programación virtual nos deben permitir representar el proceso en tiempo real y representarnos en pantalla el proceso de llenado y vaciado del tanque de recuperación, en este caso el usuario interactúa con el proceso ya que al comenzar el proceso debe verificar que el tanque de recuperación debe de estar lleno y él debe accionar el inicio del proceso, como tiene tres indicadores cuando se active cada uno de ellos debe de activarse para que el usuario identifique como se va vaciando el tanque de almacenamiento y cuando llegue a la altura mínima necesaria para que el proceso funcione adecuadamente debe de accionar la válvula que permitirá llenar el tanque de almacenamiento de agua suavizada del tanque de almacenamiento.

Para la representación virtual utilizamos el software numérico que es interactivo ya que permite al usuario tomar una determinación al inicio del ciclo de trabajo.

En el inicio de la programación en el software utilizado en este caso se deben realizar en dos partes primero se debe diseñar el panel frontal y después el diagrama de bloques (Molina, 2019).

En el panel frontal se diseña los controladores y se personaliza la pantalla para hacerla interactiva y el usuario tenga contacto con ella.

En el diseño del panel frontal se utilizó un toolbox del software utilizado, que es para personalizar los procesos en el cual existen comandos para decorar este panel, en el panel frontal existe una paleta de controles las cuales podemos seleccionar que controladores se requieren para personalizar el proceso. Teniendo el panel frontal con los controladores que se utilizaran en el proceso se procede a programar el diagrama de bloques, en este diagrama se debe conocer los comandos y sus procesos de ejecución.

Para que nos permita realizar el proceso adecuadamente en este caso comenzamos lo que es llenando de los tanques y para hacer eso tenemos que seleccionar una estructura While loop, que esta estructura nos permitirá realizar ciclos de llenado y vaciado de los tanques utilizados, en la figura 24 nos muestra el diseño del diagrama de bloques, esto nos indica que el tanque de recuperación comenzara a llenarse al límite mínimo de la altura necesaria 31.6 cm para que opere el proceso y el tanque de almacenamiento comience a vaciarse de una altura de 1000 cm ,es necesario utilizar un tiempo de retardo de las iteraciones como los realiza muy rápido no da tiempo de visualizarlos,Para que un proceso sea continuo en el marco de la estructura de While loop debe agregar Add Shift Register que permitirá ir guardando el registro de cada iteración (Lajara, 2018).

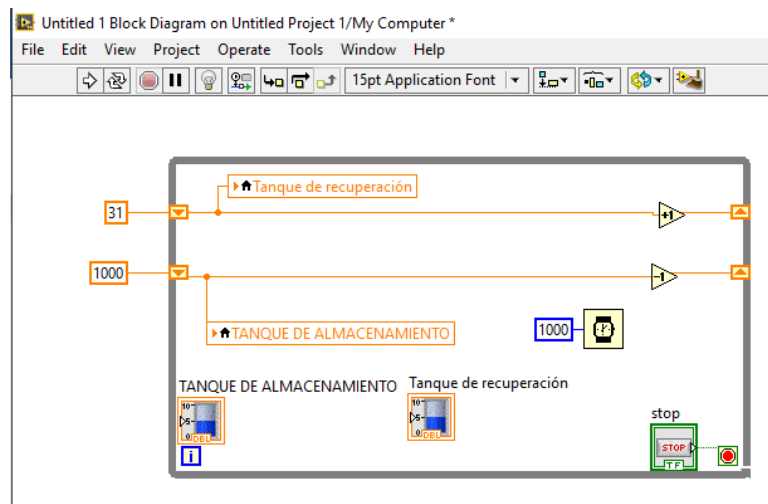


Figura 21. Diseño del diagrama del llenado de los tanques.

Se debe introducir un comando para seleccionar el momento donde se requiere que se detenga el tanque recuperación cuando esté lleno y de ahí el usuario debe de activar el inicio del proceso.

El diseño de la figura 22 nos permitirá tener una pausa cuando el tanque de recuperación se llene de acuerdo a su altura del tanque h0 en este caso se detendrá cuando tenga una altura igual a 45 cm, se diseña un Flip-Flop para que nos permita tener dos estados los cuales son llenado y pausa, cuando cumpla las condiciones programadas.

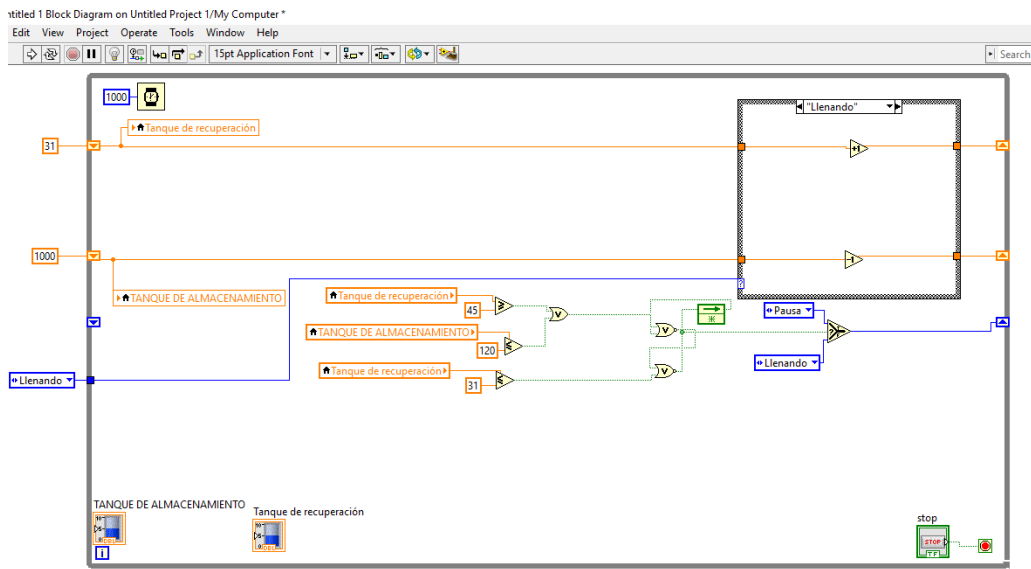


Figura 22. Diseño del diagrama para que tenga una pausa.

En la figura 23 la pausa del proceso nos debe permitir vaciar el tanque de almacenamiento y para hacerlo seleccionamos la estructura case que nos permita con un decremento y accionando la bomba de inicio del proceso vaciar el tanque de almacenamiento, con el tanque de almacenamiento cuando se vacía lo podemos llenar accionando la bomba de llenado del tanque (Molina, 2019).

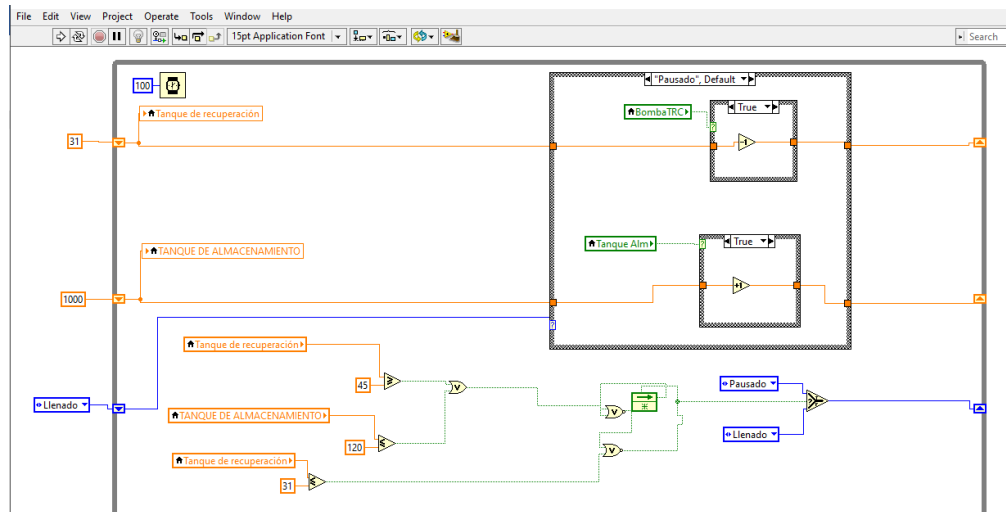


Figura 23. Diseño del diagrama para que en la pausa permita vaciar y llenar los tanques.

En la figura 24 nos muestra el diseño de las alarmas que se visualizarán en el panel frontal que el usuario le permitirá saber el nivel de altura h_0 que tenga el tanque de recuperación como tenemos 5 centímetros de tolerancia para el llenado del tanque utilizamos una comparación mayor igual a 45, cuando cumpla la condición debe activar la alarma de llenado, 40 cm nos activará la alarma del nivel medio, y si llega al nivel de 31 active la alarma de nivel bajo y abra la válvula de control para llenar el tanque de recuperación.

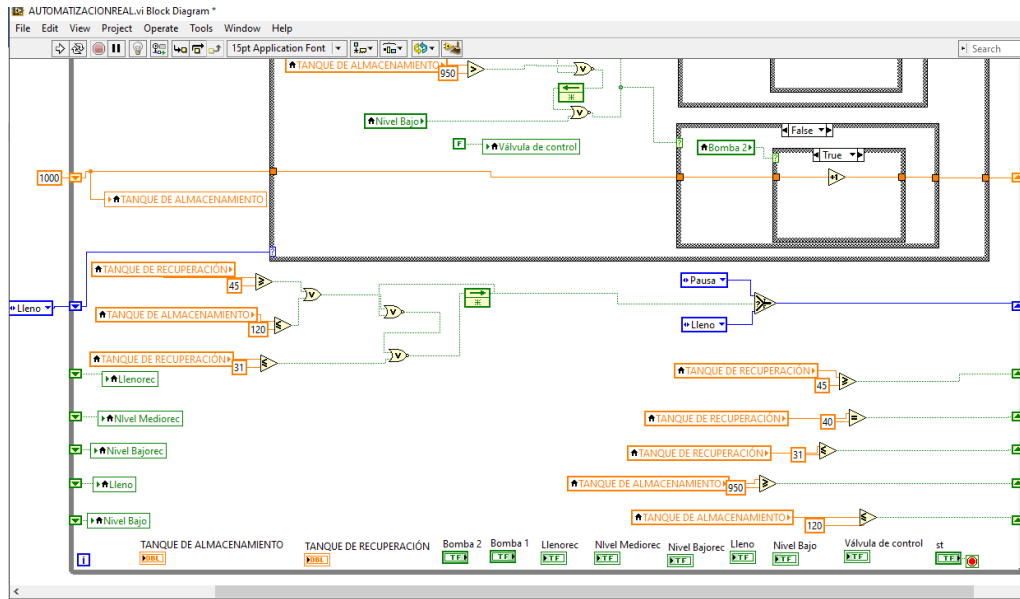


Figura 24. Diseño del Diagrama para accionar las alarmas.

La figura 25 del Diseño de detener el proceso cuando cumpla la condición, el segundo Select case que está dentro del proceso de pausa si es falso realiza el proceso y si es verdadero realiza el flip-flop para que se detenga el proceso cuando cumpla las condiciones del tanque de almacenamiento que nos dice si tanque de almacenamiento es menor e igual a 950 la altura se resetee y nos envíe el nivel bajo.

La válvula de control cuando este en pausa nos indicara cuando se debe llenar el tanque de almacenamiento.

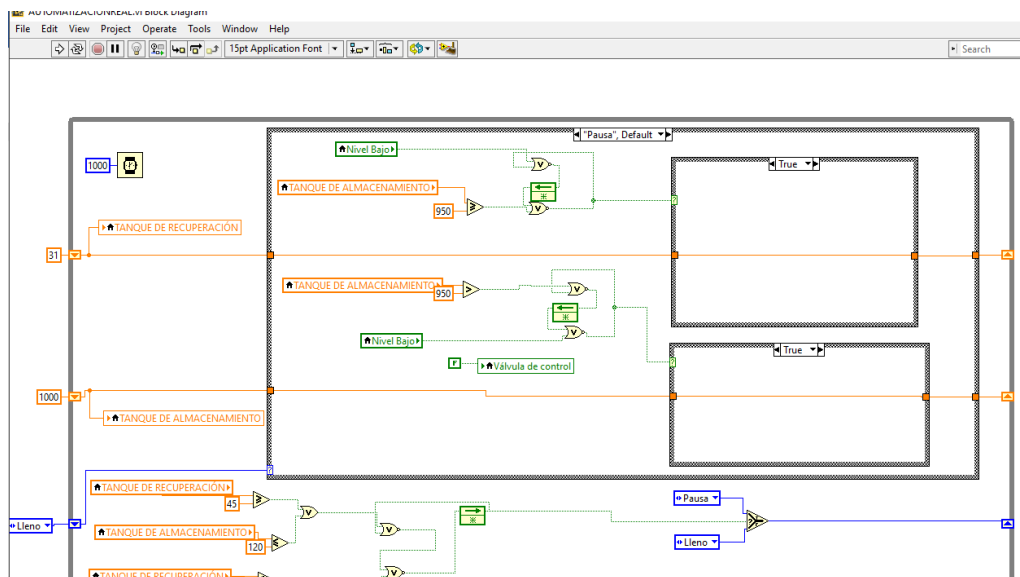


Figura 25. Diseño del Diagrama para accionar detener el proceso y no se derrame el agua en los tanques.

La figura 26 la válvula de control cuando se llene el tanque de recuperación activa su alarma de llenado e indica al operador que puede iniciar el proceso de Brumizado accionando la bomba de circulación del agua hacia el equipo de refrigeración.

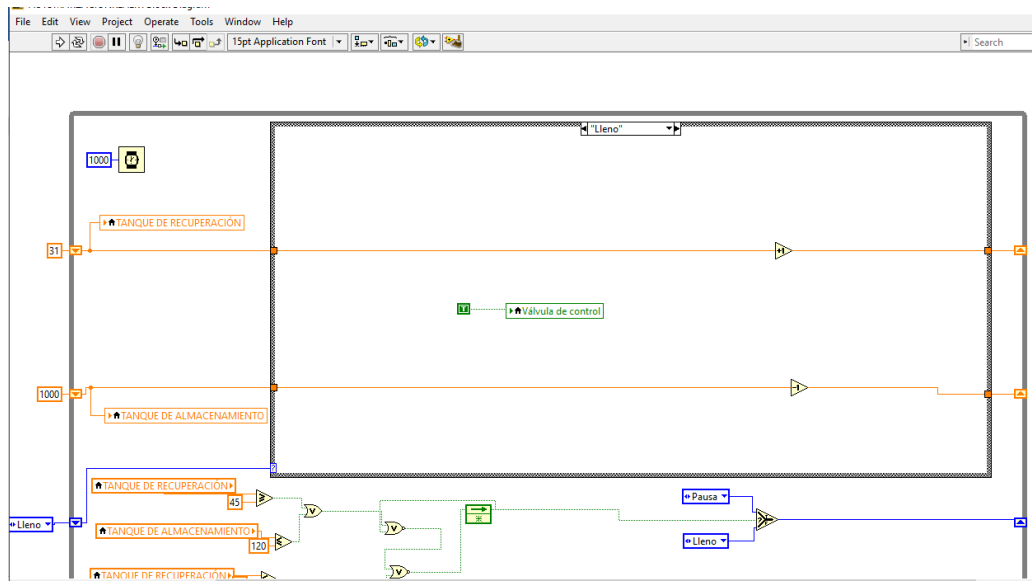


Figura 26. Diseño del diagrama para accionar la válvula de control.

3. Resultados.

Circuito de Enfriamiento Brumizador y Conexión de Electronivel de Vaciado, Electrodo y Pantalla LCD.

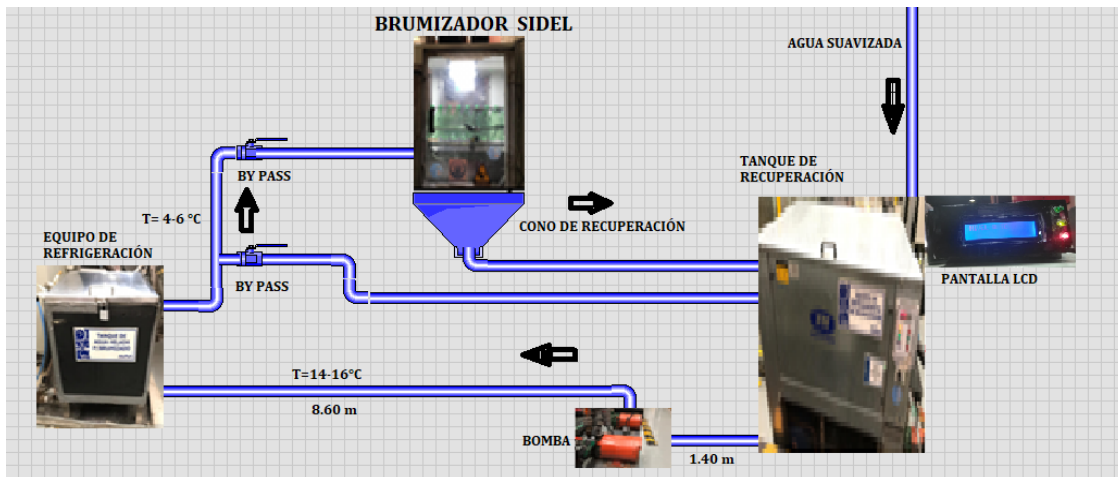


Figura 27. Ciclo de Trabajo del Brumizador esquematizado.

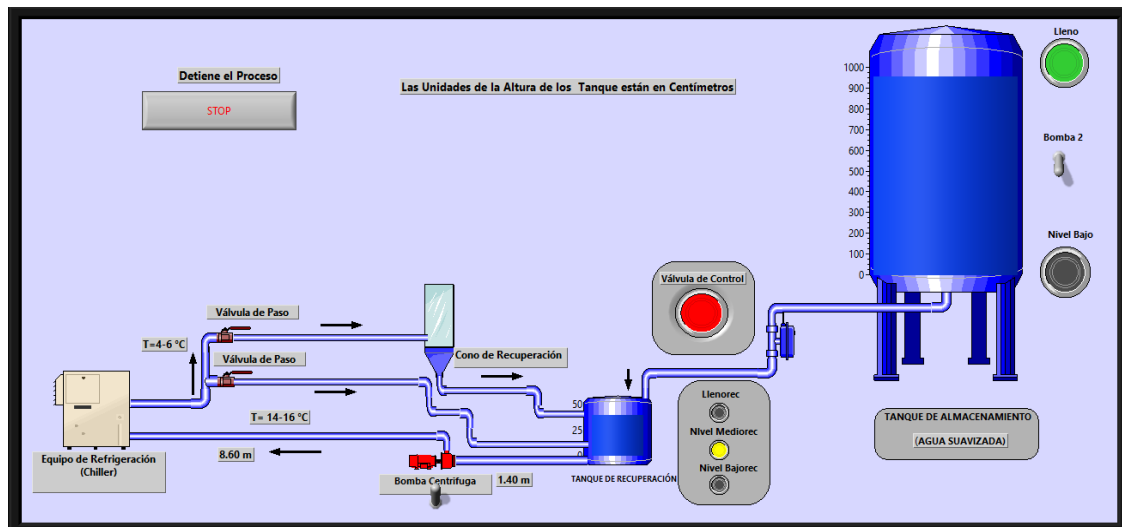


Figura 28. Diseño del proceso.

Se diseñó un sistema que permita proteger y cuidar una bomba hidráulica, que opera en un sistema de enfriamiento de agua helada (chiller). Este sistema de enfriamiento permite brumizar agua helada en la parte inferior de botellas de plástico soplado, para evitar deformación en la superficie de la botella por motivos de choque térmico, ya que la preforma es calentada a altas temperaturas para poder soplarla, proporcionándole su forma característica y al salir al medio ambiente ser enfriada por el sistema de Brumizado. Elegimos la opción de usar elementos industriales pensando en cubrir tres necesidades principales de uso:

1. Trabajar en un ambiente húmedo, ruidoso y con grandes vibraciones.
2. Operar por periodos largos y continuos de trabajo.
3. No sufrir cambios, variaciones o mala calibración en los mantenimientos preventivos (semanales, mensuales, trimestrales y anuales).

Utilizamos un control On/Off, ya que no era necesario controlar a detalle la salida de sistema de elementos como: temperatura, cantidad en mililitros, impurezas, etc. Se utilizó, entonces, un relevador industrial programado como vaciado de contenedor. Controlando así la energía suministrada al sistema de enfriamiento (chiller). Cuidando todos los componentes del sistema: compresor, evaporador, ventilador y bomba hidráulica. El relevador industrial responde a tres electrodos instalados en el contenedor de agua helada en distintos niveles de altura; alto, medio, bajo, indicándole al relevador cuando el nivel del tanque es demasiado bajo para apagar el sistema de enfriamiento. Pensando en el operador, se agregaron dos salidas de atención: 1.- una pantalla digital de 12X2 indicador de nivel del contenedor de forma textual. 2.- tres indicadores luminosos de colores preventivos (led), indicando de igual forma los niveles del contenedor. El sistema de visualización y de paro de emergencia en el sistema de Brumizador de botellas responde de acuerdo a la investigación, permitiendo al operario una fácil visualización, teniendo dos alternativas para el operario; indicadores luminosos, salida digital y explícita para un mejor control de seguridad de la bomba hidráulica. La lectura de información diaria del operador se ha vuelto fácil y rápido debido a la ubicación del sistema, permitiendo así realizar otras actividades con el tiempo sobrado.

Referencias bibliográficas.

Álvarez, R. A. (2012). Automatización industrial. Obtenido de <http://automatizacionindustrialiue.blogspot.com/>.

Sin autor. (2010). Electrónica. Obtenido de nassarelectronics.com.

Bustamante Herrera, D. G. (2014). Repositorio Educativo Digital. Obtenido de hdl.handle.net/10614/7017.

Corona, R. (2016). Ecochiller inc.

Crespo, E. (2017). Cursos Arduino. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2015/03/22/que-es-el-hardware-libre/>.

Lajara Vizcaíno, José Rafael; Pelegrí Sebastián, José (2018). LABVIEW - Entorno gráfico de programación 3ª Edición, Alfaomega.

Molina Arturo; Ponce Pedro. (mayo 2019). Fundamentos de Labview. Alfaomega.

Información de los autores.



Hernán Valencia Sánchez, Licenciatura en Ingeniería Mecánica y con un Posgrado en Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Reconocimiento al perfil deseable Jefe de Proyectos de Investigación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del TecNM/Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



Roberto Carlos García Gómez, Licenciatura en Ingeniería Mecánica, con tres posgrados: Especialidad en Mecatrónica, Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Doctorado en Procesos de Manufactura. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe de Proyectos de Vinculación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del TecNM/Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



Fernando Alfonso May Arrijo es Licenciado en Ingeniería Mecánica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Maestro en Energías Renovables por la Universidad Politécnica de Chiapas y Doctorante en Ingeniería Aplicada en el Colegio de Formación Educativa Tenam. Profesor de Carrera Enseñanza Superior en el Departamento de Metal-Mecánica del TecNM/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Perfil Deseable desde 2016.



Julio César Llaven Gordillo, Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Maestría en Ciencias de la Educación. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Docente del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



José Manuel Rasgado Bezares, Licenciatura en Ingeniería Mecánica. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del TecNM/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Diseño de rehabilitador de extremidades superiores ARMexs V2.0.

ARMexs V20 upper extremity rehabilitation design.

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

José Enrique Moreno Araujo (2), estudiante del TecNM/ITTG, 115270455@tuxtla.tecnm.mx.

William Asís Raúl Ojeda Rodríguez (3), estudiante del TecNM/ITTG, 115270459@tuxtla.tecnm.mx.

Luis Daniel López Cancino (4), estudiante del TecNM/ITTG, 115270437@tuxtla.tecnm.mx.

Luis Ángel Sánchez Pérez (5), estudiante del TecNM/ITTG, 115270477@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en octubre 30, 2020; aceptado en diciembre 03, 2020.

Resumen.

El presente artículo describe el diseño de un sistema electromecánico CNC y su implementación en el prototipo de rehabilitador de extremidades superiores ARMexs V2.0. Al aplicar este controlador en el prototipo se le dotará de ventajas técnicas que tienen efectos en la rehabilitación como regulación de parámetros de fuerza, velocidad, intensidad y tipo de subrutina, además de que el sistema proporcionara un movimiento constante de pocas vibraciones lo cual es benéfico para la extremidad. El controlador del rehabilitador utiliza como entradas la información que proporciona tres finales de carrera que permite al aparato autoreferenciarse en 3 dimensiones de la misma manera que lo hace una impresora de tres dimensiones, teniendo como salidas a los 4 motores a pasos que son los que generan los movimientos programados en las rutinas de rehabilitación.

Palabras clave: Sistema electromecánico, control numérico computarizado, regulación de parámetros, rehabilitador de extremidades superiores.

Abstract.

This article describes the design of an electromechanical system and its implementation in the upper rehabilitation machine ARMexs V2.0. Applying this controller the prototype will be improved in technical features that make rehabilitation better for the extremity, making possible to regulate strength, velocity, intensity and the type of routine. The system will provide a constant movement with low vibing impact which is a benefit for upper extremity. The controller uses as inputs three electric limit switches, one peer axis and allows the machine to self reference in three dimensions, just like the 3D printers do, having as outputs the four motors that generate the programmed movements in rehab subroutines.

Keywords: Electromechanical system, computer numerical control, feature regulation, upper rehabilitation machine.

1. Introducción.

La Discapacidad Motriz (DM) es una condición de vida que afecta el control y movimiento del cuerpo, generando alteraciones en el desplazamiento, equilibrio, manipulación y respiración de las personas que la padecen, limitando su desarrollo personal y social.

De acuerdo con datos de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social y del Instituto Mexicano del Seguro Social sobre accidentes y enfermedades de trabajo, Cada año ocurren más de 400 mil accidentes laborales, de los cuales alrededor de una tercera parte 149 mil, afectan a extremidades superiores, incluyendo la muñeca y la mano. Todas aquellas personas involucradas en un siniestro de este tipo requieren de un terapeuta, un dispositivo y un tratamiento motriz. (Chong Jesús, 2016).

Un 39.3% de la población que cuenta una discapacidad motriz vive en un entorno rural de los cuales solo el 27.8% es derechohabiente en una institución de salud. Dejando un 11.5% de la población rural sin sanidad garantizada (CONEVAL, 2017). Entre 2000 y 2010 la discapacidad motriz aumentó un 11.3% en zonas urbanas y un 17.5% en zonas rurales. La gráfica correspondiente a este incremento se encuentra en anexos (INEGI, 2014). Este rubro de la población requiere de rehabilitación en algún grado y por ende tiene que trasladarse hacia las ciudades donde existen aparatos terapéuticos, voluminosos y costosos, que les brinde tratamiento.

Existen 3 tipos fundamentales de motores a pasos: el motor de reluctancia variable, el motor de magnetización permanente, y el motor híbrido el cual combina elementos de ambos (Liptak, Bela G., 2005).

Los motores a pasos pueden ser usados en sistemas de control de circuito abierto: son generalmente adecuados para sistemas que operan a niveles bajos de aceleración con cargas estáticas, también pueden emplearse con controladores de circuito cerrado cuando se requiera alta aceleración para trasladar cargas variables (Douglas W. Jones. 1995).

En el caso de control de motores, se están desarrollando muchos algoritmos, específicamente para la regulación de velocidad (Choset, 2005).

Los motores paso a paso se pueden ver como motores eléctricos sin escobillas cuyo factor principal de control son los grados por paso, también se le puede denominar como resolución del motor, ya que define la cantidad de grados que rotará el eje para cada paso completo (Eduardo J. Carletti, 2007).

El gran progreso en el equipo electrónico hizo que se introdujera el control automático en una gran cantidad de áreas productivas, lo que revolucionó el entorno industrial en la era de la automatización, sustituyendo a las máquinas que iniciaron la mecanización en el siglo XVIII (Syh-Shiuh Yeh, 2019).

Al finalizar la segunda guerra mundial hubo un incremento en la demanda de productos cada vez más complejos, por lo que la máquina CNC fue inventada para reducir de manera efectiva la urgente necesidad de trabajadores cualificados para operar sistemas de manufactura convirtiéndose en una de las invenciones más prominentes para el desarrollo de tecnologías industriales de producción de manufacturas (Heinrich Arnold, 2001).

2. Métodos.

Elementos que componen el rehabilitador ARMexs V2.0.

Auto rehabilitación 3D es un robot paralelo diseñado para ejecutar un conjunto de movimientos que facilitan la flexión de una parte del miembro superior o el miembro completo de forma sincronizada con el fin de activar las funciones motrices.

Consiste de un sistema que cuenta con una plataforma móvil donde la extremidad es colocada para que esta se desplace en 3 ejes (X, Y, Z).

La plataforma de movimientos distribuye de manera uniforme la fuerza isométrica ejercida sobre la estructura.

El robot paralelo se integra de los siguientes componentes:

Motores a pasos: Permiten el movimiento de rotación y traslación sobre los ejes de la estructura.

Controlador de pasos de tipo numérico/programado: Compuesto por el microcontrolador, los controles de potencia de los motores a pasos (A4988) y los sensores de límite. En estos componentes se gestiona la comunicación remota entre los sensores de límite y se ejecutan los conjuntos de instrucciones que permiten el movimiento de los motores.

Estructura con movimiento omnidireccional con ejes X, Y, Z: Construido en aluminio, MDF y PLA aporta robustez y portabilidad al dispositivo de rehabilitación.

El equipo cuenta con una aplicación móvil que permite configurar y compartir la información de rutinas personalizadas a las necesidades de cada paciente.

El dispositivo es fácil de configurar por el especialista; seleccionando los parámetros de fuerza, velocidad y número de repeticiones necesarias.

En la figura 1 observamos un dibujo del prototipo donde se muestra en verde los motores a pasos, en azul el microcontrolador (ATMega 2560) y los controladores de los motores (A4988) en rojo.

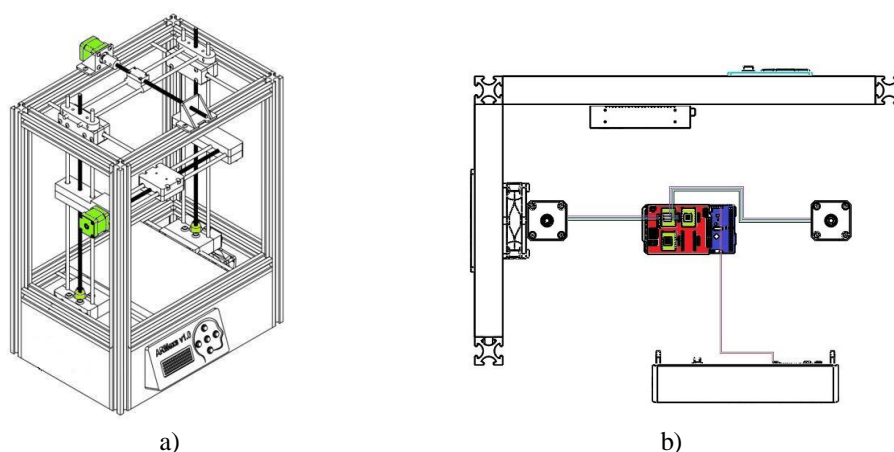


Figura 1. Vistas del ARMexs V2.0. a) isométrica b) inferior.

3. Desarrollo.

Primera etapa. En la figura 2 se muestra como se diseñó una de las veintidós piezas de soporte que conforman la subestructura plástica que se monta sobre las guías de acero inoxidable, en el software SolidWorks.

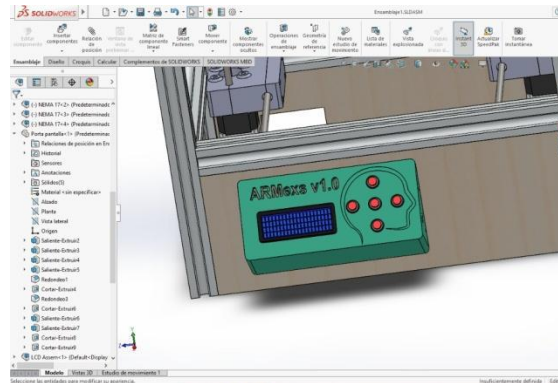


Figura 2. Diseño de las piezas en SolidWorks.

Una vez terminados las 22 piezas se procedió a verificar los diseños en dimensiones y en su posición en el ensamble, para minimizar los errores y preparar a cada una de las partes para la impresión en 3D. En la figura 3 se visualiza un grupo de seis piezas que componen la subestructura plástica.

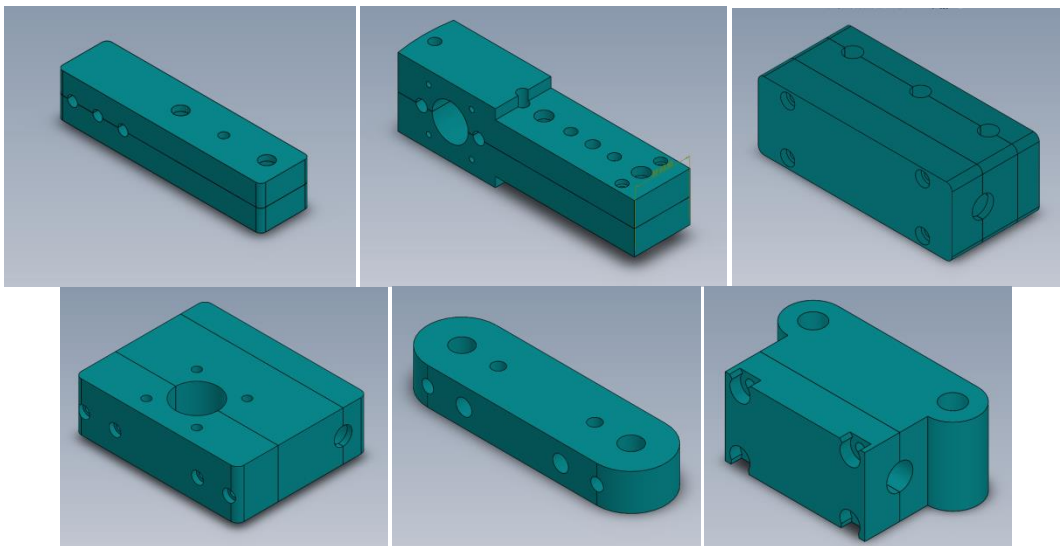


Figura 3. Piezas terminadas.

Segunda etapa. Montado de la estructura externa, la subestructura plástica compuesta por las más de 22 piezas impresas en 3D y los motores a pasos.

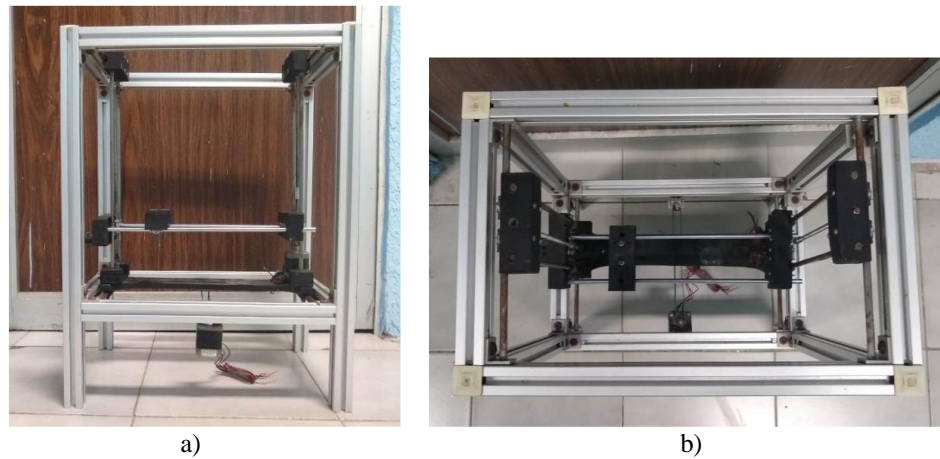


Figura 3. Vista de la estructura. a) Frontal. b) Superior.

Tercera etapa. Programación del dispositivo y pruebas con brazo y peso dinámico.

Esta etapa comprende el desarrollo de las subrutinas de programación que permiten al aparato tener una flexibilidad en los cuatro parámetros fundamentales del movimiento de rehabilitación, la velocidad, la fuerza, la intensidad y el tipo de movimiento, en línea recta o circular que se ejecutará.

Tal como se muestra en la figura 4 probamos algunas de las rutinas con el peso de un brazo adulto de aproximadamente unos 24 kilogramos. Teniendo una movilidad completa sin forzado de los motores.

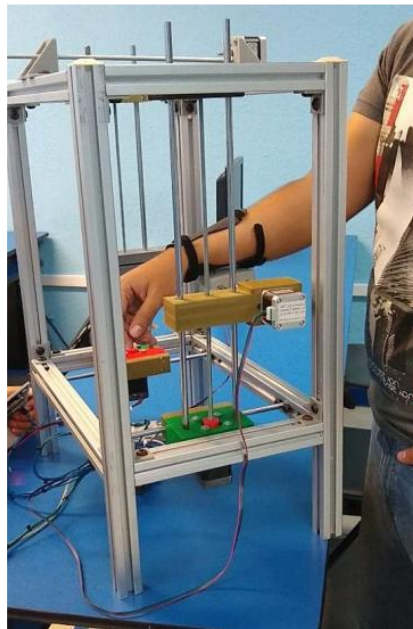


Figura 4. Prueba con peso de brazo adulto.

Cuarta etapa. Incorporación del panel de control (HMI) del dispositivo y forrado.

Se diseñó los elementos plásticos de la interfaz humano-máquina tal como se visualiza en la figura 5 y se agregaron los elementos electrónicos al sistema de control del aparato para que los usuarios tengan a su disposición una pantalla, menús, botones de navegación, selección y paro de emergencia.

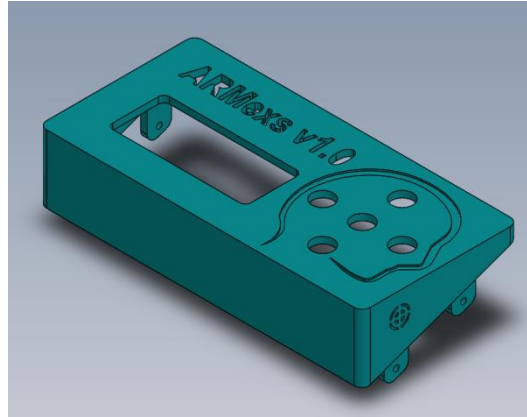


Figura 5. Soporte de pantalla y botones de navegación.

En esta etapa también se agregan al dispositivo paros de emergencia fijos y móviles tal como se muestra en la figura 6 para garantizar la seguridad del paciente ante cualquier imprevisto que pueda suscitarse.



Figura 6. Paro de emergencia e interfaz humano-máquina.

Una vez listo, el rehabilitador requería de la incorporación de los elementos estéticos compuestos principalmente de MDF con superficie plastificada para dar acabados de aparato médico. Tal como se puede visualizar en la figura 7.



Figura 7. Dispositivo de rehabilitación ARMexs V2.0 terminado.

Quinta etapa. Pruebas y evaluaciones.

El equipo ARMexs realizó visitas a diferentes centros médicos especializados en tratamiento de discapacidades motrices tales como el **Hospital del estado Dr. Gilberto Gómez Maza, el Centro de Rehabilitación e Integración Infantil Teletón y la Clínica de discapacidades DIF Chiapas**, como parte de las evaluaciones al aparato por parte de especialistas en rehabilitación.



Figura 8. Doctora especialista en rehabilitación del Teletón probando el dispositivo.

4. Resultados.

ARMexs V2.0 tuvo evaluaciones médicas satisfactorias por especialistas del CRIT Teletón de Tuxtla Gutiérrez, DIF Chiapas y Hospital General Dr. Gilberto Gómez Maza. Quienes probaron el aparato y proporcionaron retroalimentaciones sobre su sus alcances. Tal como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Evaluaciones médicas. a) CRIT Chiapas. b) DIF Estatal. c) Especialista en rehabilitación.

Conclusiones.

Las ventajas del rehabilitador ARMexs el cual se encuentra basado en tecnología CNC son muchas, destacando la portabilidad, precisión, bajo consumo energético y bajo coste.

Los resultados obtenidos al emplear tecnologías de control numérico en el apartado de la rehabilitación son prometedores y en este proyecto son sin duda satisfactorios ya que se logró construir y evaluar al aparato de rehabilitación con especialistas en el campo. El controlador implementado cumple con el objetivo de mantener operando la máquina de forma estable con un brazo adulto sobre él, lo que lo vuelve un dispositivo médico con potencial de llegar al mercado de ser aprobado su uso.

Agradecimientos.

Los autores agradecemos al Tecnológico Nacional de México, el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón de Tuxtla Gutiérrez y al Hospital general del estado de Chiapas Dr. Jesús Gilberto Gómez Maza por el apoyo logístico para la verificación y evaluación del rehabilitador de extremidades superiores ARMexs V2.0.

Créditos.

Los resultados presentados en este artículo fueron obtenidos gracias al apoyo del Tecnológico Nacional de México al financiar el proyecto “Sistema de rehabilitación de extremidades superiores basado en control numérico” con número 8308.20-P, sin este apoyo no hubiera sido posible esta publicación.

Referencias bibliográficas.

- Chong Jesús Enrique. (2016).** *El dispositivo que rehabilita a víctimas de accidentes laborales.* Septiembre del 2019, de Tec Review, Sitio Web: <https://tecreview.tec.mx/mexicanos-crean-dispositivo-de-rehabilitacion-para-victimas-laborales>
- Choset, H. (2005).** *Principles of robot motion, theory, algorithms, and implementations.* USA: The MIT press.
- CONEVAL. (2017).** *Ingreso, Pobreza y Salario Mínimo.* 13 de Septiembre del 2019, de CONEVAL Sitio web: <https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Documents/INGRESO-POBREZA-SALARIOS.pdf>
- Douglas W. Jones. (1995).** *Control of Stepping Motors.* 21 de Noviembre de 2020. THE UNIVERSITY OF IOWA Department of Computer Science. Sitio web: <http://homepage.divms.uiowa.edu/~jones/step/>
- Eduardo J. Carletti. (2007).** *Motores paso a paso. Características.* 21 de Noviembre del 2020. Robots Argentina. Sitio Web: http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm
- INEGI, (2014).** *Discapacidad en México datos al 2014,* 13 de Septiembre del 2019, Sitio Web INEGI: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825090203>
- Heinrich Arnold (2001).** *The recent history of the machine tool industry and the effects of technological change* (University of Munich, Institute for Innovation Research and Technology Management November 2001)
- Liptak, Bela G. (2005).** *Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization.* CRC Press. p. 2464. ISBN 978-0-8493-1081-2.

Syh-Shiuh Yeh & Zheng-Hong Tsai & Pau-Lo Hsu (2019). *Applications of integrated motion controllers for precise CNC machines.* ©Springer-Verlag London Limited 2019

Información de los autores.



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



José Enrique Moreno Araujo, Ingeniero en Electrónica, egresado del Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez. Ha participado en diferentes eventos de innovación tecnológica, voluntariado social. Es cocreador del prototipo ARMexs, colaborador en proceso de patente y derechos de autor. Su principal interés es el uso e interpretación de datos.



William Asís Raúl Ojeda Rodríguez, alumno recién egresado de la carrera de ingeniería Electrónica, en el Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez. A participado en diferentes eventos de innovación y desarrollo tecnológico como cocreador del prototipo ARMexs. Programador y diseñador gráfico. Colaborador en proyectos de automatización de procesos.



Luis Daniel López Cancino, alumno recién egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica, en el Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez. Especialista en el área de diseño mecánico en SolidWorks, además de impartir cursos en el tema, programador amateur. Colaborador en proceso de patente y derechos de autor.



Luis Ángel Sánchez Pérez, alumno recién egresado de la carrera de ingeniería Electrónica, en el Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez. A participado en diferentes eventos de innovación y desarrollo tecnológico cómo cocreador del prototipo ARMexs. Programador y diseñador de sistemas mecatrónicos. Colaborador en proyectos de automatización de procesos.

Estudio de la implementación de las nuevas tecnologías de la información en la modernización del Estado Mexicano.

Study of the implementation of new information technologies in the modernization of the Mexican State.

Indra Ruth Toledo Coutiño* (1).

Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Contaduría y Administración C-I, Licenciatura en Sistemas Computacionales.
itoledo@unach.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en septiembre 28, 2020; aceptado en noviembre 12, 2020.

Resumen.

El estado no puede ni debe mantenerse al margen de las innovaciones e implementaciones tecnológicas que son de uso cada vez más habitual entre las naciones y los ciudadanos, la educación y las empresas, las transacciones económicas y el trabajo telemático. Por ello, en el presente artículo se analiza la situación actual del Estado mexicano en cuestión de implementación de TICs, con el objetivo de diagnosticar qué es lo que se ha hecho y cuál es el nivel de uso y conocimiento por parte de la población en general. Para ello se realiza el análisis de la información que en diversos portales otorga el gobierno mexicano y en estudios que se realizan por parte de múltiples organismos nacionales e internacionales, con la finalidad de ver cómo, a pesar de los esfuerzos realizados, estos han sido aislados y no se estructuran en una verdadera estrategia integral que tenga el nivel de compenetración, integración y difusión adecuado para generar un verdadero impacto en la digitalización del gobierno mexicano.

Palabras clave: Tecnologías de la información y comunicación, gobierno, Estado, administración pública.

Abstract.

State can't and should not stay out of the technological innovations and implementations that are increasingly in use among nations and citizens, education and business, economic transactions and telematics work. For this reason, this article analyzes the current situation of the Mexican State regarding the implementation of ICTs, with the aim of diagnosing what has been done and what is the level of use and knowledge by general population. For this reason, the analysis of the information that the Mexican government provides in various portals and in studies carried out by multiple national and international organizations is carried out, in order to see how, despite the efforts made, these have been isolated and they are not structured in a true comprehensive strategy that has the appropriate level of understanding, integration and dissemination to generate a true impact on the digitization of the Mexican government.

Keywords: Information and communication technologies, government, State, public administration.

1. Introducción.

El término “Estado”, generalmente, y sin entrar en antecedentes históricos que podrían referenciarse en las obras de Francisco Porrúa, Jorge Jellinek o Andrés Serra Rojas, suele emplearse para referirse a un fenómeno político que surgió en Europa a partir del hundimiento del feudalismo con las características fundamentales de territorialidad, centralización, soberanía, diferenciación e institucionalización (Gordillo Pérez, 2016). Lo que es innegable es que dentro de esta institucionalización se crean todas las bases de la conformación del Estado moderno, y que el hecho de crear las instituciones y poder llevar control adecuado de ellas, arroja consigo la gran necesidad del manejo de la información y de una creciente cantidad de datos que el Estado comienza a generar, así como le obliga a estudiar la mejor manera de clasificar, almacenar y utilizar.

Por ello, ciertamente que desde su principio el estado comienza con un gran problema de poder tener control de todos los documentos propio de su formación, de sus actividades y en general del manejo de datos, razón por lo que paulatinamente se crean los “archivos generales” –como en México el Archivo General de la Nación (AGN)–, pero, siendo insuficiente tal creación, se sigue el estado enfrentando aun los problemas del control de la información de la vida diaria. Así, cronológicamente es por ello que surgen los “documentos personales de identificación” –para poder identificar claramente a los habitantes del estado–, pero esta medida, a su vez, representa otra gran cantidad de datos e información que almacenar.

Con el surgimiento de la computadora –u ordenador–, y, sobre todo, del internet, las instituciones de los gobiernos –que siempre han tenido un carácter informativo y que manejan los valores, normas y convencionalismos que dan forma a las relaciones sociales– retoman en las tecnologías de la información una de sus mayores herramientas de procesamiento y difusión de información. Es a partir de este momento cuando se da inicio a la revolución digital –que puede facilitar enormemente el procesamiento de la información dentro de los gobiernos–: lo que antaño se archivaba en un armario, hoy se archiva en la computadora; lo que anteriormente –no tan atrás en el tiempo, en verdad– se transmitía en una forma de papel a través de un mensajero, en los hodiernos tiempos se transmite a la velocidad de la luz por medio de fibra de vidrio, de computadora a computadora (Bellamy & Taylor, 1998).

El internet como poderoso medio de comunicación bidireccional, ha impactado en la forma de hacer negocios, de divertirse, de educarse y de comunicarse, entre otras muchas actividades, y los vertiginosos adelantos tecnológicos de la computación y de las telecomunicaciones no sólo han hecho posible que la sociedad pueda cambiar, sino que también brindan a los gobiernos la posibilidad de poder transformarse (Ruelas & Pérez Arámburo, 2006).

A mediados de la década de 1990, muchos países occidentales entraron de lleno a la denominada “era de la información”, adoptando las ideas de que las nuevas tecnologías podían ser explotadas para “reinventar” las tareas gubernamentales. Es decir, que la explotación de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC, en lo sucesivo) se consideraron –y se consideran más aun en tiempo actual– como la clave para hacer más efectiva y eficaz la comunicación y el almacenamiento de a información, ayudando igualmente a que el estado cuente con medios de mayor calidad para tal fin, incurriendo igualmente en coadyuvar a democratizar los gobiernos.

Una de las primeras iniciativas de reforma gubernamental que utilizó como herramienta a la tecnología de la información fueron la NPR (*National Performance Review*) y la NII (*The National Information Infrastructure*), creadas en 1993 durante la Administración del presidente estadounidense Bill Clinton. En los años 1994 y 1995 se llevaron a cabo múltiples actividades en los países desarrollados en aras de no quedarse atrás en la carrera de la era de la información. Por ejemplo, Canadá estableció el *Information Highway Advisory Council* en 1994; Japón creó el *Telecommunications Council* en ese mismo año; Australia incorporó el ASTEC en 1995; y Singapur también en 1995 fundó el *National Computer Board* (Ruelas & Pérez Arámburo, 2006).

En julio de 1994, el G-7 –grupo que incluye a las naciones industrializadas (Estados Unidos de América, Japón, Canadá, Francia, Italia, Alemania y el Reino Unido de la Gran Bretaña)– se reunió con la finalidad de discutir las propuestas estadounidenses para implementar la Infraestructura de Información Global (*Global Information Infrastructure*, GII por sus siglas en inglés). El plan consistía en desarrollar una GII sobre los principios de competencia abierta, estándares técnicos comunes e interoperabilidad de sistemas. El resultado más concreto de esta iniciativa fue

el establecimiento del Foro del G-7, quedando la representación formal limitada a las naciones del G-7, aun cuando no se tenía la intención que la participación fuera restringida. El Foro manifestó un deseo de cooperación con las organizaciones internacionales más relevantes, que incluía agencias de la ONU y la OECD (Bellamy & Taylor, 1998).

A partir de todas esas iniciativas y como consecuencia de la utilización de las TICs –principalmente Internet– en los procesos gubernamentales, surge el concepto de “gobierno electrónico” –o *e-Government*–, mismo que se atribuye al gobierno canadiense, ya que en 1995 lo acuña para poder asegurar una mejor conexión entre los ciudadanos a través de las TICs. Este concepto se asociaba sobre tres principales ejes, a saber: 1) Mejora de procesos gubernamentales; 2) mayor conexión con ciudadanos; y 3) construcción de interacciones con negocios, proveedores y entidades gubernamentales externas.

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (en lo sucesivo, OCDE), el gobierno es el mayor usuario de las TICs, debido a que busca incrementar la conexión con los ciudadanos. En este sentido, al hablar de *e-Government* nos referimos al conjunto de acciones encaminadas a la adopción de las TICs, a fin de optimizar e incrementar los procesos asociados con la entrega de servicios ofrecidos por parte de las dependencias del sector público, y así transformar las relaciones internas y externas para crear un mejor gobierno. (Arias Torres & Manríquez, 2017).

Desde la concepción del término “e-gobierno”, y del inicio de los esfuerzos de los gobiernos para poder acercarse mediante las TICs a todos los ciudadanos, hemos tenido una vertiginosa –y muy acelerada, dicho sea también– evolución, la cual ha ido determinada por el surgimiento de cada día de los nuevos avances tecnológicos, en los que se van adoptando y adaptando para facilitar los procesos. Por lo anterior, y teniendo como base al gobierno coreano –que de acuerdo a la OCDE es el más digitalizado en la actualidad–, podríamos distinguir 4 generaciones o etapas, en las que se divide esta evolución (Arias Torres & Manríquez, 2017):

- Generación 1.0 (1995-2005), que buscaba fundamentalmente compartir información empleando un solo canal a través de la *World Wide Web* (WWW). En esta etapa los procesos del gobierno se basaban completamente en proveer información hacia los ciudadanos, quienes empleaban como único acceso las computadoras personales.
- Generación 2.0 (2005-2010): A partir de la acelerada evolución de las TICs, con el surgimiento de las redes sociales y las tecnologías de la web 2.0 llega la segunda etapa, que se enfocó en crear una plataforma tecnológica con la cual se pudieran socializar los servicios, procesos y datos del gobierno. Se visualizaba un gobierno abierto, es decir, que los datos estuvieran disponibles y sin restricciones para los ciudadanos, empresas, proveedores y dependencias del mismo gobierno. La búsqueda por innovar procesos permitió la incorporación de nuevas tecnologías basadas en el uso de aplicaciones móviles.
- Generación 3.0 (2010-2020): A finales del 2010 comienza a tomar fuerza la tercera fase, que pretende facilitar la toma de decisiones con base en la evidencia, la innovación de políticas, la integración de soluciones, la optimización de recursos y el surgimiento de nuevos servicios para asegurar el bienestar de los ciudadanos. El 3.0 es entendido como el “gobierno inteligente” (o *smart government*), donde las decisiones se basan en los datos, siendo éstos los que constituyen el insumo principal para la mejora de los procesos y servicios gubernamentales. Una de las grandes características que distinguen a la tercera fase son los servicios inteligentes –que permiten a todo el mundo acceder a la información de manera transparente–.
- Generación 4.0 (2020-20??): Muchos lo sitúan con un inicio formal en el 2020, pero en realidad desde 2016 se producen grandes avances en esta generación, marcada principalmente por tener un gobierno completamente digital pero en la palma de la mano de los ciudadanos, con el surgimiento y proliferación de los *Smartphone* o teléfonos inteligentes. Así, se comenzaron a desarrollar APP (la abreviación de *APPLication*, en inglés, aplicación), que son programas que se ejecutan principalmente en dispositivos móviles y que permiten desde el teléfono poder tener acceso a múltiples plataformas con niveles de seguridad muy altos –como reconocimiento facial, huellas dactilares y claves dinámicas–. Y esta generación, impulsada y acelerada, sin lugar a dudas, por el confinamiento y distanciamiento social propiciado por el Coronavirus o SARS-CoV-2, el COVID19, aceleró en gran medida la digitalización de la vida de todo y de todos en las actividades cotidianas.

Avances en digitalización en el mundo.

Según los estudios de la OCDE –en virtud del creciente grado de digitalización que se estaba teniendo en todos los países del mundo–, se decide crear el Índice de Gobierno Digital (*Digital Government Index*, DGI por sus siglas en inglés), que se convierte en una pieza clave del trabajo de la OCDE en la creación y propulsión del gobierno digital y el tratamiento de los datos en el sector público.

El DGI responde a la necesidad de contar con un instrumento para medir la transición desde el gobierno electrónico al gobierno digital, de acuerdo a la Recomendación de la OCDE sobre las Estrategias de Gobierno Digital. El DGI mide los niveles de adopción de enfoques estratégicos, herramientas de política pública, implementación y supervisión de las políticas de gobierno digital en los países miembros de la OCDE y otros países asociados. (OCDE, 2019).

En este sentido, el DGI se evaluó por parte de la OCDE en 6 indicadores principales, que fueron (OCDE, 2019):

1. Gobierno Digital por diseño: incorpora las tecnologías digitales para permitir que el sector público opere de forma integrada y entregue servicios públicos a través de múltiples canales.
2. Sector público impulsado por los datos: cuando gobierna y gestiona los datos como un activo estratégico para la creación de valor público y la prestación ágil y proactiva de servicios públicos.
3. Gobierno dirigido por el usuario: cuando otorga un papel central a las necesidades y la conveniencia de las personas en la configuración de los procesos, servicios y políticas; y cuando adopta mecanismos inclusivos que permiten que esto suceda. Un enfoque centrado en el usuario permite a los ciudadanos y las empresas definir y comunicar sus propias necesidades respecto al acceso y pertinencia a los servicios públicos, comunicando y participando activamente en la definición de políticas públicas y servicios públicos en función de sus necesidades.
4. Sector público que actúa como plataforma: cuando sus sitios y accesos permiten a los usuarios realizar trámites de forma ágil, simple y rápida.
5. Gobierno Abierto por defecto: cuando el sistema de datos abiertos –es decir, a los que pueden tener acceso cualquier usuario– es suficiente, entendible y dinámico.
6. Gobierno Proactivo: cuando su adaptabilidad a los cambios va siendo gradual a los requerimientos y necesidades de los usuarios.

Los indicadores enunciados se convierten, pues, en la primera composición real de un indicador integral que permita ver el grado de avance y digitalización de los gobiernos, que se tenía mediante el llamado indicador de “e-gobierno” anteriormente, pero que en la Encuesta sobre Gobierno Digital OCDE 1.0 arrojó los resultados que se desglosan a continuación, respecto a la comparativa internacional de aplicación de los sistemas digitales en los gobiernos actuales (Figura 1):

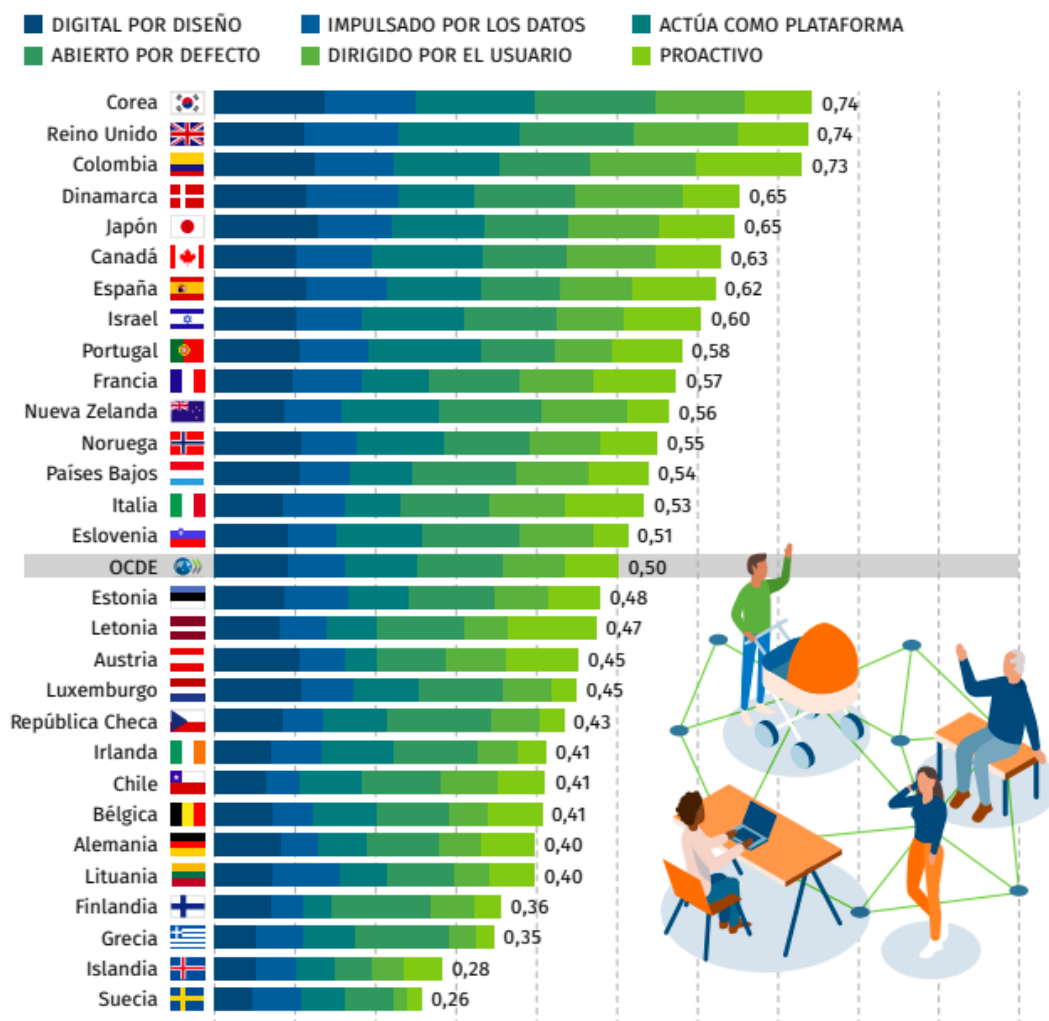


Figura 1. Desglose de análisis de implementación digital en los gobiernos. Fuente: Encuesta sobre Gobierno Digital OCDE 1.0.

De la encuesta expuesta *ut supra*, lo que podemos ver es cómo desde principio el gobierno coreano ha sido uno de los líderes y referentes importantes en el proceso de la inclusión y de la digitalización de sus servicios y el uso de las TICs para acercar más el gobierno a la gente. Cabe hacer una mención especial respecto a que no están disponibles los datos ni de los Estados Unidos de América ni de México, presumiblemente por los problemas de coordinación que se han presentado en los últimos años.

2. Métodos.

México y su inclusión en la era digital.

A pesar de que México no aparece en el DGI 2019 publicado por la OCDE, sí existen indicadores que lo han medido, como lo es, por ejemplo, el Índice de Desarrollo del Gobierno Electrónico de las Naciones Unidas (EGDI, por sus siglas en inglés), que desde su inclusión cerca del año 2000 lo situó de una buena manera, aunque históricamente ha mostrado crecimientos en su puntuación en forma muy baja, provocando una grande caída en sus puestos del ranking, debido a que la evolución de los demás países ha sido bastante más acelerada, como se evidencia a continuación (Tabla 1).

Tabla 1. Ranking. Fuente: La evolución de gobierno electrónico mexicano ONU.

Año	Puesto del <i>ranking</i> global	Puntuación de egdi
2003	30	0.5933
2004	30	0.5957
2005	31	0.6061
2008	37	0.5893
2010	56	0.5150
2012	55	0.6240
2014	63	0.5733
2016	59	0.6195
2018	64	0.6818

Para poder comprender de mejor manera el porqué de estos indicadores del Estado mexicano, tendríamos que dar un repaso sobre el cómo ha ido evolucionando el “e-gobierno” en nuestro país, y cómo hemos transitado de forma gradual a la digitalización –en medio también de nuestra transición democrática, que, sin duda, también marca un hito en la inclusión de las TICs en las actividades de gobierno–.

El primer gran esfuerzo coordinado por parte del gobierno mexicano en la inclusión de las TICs para poder lograr un acercamiento con la ciudadanía y de crear un gobierno moderno, eficaz y electrónico, es el que se hace durante el sexenio del presidente Vicente Fox Quesada (2000-2006), en el que se convoca al *Foro de Consulta Ciudadana para el desarrollo del Sistema Nacional e-México*, con el que se pretendía lanzar la plataforma de gobierno denominada *e-México*, y para lo cual se dieron cita más de 900 personas entre académicos, investigadores, instituciones públicas y privadas, cámaras, asociaciones y público en general, quienes analizaron más de 140 propuestas ahí planteadas sobre diversos temas, como lo fueron:

- Infraestructura de comunicación
- Infraestructura de informática
- e-Gobierno
- Tramitología
- Servicios y otros apoyos a la comunidad
- e-Salud
- e-Educación
- e-Comercio (pequeñas y medianas empresas)
- Marco Jurídico, Regulatorio y Tarifario

De los resultados obtenidos de este Foro se efectúa la creación del Sistema Nacional *e-México*, que constituye el primer esfuerzo coordinado de digitalización en México y que a su vez establece los primeros ejes o estrategias principales para su logro, los cuales eran:

- Conectividad

- Contenidos
- Sistemas

El objetivo del lanzamiento de esta plataforma fue “eliminar las barreras que actualmente existen para obtener información y servicios públicos [...] reducir las brechas tecnológicas al interior del país y entre la población mexicana con el resto del mundo. Con el proyecto e-México, el gobierno mexicano espera transformar el país a través de la aplicación de tecnología moderna [...] iniciando una reforma de educación para crear un México digital e inaugurar una nueva era” (Portillo Barraza, 2019).

De esta manera, podemos decir que el lanzamiento de *e-México* es el resultado final de una ruta y suma de esfuerzos que se van propiciando desde 1978, y que en su conjunto nos dan como resultado el lanzamiento de esta plataforma, como se expone (Figura 2):

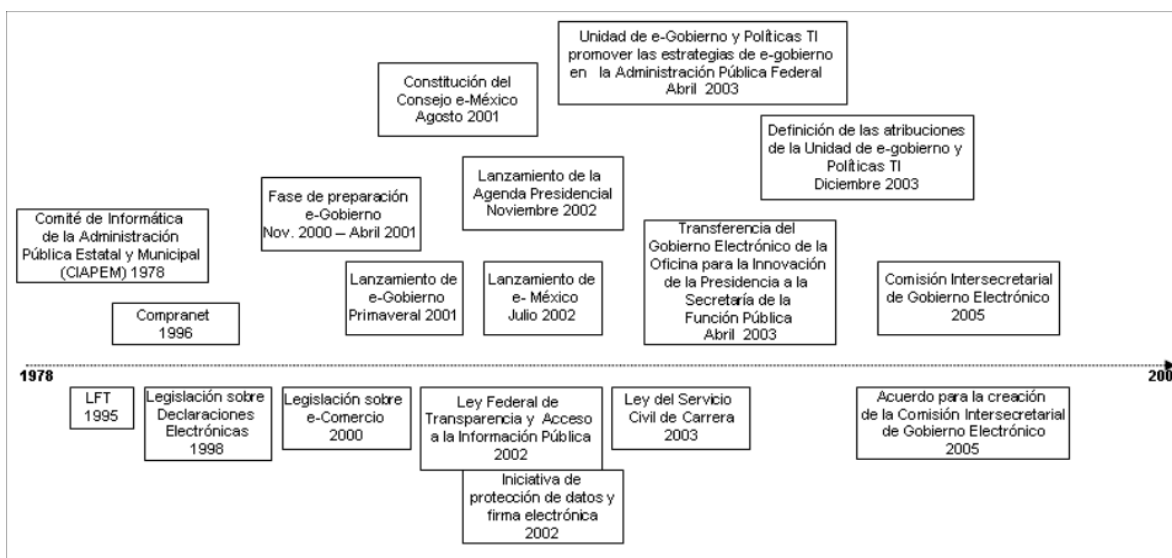


Figura 2. Desarrollo. Fuente: (Gil-García, Mariscal, & Ramírez, 2008).

De esta manera, se creó el sistema integrado de información y trámites gubernamentales en el sitio web www.e-mexico.gob.mx/, que fue fomentado durante todo el gobierno del presidente Vicente Fox Quezada y que fue retomado durante el sexenio del presidente Felipe Calderón Hinojosa (2006-2012), y que sirvió en conjunto con una plataforma que se denominó www.encuentra.gob.mx/. Estas fueron las plataformas que comenzaron con la modernización la comunicación del estado mexicano y que obtuvieron un gran impulso de inicio en los *rankings* de clasificación de la ONU en ese momento. Sin embargo, aunque fue retomado por el gobierno siguiente, bajo el sexenio de la presidencia de Enrique Peña Nieto (2012-2018), sufrió un gran enfriamiento inicialmente, hasta que entre las reformas que realiza dicho presidente, logra unificar en una sola página y plataforma a todo el Gobierno Federal, construyendo el dominio www.gob.mx, que agrupa ya todos los esfuerzos del gobierno mexicano para establecer la digitalización de las acciones gubernamentales.

Esta es la digitalización que el mismo Gobierno mexicano en su portal define como la capacidad de un país y su población para usar tecnologías digitales que permitan generar, procesar y compartir información, así como describe la transformación gubernamental, social, económica y política asociada con la adopción de las TICs (Comisión Intersecretarial para el Desarrollo del Gobierno Electrónico, 2015), y que establece como sus principales esfuerzos para la consecución de este objetivo las siguientes acciones:

1. www.gob.mx.- Se innova la plataforma que promueve la innovación en el gobierno, impulsa la eficiencia, y transforma los procesos para proveer de información, trámites y una plataforma de participación a la población. Es el replanteamiento de la relación ciudadano-gobierno.
2. Ventanilla Única Nacional: Se crea la Ventanilla Única Nacional para los Trámites e Información del Gobierno, como el punto de contacto digital a través del portal de internet www.gob.mx, con la finalidad de propiciar la interoperabilidad con los sistemas electrónicos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF) y de las empresas productivas del Estado.
3. Política TIC/MAAGTICSI: Es el acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en fecha 04 de febrero de 2016, que tiene por objeto emitir las políticas y disposiciones para la Estrategia Digital Nacional en materia de tecnologías de la información y comunicaciones, así como en la de seguridad de la información, e igualmente establecer el Manual Administrativo de Aplicación General en dichas materias.
4. Decreto de Austeridad en materia de TIC: El Decreto que establece las medidas para el uso eficiente, transparente y eficaz de los recursos públicos, y las acciones de disciplina presupuestaria en el ejercicio del gasto público, así como para la modernización de la Administración Pública Federal.
5. Bases de Colaboración: La pretensión de formalizar a través de la suscripción de Bases de Colaboración, los compromisos relativos a las medidas y sus respectivos indicadores de desempeño informando sobre el avance en el cumplimiento con lo establecido en la LFPRH (Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria).
6. Datos Abiertos: Los Datos Abiertos son información pública del gobierno, puesta a disposición de toda la población de manera accesible, en formatos técnicos y legales que permiten su uso, reutilización y redistribución para cualquier fin legal que se desee.
7. Wikiguías: Las Wikiguías son una serie de recomendaciones para la implementación del Estándar de Servicios Digitales gob.mx. El contenido de las Wikiguías se conforma por el marco normativo de la Ventanilla Única Nacional, así como todas las guías para la implementación del Estándar de Servicios Digitales.
8. Gobierno sin Papel: El Acuerdo Secretarial por el que se establece el Esquema de Interoperabilidad y de Datos Abiertos de la Administración Pública Federal (EIDA), publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 6 de septiembre de 2011, es la base que integra las operaciones de la Administración Pública Federal (APF), con el fin de ofrecer mejores servicios públicos, ejerciendo un gobierno más eficiente, así como apoyando la construcción, protección y mejora del acceso a los bienes públicos de información, estipulando que los accesos sean firmados y hechos por la firma electrónica avanzada.
9. Interoperabilidad: Es el proceso que determina las bases, principios y políticas para la integración de los procesos relacionados con servicios digitales, así como para compartir y reutilizar plataformas y sistemas de información, a fin de incrementar la eficiencia operativa de la APF
10. OICs: Los Órganos Internos de Control (OIC) dan seguimiento al Plan Anual de Trabajo en materia de Gobierno Digital a la APF.
11. e5cinco: E5cinco es un proyecto coordinado por el SAT y la SFP, el cual involucra a todas las dependencias de la APF que reciben algún pago de DPA's por los trámites y servicios, a través de los formularios 5 y 16 – como, por ejemplo, la expedición de copias certificadas, pasaportes, etcétera–.
12. RUPA: Es el Registro Único de Personas Acreditadas, que interconecta y sistematiza informáticamente los registros únicos de personas acreditadas, creados en términos del artículo 69-B de la Ley Federal del Procedimiento Administrativo (LFPA).

Todas estas acciones llevadas a cabo por el gobierno en su conjunto fueron integradas de nueva forma en la creación de la llamada *Agenda de Gobierno Digital* (AGD), coordinada por la Secretaría de la Función Pública. La Agenda de Gobierno Digital establece las estrategias generales para fomentar el uso óptimo de TICs para una gestión gubernamental más eficiente, buscando así ofrecer la más alta calidad de servicios públicos y oportunidades a los ciudadanos, aumentar la transparencia al público en todos los niveles de gobierno y combatir las prácticas corruptas dentro de la APF. Su finalidad consiste en sostener e impulsar la capacidad de los OICs para mejorar la planeación estratégica en las instituciones públicas y apoyar adicionalmente el desarrollo del gobierno electrónico en todo el país.

Esto es interesante a más no poder, puesto que las acciones anteriores, a su vez, facilitarán la coordinación de las diferentes partes interesadas involucradas en el uso de TICs en el nivel nacional –es decir, los diversos organismos de la administración pública, la industria, la academia, los sindicatos y la sociedad civil–. La estrategia se basa en los dos siguientes puntos torales:

- Mejorar la capacidad de las instituciones públicas para apoyar la producción y la protección de bienes públicos y comunes por medio de la mejoría en las eficiencias operativas.
- Mejorar el acceso a los bienes públicos y comunes mediante la reducción de los costos de transacción entre el gobierno y los ciudadanos.

Desde luego, se espera que la agenda se utilice de manera estratégica para aumentar la eficiencia operativa de la APF y generar valor para los ciudadanos. La agenda, en efecto, tiene como finalidad fomentar una mayor eficiencia y eficacia en el gobierno al intensificar la integración de procesos y procedimientos digitales mediante el uso de TICs, y se espera igualmente que esta medida reduzca los costos de transacción para los usuarios. Los componentes identificados por la agenda para apoyar el desarrollo del gobierno electrónico se agrupan en seis niveles fundamentales, entre los que se incluye la prestación de servicios del gobierno desde su creación hasta su uso. Los seis niveles contemplan tres renglones: 1) operaciones internas del gobierno; 2) punto de acceso único; y 3) usuarios. Las líneas de acción de la agenda son las siguientes:

- Optimizar el uso de TICs en el mejoramiento de la eficiencia operativa del gobierno.
- Concebir, planear y ejecutar proyectos y procesos estratégicos para el gobierno federal por medio de la innovación tecnológica.
- Aumentar el nivel de madurez del gobierno electrónico.
- Garantizar la revisión y actualización del marco legal y regulatorio para apoyar el desarrollo y la gestión eficaz de las TICs.
- Fomentar la digitalización de los procedimientos y los servicios gubernamentales para lograr que el acceso de los ciudadanos a los servicios públicos sea más eficiente, más eficaz y menos costoso.
- Fortalecer las responsabilidades y las competencias de los principales interesados responsables de las TICs, para reforzar su papel estratégico.
- Fomentar el desarrollo del gobierno electrónico mediante el fortalecimiento de los vínculos con los gobiernos y las organizaciones en los niveles nacional e internacional con la industria y la comunidad académica.

La estrategia prevé la necesidad de garantizar la integración y los esfuerzos realizados por todos los niveles de gobierno con el fin de crear sinergias y obtener mejores resultados en el ámbito del gobierno electrónico. Por último, la agenda prevé la participación de la comunidad académica en una doble función, como vehículo de educación y de investigación.

Los Planes Estratégicos de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (PETIC)

En cumplimiento con los lineamientos contemplados en el Decreto de Austeridad del Gobierno Federal, emitido en 2006, a partir de 2007 las dependencias de la administración pública federal reportan sus Planes Estratégicos de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (PETIC) a la Unidad de Gobierno Digital. La información sobre los PETIC está contenida en un programa de computación utilizado para gestionar los planes estratégicos de TICs por tema: equipo, programas, comunicaciones, administración y operación. El PETIC ejemplifica una medida concreta

tomada por el gobierno para fomentar la eficiencia en la administración pública al evitar la duplicación, racionalizando el uso de recursos públicos e impulsando la integración, mientras que a la vez se desarrollan nuevos sistemas de TICs. El PETIC puede, en efecto, contribuir a estandarizar el uso de las TICs con el fin de maximizar la utilidad de los contratos y las compras –nuevos o existentes–, y permitir la interoperabilidad e integración de diferentes sistemas y bases de datos (OCDE, 2011).

Proyectos de infoestructuras.

Adicional al esfuerzo de sistemas y de plataformas para poder tener la conectividad, es necesario establecer, los lugares, mecanismos y formas en los que se obtendrán, protegerán y almacenarán los datos. Por ello, es un elemento clave la creación de la infoestructura nacional, por la importancia que reviste lograr una verdadera integración de los procesos y dar impulso a la interoperabilidad, aumentar el valor y mejorar la prestación de servicios. Así, el gobierno ha invertido en las siguientes iniciativas:

- Base de datos de identidad y registro civil (derechos sociales)
- Bases de datos de la propiedad (derechos económicos)
- Registro penal (justicia y seguridad pública)
- Registros educativos (acumulación de capacidad)
- Inventarios de regulación (transparencia)
- Registros de salud (salud pública)

Estas bases de datos han generado desde su creación una gran cantidad de información que se ha clasificado, almacenado y ordenado, y a la que en la actualidad se le ha dado diferentes usos –entre ellos, la generación de las bases de Datos Abiertos Gubernamentales (DAG), que permiten impulsar el desarrollo social y económico, mejorando la gobernanza pública al incrementar la transparencia, apertura e integridad de los instituciones gubernamentales, así como la participación de los 3 niveles de gobierno y de la sociedad en su conjunto–.

La Política Nacional de Datos Abiertos de México busca contribuir al combate a la corrupción, mejorar la prestación de servicios públicos y la eficiencia del sector público, incrementar la participación ciudadana, y establecer un clima empresarial innovador que genere nuevas oportunidades de desarrollo económico para el sector privado (OCDE, 2018).

3. Desarrollo.

Principales sistemas y plataformas de e-Gobierno en México.

Con todo lo que se ha expuesto y analizado anteriormente, es innegable que el gobierno mexicano desde principios de siglo comenzó a modernizarse y a trabajar en sistemas y plataformas que permitieran mayor control y facilidad en la realización de trámites y así poder hacer un gobierno digital ágil y moderno. Con ello, tenemos muchos proyectos que han iniciado y que en la actualidad se han consolidado como los grandes logros de modernización del estado mexicano, a saber:

- Firma Electrónica Avanzada (FIEL)
- Inventario Federal de Sistemas
- El Sistema Electrónico de Contrataciones Gubernamentales (CompraNet)
- Registro Único de Contratistas de la Administración Pública Federal
- El Registro Único de Personas Acreditadas (RUPA)
- Normateca Federal
- Registro de Servidores Públicos Sancionados
- Registro Único de Vivienda (RUV)
- Declaranet

- Ventanilla Única de Comercio Internacional

Con estos sistemas, principalmente, el gobierno mexicano ha transitado a la modernización de sus estructuras y de su funcionamiento, así como ha podido hacer más eficientes otros grandes procesos. Así, logrando cada vez más su modernización, tenemos, por ejemplo, que la clave FIEL es utilizada hoy en día no solo por el Sistema de Administración tributaria (SAT) –que es quien genera la clave citada–, sino que ya sirve dentro de procesos en diferentes partes del gobierno y llega a sustituir la firma autógrafa –como en tramitaciones de la Secretaría de Educación Pública (SEP), que permite firmar títulos y cédulas profesionales, así como dentro del sistema de información gubernamental permite firmar y certificar correos y documentos–.

Ciertamente, también tenemos instituciones que de forma propia han logrado invertir en sistemas y tecnologías que han permitido dar mejores servicios en su área, como es el caso por ejemplo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con sus *CFEmáticos*, que permite el pago en cajeros automáticos de los recibos de luz, además de que con su APP ha logrado tener en la palma de la mano el control de consumos y de toda la información relativa al servicio de energía.

De igual forma uno de los grandes logros que se están teniendo es el poder ofrecer las actas de nacimiento de forma electrónica de todos los estados del país, un esfuerzo de digitalización y control de toda la información que representó la conjunción de bases de datos de varias Secretarías de Estado, coordinadas por la Secretaría de Gobernación (SEGOB), acciones que están facilitando mucho los trámites a realizar por los ciudadanos.

En relación a lo dicho anteriormente al enunciar los logros, se ha de señalar que el avance en el tema es uno de los grandes retos que presenta el estado mexicano, puesto que, aunque se tienen diversas bases de datos y múltiples fuentes de información, la coordinación y conjunción de esas bases de datos con seguridad, es uno auténtico iceberg que se presenta para poder dar a la ciudadanía mayor eficiencia y facilidad en la realización de trámites.

Por ello, si bien es cierto que son muchos los esfuerzos de modernización que se han realizado por parte del gobierno mexicano, también lo es que todo lo dicho presenta uno de sus grandes retos, en lograr la penetración en el grueso de la población y poder informar de manera adecuada cuáles son los medios, sistemas, aplicaciones y demás infraestructura tecnológica disponible para su uso.

De acuerdo a los datos levantados de una encuesta de elaboración propia mediante *Google Forms* –que, si bien tiene el sesgo de no aplicarse en el grueso de la población, nos da una buena idea de la situación real que guardan los avances del e-gobierno en la población–, solamente el 23% de los encuestados afirmó conocer o haber escuchado los términos *e-gobierno* o *gobierno electrónico* (Figura 3):

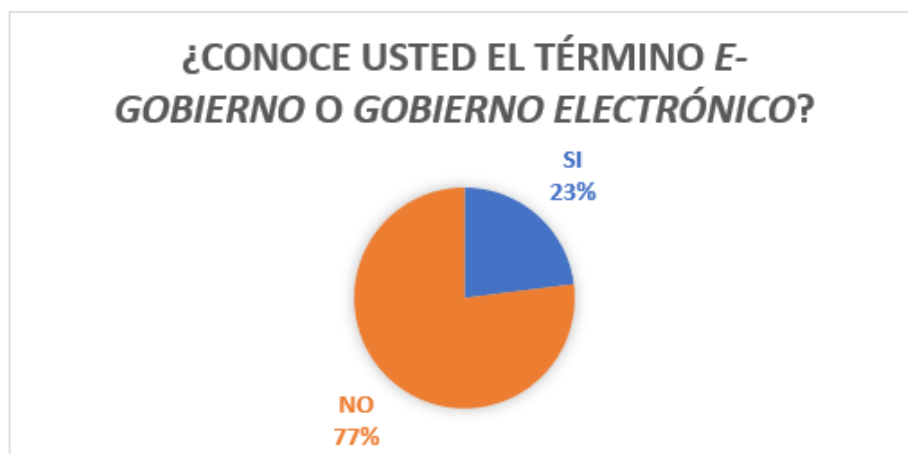


Figura 3. Encuesta de conocimiento. Fuente: Elaboración propia.

Este desconocimiento tan grande tiene que ver con múltiples factores: por un lado, la poca difusión que se tiene sobre el término –o términos– y sobre los esfuerzos que se realizan en materia de modernización, pero también tiene que ver con el poco interés que despiertan en el grueso de la población todas las actividades del gobierno que no tengan que ver directamente con ellos, por lo que no se ha podido crear conciencia de la importancia de esta información para toda la población.

Ahora bien, sin saberlo, mucha gente ha usado o utiliza frecuentemente muchas de las plataformas, sistemas, APPs o servicios de este nuevo gobierno digital, pues podemos constatar mediante encuesta aplicada el conocimiento de los principales, como se expone (Figura 4):

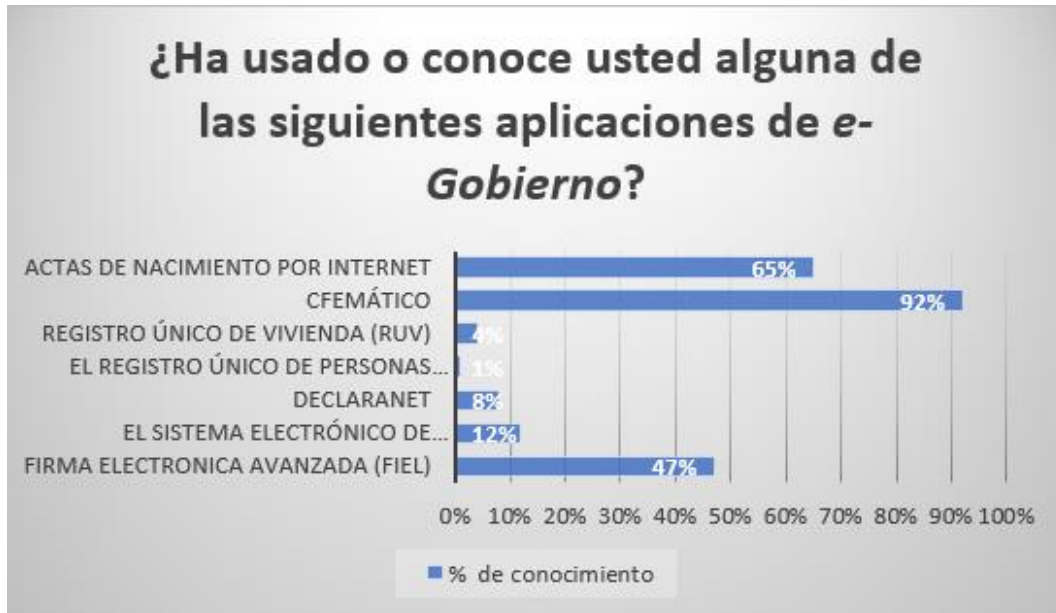


Figura 4. Encuesta 2 de conocimiento. Fuente: Elaboración propia.

Luego entonces podemos reafirmar que la gente conoce más las aplicaciones que tienen que ver con sus actividades o su vida diaria, y que, aunque no conocen el término y el esfuerzo global del gobierno en su modernización, sí disfrutan de los resultados que directamente les competen, pues el gobierno electrónico es el lugar hacia donde se dirige la modernización del Estado.

Tiempos de COVID 19.

Sin lugar a dudas, el COVID 19 –enfermedad provocada por el Coronavirus SARS-CoV-2, iniciada en Wuhan (China) en diciembre de 2019, y que incitó la pandemia que actualmente estamos viviendo– vino a representar un acelerador en la transformación digital tanto de lo ubicado en el ámbito privado como del sector público, donde hubo la necesidad de responder al reto del distanciamiento social y de seguir laborando, y es así como vemos que la iniciativa privada logró poder acoplarse y digitalizar muchos de sus procesos para poder adaptarse y seguir laborando.

Empero, por otro lado, el sector público enfrentó grandes contratiempos, pues si bien se venía trabajando en la digitalización y modernización de muchos procesos, estos aún se encontraban en proceso de elaboración y de prueba, y esta pandemia vino a mostrar las debilidades que se tenían en materia digital y la importancia de acelerar estos procesos –ya que no se les había concedido la importancia adecuada–.

Al mismo tiempo, sistemas que se encuentran muy digitalizados –como el SAT–, lograron mantener, sin presencia física, prácticamente todas sus operaciones de forma remota y con altos estándares de seguridad, pues la FIEL le

permitió y permite realizar y autenticar cualquier trámite con un nivel de fidelidad como la firma autógrafa. Y es en este proceso donde se fueron incorporando de mejor manera otros sistemas de gobierno, como se ha dicho a modo de ejemplo en lo atinente a la SEP –que ahora permite generar sus trámites, como el registro de títulos o la generación de cédulas profesionales, mediante la FIEL–. En este mismo sentido se hicieron los esfuerzos por parte del Poder Judicial de la Federación para que, utilizando una herramienta segura como es la FIEL, les permitieran seguir con sus procesos y la presentación de recursos y procedimientos con el uso de esta herramienta que da certeza y seguridad.

El COVID 19 nos hizo ver la necesidad de fortalecer nuestra bóveda de identidad, es decir, una base de datos con una herramienta como la de la FIEL, que permita tener con altos sistemas de seguridad para cuidar la identidad, toda la información necesaria de los habitantes del país, que permita tener la información demográfica, médica, educativa y social de todos. Esto representa, sin lugar a dudas, un tema de gran discusión –sobre todo por la seguridad de la información y los usos que se les puedan dar–, pero es inconcuso que toda la información ya existe, y que falta el procedimiento de ordenarla, clasificarla y lograr que sea usada de la mejor manera para crear y monitorear las políticas públicas, así como para poder dar a los ciudadanos agilidad y facilidades en todos sus trámites y servicios –lo que ayudaría, sin duda, a combatir la corrupción, transparentar la rendición de cuentas y evitar en gran medida toda la burocracia administrativa que actualmente tienen nuestro sistema público–.

Durante la presente pandemia se han hecho grandes avances en esta conjugación de bases de datos y monitoreo, como el “sistema de identificación por QR” que la Agencia Digital de Innovación Pública (ADIP) de la ciudad de México, que utilizando los sistemas que actualmente tiene, pretende que con un QR se identifiquen todos los habitantes al ingresar a espacios cerrados como restaurantes, oficinas y teatros, y vinculado con las pruebas de COVID 19, determinar y enviar mensajes de alerta automáticos a todas las personas que coincidieron en lugares con el positivo de COVID 19, y es aquí donde vemos cómo está el Estado, acercando a la palma de la mano todos los servicios.

Conclusiones.

Los retos en la modernización del Estado.

Como se ha señalado anteriormente, el Estado mexicano ha tenido sin duda grandes avances en su digitalización y en su transición a gobierno digital, pero también –como nos muestra la baja que hemos tenido en los *rankings* de calificación– hemos tenido un estancamiento importante con relación a otros países, y aunque la pandemia hizo que se aceleraran otros procesos y se mejorasen sistemas existentes, es cierto que tenemos grandes retos por delante, independientemente del que hoy se considera el más grave –que es la pérdida presupuestal, producto de los recortes de la contingencia en el país–, es también preocupante la poca importancia que el actual gobierno le da a la modernización del estado y la implementación de las TICs, ya que sus prioridades son otras –y eso se refleja en el recorte del 17% del presupuesto en este rubro en los capítulos 2000 y 3000, lo que representará un reto importante en los avances en este medio–.

Aun así, e independiente de lo anterior, nos enfrentamos todavía a grandes retos para poder lograr un gobierno completamente digital, confiable y cercano a la gente, entre los que detectamos:

- Infraestructura tecnológica: Es necesario poder terminar de invertir en una buena infraestructura tanto de base de datos con granjas de datos con altos niveles de seguridad y respaldo que permitan sacar los datos del gobierno de servidores que no son propios y provoquen la pérdida de información y mermen la seguridad.
- Creación de identidad digital de los ciudadanos. Se tienen grandes avances en este sentido, pero son esfuerzos aislados –sin duda la FIEL ha sido uno de los grandes avances, pero tenemos muchas aristas que cubrir, que podrían ser llenados conjuntando las bases de datos del RENAPO, el INE, INFONAVIT, IMSS, SRE y de SEGOB, permitiendo generar una verdadera identidad digital para múltiples trámites y servicios en línea en una sola fuente–.

- **CIBERSEGURIDAD.** Uno de los grandes problemas que enfrenta aun el manejo de datos en internet es la falta de confianza que tiene la sociedad en general sobre la seguridad de los datos proporcionados, debido a la vulnerabilidad que ha demostrado sobre todo el sector público en el manejo de su información, por lo que en primer lugar se habría de poder tener los medios para garantizar la seguridad de los datos proporcionados, que van de la mano con el primer punto, y que, en segundo lugar, además requeriría del fortalecimiento del marco jurídico en materia de ciberseguridad que permita poder dejar claros muchos de los vacíos actuales y dotar de mayor permiso y facultades a la policía cibernética para poder garantizar la seguridad.
- **El acceso a Internet:** Garantizar el acceso a Internet como uno de los derechos básicos de los mexicanos –sin obviar que es reconocido como derecho humano el acceso al mismo–, logrando la interconectividad de todo el país, que tuvo un gran avance durante el gobierno pasado con los “puntos de conexión para mover a México” pero que aún no garantiza el acceso de toda la población a Internet –que permitiría conectarse con el gobierno y sus programas–.
- **Coordinación interinstitucional:** Se ha de garantizar una coordinación y colaboración eficaces entre niveles de gobierno para apoyar avances concretos en el desarrollo y la implementación de proyectos e iniciativas relacionados con el gobierno electrónico.

Estos son algunos de los principales retos a los que se enfrenta el estado mexicano, y que, sin duda, ayudarán a la modernización y harán pasar a México a una nueva era digital de transformación y desarrollo, seguros de que el vertiginoso avance tecnológico nos acerca cada día más a un gobierno completamente digital, en el que tenemos que construir y avanzar en nuestras infraestructuras para poder ser competitivos en el mundo.

Referencias bibliográficas.

- Arias Torres, D., & Manríquez, J. C. (26 de Enero de 2017).** *U-Gob*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2020, de Evolución del e-Gobierno 1.0 al 4.0: <https://u-gob.com/evolucion-del-e-gobierno-1-0-al-4-0/>
- Bellamy, C., & Taylor, J. A. (1998).** *Governing in the Information Age*. Londres, Inglaterra: Open University Press.
- Comisión Intersecretarial para el Desarrollo del Gobierno Electrónico . (01 de Noviembre de 2015).** *Digitalización del Gobierno* . Recuperado el 16 de Noviembre de 2020, de <https://www.gob.mx/cidge/acciones-y-programas/digitalizacion-del-gobierno>
- Gil-García, J. R., Mariscal, J., & Ramírez, F. (2008).** <http://www.libreriacide.com/librospdf/DTAP-214.pdf>. Recuperado el 16 de Noviembre de 2020, de libreriacide.com: <http://www.libreriacide.com/librospdf/DTAP-214.pdf>
- Gordillo Pérez, L. I. (2016).** *Revista Pensamiento - Revista de Investigación e Información Filosófica*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2020, de ¿Por qué surge el Estado? Una metodología holística para entender el origen, la función y los retos del poder público: <https://revistas.comillas.edu/index.php/pensamiento/article/view/7641#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20%20ABEstado%20BB%20suele%20emplearse,%20%20soberan%C3%ADa%20%20diferenciaci%C3%B3n%20e%20institucionalizaci%C3%B3n>
- OCDE. (2011).** *Hacia una gestión pública más efectiva y dinámica en México*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2020, de [www.oecd.org](http://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/48808023.pdf): <http://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/48808023.pdf>
- OCDE. (2018).** *Open Government Data Review of Mexico*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2020, de <http://www.oecd.org/gov/digital-government/DigGovMex-Summary-Spanish.pdf>

OCDE. (2019). *Indice de Gobierno Digital OCDE 2019*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2020, de <http://www.oecd.org/gov/digital-government/digital-government-index-2019-highlights-es.pdf>

Portillo Barraza, S. (1 de Julio de 2019). *a evolución de gobierno electrónico mexicano para institucionalizar la comunicación electrónica gubernamental*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2020, de Revista Anahuac <https://doi.org/10.36105/stx.2019n3.04>

Ruelas , A., & Pérez Arámburo, P. (30 de Abril de 2006). <http://www.razonypalabra.org.mx>. Recuperado el 15 de Noviembre de 2020, de El gobierno electrónico: su estudio y perspectivas de desarrollo: <http://www.razonypalabra.org.mx/antiores/n52/27RuelasyAramburo.pdf>

Información de los autores.



Indra Ruth Toledo Coutiño se desempeña como Profesora de Tiempo Completo en la Facultad de Contaduría y Administración del Campus I de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) impartiendo materias en la carrera de Licenciatura en Sistemas Computacionales, es Licenciada en Ingeniería Industrial en Producción por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (Chiapas, México), ha realizado estudios de Maestría en Ingeniería Industrial con Tópicos de Calidad en el Instituto Tecnológico de Querétaro, la Maestría en Calidad en la Universidad Lasalle de México, además de la Maestría en Derecho de Empresa en la Universidad del Sur (Chiapas), así como el Doctorado en Educación en la Universidad del Sur (Chiapas). Ha publicado diversos artículos en revistas nacionales, como “Universidad y Conocimiento” y “Tiempo de Derechos”, especialmente centrados en los ámbitos del derecho laboral, la administración sindical, los sistemas de administración y eficacia de los medios de productividad y sus respectivas indicaciones de calidad. Ha desempeñado por elección los cargos de Secretaria General del Sindicato del Personal Académico de la Universidad Autónoma de Chiapas (SPAUNACH) durante el periodo 2015-2019, así como Presidenta de la Comisión de Desarrollo Académico y Profesional de la Confederación Nacional de Trabajadores Universitarios (CONTU) los años 2018-2019, en la Asociación Nacional de Asociaciones y Sindicatos del Personal Académico Universitario (ANASPAU).

Evaluación bolsas de palabras como característica estilométrica para atribución de autoría.

Evaluation bag of word as a stylometric feature for authorship attribution.

Favián Gutiérrez Constantino (1).

Estudiante. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez,
116270780@tuxtla.tecnm.mx.

Luis Ángel Vázquez Moreno (2), estudiante, TecNM/ITTG, 116270839@tuxtla.tecnm.mx.

Germán Ríos Toledo (3)*, TecNM/ITTG, german.rt@tuxtla.tecnm.mx.

Héctor Guerra Crespo (4), TecNM/ITTG, hector.gc@tuxtla.tecnm.mx.

Aída Guillermina Cossío Martínez (5), TecNM/ITTG, aida.cm@tuxtla.tecnm.mx.

María Guadalupe Monjarás Velasco (6), TecNM/ITTG, maria.mv@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en octubre 27, 2020; aceptado en noviembre 26, 2020.

Resumen.

La Atribución de Autoría es una disciplina del Procesamiento del Lenguaje Natural cuya finalidad es partiendo de un conjunto de autores conocidos, a quién de ellos pertenece un texto cuya autoría se desconoce. En este artículo se evaluaron la característica estilométrica conocida como bolsa de palabras para la representación de textos en Atribución de Autoría. Para este fin, se creó un corpus formado por 4 autores de novelas cuya lengua nativa es el español. Cada autor contó con una colección de 10 textos, cada texto contiene al menos 5,000 palabras. La Atribución de Autoría se abordó como un problema de clasificación con Aprendizaje Automático Supervisado y la métrica Exactitud. Los algoritmos de aprendizaje automático utilizados fueron Máquinas de Soporte Vectorial, Bosque Aleatorio, Multinomial Naive Bayes y Regresión Logística. Además, se evaluaron las técnicas de reducción de dimensiones Análisis de Componentes Principales y Análisis Semántico Latente. Los resultados de los experimentos mostraron que para algunos autores, la representación con bolsa de palabras logró una exactitud promedio superior al 80%.

Palabras claves: Atribución de Autoría, características estilométricas, algoritmos de aprendizajes automático supervisado.

Abstract.

Authorship Attribution is a discipline of Natural Language Processing whose purpose is based on a set of known authors, to whom belongs a text whose authorship is unknown. In this article, the stylometric characteristic known as bag of words for the representation of texts in Authorship Attribution was evaluated. For this purpose, a corpus made up of 4 novel authors whose native language is Spanish was created. Each author had a collection of 10 texts, each text contains at least 5,000 words. Authorship Attribution was addressed as a classification problem with Supervised

Machine Learning and the Accuracy metric. The machine learning algorithms used were Vector Support Machines, Random Forest, Multinomial Naive Bayes and Logistic Regression. In addition, the techniques of reduction of dimensions Principal Component Analysis and Latent Semantic Analysis were evaluated. The results of the experiments showed that for some authors, the representation with a bag of words achieved an average accuracy greater than 80%.

Keywords: Attribution of Authorship, stylometric characteristics, supervised automatic learning algorithms.

Introducción.

Stamatatos (2009) afirma que la atribución de autoría pretende construir métodos o modelos capaces de aprender el estilo de escritura de uno o más autores, para identificar automáticamente sus futuros documentos. Algunas de las aplicaciones relacionadas con Atribución de Autoría involucran: labores de inteligencia (atribución de mensajes o proclamaciones de terroristas), ley criminal (identificando escritores de mensajes intimidatorios, verificando la autenticidad de notas suicidas), ley civil (disputas de derecho de autor), ciencia forense computacional (identificar los autores de código fuente de software malicioso), además de las aplicaciones tradicionales en la investigación literaria (atribución anónima o trabajos en disputa de autores conocidos).

La estilometría es el análisis estadístico de textos escritos. Es decir, que hace referencia a un rasgo de la forma que un autor compone sus textos. Algunos ejemplos de características estilométricas son la distribución de frecuencia de longitud de palabra, longitud de oración, n-gramas de palabra, palabras con contenido semántico (sustantivos, verbos, adjetivos, adverbios), palabras funcionales (preposiciones, adverbios, artículos, pronombres, adjetivos), categorías gramaticales; errores de escritura, lemas, entre otras (Morales, 2007).

Uno de los estudios relacionados con la atribución de autoría fue el que realizaron (Sanderson, 2006), aplicaron la técnica de los núcleos de secuencia de palabras. Evaluaron un conjunto de textos relativamente cortos de 50 periodistas que cubrían más de un tema aplicando el enfoque de cadenas de Markov. Crearon textos de 312, 625, 1250, 2500 y 5000 palabras y de ellos obtuvieron 1750, 3500, 7000, 14000 y 28000 caracteres. Los investigadores indicaron que la cantidad de texto para el entrenamiento de los algoritmos tiene más influencia que la cantidad de textos de prueba. Además, concluyeron que se requieren aproximadamente entre 1250 y 5000 palabras en los textos de entrenamiento para obtener un rendimiento relativamente bueno.

Corney *et al.* (Corney, 2001) realizaron experimentos para identificar la autoría de correos electrónicos utilizando marcadores apropiados para este tipo de mensajes. Dichos mensajes contenían hasta 964 palabras, con una longitud promedio de 92 palabras. Utilizaron el algoritmo de aprendizaje automático supervisado SVM para discriminar entre las clases de autoría. Descubrieron que aproximadamente 20 mensajes con aproximadamente 100 palabras cada uno, deberían ser suficientes para discriminar la autoría en la mayoría de los casos. Mencionaron que el rendimiento del clasificador mejoró cuando agregaron un conjunto de características específicas de correo electrónico.

Luyckx y Daelemans (Luyckx, 2008) analizaron ensayos de un mismo tópico. Los ensayos contenían aproximadamente 1400 palabras y provenían de 145 estudiantes. Utilizaron palabras y n-gramas de etiquetas POS con el algoritmo de aprendizaje automático SVM. En sus conclusiones, argumentaron que su propuesta mostró solidez al tratar con datos limitados, pues de los 145 autores, casi el 50% de los textos fueron clasificados correctamente.

2. Metodología.

La metodología propuesta consta de 2 fases (véase Figura 1). La primera fase consiste en obtener las características estilométricas y la segunda en aplicar un enfoque de aprendizaje automático supervisado para clasificar documentos nuevos mediante las características seleccionadas en la etapa previa. A continuación, se describen detalladamente cada una de las actividades realizadas en cada etapa.

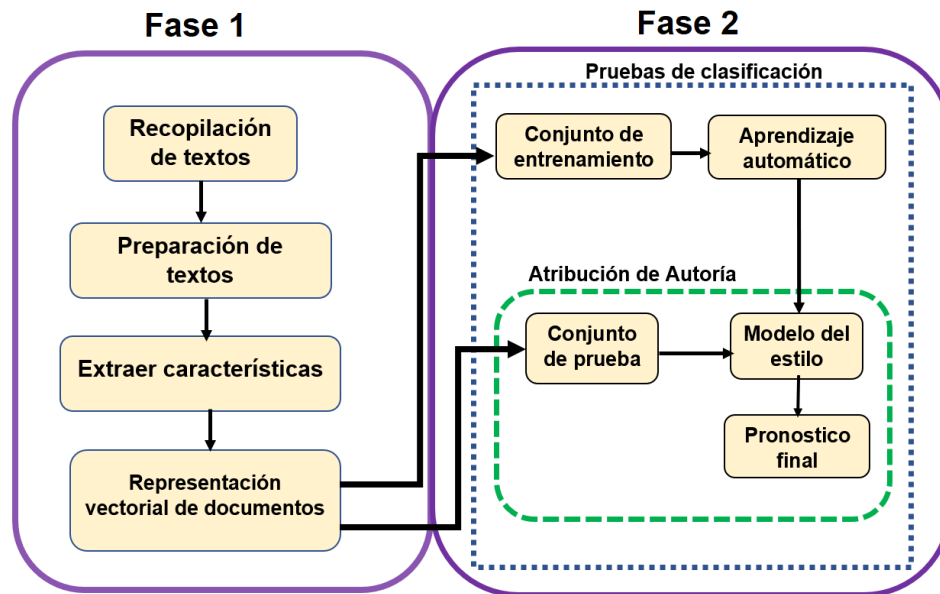


Figura 1. Diagrama a bloques de la propuesta.

Fase 1:

1. **Recopilación de textos:** en esta etapa se realizó una búsqueda de obras literarias del Siglo de Oro español, donde se encontró un corpus abierto de obras literarias en español, utilizadas en la revista “El análisis estilométrico aplicado a la literatura española: las novelas policíacas e históricas” (Rueda, 2016), en formato texto plano para estudios de estilometría¹. A partir de esas novelas, se creó un corpus con 4 autores, con un promedio de 9 novelas cada uno.
2. **Preparación de textos:** en esta etapa se elimina de los textos toda la información que no es relevante, como por ejemplo la eliminación de los signos de puntuación y caracteres especiales. Para realizar estas acciones se utilizaron Expresiones Regulares (ER). Una ER es una secuencia de caracteres que forma un patrón de búsqueda, en este caso se utilizó un patrón para eliminar los caracteres especiales y para sustituir los números por una palabra clave. Además, se realizó la detección de Entidades Nombradas. Las entidades nombradas son palabras que hacen referencia a nombres de personas, lugares, organizaciones, etc (David Nadeau, 2007).

Para detectarlas, se utilizó el Reconocedor de Entidades Nombradas (NER) de Spacy². Cabe resaltar que las entidades nombradas en español solo existen 4 categorías (véase la Tabla 1).

Tabla 1. Categorías de entidades nombradas en español.

Tipo	Descripción
PER	Persona o familia nombrada
LOC	Nombre de la ubicación definida política o geográficamente (ciudades, provincias, países, regiones internacionales, masas de agua, montañas).
ORG	Entidad corporativa, gubernamental u otra organización designada.

¹ <https://github.com/7PartidasDigital/NovelaBarroca>

² <https://spacy.io/models/es>

MISC	Entidades diversas, por ejemplo, eventos, nacionalidades, productos u obras de arte.
------	--

Una vez detectada las entidades se procedió a remplazarla por sus respectivas etiquetas mediante un código desarrollado en Python. Después, se creó el diccionario de palabras. El diccionario está formado con todas las palabras diferentes que existen en todo el corpus. Para ello se utilizó el método *CountVectorizer()*, al cual convierte una colección de documentos de texto en un vector de recuentos de términos/tokens.

Posteriormente, las novelas fueron divididas en dos y tres partes, cada parte con la misma proporción en cuanto al número de palabras. Las novelas tienen distintos tamaños, pero en esta tarea se usaron las primeras 5000 palabras de cada una. Cada novela fue dividida en tres tamaños distintos: 5000, 2500 y 1666 palabras aproximadamente.

3. Representación vectorial de documentos: El Modelo Espacio Vectorial se utiliza para representar objetos por medio de sus características. En la práctica, dicho modelo es una matriz de dos dimensiones, donde las filas representan objetos, las columnas representan las características y las celdas contienen valores de distintos tipos (Toledo, 2019). Este modelo permite representar documentos por medio de cualquier característica estilométrica. Se crearon tres tipos distintos de matrices:

- Frecuencia de palabras: indican las veces en que cada palabra es utilizada por un autor. Comúnmente, las dimensiones se ordenan de mayor a menor frecuencia
- Binarias: representan la presencia o ausencia de cada palabra del diccionario en un texto determinado. Si la palabra está presente lo representa con el número 1 y si no se encuentra con el 0.
- Valor tf-idf: esta técnica se compone de dos términos.

Término Frecuencia (*tf*): es la proporción de veces que la palabra aparece en un documento en comparación con el número total de palabras en ese documento. Aumenta a medida que aumenta el número de apariciones de esa palabra en el documento.

Frecuencia de datos inversa (*idf*): se utiliza para calcular el peso de las palabras raras en todos los documentos del corpus. Las palabras que aparecen raramente en el corpus tienen una puntuación alta en las IDF.

La medida tf-idf permite expresar la importancia de una palabra en un documento que forma parte de una colección de documentos. Si la palabra es muy común y aparece en muchos documentos, este número se acercará a 0. De lo contrario, se acercará a 1.

Fase 2:

Las distintas matrices se dividieron en conjuntos de entrenamiento y prueba. Comúnmente, la proporción de los conjuntos es de 80% de los datos para la etapa de entrenamiento y 20% para las pruebas. Posteriormente se evaluaron algunos algoritmos de aprendizaje automático supervisado, implementados en Scikit-Learn³, una de las bibliotecas de aprendizaje automático más populares de Python. Scikit-Learn contiene herramientas para visualización de datos, agrupamiento, reducción de dimensiones, selección de modelos, entre otras. Los algoritmos de aprendizaje automático supervisados utilizados fueron: Máquina de Soporte Vectorial (SVC), Naive Bayes (NB), Bosque Aleatorio (RF) y Vecinos más Cercanos (KNN). Para evaluar los algoritmos de clasificación existen algunas métricas como precisión, recall, accuracy y f1-score; se eligió la exactitud (accuracy) debido a que cada clase (autor), tiene el mismo número de ejemplos. Las clases están balanceadas. Con esta métrica se conoce la proporción de predicciones correctas que ha hecho el modelo del total de instancias de prueba. Las métricas junto con la matriz de confusión permiten conocer el desempeño de un modelo de aprendizaje. La matriz de confusión es una matriz cuadrada donde las filas se nombran según las clases reales y las columnas según las clases previstas por el modelo. La matriz muestra de forma explícita cuándo una clase es confundida con otra, lo que permite trabajar de forma separada con distintos tipos de error. La Tabla 2 muestra la representación de una matriz de confusión (Jiménez, 2010).

³ <https://scikit-learn.org/stable/>

Tabla 2. Representación de una matriz de confusión.

Categoría	Texto positivo (Modelo)	Texto negativo (Modelo)
Texto positivo(real)	Tp	Tp
Texto positivo(real)	Fn	Tn

Donde los verdaderos positivos (Tp) es el número de elementos a los que se les asignó la clase en cuestión y realmente pertenecían a ella, Verdadero Negativo (Tn) son los números de elementos a los que no se les asignó la clase en cuestión y realmente no pertenecían a ella, Falso Positivo (Fp) representa el número de elementos a los que se les asignó la clase pero realmente no pertenecían a ella, Falso Negativo (Fn) es el número de elementos a los que no se les asignó la clase pero realmente pertenecían a ella y la diagonal principal contiene la suma de todas las predicciones correctas, representan el número de puntos para los cuales la etiqueta predicha es igual a la etiqueta verdadera, mientras que los elementos fuera de la diagonal son aquellos que están mal etiquetados por el clasificador. Cuanto más altos sean los valores diagonales de la matriz de confusión, mejor, lo que indica muchas predicciones correctas.

La implementación del algoritmo SVM (SVC, Support Vector Classifier) está basada en Libsvm. El algoritmo SVM se entrenó usando los hiperparámetros C, gamma y kernel. El parámetro C, común a todos los kernels (lineal, polinómica, RBF y sigmoide), intercambia errores de clasificación de los ejemplos de entrenamiento contra la simplicidad de la superficie de decisión. El parámetro gamma define cuánta influencia tiene un solo ejemplo de entrenamiento. La elección correcta de C, gamma y kernel es crítica para el rendimiento del SVM, para nuestros experimentos evaluamos con la variante de SVM (LinearSVC), cuyo uso se recomienda para grandes conjuntos de datos. Para determinar los valores apropiados de C, gamma y kernel se utilizó la estrategia GridSearch. Que consiste en realizar un ajuste de hiperparámetros para determinar los valores óptimos para un modelo dado. Los valores apropiados fueron C= 1, gamma= 'scale', kernel= 'linear'.

El algoritmo MNB implementa el algoritmo Naive Bayes para datos distribuidos multinomialmente, y es una de las dos variantes clásicas de Naive Bayes utilizadas en la clasificación de texto, donde los datos se representan típicamente como conteos de vectores de palabras. La Ecuación 1 muestra la base matemática del algoritmo de Naive Bayes.

$$\theta_{yi} = \frac{N_{yi} + \alpha}{N_y + \alpha n} \quad (1)$$

Dónde $N_{yi} = \sum x \in T^{xi}$ es el número de veces la característica i en una muestra de clase en el conjunto de entrenamiento T y $N_y = \sum_{i=1}^n N_{yi}$ es el recuento total de todas las características para la clase y . Si $\alpha=1$ se denomina suavizado Laplace, Si $\alpha < 1$ se llama suavizado Lidstone. Dentro de método, por defecto el parámetro $\alpha=1$. Los antecedentes de suavizado $\theta \geq 0$ da cuenta de las características que no están presentes en las muestras de aprendizaje y evita cero probabilidades en otros cálculos.

En el algoritmo de K-Vecinos más cercanos (KNN), es un algoritmo que no tiene una fase de entrenamiento especializada. Más bien, usa todos los datos para entrenar mientras clasifica un nuevo punto de datos o instancia. KNN es un algoritmo de aprendizaje no paramétrico, lo que significa que no asume nada sobre los datos subyacentes, simplemente calcula la distancia de un nuevo punto de datos a todos los demás puntos de datos de entrenamiento.

El algoritmo de Bosque aleatorio (Random Forest, RF) es un tipo de algoritmo basado en el aprendizaje conjunto. El aprendizaje en conjunto es un tipo de aprendizaje en el que se unen diferentes tipos de algoritmos o el mismo algoritmo varias veces para formar un modelo de predicción más potente. El algoritmo de bosque aleatorio combina múltiples algoritmos del mismo tipo, es decir, varios árboles de decisión, lo que resulta en un bosque de árboles, de ahí el nombre "Random Forest".

Para el entrenamiento de los algoritmos, se utilizó la estrategia de Validación Cruzada. La validación cruzada de (K-fold Cross Validation) divide los datos en un número K de carpetas y se asegura que cada carpeta se utilice como un conjunto de prueba en algún momento. Se utilizó el escenario de validación cruzada de 5 partes ($K = 5$), ya que es una cifra utilizada en diversos artículos que abordan el problema de Atribución de Autoría (Labbe, 2017) (Eugenia B. Bortolotto, 2020). En la primera iteración, la primera carpeta se usa para probar el modelo y el resto se usa para entrenar el modelo. En la segunda iteración, la segunda carpeta se utiliza como conjunto de prueba, mientras que el resto sirve como conjunto de entrenamiento. Este proceso se repite hasta que cada una de las 5 carpetas se haya utilizado como conjunto de prueba.

Es importante aclarar que el número total de prueba tomada para cada predicción, se realiza de manera aleatoria. En cada iteración el método no toma la misma cantidad de ejemplos por autor. Esta es la razón que en cada clasificador los autores tienen distintos números de ejemplos para pruebas.

Las Matrices o modelos obtenidos con bolsa de palabras tienen una gran cantidad de variables o dimensiones. La reducción de dimensionalidad es el proceso de reducir a una mínima cantidad, el número total de dimensiones que existen en el modelo espacio vectorial. Para ello, se utilizaron dos de las técnicas más populares en esta categoría: Análisis de Componentes Principales (PCA, Principal Component Analysis) y Análisis Semántico Latente (LSA, Latent Semantic Analysis).

El Análisis de Componentes Principales reduce la dimensionalidad de un conjunto de datos transformando a un conjunto nuevo de variables denominados componentes principales, que no están correlacionados y que están ordenados de modo que los primeros conserven la mayor parte de la variación presente en todas las variables originales. En PCA, el algoritmo encuentra una representación de baja dimensión de los datos mientras retiene la mayor cantidad de variación posible (Lloret, 2015).

El Análisis Semántico Latente (LSA) es método para extraer y representar el significado de uso contextual de las palabras mediante cálculos estadísticos aplicados a un gran corpus de texto (Jaber, 2012). LSA utiliza el modelo de bolsa de palabras (**Bag Of Word**), que da como resultado una matriz de documentos de términos (aparición de términos en un documento). Las filas representan términos y las columnas representan documentos, este transformador realiza una reducción de la dimensionalidad lineal mediante la descomposición de valores singulares truncados (SVD). Es muy similar a PCA, pero opera en vectores de muestra directamente, en lugar de en una matriz de covarianza. Esto significa que puede trabajar con matrices dispersas de manera eficiente. El número de componentes elegidos para PCA y LSA fue de dos dimensiones.

3. Experimentación y resultados.

Mediante la representación con bolsa de palabras, se obtuvieron las palabras más frecuentes utilizadas por el conjunto de autores utilizando un método llamado FreqDistVisualizer() implementado en NLTK⁴ de Python. La

Figura 2 muestra las 50 palabras más frecuentes utilizadas por los cuatro autores. Se observa que estas pertenecen a la categoría de palabras vacías (Stop Words). También se muestra el vocabulario formado por 16,214 palabras de un total de 177,977. Además, se muestran 8,202 palabras que fueron utilizadas solo una vez (o dos veces) dentro de todo el corpus de 38 textos. A este tipo de palabras se le conoce como hápax.

⁴ <https://www.nltk.org/>

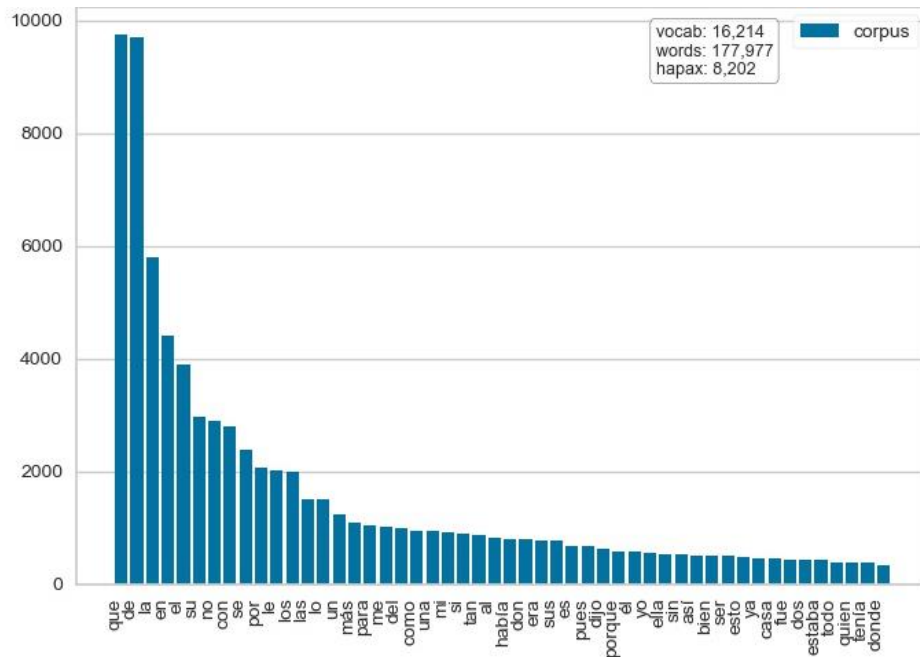


Figura 2. Palabras más frecuentes entre los 4 autores.

Parte 1.

La primera etapa de los experimentos consistió en evaluar las representaciones de matrices binarias, frecuencias y tf-idf en los textos de novelas completas, medias novelas y tercio de novelas.

La Tabla 3 muestra el número de ejemplos que fueron clasificados correctamente para cada uno de los autores. Se observa que en las matrices binarias los autores María de Zayas y Mariana de Carvajal son clasificados correctamente por los cuatro algoritmos de aprendizaje. Mientras que Alonso de Castillo Solorzano y Miguel de Cervantes Saavedra son reconocidos por tres de los cuatro clasificadores. En las matrices de frecuencia se destaca que el autor Mariana de Carvajal tuvo resultados correctos en el clasificador RF, mientras que el autor Miguel de Cervantes Saavedra tiene resultados positivos en todos los clasificadores. En la representación tf-idf se destaca el autor Castillo muestra mejores resultados, los cuatro clasificadores arrojan una mayor efectividad que los demás autores.

Tabla 3. Bolsa de palabras de novelas completas.

Binaria					
Autores	Prueba	KNN	RF	SVM	MNB
Castillo	3	0	3	3	2
Zayas	1	1	1	1	1
Carvajal	1	1	1	1	1
Cervantes	3	0	3	3	3
Frecuencia					
Autores	# de ejemplos	KNN	RF	SVM	MNB
Castillo	3	1	0	1	1
Zayas	2	2	2	2	1
Carvajal	1	0	1	0	0
Cervantes	2	2	2	2	2

tf-idf					
Autores	# de ejemplos	KNN	RF	SVM	MNB
Castillo	2	2	2	2	2
Zayas	3	3	3	0	1
Carvajal	1	1	1	0	1
Cervantes	2	0	2	1	2

La Tabla 4 muestra los resultados de los experimentos realizados con novelas divididas por la mitad, obteniendo un total de 16 textos de pruebas. El número de textos de prueba por autor automáticamente se genera de forma aleatoria. Se observa una mejora en la clasificación correcta de las novelas de cada autor. La representación de matriz de frecuencia muestra mejores resultados que el resto de las representaciones, cabe destacar que los autores Alonso de Castillo Solorzano y María de Zayas obtienen buenos resultados en las tres representaciones matriciales.

Tabla 4. Bolsa de palabras de Medias Novelas.

Binaria					
	# de ejemplos	KNN	RF	SVM	MNB
Castillo	2	1	2	2	2
Zayas	5	5	5	5	4
Carvajal	5	5	3	5	3
Cervantes	4	0	4	4	4
Frecuencia					
	# de ejemplos	KNN	RF	SVM	MNB
Castillo	4	4	4	4	3
Zayas	4	4	4	4	4
Carvajal	2	2	2	2	2
Cervantes	6	2	5	6	6
tf-idf					
	# de ejemplos	KNN	RF	SVM	MNB
Castillo	7	7	7	0	4
Zayas	1	1	1	1	1
Carvajal	4	2	3	0	4
Cervantes	4	4	4	3	3

La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos de los experimentos realizados de las novelas divididas en 3 partes, tomando un total de 23 textos de prueba de forma aleatoria. De forma general, todos los clasificadores muestran mejores resultados que los experimentos anteriores. Por otra parte, los resultados son muy similares en las tres representaciones, destacando que el autor Mariana de Carvajal muestra ser muy consistente en las tres representaciones obteniendo un número mayor de aciertos respecto al resto de los autores. Se observa una tendencia: al utilizar bloques de medias novelas y tercias de novelas los resultados muestran un mejor número de acierto en cada clasificador.

Tabla 5. Bolsa de palabras de Tercia de Novelas.

Binaria					
	# de ejemplos	KNN	RF	SVM	MNB
Castillo	6	0	5	6	6
Zayas	7	4	6	7	6
Carvajal	5	5	5	5	5
Cervantes	5	0	5	5	5
Frecuencia					
	# de ejemplos	KNN	RF	SVM	MNB
Castillo	11	9	9	11	9
Zayas	3	3	3	3	3
Carvajal	2	2	2	2	2
Cervantes	7	6	6	7	7
tf-idf					
	# de ejemplos	KNN	RF	SVM	MNB
Castillo	6	6	6	6	6
Zayas	6	6	6	6	6
Carvajal	5	5	5	3	4
Cervantes	6	1	5	5	6

La Tabla 6 muestra la matriz de confusión que se obtuvo para el clasificador KNN en su representación frecuencial, utilizando medias de novelas. los autores María de Zayas y Mariana de Carvajal obtienen una mayor precisión que el resto de los autores, de acuerdo con la diagonal principal el clasificador alcanza un 61% de exactitud.

Tabla 6. Matriz de confusión de KNN con Frecuencia.

Actual	Predicción			
	Castillo	Zayas	Carvajal	Cervantes
Castillo	2	1	1	0
Zayas	0	4	0	0
Carvajal	0	0	7	0
Cervantes	1	2	4	1

En la

Figura 3 se muestra de forma general los promedios de exactitud obtenidos por los clasificadores en los distintos tamaños de textos y representaciones de matrices. Se observa que los clasificadores RF y MNB son persistentes con buenos resultados en cualquier bloque de novelas y representación. La representación de frecuencia las novelas divididas en dos y tres partes presentaron mejores resultados que las novelas completas, algo similar ocurre con matrices tf-idf, a excepción de RF donde las novelas completas fueron superiores.

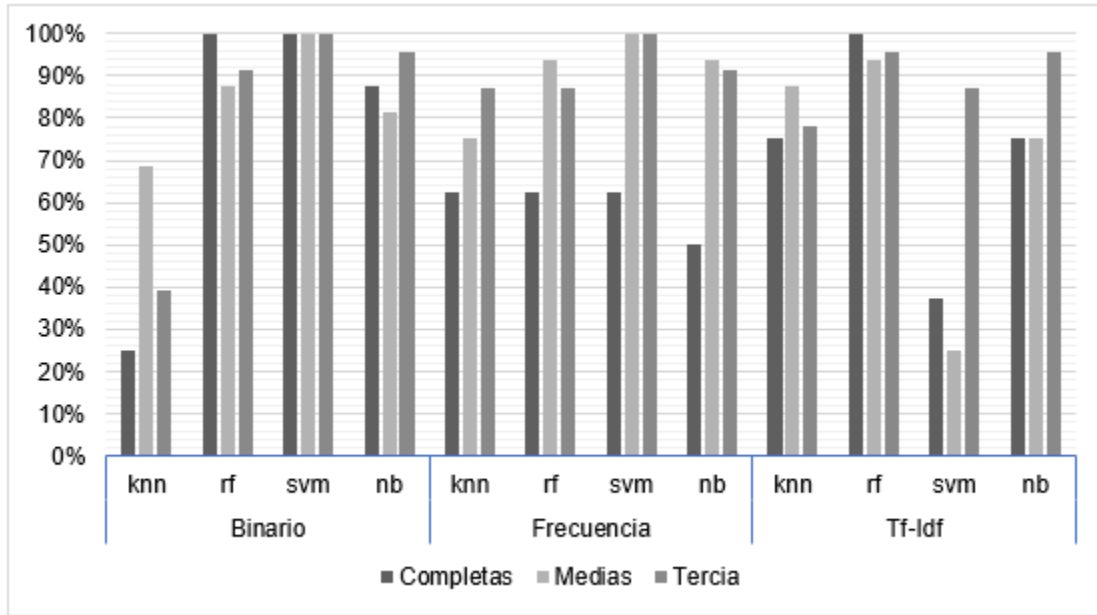


Figura 3. Resultados generales de la bolsa de palabras en sus distintos escenarios.

Parte 2:

Las matrices obtenidas con bolsa de palabras contaban con 14,909 dimensiones (características). Se procedió a aplicar las técnicas de reducción de dimensiones PCA y LSA para observar si la exactitud de los clasificadores mostraba una mejora.

La Tabla 7 muestra los resultados de PCA y LSA utilizando únicamente 2 componentes (dimensiones) con respecto a bolsa de palabras. Cabe destacar que, las novelas completas mostraron una mejora de exactitud en el clasificador MNB y PCA, pasando de un máximo de 75% a un 88% de exactitud, mientras que en el clasificador KNN se mantuvo en 75%. Otro aspecto a destacar de las novelas completas es que en el clasificador SVM mostro una mejora de resultados tanto en algoritmos de PCA como en LSA, pasando de una exactitud de 25% al 50% en ambos casos. En novelas divididas en dos partes hay un caso en particular que destacar, el clasificador de SVM tuvo una mejora de exactitud pasando de 25% a un 50% en PCA, y en LSA alcanzó los 56%. Sin embargo, en novelas divididas en tres partes los algoritmos de reducción produjeron una disminución en la exactitud bastante notoria. En términos generales el algoritmo de reducción PCA obtuvo mejores resultados de exactitud con respecto al algoritmo de reducción de LSA.

Tabla 7. Bolsa de palabras vs (PCA y LSA) en matrices tf-idf.

Tamaño de texto	Bolsa de Palabras				PCA				LSA			
	KNN	RF	SVM	NB	KNN	RF	SVM	NB	KNN	RF	SVM	NB
Completas	75%	100%	38%	75%	75%	88%	50%	88%	63%	25%	50%	63%
Medias	88%	94%	25%	75%	63%	63%	50%	69%	56%	50%	56%	44%
Tercia	78%	96%	87%	96%	74%	70%	30%	74%	26%	52%	30%	39%

Parte 3.

Con la finalidad de anular la influencia del tópico de los textos se aplicó la sustitución de Entidades Nombradas junto con la eliminación de las palabras vacías utilizando matrices de tf-idf. La Tabla 8 muestra una comparación de los resultados obtenidos en bolsa de palabras respecto a la técnica utilizada para eliminar las palabras vacías junto con las

entidades nombradas, destacando que en las novelas completas hubo una disminución de exactitud en tres de los cuatro algoritmos y que solo KNN se mantuvo con 75%. Las medias novelas se destacó un aumento en el clasificador de SVM, pasando de un 25% a un 94% de exactitud. Mientras que en las novelas divididas en tres partes hubo un ligero aumento de exactitud en los clasificadores SVM y MNB, pasando de 87% a 96% y de un 96% a un 100% respectivamente. De manera general se observaron resultados notables en medias novelas y tercia de novelas dentro de sus respectivas categorías.

Tabla 8. Eliminación de palabras vacías y NER con tf-idf.

Tamaño de texto	Bolsa de palabras				Sin stopword y NER			
	knn	rf	svm	nb	knn	rf	svm	nb
Completas	75%	100%	38%	75%	75%	88%	38%	50%
Medias	88%	94%	25%	75%	56%	69%	94%	56%
Tercia	78%	96%	87%	96%	43%	87%	96%	100%

Conclusiones.

Cada estudio de atribución de autoría es único, ya múltiples factores influyen en la efectividad del método propuesto: el estilo de escritura utilizado en la redacción de una novela no es el mismo para la redacción de un correo electrónico o un poema. Por otro lado, las novelas, correos y poemas tienen diferente extensión en cuanto al número de palabras. Con base en los textos y métodos utilizados en esta investigación se concluye lo siguiente:

Respecto a los distintitos tamaños del texto la longitud máxima en promedio fue de 5,000 palabras y la cantidad mínima de palabra que se utilizó para los experimentos tienen un aproximado de 1,666. Es recomendable aplicar esta estrategia para aumentar el número de textos disponibles y determinar de forma experimental la mínima cantidad de palabras requeridas para un caso de estudio en particular. No es posible generalizar la cantidad mínima de texto en palabras requeridas que sea adecuada en todos los casos de atribución de autoría.

No es recomendable utilizar un solo algoritmo de clasificación ya que ese algoritmo puede tener buenos resultados con algún autor y resultar poco eficientes en otros. Se sugiere utilizar una combinación de dos o más clasificadores usando estrategias como el Boosting que consiste en crear una regla de predicción altamente precisa combinando muchas reglas relativamente débiles e imprecisas. La idea fundamental detrás de Boosting consiste en elegir conjuntos de entrenamiento para el algoritmo de aprendizaje base de tal manera que este obligue a inferir algo nuevo en los datos cada vez que se lo llame (Mayhua López, 2013). Los algoritmos de aprendizajes aquí evaluados mostraron resultados diferentes en los distintos escenarios de Novelas completas, medias novelas y tercio de novelas, usando las técnicas de Bolsa de Palabras y en la eliminación de las stopword o palabras vacías junto con las sustituciones de las entidades nombradas.

La reducción de dimensiones debe aplicarse con reservas, ya que no siempre se obtiene una mejora en la métrica aplicada. En ocasiones es mejor dejar las matrices tal y como se generaron con muchas dimensiones. Los algoritmos Análisis de Componentes Principales (PCA) y Análisis Semántico Latente (LSA) no eliminan características. En su lugar, estos algoritmos transforman el conjunto de características a uno nuevo de menores dimensiones. Estas técnicas adolecen del mismo problema de la selección por frecuencia: establecer cuál es el número apropiado de dimensiones del nuevo modelo. La reducción excesiva puede disminuir el desempeño de un modelo de aprendizaje. Con base en los resultados obtenidos, se recomienda que, se deben considerar todas las características del modelo y utilizar la reducción de dimensiones para fines de representación gráfica.

En un estudio de atribución de autoría tampoco es recomendable una sola característica estilométrica, como por ejemplo bolsa de palabras. En su lugar se sugiere extraer distintos tipos de características de los textos como por ejemplo etiquetas POS, lematizado, n-gramas de palabras, de caracteres, entre otros.

Por otro lado, las matrices de frecuencias aparentemente registran mejor el estilo de escritura de un autor, ya que muestran las palabras a las que el autor recurre con más o menos frecuencia. Dado que las palabras más utilizadas pueden tener mayor peso que las menos utilizadas es recomendable aplicar la normalización, que consiste en convertir todo el texto en el mismo caso (superior o inferior), eliminando la puntuación, convirtiendo los números a sus equivalentes de palabras, y así sucesivamente (Leskovec, 2014), de manera general la normalización pone todas las palabras en igualdad, y permite que el procesamiento proceda de manera uniforme.

Las entidades nombras hacen referencia a los nombres de personas, lugares, organizaciones, etc. La detección automática de este tipo de palabras es muy importante en el Procesamiento del Lenguaje Natural y en particular para la atribución de autoría. Las entidades nombras se detectan para reemplazarlas por sus respectivas etiquetas, logrando así disminuir el número de dimensiones y la influencia del tópico de documento.

Referencias bibliográficas.

- Corney, M. W. (2001).** Identifying the authors of suspect email.
- David Nadeau, S. S. (2007).** A survey of named entity recognition and classification. *Lingvisticae Investigationes*, 30(1), 3-26.
- Eugenia B. Bortolotto, G. S. (2020).** Modelos y métodos estadísticos para la estimación de frío y calor en duraznos.
- Jaber, T. A. (2012).** Enhanced approach for latent semantic indexing using wavelet transform. *IET Image Processing*, 6(9), 1236-1245.
- Jiménez, V. G. (2010).** Distribuciones de clases no balanceadas: Métricas, Análisis de Complejidad y Algoritmos de Aprendizaje. Universitat Jaume I.
- Labbe, S. A. (2017).** Determinación de autoría por medio de. Tesis Doctoral. Pontificia Universidad Católica De Valparaíso.
- Leskovec, J. a. (2014).** Mining of Massive Datasets Cambridge University Press.
- Lloret, O. A. (2015).** Estudio de la influencia de incorporar conocimiento léxico-semántico. Análisis de Componentes Principales para la generación de resúmenes multilingües.
- Luyckx, K. a. (2008).** Authorship attribution and verification with many authors and limited data. *Proceedings of the 22nd International Conference on Computational Linguistics (Coling 2008)*, 513--520.
- Mayhua López. (2013).** Elementos locales en conjuntos de clasificadores diseñados por " Boosting".
- Morales, R. M. (2007).** Clasificación Automática de Textos considerando el Estilo de Redacción. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.
- Rueda, J. M. (2016).** El análisis estilométrico aplicado a la literatura española: las novelas policíacas e históricas. *Caracteres: estudios culturales y críticos de la esfera digital* 5.2, 196-245.
- Sanderson, C. a. (2006).** Short text authorship attribution via sequence kernels, Markov chains and author unmasking: An investigation. *Proceedings of the 2006 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 482--491.
- Stamatatos, E. (2009).** A Survey of Modern Authorship Attribution Methods. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60: 538--56.

Toledo, G. R. (2019). Detección automática de cambio de estilo de escritura utilizando aprendizaje automático. Tesis de Doctorado. Tecnológico Nacional de México, Cuernavaca, Morelos, México.

Información de los autores.



Favián Gutiérrez Constantino, estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, sus áreas de interés se relacionan con las ciencias de la matemática, ciencias de la computación, redes de computadoras y el análisis de datos.



Luis Ángel Vázquez Moreno, estudiante de ingeniería en sistemas computacionales en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, sus áreas de interés se relacionan con el desarrollo de software, aplicaciones móviles y análisis de datos.



Germán Ríos Toledo obtuvo el grado de Doctor en Ciencias de la Computación en 2019 por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) en Cuernavaca, Morelos, México. Actualmente, es profesor de tiempo completo en el Departamento de Computación del Tecnológico Nacional de México (campus Tuxtla Gutiérrez, Chiapas) en la Ingeniería en Sistemas Computacionales y en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica. Su área de especialización es el Procesamiento del Lenguaje Natural, particularmente en el uso de información sintáctica como una característica para el análisis de estilo de escritura. Otras áreas de su interés incluyen el procesamiento y análisis de imágenes, audio y video por medio de Algoritmos de Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel C (2024-2021).



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



Aída Guillermina Cossío Martínez es Maestra en Ciencias en Administración por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2002. Es profesora de tiempo completo del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, desde 1994. Se especializa en la formulación y evaluación de proyectos, así como el emprendimiento y desarrollo de planes de negocio, actualmente es perfil deseable y trabaja en la línea de investigación Tecnología de Información y Base de Datos.



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

Planeación financiera de una empresa de servicios utilizando una plataforma web y su comparación con el método tradicional.

Financial planning of a service business using a web platform compared with the traditional method.

Jacinta Luna Villalobos* (1).
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
jacinta.lv@tuxtla.tecnm.mx.

María Catalina Salgado Gutiérrez (2), TecNM/ITTG, maría.sg@tuxtla.tecnm.mx.

José Antonio Gómez Luna (3), Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Comitán,
jose.gl@comitan.tecnm.mx.

Gabriela Alejandra Ríos Zúñiga (4), TecNM/ITTG, gabriela.rz@tuxtla.tecnm.mx.

José Antonio Gómez Roblero (5), TecNM/ITTG, jose.gr@tuxtla.tecnm.mx.

Carlos Fernando Rico Girón (6), Estudiante, TecNM/ITTG. riicoo28@gmail.com.

*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 10, 2020; aceptado en diciembre 08, 2020.

Resumen.

La planeación y manejo financiero a través de plataformas web representa una alternativa para pequeñas empresas que tienen la necesidad de tomar decisiones financieras para implementar una contabilidad estratégica. El objetivo de esta investigación fue mostrar que la plataforma web utilizada para la planeación financiera de una empresa de servicios es mejor, en cuanto a facilidad y velocidad de uso contra el método tradicional utilizado. Para lograr esto se hizo una comparación entre ambos métodos, usando ANOVA y la prueba de Tukey, bajo las mismas condiciones. También fue aplicada una encuesta para conocer el grado de percepción de cada método. Los resultados mostraron que la plataforma Web requirió menos tiempo para elaborar la planeación financiera, así como una mayor facilidad de uso. La plataforma Web se encuentra disponible en tulbis.com.

Palabras clave: Planeación financiera, modelo web, facilidad/velocidad, modelo tradicional.

Abstract.

Planning and financial management through web platforms represent an alternative for small enterprises that have a need for decision making to develop a strategic accounting. The goal of this work was to show that the web platform used for financial planning of a services enterprise is better, regarding speed /ease to use versus the traditional method. To achieve this a comparison between the two methods was made using ANOVA and a Tukey test, under the same conditions, also a survey was taken to know the degree of perception of each method. The results showed that the web platform required less time to complete the financial planning as well as more ease to use. The web platform is available in tulbis.com.

Keywords: Financial planning, web platform, ease/speed, traditional method.

1. Introducción.

El siglo XX trajo uno de los principales cambios en la reconversión de la economía mundial, esto significó que muchas empresas se convirtieran en proveedoras de servicios. Una empresa de servicios es una entidad que mediante la realización de una serie de actividades ofrece o presta un servicio para satisfacer las necesidades de sus clientes. (Ramírez Padilla, 2019). En los últimos años las empresas de servicio se han vuelto un sector dominante en la economía global, cobrando importancia en la mayor parte del producto interno bruto y del empleo.

Las empresas latinoamericanas han comenzado a participar activamente en esta nueva dinámica global. (López, 2017). Las organizaciones del sector de servicios cobran importancia en las economías de los países, pero principalmente en las economías emergentes debido al desarrollo de pequeños negocios que nacen dentro del sector y que en algunos casos sobreviven en el tiempo (Bejarano, 2018)

Los problemas operativos que enfrentan las empresas de servicios se ubican en funciones de planeación, programación y organización del trabajo, teniendo como característica principal la baja calidad de la administración. Son muchas las empresas de este tipo que luchan por sobrevivir, teniendo como causa lógica su forma de operar. Una factor importante de esta deficiencia es la poca habilidad para administrar, la inexperiencia y la falta de capacitación del empresario. Integrar una empresa de servicio es fácil, ya que se requiere de poco personal, sin embargo no basta conocer un oficio, se requiere de capacitación formal y de algunos estudios sobre administración y tecnologías de información. (Valencia, 2010).

La brusca irrupción de Internet y de las nuevas tecnologías en la empresa, y la globalización de los mercados de capitales han planteado a las empresas un nuevo reto, hasta ahora, menos prioritario: la necesidad de encontrar nuevas vías para el crecimiento de la empresa. Sin embargo, la consideración del crecimiento como objetivo empresarial puede resultar, en ocasiones, algo perverso debido, entre otras razones, a la prioridad que en la nueva economía se asigna a ciertos modelos tecnológicos adoptados por las empresas y al relativo descuido del papel de las personas capaces de diseñar aquellos modelos. (Jordi, 2004). La tecnología es una pieza clave para la gestión empresarial, y una alternativa de crecimiento para las MYMES.

Sistemas como ERP y CR tienen como su objetivo de estudio el brindar u ofrecer productos o servicios de calidad a un menor costo con el mejor rendimiento operativo. Son factores importantes en la vida de un directivo, adquirir información de calidad, evaluar, planear controlar e implementar y que son pasos que se van desarrollando de manera eficiente. (Esperanza, 2018). Por todo lo antes descrito, el objetivo de esta investigación fue comparar la elaboración de la planeación financiera de una empresa de servicios a través de un método de plataforma Web con una metodología estandarizada, comparando su facilidad/velocidad contra el método tradicional utilizado para la planeación financiera en las pequeñas y medianas empresas de servicios (tablas excel). Para ello en el presente artículo se describe de forma estructurada la metodología utilizada para comprobar la hipótesis presentada, basándose en la revisión de la literatura, el método de investigación y trabajo de campo, para finalizar con los resultados, conclusiones y discusiones.

2. Métodos.

Se presenta la hipótesis de trabajo que se probará en el estudio: H1: La planeación financiera a través de un método de plataforma Web, en comparación con el método tradicional, será capaz de reducir el tiempo de formulación de la información financiera dentro de una micro, pequeña o mediana empresa de servicios, facilitando la toma de decisiones a corto y mediano plazo.

Por todo lo antes descrito, el objetivo de esta investigación es comparar la elaboración de un método de planeación financiera de una plataforma Web, verificando su facilidad/velocidad contra el método tradicional utilizado para la planeación financiera en las PYMES (tablas excel). Se seleccionó una muestra de estudio constituido por 40 alumnos del 5º. Semestre del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Tuxtla Gutiérrez, Chiapas que pertenecen a la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial que utilizan frecuentemente la herramienta Excel y que tienen conocimientos de planeación financiera. A todos los alumnos que integran la muestra se les aplicaron dos diferentes herramientas de medición: observación con medición y encuesta de facilidad de uso.

Variables independientes. El método: corresponde a la manera en la que se estructura la planeación financiera (proyecciones financieras de ingresos y egresos, estados financieros proyectados y punto de equilibrio), es decir cómo se determinan y se desarrollan los cálculos de estos. Dentro del método se encuentran dos niveles diferentes: el tradicional, el cual hace referencia al método actual para el desarrollo de la planeación financiera, en el que intervienen un tiempo determinado de realización y el método propuesto, que permite realizar mejoras efectivas de la investigación en un tiempo mucho más corto al tradicional. **El usuario:** son los alumnos que intervienen para la realización de la planeación financiera y se caracterizan por tener conocimientos previos para la realización de este. En este caso son los alumnos del 5º. Semestre de la carrera de Ing. en Gestión empresarial.

Variables dependientes. Se establecieron dos variables de respuestas significativas para la investigación con el fin de corroborar la factibilidad en la utilización del modelo propuesto y así establecer una comparativa real. Las dos variables son: **El tiempo:** Se pretende mejorar de manera significativa el tiempo para la realización de la planeación financiera, el cual tradicionalmente ha sido elaborado de forma manual con tablas de Excel. **Facilidad de uso:** Conocer, desde la perspectiva de los usuarios al emplear los dos modelos, la facilidad o complejidad de este. Con ello se pretende comparar y verificar que es más factible utilizar el modelo propuesto. Una vez definidos los indicadores, las variables y la hipótesis, se procedió a la correcta aplicación de las herramientas de medición que se detallan a continuación:

Observación con medición. Los alumnos fueron situados en un cuarto cómodo, climatizado y con gran espacio para realizar la planeación financiera, específicamente de una empresa de servicios PYMES, mediante el método que tradicionalmente emplean (tablas de Excel) y el método propuesto en esta investigación con la finalidad de comparar los resultados y comprobar que la hipótesis planteada es correcta. Durante la elaboración de la planeación financiera con el método tradicional se utilizaron computadoras con sistema Windows e IOS de 64 y 32 bits, así como el programa Excel para la correcta realización de tablas y cálculos, teniendo una duración promedio de 9 horas, la cual fue medida con un cronómetro. Durante la elaboración de la planeación financiera con el método propuesto (Plataforma Web) se utilizaron computadoras con sistema Windows e IOS de 64 y 32 bits utilizando el buscador Chrome durante un periodo promedio de 3 horas, el cual fue medido con un cronómetro.

Encuesta de facilidad de uso. Al término de la prueba de observación y medición, los alumnos fueron encuestados para responder preguntas acerca de la percepción que tuvieron sobre ambos métodos con la finalidad de conocer qué método es más fácil de usar de acuerdo con su experiencia. Las respuestas fueron grabadas mediante un teléfono celular, específicamente iPhone 7 con una duración aproximada de 5 minutos por usuario. Después de llevar a cabo la aplicación de los instrumentos y los análisis respectivos (ANOVA y prueba de Tuckey) mediante la herramienta estadística Minitab versión 16 se obtuvieron los resultados que se presentan en el siguiente apartado.

3. Desarrollo.

Después de llevar a cabo la aplicación del modelo mediante la herramienta estadística de Minitab, en donde se tomó en consideración el tamaño de la muestra en el estándar de lo recomendado. A continuación, se presentan los siguientes resultados:

Modelo lineal general: Tiempo VS. Método.

- Método

Tabla 1. Descripción del factor experimental.

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Método	Fijo	2	Tradicional, Plataforma Web

- **Análisis de Varianza**

Tabla 2. Análisis de Varianza de los métodos VS tiempo de finalización de la planeación financiera

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	Valor F	Valor p
Método	1	668.622	668.622	14417.91	0.000
Error	78	3.617	0.046		
Total	79	672.239			

En el ANOVA se muestra que, si hay diferencia significativa entre los métodos utilizados, es decir el uso del método si afectó el tiempo en que se tardaron para hacer la planeación financiera, para demostrarlo se realizó la prueba de Tukey, que determinó cual.

- **Comparaciones con Método Tukey.**

Comparaciones por parejas de Tukey:

- **Método.**

Agrupación de la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

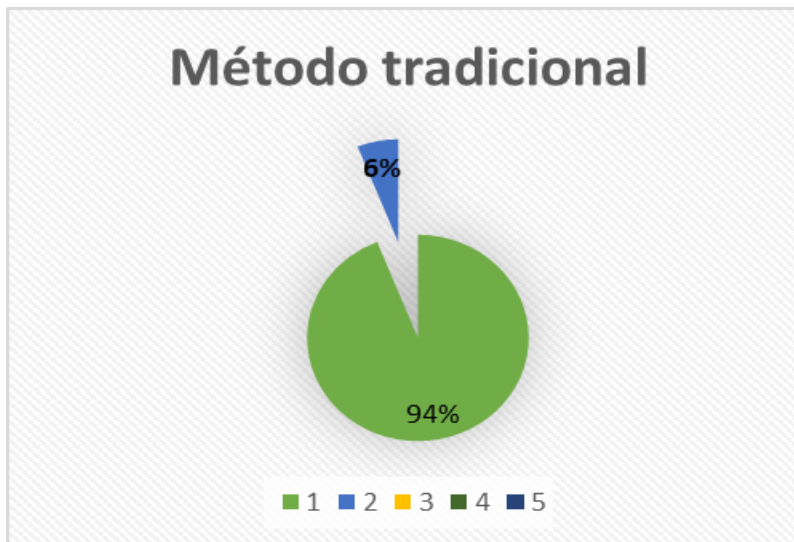
Tabla 3. Prueba de Tukey para comparar el tiempo de ambos métodos de la planeación financiera.

Método	N	Media	Agrupación	
Tradicional	41	8,891	A	
Plataforma Web	39	3,107		B

Interpretación: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Se confirma la hipótesis planteada ya que, el método usado si tiene impacto en la media del tiempo de terminación en la planeación financiera de una empresa de servicios, afirmando que el método de plataforma Web reduce de manera significativa la media.

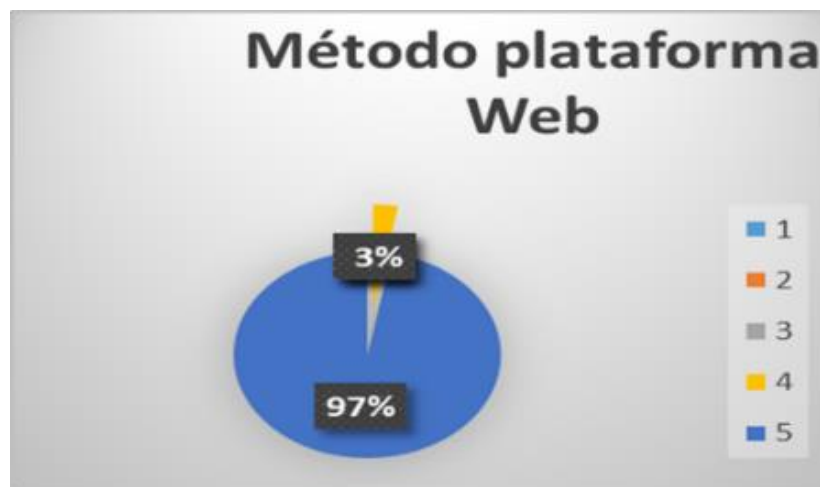
Facilidad de uso.

De acuerdo con las preguntas que se realizaron en el cuestionario a los usuarios que utilizaron los dos métodos para la realización de la planeación financiera, se observó de manera clara que es más fácil usar el modelo de planeación financiera en empresas de servicio en plataforma Web (software) en comparación con el método tradicional (tablas Excel). Por lo tanto, es recomendable y de mayor entendimiento el usar el sistema propuesto.



Gráfica 1. Grado de satisfacción del método tradicional

En una escala de 1 (difícil) y 5 (fácil) se puede observar que el grado de satisfacción para el método tradicional tiene el 94% en el número 1, lo que significa que el método tradicional no se le hizo fácil a los sujetos de prueba.



Gráfica 2. Grado de satisfacción de la plataforma Web

En una escala de 1 (difícil) y 5 (fácil) se puede observar que el grado de satisfacción para el método plataforma web tiene el 97% en el número 5, lo que significa que el método de plataforma Web se le hizo fácil a los sujetos de prueba.

Conclusiones.

Los resultados obtenidos indican que la utilización de un método de plataforma web ayuda en la elaboración de una planeación financiera, ya que los cálculos son exactos y reduce considerablemente el tiempo de formulación comparado con el método empleado tradicionalmente. Aunado a esto, se constató que el método de plataforma web es fácilmente manipulable para los usuarios, lo que permite una mejor comprensión de los datos capturados y de la

información obtenida. Con la aplicación de este método en el sistema Tecnológico Nacional de México conformado por los Institutos Tecnológicos del país, se podrá apoyar a través de sus alumnos a las pequeñas y medianas empresas de servicios debido a que, los métodos tradicionales podrán ser reemplazados con métodos en plataforma Web que ahorren de forma efectiva el tiempo de formulación. Los resultados reafirman los objetivos centrales de la investigación y confirma la hipótesis a analizar y cuestionar. Es evidente que el uso de un software mejora en un 65.13% en el tiempo de realización lo cual aumenta el nivel de confianza en un sistema viable al modelo tradicional y además permite utilizarlo de forma práctica.

Créditos.

Los autores dan créditos al Instituto Tecnológico perteneciente al Tecnológico Nacional de México por todas las facilidades y apoyo para la realización de este proyecto.

Agradecimientos.

Los autores dan agradecen al Instituto Tecnológico perteneciente al Tecnológico Nacional de México por todas las facilidades y apoyo para la realización de este proyecto.

Referencias bibliográficas.

Bejarano, M. A. (2018). La importancia de las empresas de servicio en el desarrollo de los países de economías emergente. *INNOVA Research Journal*, 1-5.

Esperanza, C. R. (2018). Las TIC'S como estrategia competitiva para PYMES en Tehuacan Puebla. *Administración y negocios en latinoamerica 2018.*, 76.

Jordi, C. (2004). Crecimiento Empresarial: personas y tecnología en la nueva economía. *Foxit* , 337-3370.

López, a. (2017). Las empresas de servicios en América Latina. *Tec Empresaria*, 7-22.

Ramírez Padilla, D. (2019). *Contabilidad Administrativa*. México, D.F.: Mc Graw Hill.

Valencia, J. R. (2010). *Administración de pequeñas y mediana empresas*. México: CENGAGE.

Información de los autores.



La maestra **Jacinta Luna Villalobos** es Contadora Pública con maestría en Administración. Actualmente trabaja como docente de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en la carrera de Ingeniería en gestión empresarial. Forma parte del Cuerpo Académico (ITTUXG-CA-10) Gestión Estratégica enfocada a las Pymes, desde agosto 2018. Es investigadora con perfil PRODEP habiendo participado en diversos proyectos de innovación, donde ha obtenido premios a nivel local, regional y

nacional. También funge como asesora de proyectos para el Centro de Incubación Empresarial del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez



María Catalina Salgado Gutiérrez, es graduada como Ingeniera en Electrónica en 2007 por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Maestra en Administración en 2013 por la Universidad Valle de México. Trabaja como docente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, actualmente es Jefa del departamento de Ciencias Básicas. Forma parte del Cuerpo Académico (ITTUXG-CA-10) Gestión Estratégica enfocada a las Pymes, desde agosto 2018. Es perfil PRODEP a partir de octubre 2018. Tiene dos Certificaciones en Competencias Laborales en el Estándar de Competencias por CONOCER. Cuenta con tres Diplomados, para la formación y desarrollo de competencias docentes en 2012 por CIIDET, en recursos educativos en ambientes virtuales de aprendizaje y de Tutorías en 2016 por el Tecnológico Nacional de México. Colabora en el departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial y participa en proyectos relevantes de investigación desde el 2014.



El maestro **José Antonio Gómez Luna** es Ingeniero en industrias alimentarias y cuenta con una maestría en biotecnología. Actualmente trabaja como docente de medio tiempo en el instituto tecnológico de Comitán Chiapas en la carrera de ingeniero en innovación agrícola sustentable. Ha colaborado en proyectos de investigación del TecNM.



La doctora **Gabriela Alejandra Ríos Zúñiga** es Ingeniera Industrial con Doctorado en Administración y Maestría en Administración de Negocios. Actualmente es docente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en la carrera de Ingeniera en Gestión Empresarial. Tiene perfil PRODEP.



El maestro **José Antonio Gómez Roblero** es Licenciado en Pedagogía con Maestría en Administración. Actualmente trabaja como docente de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en la carrera de Ingeniería en gestión

empresarial. Es miembro del cuerpo académico Gestión Estratégico enfocado a las Pymes, también funge como asesor de proyectos de Residencias Profesionales.



Carlos Fernando Rico Girón es Ingeniero en Sistemas Computacionales egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ha realizado capacitaciones en el ámbito de desarrollo de software tanto para principiantes como temas de carácter avanzado, participó en el concurso de innovación tecnológica llegando a la etapa nacional con el proyecto Unipymes, al mismo tiempo ha desarrollado otros proyectos e iniciativas propias de innovación tales como, Twin red social para la asesoría de alumno a alumno, Tuxmapa aplicación para encontrar tu mejor ruta de transporte colectivo y Tulbis plataforma web para el desarrollo de presupuesto maestro, actualmente se encuentra laborando en la empresa Corporativo Tuxmapa S.A. de C.V. como jefe de desarrollo externo para empresas.

Preservación y virtualización, modelado tridimensional de archivolta de acceso principal en templo neogótico, León Guanajuato.

Preservation and virtualization, three-dimensional modeling of main access archivolt in neo-gothic temple, León Guanajuato.

Mariana Aguilar Calderón* (1).

Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca.

m.aguilar.calderon@ugto.mx.

Héctor Adrián Estrada Salazar (2), Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, ha.estradasalazar@ugto.mx.

José Armando Pérez Crespo (3), Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, armando.perez@ugto.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en diciembre 23, 2019; aceptado en enero 30, 2020.

Resumen.

En el presente trabajo se expone la creación de un recurso virtual en tercera dimensión, cuyo objetivo permite la difusión del conocimiento de ciertos componentes arquitectónicos a través de una interfaz informativa, dirigida a cualquier perfil de usuario. El manejo de la técnica multimedia interactiva es parte de la formación lograda en las aulas de la Licenciatura en Artes Digitales de la Universidad de Guanajuato, tomando como referente el tema del patrimonio edificado en su contexto histórico, reconocido y apreciado por nuestra sociedad del Bajío guanajuatense, y cuyo caso, es digno de un tratamiento digital virtual para contribuir a una nueva tipología de preservación patrimonial. El diseño de la interfaz se enfoca en el acceso principal del Templo Expiatorio del Sagrado Corazón de Jesús ubicado en la ciudad de León Guanajuato; destacando su archivolta y sus componentes adjuntos, para el trabajo en diferentes fases desde el modelado en software educativo hasta su posterior interacción con el usuario virtual y logre este, un reconocimiento del tema a través de etiquetas informativas, apoyado también en un motor de videojuegos.

Palabras clave: Patrimonio edificado, neogótico mexicano, modelado tridimensional, interacción informativa, arte digital.

Abstract.

The present work exposes the creation of a virtual resource in third dimension, whose objective allows the diffusion of knowledge of certain architectural components through an informative interface, directed to any user profile. The management of interactive multimedia technique is part of the training achieved in the classrooms of the Bachelor of Digital Arts of the University of Guanajuato, taking as a reference now the issue of heritage built in its historical context, recognized and appreciated by our society of Bajío Guanajuato, and whose case is worthy of a virtual digital treatment to contribute to a new type of heritage preservation. The interface design focuses on the main access of the Expiatory Temple of the Sacred Heart of Jesus located in the city of León Guanajuato; highlighting its archivolt and its attached components for work in different phases from modeling in educational software to its

subsequent interaction with the virtual user and achieve recognition of the topic through informative labels also supported by a video game engine.

Keywords: Built heritage, Mexican neo-Gothic, three-dimensional modeling, informational interaction, digital art.

1. Introducción.

El presente trabajo expone el diseño de una aplicación como recurso didáctico virtual, cuya finalidad contribuye a una reflexión sobre el tema de la preservación del patrimonio histórico-artístico, un tanto distanciado en el tiempo para con las llamadas generaciones Alpha, por medio de una interfaz a nivel conceptual interactiva para con el usuario receptor.

La investigación y el diseño del recurso virtual comprende lo descriptivo y le reinterpreta visualmente en gráficos en tercera dimensión para con el objeto de estudio, y que corresponde a la arquivolta y acceso principal del primer cuerpo en la fachada principal del Templo Expiatorio del Sagrado Corazón de Jesús, Templo ubicado en la ciudad de León del Bajío guanajuatense y cuya presencia urbana corresponde al año de 1929; lo que particulariza a este monumento religioso es el estilo neogótico implementado en el México nacionalista, pero influenciado en las tendencias del modernismo internacional. Del estilo neogótico y del cómo se le describe se encontró qué:

Es un movimiento artístico historicista, arquitectónico y decorativo, vinculado con el romanticismo y el nacionalismo por su común rechazo al racionalismo neoclásico y por sus implicaciones políticas. La arquitectura Neogótica, es un movimiento de construcción retomado desde finales del siglo XII hasta el siglo XVI, que reproduce el lenguaje arquitectónico propio del arte gótico medieval con formas más o menos genuinas (Arquitectura Neogótica en México, 2017).

Continuando, sobre la etimología de *gótico*, esta proviene del latín “gothicus” referente a godo (un antiguo pueblo germánico que invadió España cuando cayó el imperio romano), y la cual define al estilo con los bárbaros, ya que sus componentes parecían confusos y poco dignos frente a los clásicos. (Porto & Gardey, 2009). En México se tienen ejemplos del gótico en las ciudades de Guadalajara, Zamora, Morelia, Tepic, San Miguel de Allende, Matehuala, entre otras (7 Impresionantes iglesias en México con arquitectura neogótica, 2016).

Planteamiento del problema, la educación cultural y las tecnologías computacionales.

En la historia de nuestras sociedades, los temas de educación cultural y artística se han visto envueltos en procesos de cambios y transformaciones didácticas para su difusión, comprensión e identidad patrimonial, ello también supone una necesaria renovación de los medios en que se transmite y se adquiere el pretendido conocimiento para una enseñanza y un aprendizaje; en su publicación *La importancia del mundo virtual en la enseñanza y aprendizaje “AVA para el contenido de Genética”*, Afanador Castañeda (2010, pág. 4) cita a Kraus, Zubenko, Lage & Cataldi (2002) sobre el cambio de los métodos tradicionales de la enseñanza para los procesos de aprendizaje, ya que no son eficaces para el desarrollo de las capacidades cognitivas, creativas y organizativas en la sociedad de hoy en día.

Por lo tanto, partiendo de esta realidad de adaptación para transmitir estos temas culturales-artísticos a través de instrumentos más dinámicos, y de acuerdo con las necesidades e intereses de la sociedad actual, es como se ha inspirado para la presente propuesta, implementando información seleccionada de la edificación neogótica como un complemento para los procesos de enseñanza y aprendizaje, posibilitando la creación de un nuevo espacio virtual e interactivo, eliminando barreras del espacio y el tiempo facilitando y una comunicación extendida y asíncrona, como menciona Castañeda (pág. 4) de Marqués (2000) en *Los medios didácticos. Didáctica y multimedia, DIM*.

Así mismo, otra bondad de la propuesta es otorgar un reconocimiento a la incorporación de la tecnología y virtualidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje como alternativa innovadora para la comprensión y adquisición del conocimiento, establecido por Badia (2006) en su artículo *Ayuda al aprendizaje con tecnología en la educación superior* (Castañeda, pág. 4).

Sobre la virtualidad, se podrá afirmar entonces, que se ha introducido a nuestras vidas a través de la tecnología, antes parecía imposible poder simular el mundo y poder recrearlo a nuestros intereses particulares, pero los avances de la tecnología computacional han permitido tales acciones como diseñar ambientes virtuales con apego a nuestros contextos.

Marco contextual.

En el presente apartado se han considerado aspectos para la comprensión histórica-artística y cultural del objeto de estudio, y que le sustentan en cierta medida, hacia un nuevo modelo de preservación documental y digital del patrimonio edificado.

Visiones del neogótico en México.

Comenzando con el historicismo, se define como una tendencia arquitectónica de finales del Siglo XVIII y que intenta recuperar las formas arquitectónicas de otras civilizaciones, creando los llamados “neos”; afirma Rodrigo en su artículo *Arquitectura del Siglo XIX: Historicismos, Eclecticismos, nuevos materiales y urbanismo*. (2007, pág. 1). Sobre la historia del nacimiento del estilo neogótico se tiene que:

El neogótico surge tradicionalmente en ambientes románticos de exaltación medieval y de formas místicas que se desarrollan durante la segunda mitad del Siglo XVIII en Gran Bretaña y que de ahí pasan al continente europeo, a Estados Unidos y a Latinoamérica (*Visiones del neogótico mexicano: el Templo del Sagrado Corazón de Jesús en León (1921-2009)*, pág. 1).

Checa Artasu argumenta que la arquitectura neogótica en México resurge en la primera mitad del siglo XIX, en la construcción de edificios religiosos buscando una identidad arquitectónica nacional y de igual manera, responde al conflictivo papel de la Iglesia contemporánea y a los trances entre el poder político y el clero católico.

Ratificando lo anterior, se tiene que el estilo neogótico trajo la redefinición de algunos conceptos teológicos y la aparición de nuevas advocaciones, reforzando el culto al Sagrado Corazón de Jesús y ligado a éste, surge el concepto de la expiación; como lo ha declarado Zamora Ayala (2011, pág. 13) en su artículo *Neogótico en León, Gto. Santuario Expiatorio del Sagrado Corazón de Jesús*.

Un inmueble religioso neogótico para la ciudad leonesa.

El 20 de enero del año 1576 se marca la fecha de fundación de la ciudad de León Guanajuato, bajo el nombre de Villa de León, a cargo de Martín Enríquez de Almansa; para el año de 1830 se denominada oficialmente León de los Aldama en honor a los hermanos insurgentes de la guerra de Independencia, Juan e Ignacio Aldama (INEGI, 2010).

Siguiendo, Artasu (2011, pág. 7) y sobre la historia del inmueble, relata que para el 15 de septiembre del año 1920, el Padre Bernardo Chávez Palacios, Secretario de la Diócesis de la ciudad, propone y comparte la idea de la construcción de un Templo en honor al Sagradísimo Corazón de Jesús con el Obispo Don Emeterio Valverde y Téllez, en *Visiones del neogótico mexicano: el Templo del Sagrado Corazón de Jesús en León (1921-2009)* (2011, pág. 7), aceptándose la idea y el nombre oficial de la edificación: Templo Expiatorio del Sagrado Corazón de Jesús, como lo refiere Orquidea (2019) en su artículo *El majestuoso Templo del fin del mundo*. La colocación de la primera piedra de la edificación se da el 20 de junio de 1920 y su ceremonia el 8 de julio de 1921 a cargo del Obispo Valverde y Téllez, mencionado ello, en el artículo de NTR Periodismo Crítico (2016) *Templo Expiatorio, símbolo de identidad religiosa para los leoneses*. Como un dato especial, la construcción del Templo Expiatorio fue lograda gracias a las donaciones que familias leonesas hicieron a través de limosnas y de numerosas piedras para su edificación, en las que grabaron sus nombres y dedicatorias al Sagrado Corazón de Jesús, información complementada de *Redacción Descubre León* (2019) en su artículo *Templo Expiatorio*.

Descripción arquitectónica general del Templo Expiatorio.

El Templo Expiatorio ocupa una superficie de tres mil trescientos setenta y cinco metros cuadrados, y su planta es de forma de cruz latina, su ancho mide 45.00 metros y su longitud 75.00 metros; la edificación está orientada sobre el eje norte – sur, teniendo su acceso principal al sur sobre la actual avenida Madero del Centro Histórico de la ciudad. La planta principal posee tres naves, dos laterales y una central. En el alzado sobresale en una altura de 40.00 metros del piso a techo; su techumbre está conformada por una bóveda del tipo de crucería, con bases cuadradas y rectangulares del tipo sexpartita; y las naves laterales presentan su respectivo deambulatorio. Sobre el estilo neogótico se perciben vanos con arcos apuntados u ojivales, bóvedas de crucería (ya mencionadas), en su estructura hacia el exterior se aprecian en contrafuertes cuya función es desplazar el peso de la bóveda al suelo, siendo coronados con pináculos, los muros se cierran con ventanales, de estructura alargada en forma ojivales y vitrales de colores que sirven como vehículo de difusión de conceptos teológicos en la psicología del receptor. De las puertas de la fachada del Templo se tiene como autor, al Escultor y Arquitecto Mexicano José Carlos Ituarte González, sus bastidores son de hierro, fundidos en la ciudad de Monterrey y forrados con hojas de bronce esculpidas en sobre relieve con motivos religiosos, dichas puertas monumentales son únicas en la República Mexicana y son las esculturas más grandes del mundo elaboradas en bronce, instaladas en puertas de Iglesia y para fortuna se ostentan en un estilo gótico, como nos menciona Navarro Valtierra (2007).

Los elementos arquitectónicos seleccionados para la presente propuesta, y que básicamente conforman el acceso principal en la fachada sur, son los siguientes con sus respectivas descripciones:

- I. La arquivolta es la cara frontal de un arco, con labrados ornamentales, inscritos unos dentro de otros y ocupando el grosor del parámetro en derrame, con proyección espacial creciente hacia el exterior del paño, con el fin de organizar una portada abocinada o de coronar un vano. El gótico la elevará a cotas acordes con la majestuosidad y tamaño de sus inmensas catedrales. (Glosario ilustrado de arte arquitectónico, 2015).
- II. El tímpano es un elemento casi exclusivo de las iglesias, mayoritario en la arquitectura románica y gótica. Es la porción de muro resultante de montar un arco, sobre el dintel de una puerta. Está conformado casi siempre de relieves, pinturas y mosaicos, o bien estar vacío. (Glosario ilustrado de arte arquitectónico, 2016). El Tímpano de la puerta principal del Templo en referencia, está trabajado con diseños del escultor Ponzanelli, presenta esculturas en mármol sobre el origen de la Devoción al Sagrado Corazón de Jesús, en él se puede leer "He aquí el corazón con el que tanto ha amado a los hombres". (Valtierra, 2007).
- III. Los capiteles son un elemento arquitectónico que se dispone en la parte superior de la columna, pilar o pilastra, que las corona con forma y ornamentación distintas, según el estilo de arquitectura a que corresponde, actuando como pieza de transición entre dos partes constructivas tan diferentes como aquellas entre las que se interpone. (Galán & Cayuela, 2006). Sobre los componentes del capitel en el Templo de estudio, se pueden distinguir tres componentes bien diferenciados: el tambor o cesta que forma el cuerpo del capitel y que cuenta con detalles dentículos de tipo vegetal; el ábaco y el astrágalo que son lisos. El astrágalo se considera parte del fuste pero en la práctica no es sino una moldura tallada en la base del tambor. (Miguel, 2014).
- IV. El fuste es la parte de la columna que se encuentra entre el capitel y la basa. En arquitectura, la basa es la parte inferior de la columna, que tiene como fin servir de punto de apoyo al fuste, ampliando aquel, y está compuesto generalmente por molduras y postrado sobre las escalinatas de acceso al Templo. (Pérez, 1990).

Sobre la importancia de los Ambientes virtuales en la educación y la preservación del Patrimonio.

Sobre la implementación global de las Tecnologías de la Información y la Comunicación de encontró qué influyen en todas las esferas de la vida social, incluso en instituciones como los museos, que están experimentando cambios en donde la virtualización y la interacción entre el objeto virtual y el sujeto se convierten en una novedosa y eficiente herramienta para los procesos de enseñanza, en las experiencias significativas de aprendizaje y en las nuevas maneras alternativas de resolver problemas, como lo menciona Elisondo & Melgar (2015, pág. 12) en su artículo *Museos y la Internet: contextos para la innovación*.

Así mismo, los centros museísticos que cuentan con recorridos virtuales, permiten una labor distinta en lo didáctico y lo educativo ante la posibilidades de interacción con los visitantes; según Nieto Acevedo, López Quintero &

González Clavijo (2015, pág. 85) en su publicación *Recorrido Virtual en Tercera Dimensión de la Sede Principal en una Universidad de Bogotá*, un recorrido virtual es una forma fácil, divertida e interactiva de ver un espacio, te da la experiencia de estar inmerso en él, puedes moverte por el lugar y observar todo lo que te rodea en primera persona, es decir, como si estuvieras visitando realmente el sitio. Siguiendo; el hecho de que se cuente con la oportunidad de acceder a este tipo de aplicaciones en sitios culturales y educativos como los museos, ayuda mucho con el estudio sin importar el nivel, ya que este tipo de aplicaciones interactivas garantizan una mejor forma de aprendizaje, no solo más entretenida sino también mucho más fácil, explican Nieto Acevedo, López Quintero & González Clavijo (2015, pág. 85). Hoy en día, en las sociedades más desarrolladas se han atacado mucho los temas y conceptos de ocio y cultura, y en el ámbito patrimonial y de conservación se ha marcado a nuestra sociedad. Para ello, La Doctora Bellido Gant y el Licenciado Ruiz Torres (2014, pág. 1) explican en su artículo *Los museos de los nuevos medios: virtualidad e interacción como nuevos paradigmas del conocimiento y la difusión* que tecnología y patrimonio son términos que antes se veían como dos contextos muy alejados y que hoy nos damos cuenta de que son indispensables uno del otro y los hacemos realidad para así poder llevar a cabo la conservación de dichos lugares emblemáticos.

Sobre la motivación además, del presente trabajo, se tiene lo emitido en el tema de la preservación y conservación del patrimonio del Instituto Tecnológico de Monterrey, donde la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) considera Patrimonio de la Humanidad, a diversos sitios del mundo que poseen un inmenso valor por su historia, relevancia para la humanidad y por su majestuosidad arquitectónica; por lo cual, es de suma importancia conservar su imagen para las futuras generaciones o bien, que en caso de destrucción e incluso deterioro, sea posible su restauración. Es por ello que el modelado y la virtualización también forman parte de la postura de la UNESCO.

Marco teórico: El *Tekné* del modelado en tercera dimensión.

Las técnicas de modelado 3D hoy día son diversas y sujetas a una constante evolución tecnológica. El programa de formación abierta, flexible y a través de internet promovido por el Ministerio de Educación y Formación Profesional de España describe las técnicas más utilizadas para la construcción del modelo 3D del presente proyecto, las cuales comprenden:

- Modelos representados por polígonos.

Los polígonos son uno de los principales sistemas utilizado por el ordenador para representar cualquier estructura. Por ejemplo: un cubo tiene 6 caras cuadradas y cada una de ellas es un polígono, una pirámide se compone de 4 polígonos triangulares y un polígono cuadrangular en su base, incluso una esfera también se representa mediante polígonos como se puede observar en los balones de fútbol que se compone de 12 pentágonos y 20 hexágonos.

- Modelado de caja (*Box modeling*).

Es la técnica más conocida que se fundamenta a partir de una figura prediseñada sencilla, es decir, una figura primitiva; después se añade geometría en forma de vértices y caras que hacen que el volumen gane forma y detalles.

- Modelado escultórico (*sculpt modeling*).

Requiere comenzar con una figura primitiva, pero la geometría se añade simulando una presión, estiramiento o aplastamiento en la malla 3D generando volumen y forma, como si se estuviera trabajando con arcilla.

Sobre el recorrido virtual

Ulldemolins menciona en su libro *Animación 3D: Recorridos virtuales* (2011, pág. 5) que un recorrido virtual es una simulación de un lugar virtual compuesto por una secuencia de imágenes. Algunos de los usos y aplicaciones comprenden la previsualización internas y externas de proyectos arquitectónicos. Con el uso de la tecnología computacional, se puede contar con experiencias que permiten tener una sensación más creíble e interactiva con escenas en las que el usuario se deslaza en la interfaz, para ello Arevalo y Trujillo (2017) propone una metodología de dos fases para recorridos virtuales, de donde se apoyará para la presente propuesta:

Fase 1: La generación del modelo tridimensional.

En ella, se realizan los procesos de modelado a través de las herramientas ofrecidas por el software utilizado, para el caso se ha utilizado el software Maya de Autodesk; de donde a través de referencias se realiza el modelado en tercera dimensión (3D) necesarios para desarrollar el espacio. El modelado se construye tomando en cuenta tamaños y dimensiones que corresponden para cada estructura, para enseguida dotarles de texturizados.

Fase 2: La exportación de los modelos 3D a un motor de videojuegos.

En este ambiente se realizan las adecuaciones para el terreno y se acoplan las estructuras y formas modeladas en 3D ya generados. Luego de ello se podrá añadir detalles que enriquecen como cielo, luz, sonido, ambientación, vegetación entre otros aspectos; para proceder a la programación interactiva para con el usuario, verificando que el funcionamiento sea correcto para crear el archivo ejecutable .exe.

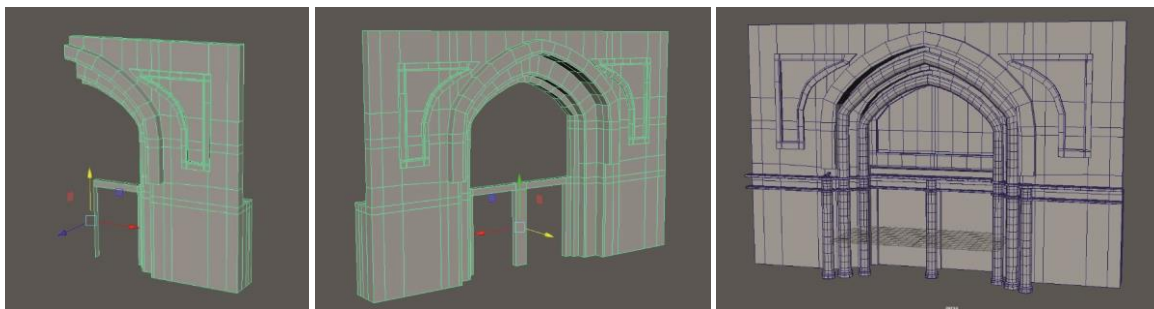
2. Métodos.

El tipo de aprendizaje empleado es el E-Learning que se refiere al aprendizaje basado en internet, que cuando se interactúa con él se conoce como aprendizaje aumentado. El contenido digital aumentado puede incluir texto, imágenes, video, audio (música y/o voz), que al personalizar la información, se ha demostrado que el aprendizaje aumentado mejora el rendimiento de aprendizaje durante toda la vida (*Estilos de aprendizaje y métodos de enseñanza*, pág. 14). Un tipo de E-Learning más difundido es el aprendizaje móvil (M-Learning) el cual utiliza diferentes equipos de telecomunicaciones móviles.

La propuesta de este trabajo se sustenta en la teoría de aprendizaje constructivista, la cual ve el aprendizaje como un proceso en el que se construyen nuevas ideas o conceptos y que permite experimentar un ambiente de primera mano, por lo tanto, dando un conocimiento confiable, como menciona Sáez López (2018, pág. 9) en su escrito *Estilos de aprendizaje y métodos de enseñanza*.

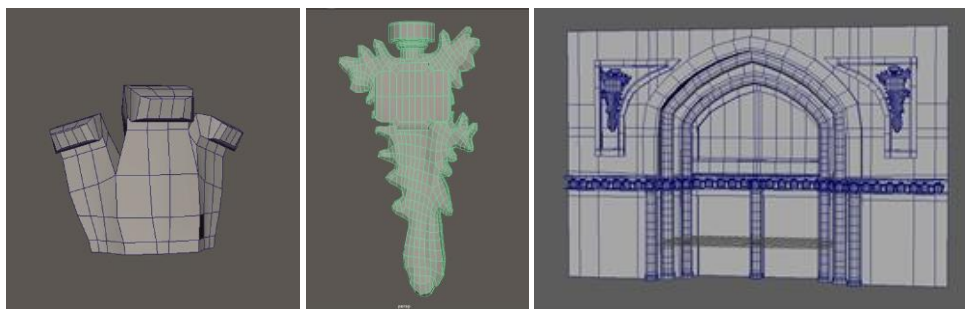
3. Desarrollo.

Primeramente, se realizó un levantamiento fotográfico e identificación de los componentes que integran el acceso principal del Templo Expiatorio, procediendo a escalar las dimensiones proporcionalmente, y así mismo, las fotografías de los componentes permitieron registrar visualmente sus texturas. El programa utilizado para el modelado es en licencia educativa Autodesk Maya 2016, dedicado al desarrollo de gráficos 3D en una plataforma de gran amplitud de funciones creativas y que se caracteriza por su potencia y las posibilidades de expansión y personalización de su interfaz y herramientas. El proceso para la realización del acceso principal del Templo en 3D inicia con la creación de formas básicas, en este caso un prisma rectangular, sujeto a extracción en sus caras hasta llegar a la forma deseada. Para hacer el proceso más rápido se modeló la mitad del elemento arquitectónico y una vez concluido se duplicó la pieza espejeando sobre el eje x, logrando la vista completa, como se observa en la secuencia de las figuras 1, 2 y 3 siguientes:



Figuras 1, 2 y 3. Capturas de pantalla del modelado inicial y parcial de la portada, para su espejeado con eje simétrico que le completará; nótese la incorporación de detalles volumétricos como la arquivolta y su serie de columnas presentes en el primer cuerpo de la edificación.

Sobre el detalle de ciertos ornamentos y su modelado, en la siguiente serie de figuras se muestran las mallas tridimensionales que le han configurado.



Figuras 4, 5 y 6. Construcción de ornamentos vegetales situados sobre los tableros izquierdo y derecho superiores, en forma de polígonos mixtos, y adjuntos al acceso principal.

Otro de los recursos tecnológicos empleados, es el software de edición de fotografías y gráficos rasterizados *Photoshop CC 2015* también con licencia educativa, en donde se detallaron las imágenes de las texturas utilizados para los elementos integrados al acceso principal del Templo. Para el proceso del texturizado de los elementos 3D, se procedió además el uso del programa educativo de texturizado *Substance painter*, agregando materiales usados en la edificación; así mismo, con ayuda de máscaras se pintó sobre el modelo con la finalidad de lograr el detallado de los relieves que están presentes. Una vez finalizado el modelado 3D en el software *Autodesk Maya* se procedió a exportar cada elemento en formato .FBX. Posteriormente, fue necesario crear para la interfaz, el diseño de una portada para su visualización a nivel pantalla por parte de los usuarios, incorporando las instrucciones y descripciones respectivas de los elementos que configuran al objeto de estudio, para una siguiente acción que consistió en su exportación en formato .jpg; esto en el software *Adobe Illustrator CC 2015*. Finalmente, se importaron las imágenes y el modelo 3D al motor de videojuegos *Unity* (con licencia personal) para proceder a crear la interfaz de la herramienta, exportando el proyecto finalizado en el formato ejecutable .exe. Ver figuras 7, 8 y 9.



Figuras 7, 8 y 9. La 7 señala el montaje en *Unity* de los elementos modelados en 3D. La 8 representa el modelo 3D generado del acceso principal del Templo Expiatorio. La 9 muestra la descripción de uno de los componentes conocido como el tímpano.

Para los usuarios se pretende que a través de una página web determinada, pueda ser descargado el ejecutable del recurso cultural creado, para utilizarse con sus medios tecnológicos accesibles a cualesquier usuario.

Conclusión.

El Templo Expiatorio del Sagrado Corazón de Jesús ha sido motivo de inspiración para el uso de los nuevos medios y específicamente del arte digital, tipología del arte como formación profesional y en el rol de estudiantes de quienes suscriben, acción hacia el exterior, que se desprende hacia el ámbito cultural y artístico, en una experiencia que retroalimenta a los autores y contribuye a la difusión del conocimiento virtual sobre el tema de las edificaciones catalogadas como patrimonio arquitectónico monumental, asunto que requiere también de una preservación virtual y para quienes integran nuestra sociedad en cualquier perfil formativo. La interfaz desarrollada posee un impacto de carácter económico e inclusivo para todo tipo de personas, ya que con el uso de las nuevas tecnologías para la virtualización, se accede desde espacios físicos a distancia, permitiendo a los usuarios conocer detalles importantes del recinto patrimonial. Por tal motivo, se pretende una siguiente fase del proyecto, el modelar el recinto en su totalidad e implementar el recorrido virtual en su exterior y posteriormente a través de su interior. Finalmente, este trabajo permitió comprobar la responsabilidad y sensibilidad del estudiante de artes digitales, para participar en labores que involucran a la historia, al arte, las tecnologías computacionales con la preservación del patrimonio edificado de nuestro país.

Referencias bibliográficas.

Afanador Castañeda, A. (2010). *La importancia del mundo virtual en la enseñanza y aprendizaje. "AVA para el contenido de Genética". Escritos sobre la Biología y su Enseñanza., 3.* Recuperado el 2019, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKEwiNkdfb9cnmAhVM->

[6wKHRkoAoMQFjADegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.formaciondocente.com.mx%2F04_RincónTecnología%203AmbientesVirtuales%20La%20Importancia%20del%20Mundo%20Virtual%20en%20la%20Enseñanza%20y%20Aprendizaje.pdf&usg=AOvVaw35ZIHm8kTdxPzroml6lthi](http://www.formaciondocente.com.mx/2017/04/RincónTecnología%203AmbientesVirtuales%20La%20Importancia%20del%20Mundo%20Virtual%20en%20la%20Enseñanza%20y%20Aprendizaje.pdf)

Arevalo, J. M., & Trujillo, W. D. (2017). *Desarrollo de una aplicación que ofrezca un recorrido virtual de la universidad de cundinamarca sede fusagasugá, basado en tecnologías unity 3d, blender y herramientas de realidad aumentada.* Fusagasugá.

Artasu Checa, M. M. (Enero-Abril de 2011). *Visiones del neogótico mexicano: el Templo del Sagrado Corazón de Jesús en León (1921-2009).* *Boletín de monumentos históricos*, 1-19. Recuperado el 13 de Enero de 2019, de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiG9K-O98nmAhVLiqwKHfpmDvEQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fprofile%2FMartin_CHECA_ARTASU%2Fpublication%2F229085115_CHECA-ARTASU_Martin_2011_Visiones_del_neogotico_mexicano_el_templo_del_Sagrado_Corazon_de_Jesus_en_Leon_Guanajuato_1921-2009_Boletin_de_monumentos_historicos_n_21_Enero-Abril_2011_Coordinacion_nacional%2Flinks%2F0912f50023a5406313000000%2FCHECA-ARTASU-Martin-2011-Visiones-del-neogotico-mexicano-el-templo-del-Sagrado-Corazon-de-Jesus-en-Leon-Guanajuato-1921-2009-Boletin-de-monumentos-historicos-n-21-Enero-Abril-2011-Coordinacion-na.pdf&usg=AOvVaw3VT9cFK3dyX4pqNrb0gTU

Badia. (2006). *Ayuda al aprendizaje con tecnología en la educación superior.* *Universidad y Sociedad del Conocimiento.* Recuperado el 2019.

Bellido Gant, M. L., & Lic. Ruiz Torres, D. (2014). *Los museos de los nuevo medios: Virtualidad e interacción como nuevos paradigmas del conocimiento y la difusión.* *Universidad de Granada (España).* Recuperado el 29 de Marzo de 2019, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiD17f0sqniAhUDHqwKHYCjCc0QFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ugr.es%2F~mbellido%2FPDF%2F005.pdf&usg=AOvVaw1OevVGn4sjjwbECABi44dP>

Elisondo, R., & Melgar, M. F. (2015). *Museos y la Internet: contextos para la innovación.* *Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.* Recuperado el 29 de Marzo de 2019, de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjmzblUtanAhVM1qwKHSuXBkAQFjACegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdes_carga%2Farticulo%2F5327861.pdf&usg=AOvVaw3hxlfc_7JR0mcMHpEKq1VX

Galán, J. L., & Cayuela., N. L. (2006). *Diccionario general de la lengua española.* ISBN 3125174740. Recuperado el 2019.

Glosario ilustrado de arte arquitectónico. (6 de Diciembre de 2015). Obtenido de <https://www.glosarioarquitectonico.com/glossary/arquivolta/>

Glosario ilustrado de arte arquitectónico. (2 de Enero de 2016). Obtenido de <https://www.glosarioarquitectonico.com/glossary/timpano/>

Inegi, C. d. (2010). *Principales resultados por localidad (ITER): Guanajuato: León, Silao.* INEGI. Recuperado el 2019, de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/?ps=herramientas>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Archivo histórico de localidades. (INEGI).* Obtenido de <https://web.archive.org/web/20150624042449/http://geoweb.inegi.org.mx/AHL/realizaBusquedaurl.do?cvege=110200001>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010).** *Principales resultados por localidad 2010 (ITER)*. Obtenido de <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=nacion&ent=11&mun=020>
- Kraus, G., Zubenko, Y., Lage, F., & Cataldi, Z. (2002).** *La preparación de los docentes en nuevas tecnologías ante el cambio de educación presencial a educación a distancia en facultades de ingeniería. Congreso Internacional de Didáctica de la Ciencias. La Habana 12-17 de febrero*. Recuperado el 2019, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjwgsTI98nmAhVDQKwKHWi-DqkQFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Flaboratorios.fi.uba.ar%2Fvie%2Frevista%2Farticulos%2F010100%2FA5%2520set%25202003.pdf&usg=AOvVaw2QyZzGnDu6MwMl9fhDyhd0>
- López, J. M. (2 de Mayo de 2018).** *Estilos de aprendizaje y métodos de enseñanza*. 16. Recuperado el 2019, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=2ahUKEwihybjv4MnmAhUFO60KHQQAAG4QFjAlegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fportal.uned.es%2FPublicaciones%2Fhtdocs%2Fpdf.jsp%3Farticulo%3D2330249MR01A01&usg=AOvVaw0I7vqVDIIIIL-uTTHm4bIEf>
- Marqués, P. (2000).** *Los medios didácticos. Didáctica y multimedia, DIM. Universidad Autónoma de Barcelona*. Recuperado el 20 de Febrero de 2019, de <https://pangea.org/peremarques/medios.html>
- Miguel, A. T. (17 de Marzo de 2014).** *La frontera del duero*. Recuperado el 2019, de <http://www.lafronteradelduero.com/Paginas/glosario/capitel/capitel.html>
- Navarro Valtierra, C. A. (2010).** *Llegar a ser. Monografía del Municipio de León*. Guanajuato Gobierno del Estado. Recuperado el 1 de Febrero de 2019, de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi0yIDMrr_iAhVPO6wKHdVNBqQQFjABegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fportalsocial.guanajuato.gob.mx%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fdocumentos%2F2010_CEOCB_monografia%2520Leon.pdf&u
- Nieto Acevedo, Y. V., López Quintero, J. F., & González Clavijo, C. C. (2015).** *Recorrido Virtual en Tercera Dimensión de la Sede Principal en una Universidad de Bogotá. Corporación Unificada Nacional (CUN) y Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)*. Recuperado el 20 de Mayo de 2019, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=2ahUKEwi6k9j56KviAhUP16wKHdCIAR4QFjAJegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Ffoaji.net%2Fpdf.html%3Fn%3D2017%2F5082-1501189744.pdf&usg=AOvVaw27EoRCvr02jXJtx8W5xQaE>
- NTR Periodismo Crítico. (2016).** *Templo Expiatorio, símbolo de identidad religiosa para los leoneses*. Recuperado el 6 de Febrero de 2019, de <http://ntrzacatecas.com/2016/10/26/templo-expiatorio-simbolo-de-identidad-religiosa-para-los-leoneses/>
- Orquidea, M. (2019).** *El majestuoso Templo del fin del mundo. Entorno Turístico*. Recuperado el 6 de Febrero de 2019, de <https://www.entornoturistico.com/el-majestuoso-templo-del-fin-del-mundo/>
- Pérez, R. L. (1990).** *Léxico de arte*. Madrid, España. p. 87. ISBN 978-84-460-0924-5. Recuperado el 2019.
- Redacción Descubre León. (2019).** *Templo Expiatorio. Descubre León*. Recuperado el 8 de Febrero de 2019, de <http://www.descubreleon.mx/atracciones/Templo%20Expiatorio%20>
- Rodrigo, I. (2007).** *Arquitectura del Siglo XIX: Historicismos, Eclecticismos, nuevos materiales y Urbanismo*. Recuperado el 8 de Febrero de 2019, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj10oj-rKniAhUOR6wKHXdcbQMqFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.uclm.es%2FPROFESORAD>

[O%2Firodrigo%2FArquitectura%2520segunda%2520mitad%2520del%2520XIX.%2520Eclecticismo%2](#)

Ulldemolins, Á. (22 de Febrero de 2011). Animación 3D: Recorridos virtuales. 5. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiNhsKO-MfmAhVOnq0KHUpjCgEQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.exabyteinformatica.com%2Foc%2FInformatica%2FAnimacion_3D%2FAnimacion_3D_\(Modulo_5\).pdf&usg=AOvVaw3CUDoW](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiNhsKO-MfmAhVOnq0KHUpjCgEQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.exabyteinformatica.com%2Foc%2FInformatica%2FAnimacion_3D%2FAnimacion_3D_(Modulo_5).pdf&usg=AOvVaw3CUDoW)

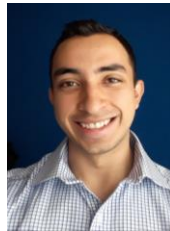
Valtierra, C. A. (2007). *El gigante de la Madero*. Recuperado el 2019.

Zamora Ayala, V. D. (2011). *Neogótico en León, Gto. Santuario Expiatorio del Sagrado Corazón de Jesús. Asociación de Instituciones de Enseñanza de la Arquitectura de la República Mexicana.*(38), 52-63. Recuperado el 2019

Información de los autores.



Mariana Aguilar Calderón. Estudiante del noveno semestre del Programa Educativo de la Licenciatura en Artes Digitales de la División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato (2019).



Héctor Adrián Estrada Salazar. Estudiante del noveno semestre del Programa Educativo de la Licenciatura en Artes Digitales de la División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato (2019).



José Armando Pérez Crespo. Egresado de la Licenciatura en Arquitectura del Instituto Tecnológico de Querétaro, SEP; miembro del Colegio de Arquitectos de Salamanca Asociación Civil; reconocimiento como profesionista del año (2017) por la Dirección General de Profesiones y el Gobierno del Estado de Guanajuato. Master en Administración Educativa por la Universidad de la Salle Bajío; Doctorado en Artes por la Universidad de Guanajuato; profesor asociado al Departamento Arte y Empresa de la División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato; y Candidato a Investigador del Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt. Líneas de investigación: Arte y Educación.

Prototipo de redes neuronales artificiales de clasificación binaria con una sola etiqueta para la detección del trastorno depresivo mayor e ideación suicida.

Prototype of artificial neural networks of a binary classification with a single label for the detection of major depressive disorder and suicidal thoughts.

Ricardo de Jesús González Morales (1).
Estudiante, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
116270775@tuxtla.tecnm.mx.

Rafael Antonio Bolaños Camaras (2), estudiante, TecNM/ITTG, 116270740@tuxtla.tecnm.mx.

Aída Guillermina Cossío Martínez* (3), TecNM/ITTG, aida.cm@tuxtla.tecnm.mx.

Héctor Guerra Crespo (4), TecNM/ITTG, hector.gc@tuxtla.tecnm.mx.

Germán Ríos Toledo (5), TecNM/ITTG, german.rt@tuxtla.tecnm.mx.

Galdino Belizario Nango Solís (6), TecNM/ITTG, galdino.ns@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 24, 2020; aceptado en diciembre 17, 2020.

Resumen.

Este trabajo presenta el diseño de un sistema de 2 redes neuronales artificiales conectadas a una aplicación web para la detección del trastorno depresivo mayor y suicidio, mediante salidas probabilísticas derivadas de cada una de las redes neuronales. El modelo implementa redes neuronales tipo feedforward de clasificación binaria con una sola etiqueta. En el proceso de aprendizaje, se emplean valores obtenidos de exámenes realizados por psicólogos y psiquiatras, para diagnosticar los trastornos en un individuo mediante el Inventario Depresivo de Beck. Dicho diagnóstico será realizado mediante el llenado de un formulario en la aplicación web, el cual pasará los datos a las redes neuronales para realizar la predicción y obtener el resultado del diagnóstico. La aplicación, así como las redes neuronales, son desarrolladas en lenguaje Python. Los resultados indican que después del entrenamiento y afinación, las redes neuronales detectan con un 96% de precisión patrones depresivos y suicidas en datos de pacientes que no fueron usados durante la fase de validación, por lo que se concluye que el sistema es capaz de predecir estos trastornos eficazmente en cualquier individuo.

Palabras clave: Trastorno depresivo mayor, suicidio, Django, Python, redes neuronales.

Abstract.

This work presents the design of a system of 2 artificial neural networks connected to a web application for the detection of major depressive disorder and suicide, through probabilistic outputs derived from each of the neural

networks. The model implements feedforward type neural networks of binary classification with a single label. In the learning process, values obtained from tests carried out by psychologists and psychiatrists are used to diagnose disorders in an individual using the Beck Depressive Inventory. This diagnosis will be made by filling in a form in the web application, which will pass the data to the neural networks to make the prediction and obtain the result of the diagnosis. The application, as well as the neural networks, they are developed in the Python language. The results indicate that after training and tuning, neural networks detect depressive and suicidal patterns with 96% accuracy in patient data that were not used during the validation phase, so it is concluded that the system is capable of predicting these disorders effectively in any individual.

Keywords: Major depressive disorder, suicide, Django, Python, neural networks.

1. Introducción.

Según la Organización Mundial de la Salud (2019), el Trastorno Depresivo Mayor es un trastorno mental bastante frecuente que tiene como sintomatología, la tristeza, la pérdida de interés o placer, sentimiento de culpa, falta de concentración y baja autoestima. Puede llegar a hacerse crónico y recurrente, dificultando el desempeño y calidad de vida de la persona en todos los ámbitos; en la escuela, con la familia y en las relaciones interpersonales. En México, la Secretaría de Salud nos indica que el Trastorno Depresivo Mayor se manifiesta a través de varios síntomas, como una respuesta a largos periodos de estrés y angustia. Existen multitud de factores que están asociados a la depresión y ansiedad. Es difícil que un paciente pueda detectar tempranamente la depresión, regularmente puede llegar a ser confundido con la tristeza, sin embargo, es de vital importancia poder detectarla a tiempo, para que ésta no se convierta en un trastorno permanente. La diferencia entre la tristeza y la depresión es que los síntomas suelen ser más graves, persistentes, e intensos. Este trastorno tiene como tratamiento, la psicoterapia, la cual consiste en ejercicios de relajación, que de manera conjunta ayudan a disminuir los síntomas de tristeza, ansiedad y melancolía, además de que aportan calma y mayor control en situaciones de estrés (IMMS, 2019).

Son los jóvenes de edades comprendidas entre 15 a 29 años y en su mayoría pertenecientes a instituciones escolares los que suelen desarrollar este tipo de problemas, y uno de los mayores retos a los que Chiapas se enfrenta es que no todas las instituciones poseen un psicólogo laborando dentro de ellas, además, la cantidad de especialistas en psiquiatría y psicología en nuestro estado es pequeña comparada con la población que se enfrenta a estos trastornos. Aunado a esto, cuando se habla del Trastorno Depresivo Mayor, en una etapa crónica o catatónica, el paciente necesita de medicamentos antidepressivos, e inclusive se puede llegar hasta el grado de hospitalizarlo en algún centro de salud mental por su seguridad, debido a que algunos presentan pensamientos suicidas que, las personas a su alrededor no pueden detectar (OMS, 2019).

Se reconoce al suicidio como una de las prioridades de salud pública. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) asegura que, alrededor de 800 000 personas en todo el mundo, cometen suicidio cada año, además que, por cada caso que se registra, existe más personas que intentan suicidarse y fallan. Es importante recalcar que el suicidio es la segunda causa principal de muerte en personas de entre 15 a 29 años de edad. Está comprobado que el 79% de los suicidios son producidos en países con una economía baja o mediana, en los cuales, mayormente, las personas se suicidan a través de la ingesta de plaguicidas, ahorcamiento o armas de fuego. El suicidio es considerado un grave problema de salud pública, debido a que no existe un grupo específico de personas a las que se les atribuya esta acción, puede ser realizado impulsivamente, en algún momento de crisis que nubla el juicio de las personas, así como su capacidad de afrontar sus problemas. Sin embargo, las tasas de suicidio son elevadas, en aquellos grupos que sufren algún tipo de discriminación, ya sea migrantes, refugiados, comunidad LGBT, personas con discapacidades, comunidades indígenas, jóvenes en edad escolar que sufre de bullying, e incluso la presión de las redes sociales y sus “challenges”. Aún quedan muchos retos para que las personas, reconozcan al suicidio como un trastorno tratable o del que se necesite ayuda profesional. Existen mucho tabúes alrededor de este, que impide que las personas con ideas suicidas busquen ayuda a tiempo, debido a que no se cree que sea un problema de prioridad.

Además, la Secretaría de Salud en México, ve al suicidio como un tema prioritario en las agendas locales de salud pública, y debido a esto, realizan distintos seminarios que tienen como principal objetivo el propiciar un espacio de reflexión en el que aquellos participantes, puedan reconocer factores sobre este tema. No solamente existen estos seminarios, de igual forma para poder superar los retos más importantes de este trastorno (como el estigma o la discriminación) se estableció diseñar y desarrollar modelos para promover la implementación de los servicios psicológicos y psiquiátricos, en aquellos centros que no cuenten con esta ayuda (IMMS, 2019).

El objetivo principal de este sistema de redes neuronales es que, a partir de diagnósticos realizados previamente por psicólogos, detectar si el paciente presenta el trastorno depresivo mayor y/o pensamientos suicidas, con el fin de poder canalizarlo a una clínica especializada, además de detectar los factores de mayor peso que atribuyen a estos trastornos. Estos factores pueden ser de diferente índole, ya sean económicos, sociales, o inclusive religiosos, y que no todos los pacientes presentan en conjunto.

El sistema ayuda a:

1. Psicólogos que estén en instituciones educativas y de servicio que no cuentan con una especialidad en el ámbito de Trastorno Mayor Depresivo, les proporciona un diagnóstico, donde pueda determinar si el paciente padece del trastorno y de ideación suicida, para asignar terapias o indicar el apoyo médico de un psiquiatra.
2. Psiquiatras, como un segundo diagnóstico y que pueda determinar un tratamiento, en su defecto para asegurar la respuesta a todas las necesidades psiquiátricas, del paciente.

2. Métodos.

Redes Neuronales.

Matich (2001) nos explica:

Las redes neuronales son otra forma de emular ciertas características propias de los humanos, tales como la capacidad de memorizar y asociar hechos. Si se examinaran con atención todos los problemas que no son capaz de expresar su contenido en un algoritmo hay una característica en común: la experiencia. En sí, las redes neuronales no son más que un modelo artificial y simplificado del cerebro humano. (pág. 4)

Esto mismo hace que sea una herramienta útil para nuestro sistema, ya que un diagnóstico se basa en la experiencia previa del psicólogo o psiquiatra para dar un resultado con el cual se puede determinar si una persona tiene o no depresión y la terapia a seguir. Para el funcionamiento correcto de una red neuronal, se necesita de los conjuntos de datos guardados en bases de hechos, que son archivos que contienen toda información con la que será entrenada la red.

Las redes neuronales pueden ser clasificadas según el tipo de aprendizaje (supervisado, no supervisado), el tipo de aplicación y la arquitectura de la conexión (monocapa, multicapa). Una de las principales características de las redes neuronales, es su capacidad de aprendizaje; a la hora de entrenar la red neuronal, se busca conseguir que una aplicación determinada para un conjunto de entradas, produzca el conjunto de salidas deseadas o mínimamente consistentes. Este proceso de entrenamiento es llevado a cabo mediante la aplicación secuencial de diferentes conjuntos o vectores de entrada para que se ajusten los pesos de las interconexiones según un procedimiento predeterminado.

En las redes neuronales artificiales existen dos capas con conexiones, con el mundo exterior. Una capa de entrada, donde se presentan los datos a la red, y una capa de salida que mantiene la respuesta de la red a una entrada. El resto de las capas reciben el nombre de capas ocultas. La Figura 1, muestra el aspecto de una red neuronal artificial multicapa.

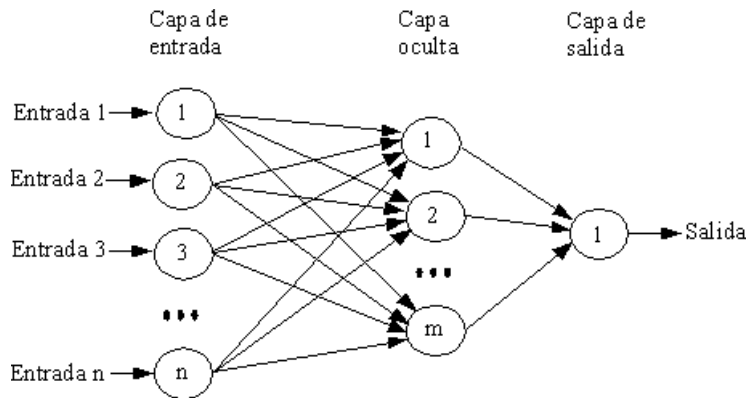


Figura 1. Arquitectura de una Red Neuronal Artificial Multicapa.

Red neuronal prealimentada (Feed-forward).

Una red neuronal prealimentada es una red neuronal artificial donde las conexiones entre las unidades no forman un ciclo.

La red neuronal prealimentada fue la primera y más sencilla forma de red neuronal artificial ideada. En esta red, la información se mueve en una única dirección: adelante. De las neuronas de entrada, a través de las neuronas escondidas (si los hay) hacia las neuronas de salida, no hay ningún ciclo o bucle en estas redes, un ejemplo es la que podemos observar en la figura 1.

Base de Hechos.

Una base de hechos incorpora una representación de hechos referidos al dominio de aplicación del sistema. En este caso, es la espina dorsal de todo el sistema ya que aquí se guardarán las experiencias que la red neuronal deberá analizar para poder aprender de ellas. Martínez (2006) comenta: “La base de hechos, es relevante para determinar la potencia del sistema con el que se está trabajando ya que este depende de la amplitud de los conocimientos contenidos en ella” (p. 47).

Esto nos dice que la elección de la forma en la que se pueda representar un conocimiento es fundamental para obtener un buen rendimiento del sistema. Esta relación debe permitir identificar conocimientos nuevos siendo lo flexiblemente necesario como para decidir incorporarlo a la base de hechos, eliminar un conocimiento contradictorio u obsoleto o sustituir conocimientos por otros más actualizados o precisos. (Martínez, 2006, p. 48).

Aplicación Web.

La World Wide Web (Red Informática Mundial) es un sistema de distribución de hipertexto o hipermedia interconectados y accesibles a través de Internet mediante el uso de los navegadores web. Un usuario de este tipo de sistemas puede visualizar páginas web compuestas de archivos que regularmente tienen extensión HTML que pueden contener multitud de contenidos multimedia. Estos sistemas web pueden ser accedidos navegando a través de hiperenlaces.

Esta manera de difusión de información ha ido en constante actualización comenzando desde las primeras páginas con formato de un boletín de periódico con el único fin de difundir noticias hasta las aplicaciones más complejas como lo son las redes sociales o aplicaciones que permiten una interacción más compleja entre un usuario y el aplicación.

Gracias al avance informático que se ha presentado en los últimos años, mediante los diferentes lenguajes y frameworks de desarrollo web que se han ido creando, existe un mundo de posibilidades en cuanto a los procesos que pueden ser automatizados. Con el fin de una mejor administración y seguimiento del sistema, hemos concluido que esta tecnología

es la indicada para el análisis de información que se desea realizar. Como las redes neuronales en cuestión se encuentran programadas en el lenguaje Python, se necesitó de una aplicación en un lenguaje o framework de desarrollo web del mismo lenguaje, que pueda ser accedido desde cualquier dispositivo por un profesional en la salud mental para usar la red y realizar diagnósticos. Esta aplicación web usa Django el cual es un framework compatible con librerías de Keras y Tensorflow que son usados en la red.

Django.

Django es un framework de aplicaciones web gratuito y de código abierto (open source) escrito en Python. Un framework web es un conjunto de componentes que facilitan y agilizan el desarrollo de sitios web. Cuando se construye un sitio web, se necesita de un conjunto de componentes similares: una manera de manejar la autenticación de usuarios (registrarse, iniciar sesión, cerrar sesión), un panel de administración para el sitio web, formularios, una forma de subir archivos, etc. Los frameworks sirven para que no se tenga que reinventar la rueda cada vez y se avance de una manera más rápida al construir un nuevo sitio.

Se usa el framework previamente mencionado el cual provee una estructura ideal con el patrón MVT (figura 2). Para Django el Modelo-Vista-Template es similar al Modelo-Vista-Controlador utilizado en otros frameworks como Laravel o Spring Boot.

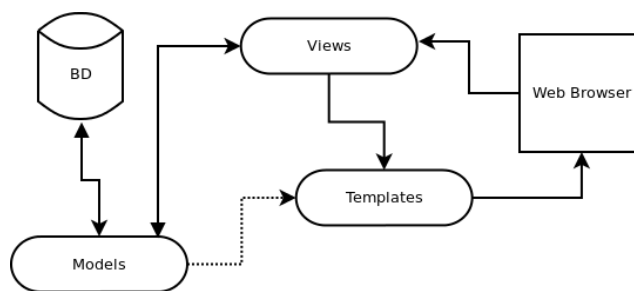


Figura 2. Modelo MVT.

El modelo es la capa de acceso a la base de datos. En esta capa contiene toda la información sobre los datos: accesos, validaciones, comportamientos y relaciones. La plantilla (template) es la capa de la presentación. Esta capa contiene los archivos HTML con la estructura de cómo se mostrará el contenido de la aplicación. La vista (view) es la capa de la lógica de negocios. Dentro de esta capa se contiene la lógica que accede al modelo y la delega a la plantilla correspondiente, este es el puente entre los modelos y las plantillas.

Se utilizó SQLite como el gestor de las bases de datos utilizadas para la aplicación web. Dentro de la base de datos para la aplicación, las tablas principales para que el sistema funcione correctamente deben de incluir los diagnósticos generados, el historial de usuarios y los usuarios registrados con sus respectivas relaciones para la gestión de los resultados de la red.

Inventario Depresivo de Beck.

El Inventario de Depresión de Beck-II (también conocido como BDI-II) es un autoinforme de lápiz y papel compuesto por 21 ítems de tipo Likert. El inventario inicialmente propuesto por Beck y sus versiones posteriores han sido los instrumentos más utilizados para detectar y evaluar la gravedad de la depresión. (Consejo General de Consejos Oficiales de Psicólogos, 2013, pág. 3). Podemos apreciar el encabezado y los primeros 4 ítems del inventario en la figura 3.

para cada registro, marcar con un 1 la columna a la que pertenezca dicho registro y dejar las demás con 0 (Chollet, 2018).

En nuestro caso, el dataset es modificado usando esta estrategia, para aquellas columnas que pueden pertenecer a más de una categoría (Profesión, Escolaridad, Nivel socioeconómico, Religión), de manera que el dataset sea representado con una notación binaria.

Una vez determinados los datos que se requieren, se construye el dataset a partir del análisis de características del problema, en nuestro caso, tendrá la siguiente arquitectura (figura 4):

- Las columnas marcadas por el color amarillo, corresponden a el sexo del paciente (hombre o mujer).
- Las columnas color azul corresponden a la escolaridad del paciente (sin estudios, preescolar, primaria, secundaria, preparatoria, universidad, posgrado).
- Las columnas color gris, indican la ocupación del paciente, la cual se dividió en 7 clases (estudiante, ama de casa, empleado, nada, oficio, emprendedor, y profesión) las cuales fueron las más frecuentes, y se englobaron las profesiones en una sola clase.
- Las columnas verdes representan el estado civil del paciente (soltero, casado, unión libre, divorciado, viudo, separado).
- Las columnas cafés corresponden a la religión del paciente (católico, cristiano, ateo, adventista, testigo de Jehová, otra, ninguna).
- La columna “Socioeconómico” indica el nivel socioeconómico del paciente, clasificado en 0 = bajo, 1 = medio bajo, 2 = medio, 3 = medio alto, 4 = alto.

Figura 4. Arquitectura del dataset.

Con esto tenemos listos los datos de tipo sociodemográficos, ya que, con esta representación binaria, la red neuronal podrá aprender de una manera más eficiente y precisa. De igual manera se tienen que preparar los datos depresivos, que son representaciones de los 21 ítems del Inventario Depresivo de Beck. Como podemos ver en la figura 5, el inventario depresivo de Beck puntúa para cada uno de los ítems, en una escala de 0 a 3, la variable que representa el grado de malestar del paciente. Esto significa que cada punto de los diferentes ítems pertenece a una misma clase, por lo que no es necesario utilizar One Hot Encoding en este caso.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17	18a	18b	19	20	21
1	0	2	1	1	0	2	0	1	3	0	3	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
2	2	2	2	2	2	1	3	2	2	1	0	3	3	3	2	3	0	2	2	0	1	2	1
3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	0	1	0	1	0	2	1	1
4	3	3	2	2	3	3	2	1	3	1	1	2	2	2	2	0	3	1	2	0	1	1	0
5	1	1	2	2	1	1	2	2	3	3	1	2	1	1	0	3	2	0	2	0	1	1	3
6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	0	3	3	3	3	0	3	0	3	3	3	3
7	0	1	2	1	1	0	1	0	2	3	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
8	2	3	1	1	1	3	2	1	3	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1
9	2	1	2	2	1	0	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Figura 5. Inventario de Beck codificado.

Las etiquetas de salida son los pronósticos o resultados a los que queremos llegar, y por supuesto corresponden a los datos que la red neuronal va a predecir, en esta instancia corresponden a las columnas de trastorno (depresión, suicidio o nada).

Como podemos observar en la figura 6, estos campos de igual manera están codificados en binario, en donde 0 significa la ausencia del trastorno y 1 la existencia.

TRASTORNO		
DEPRESIÓN	SUICIDIO	NADA
1	0	0
1	0	0
1	0	0
1	0	0
1	0	0

Figura 6. Datos de salida del dataset.

Sería problemático alimentar la red neuronal con datos en diferentes rangos (la edad no puede ser codificada categóricamente), ya que con el tiempo a pesar de que la red se adaptará a datos heterogéneos, será más difícil para esta aprender.

Chollet nos dice que una práctica muy empleada en el mundo del Deep Learning para tratar con datos de este tipo, es la normalización o estandarización según las características, para esto se sustrae la media de cada columna y se divide entre la desviación estándar, esto para que la característica representada en la columna este centrada en 0 y tenga una desviación estándar en común con las otras características. (Chollet, 2018, pág. 86).

Debido a esto, realizamos el proceso de normalización en nuestro dataset, usando el método **zscore** de **scipy**, dando como resultado la siguiente tabla (figura 7).

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	-0.342149	0.986754	-0.986754	-0.0819232	-0.142857	-0.613308	0.728431	-0.237356	1.12815	-0.267261	-0.380839	-0.281312	-0.204124
1	-0.0253444	0.986754	-0.986754	-0.0819232	-0.142857	1.6305	-1.37281	-0.237356	1.12815	-0.267261	-0.380839	-0.281312	-0.204124
2	0.29146	0.986754	-0.986754	-0.0819232	-0.142857	-0.613308	0.728431	-0.237356	-0.886405	-0.267261	2.62578	-0.281312	-0.204124
3	-0.658954	-1.01342	1.01342	-0.0819232	-0.142857	1.6305	-1.37281	-0.237356	1.12815	-0.267261	-0.380839	-0.281312	-0.204124
4	-0.817357	0.986754	-0.986754	-0.0819232	-0.142857	1.6305	-1.37281	-0.237356	1.12815	-0.267261	-0.380839	-0.281312	-0.204124
5	-1.45097	-1.01342	1.01342	-0.0819232	-0.142857	1.6305	-1.37281	-0.237356	1.12815	-0.267261	-0.380839	-0.281312	-0.204124

Figura 7. Dataset codificado y estandarizado.

Una vez que los datos están estandarizados, el dataset está listo para alimentar a la red neuronal. La preparación y limpieza de los datos es un paso primordial para el análisis de datos, debido a que muchos algoritmos no funcionan de una forma correcta si los alimentamos con “raw data” que no pueden entender. Antes de construir nuestras redes neuronales, separamos el dataset en 3 secciones, las cuales utilizamos para el entrenamiento (los datos que se utilizaron para entrenar a la red neuronal), la validación (la sección que usó la red en el momento de observar cómo se comporta con datos que nunca ha visto), y el test (una última prueba realizada después de haber afinado las redes neuronales, para observar que no existe overfitting).

Elección de los hiperparámetros de las redes neuronales.

Ya tenemos listos los datos, por lo que a partir de los 2 problemas de clasificación que se quieren resolver con las redes, elegimos los siguientes hiperparámetros para cada red:

- 1) Para la primera red neuronal, encargada de detectar si el paciente sufre de ideación suicida o no, usamos la función de pérdida **“binary_crossentropy”** debido a que es la función determinada por Keras para los problemas de clasificación binaria (esto debido a que se clasifica si el paciente refiere ideación suicida o no, 0 ó 1), la capa de salida implementa la función de activación **“sigmoid”** (figura 9) ya que para todos los valores de x, solamente puede arrojar datos entre 0 y 1, los cuales corresponden a los valores binarios que se buscan, esto a diferencia de otras funciones de activación como por ejemplo **“softmax”** (figura 21) que sirve

cuando las clases son mayores a dos. (Chollet, 2018, págs. 68-77). El optimizador es “**ADAM**”, ya que es un optimizador que funciona excelente en los problemas de clasificación.

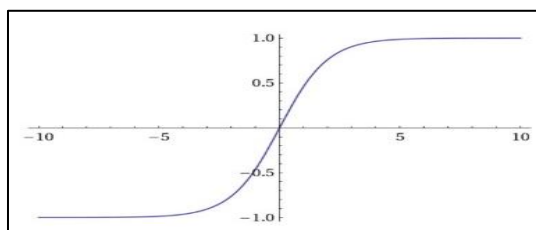


Figura 8. Función Softmax.

- 2) En el caso de la segunda red encargada de predecir si un individuo padece del Trastorno Depresivo Mayor o no, se nos presenta un problema de clasificación binaria o de “dos clases” (un sí o no), por lo que la función de pérdida que usamos es “**binary_crossentropy**”, siendo los valores cercanos a 0 la probabilidad de que el paciente no refiera el trastorno y cercanos a 1 que sí. Nuevamente el optimizador es “**ADAM**” mientras que la capa de salida tiene como función de activación “**sigmoid**” (figura 9).

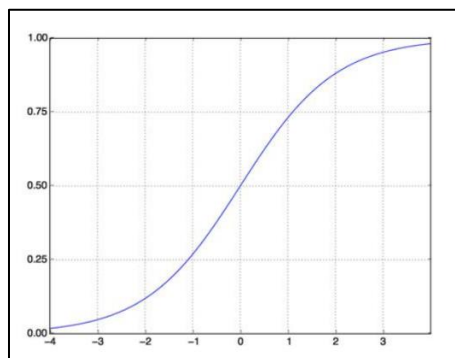


Figura 9. Función Sigmoid.

Diseño de la arquitectura de las redes neuronales.

Para la elección de la arquitectura de cada una de las redes neuronales, analizamos las características del dataset que se construyó (figura 10):

1. La primera red neuronal, es de tipo “clasificación binaria con una sola etiqueta”, debido a que nos permite clasificar si el paciente padece de ideación suicida o no (el paciente solamente puede caer en una de estas situaciones, lo cual hace al problema excluyente). Según el número de columnas del dataset, la capa de entrada tiene 61 entradas para 128 neuronas, mientras que la capa de salida está compuesta de 1 neurona, la cual arroja la probabilidad de que sea positivo el diagnostico (1 o valores cercanos a 1) o no (0 o valores cercanos a 0).
2. La segunda red neuronal, se encarga de predecir si el paciente sufre del Trastorno Depresivo Mayor o no. La capa de entrada implementa las mismas 61 entradas, mientras que su salida tiene una sola neurona ya que la salida es binaria.
3. Las 2 redes neuronales comienzan con 1 sola capa oculta, esto debido a que con una capa oculta es suficiente en la mayoría de problemas donde se aplican estos algoritmos (Aravena, 2007, pág. 41). Esta capa oculta tiene 16 neuronas.

Layer (type)	Output Shape	Param #
dense_497 (Dense)	(None, 128)	7936
dense_498 (Dense)	(None, 16)	2064
dense_499 (Dense)	(None, 1)	17

=====
Total params: 10,017
Trainable params: 10,017
Non-trainable params: 0

Figura 10. Arquitectura de las redes neuronales.

Pruebas y validación.

Una vez construidas las redes neuronales, podemos comenzar a entrenarlas con nuestros datos de entrenamiento y validación (figura 11).

```

Instructions for updating:
Use tf.cast instead.
Train on 100 samples, validate on 50 samples
Epoch 1/5
100/100 [=====] - 3s 31ms/step -
loss: 0.5843 - accuracy: 0.8500 - val_loss: 0.3728 -
val_accuracy: 0.8400
Epoch 2/5
100/100 [=====] - 1s 6ms/step - loss:
0.2786 - accuracy: 0.8500 - val_loss: 0.3094 - val_accuracy:
0.8400
Epoch 3/5
100/100 [=====] - 0s 4ms/step - loss:
0.2065 - accuracy: 0.8600 - val_loss: 0.3198 - val_accuracy:
0.8600
Epoch 4/5
100/100 [=====] - 1s 6ms/step - loss:
0.1467 - accuracy: 0.9700 - val_loss: 0.3725 - val_accuracy:
0.8600
Epoch 5/5
100/100 [=====] - 1s 7ms/step - loss:
0.1073 - accuracy: 0.9800 - val_loss: 0.3996 - val_accuracy:
0.8400

```

Figura 11. Redes siendo entrenadas en 5 épocas.

Se usaron 100 registros para el entrenamiento y 50 para la validación. Podemos observar en la figura 11 que mientras aumenta el número de épocas, se reduce la pérdida (loss: 0.1073) e incrementa la precisión (accuracy: 98%), lo cual es una señal de que el modelo está aprendiendo. La métrica **val_loss** indica la pérdida en el conjunto de validación la cual de igual manera va disminuyendo, aunque de manera más lenta que la pérdida de entrenamiento, y la métrica **val_accuracy**, nos indica cómo se comportan las redes con datos que nunca han visto, como podemos observar la precisión real en este entrenamiento es de 84%, mientras que en la cuarta época llega al 86%. (figura 12)

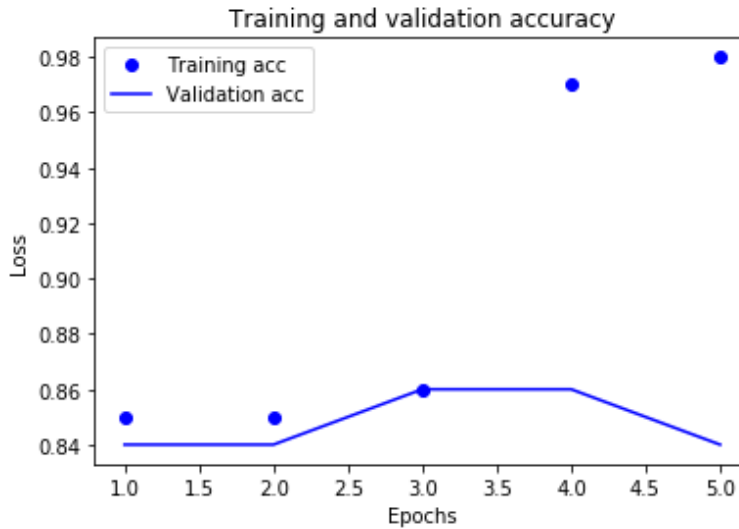


Figura 12. Gráfica de la precisión de la red durante el entrenamiento y la validación.

Afinación.

En el caso del sistema de redes neuronales para el trastorno depresivo y suicidio, al no poseer demasiados registros en el dataset (150 son pocos datos), es necesario llevar a cabo procesos de validación que permitan que la red pueda aprender y alcanzar una buena precisión, con un mínimo de datos (algunos datasets pueden tener miles de registros), por lo que la afinación consistió en llevar a cabo el proceso conocido como K-FOLD Cross Validation (figura 13), el cual es un algoritmo iterativo en donde se divide el dataset y se entrena la red neuronal K veces, cada una de estas partes será usada como parte del conjunto de entrenamiento y será usada solo una vez como el conjunto de validación, de manera que la red neuronal pueda aprender y ser testeada con absolutamente todos los registros del dataset. Preferentemente, dejaremos la arquitectura de las 2 redes con 1 sola capa oculta, ya que, aunque no exista una fórmula que nos asegure el número de capas o neuronas ocultas, Aravena nos dice que “Un aumento del número de capas de neuronas ocultas se traduce en un cambio en la estructura de la red, pudiéndose obtener resultados diferentes. Generalmente con una capa oculta es suficiente.” (Aravena, 2007, pág. 41).

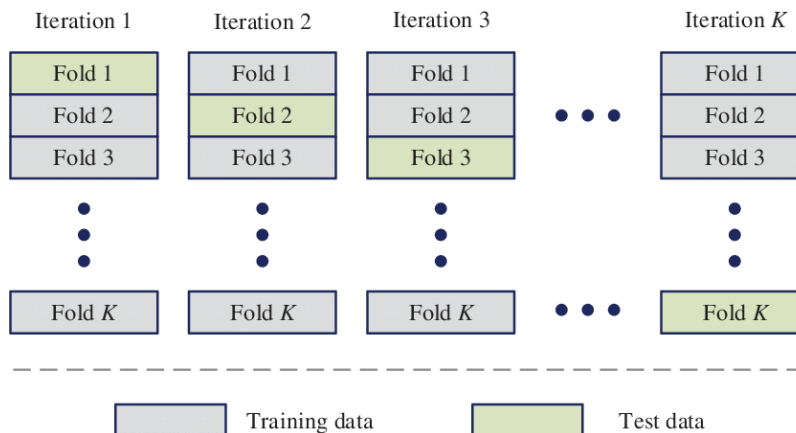


Figura 13. Algoritmo K-fold Cross Validation.

Al realizar este paso, la red aprende utilizando todos los datos para entrenarse y validarse, por lo que la precisión aumenta considerablemente. Podemos observar en la figura 14 que en la iteración número 7, alcanzamos el 100% de

precisión en validación y una pérdida de 0.124, lo cual quiere decir que, al momento de validar la red, acertó en todos los diagnósticos de prueba.

```

> Fold 1 - Loss: 0.14749717712402344 - Accuracy: 93.75%
-----
> Fold 2 - Loss: 0.8180436491966248 - Accuracy: 75.0%
-----
> Fold 3 - Loss: 0.1744883507490158 - Accuracy: 93.75%
-----
> Fold 4 - Loss: 0.23311275243759155 - Accuracy: 87.5%
-----
> Fold 5 - Loss: 0.2512471079826355 - Accuracy: 93.75%
-----
> Fold 6 - Loss: 0.29416775703430176 - Accuracy: 81.25%
-----
> Fold 7 - Loss: 0.12467191368341446 - Accuracy: 100.0%
-----
> Fold 8 - Loss: 0.9844509959220886 - Accuracy: 80.0000011920929%
-----
> Fold 9 - Loss: 0.21479323506355286 - Accuracy: 86.66666746139526%
-----
> Fold 10 - Loss: 1.4714584350585938 - Accuracy: 73.33333492279053%
-----
    
```

Figura 14. Resultados del entrenamiento de las redes usando KFold Cross Validation.

Conexión entre la aplicación web y las redes neuronales.

Para que un doctor tenga acceso a la aplicación, primero debe registrarse en el sistema y posteriormente iniciar sesión, a través de las pantallas que se muestran en las figuras 15 y 16. Las rutas están protegidas para que únicamente los usuarios registrados puedan utilizarlo, implementando un nivel de seguridad óptimo.

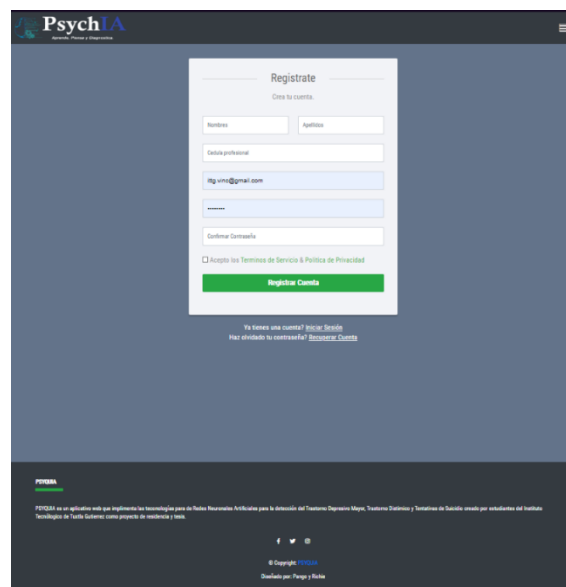


Figura 15. Formulario de registro.

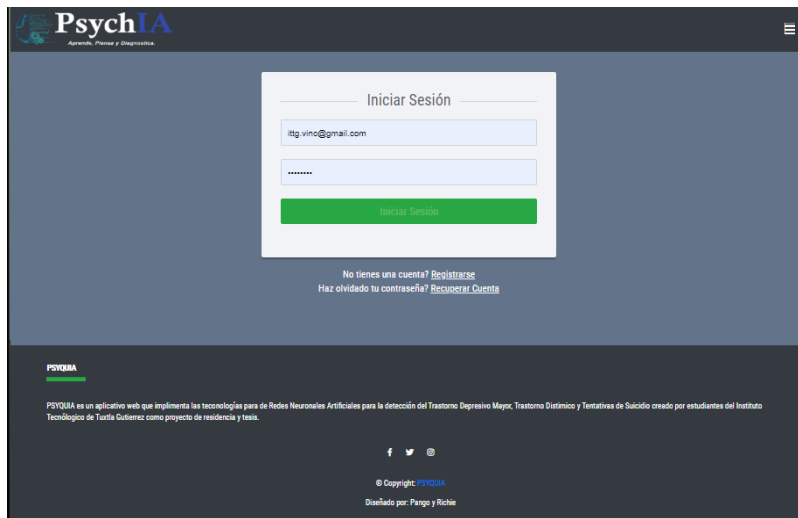


Figura 16. Formulario de inicio de sesión.

Lo primero que se muestra es el dashboard del doctor. Este está dividido en tres secciones:

1. Datos generales de los diagnósticos realizados y pacientes registrados (figura 17).

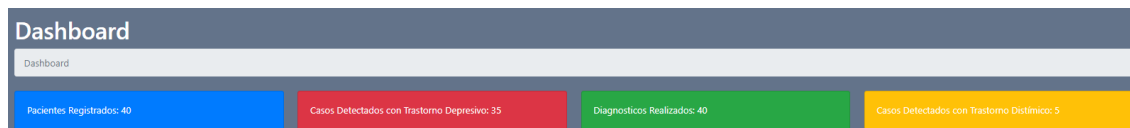


Figura 17. Dashboard: Datos generales de los diagnósticos.

Estos rectángulos muestran el total de los pacientes que ha registrado el doctor para realizar diagnósticos. El total de los diagnósticos que ha realizado el doctor durante todo el tiempo usando la aplicación y los totales de casos en donde el resultado del diagnóstico haya detectado un trastorno depresivo mayor o un trastorno distímico.

2. Tabla de pacientes registrados.

Nombre	Grado Académico Alcanzado	Municipio de Residencia	Edad	Primer Diagnóstico Realizado
Tiger Nixon	System Architect	Edinburgh	61	2020/09/25
Último Diagnóstico Realizado 2020/10/28				
Sonya Frost	Software Engineer	Edinburgh	23	2008/12/13
Rhona Davidson	Integration Specialist	Tokyo	55	2010/10/14
Herrod Chandler	Sales Assistant	San Francisco	59	2012/08/06
Garrett Winters	Accountant	Tokyo	63	2011/07/25
Colleen Hurst	Javascript Developer	San Francisco	39	2009/09/15
Cedric Kelly	Senior Javascript Developer	Edinburgh	22	2012/03/29
Brielle Williamson	Integration Specialist	New York	61	2012/12/02
Ashton Cox	Junior Technical Author	San Francisco	66	2009/01/12
Airi Satou	Accountant	Tokyo	33	2008/11/28

Figura 18. Tabla de pacientes registrados.

La tabla muestra todos los pacientes registrados con sus respectivos datos generales y las fechas del primer y del último diagnóstico registrado.

Para poder navegar en las demás ventanas que maneja la aplicación, se tiene una barra a la izquierda la cual muestra el nombre del usuario que ha iniciado sesión y las opciones de navegación (figura 19).

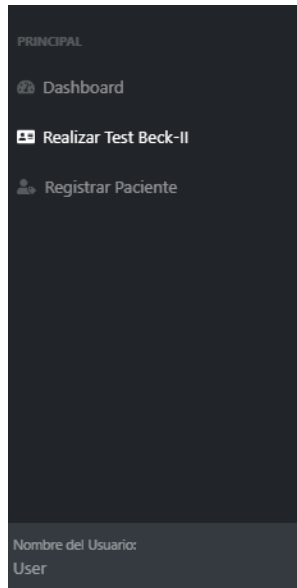


Figura 19. Barra lateral izquierda.

Para que un doctor pueda realizar un diagnóstico, primero debe de realizar un registro del paciente en cuestión. Esto se hace dando clic en la opción “*Registrar Paciente*” en la barra lateral izquierda. Esto abre el siguiente formulario para realizar el registro.

Figura 20. Formulario para registrar paciente.

Con los pacientes registrados, se tiene la posibilidad de realizar el test de Inventario Depresivo de Beck dando clic en su opción dentro de la barra lateral izquierda. Esto se realiza llenado el formulario que se muestra en la figura 21, este

tiene un botón llamado **“Registrar Test Depresivo de Beck”** el cual envía los datos ingresados en los campos hacía la red neuronal para su análisis y posteriormente llenar las tablas de la aplicación donde se consultan los diagnósticos depresivos realizados, casos depresivos encontrados y casos distímicos encontrados.

Figura 21. Formulario para diagnosticar.

Hemos probado el sistema con datos que no ha visto anteriormente, desde la interfaz web. Utilizamos 5 casos que no fueron vistos por la red en ningún momento de su entrenamiento ni validación. Los resultados obtenidos fueron de 100% de aciertos (en la derecha de la figura 22 están los datos extraídos del dataset, y a la izquierda las predicciones hechas por la red, siendo 1 la existencia de los trastornos), sin embargo, al momento del entrenamiento, la precisión alcanzó 96% por lo que esta es la precisión real de las redes.

0	0	150	0
1	0	151	0
2	1	152	1
3	0	153	0
4	0	154	0
5	0	155	0

Figura 22. Datos predichos vs datos reales.

Conclusiones.

El uso de un modelo que implementa redes neuronales en este tipo de problemas, donde se debe tener cierto conocimiento especializado, es cada vez más frecuente e incluso en los últimos años se ha estado investigando como aprovechar el gran poder de estos algoritmos de inteligencia artificial, en tareas que antes se pensaba que solamente los humanos podían realizar. Las redes neuronales son ampliamente utilizadas en el ámbito médico, para la detección de múltiples enfermedades, tales como el cáncer o tumores (por medio de redes neuronales convolucionales en este

último), debido a que han demostrado tener un grado de precisión superior a otros algoritmos, por supuesto las métricas y el alcance de estas dependerán del proceso de entrenamiento.

Como se observa en el desarrollo del proyecto, el proceso de construcción de las redes neuronales depende de un análisis de los datos a profundidad, ya que a partir de la arquitectura que tenga nuestro dataset, será el tipo de la red y los hiperparámetros que usaremos para ella. No solo debemos preocuparnos por la red neuronal, si no que la base de todo está dentro de los datos, no podemos alimentar una red con estos sin antes procesarlos, es por ello importante llevar a cabo la ingeniería de características y limpieza de datos, de manera que puedan ser una representación útil del problema. En la actualidad no existen reglas como tal para adivinar el número de capas ni de unidades ocultas, por lo que el entrenamiento es un proceso iterativo, en donde se tiene que probar diferentes arquitecturas para tratar que el modelo muestre resultados óptimos.

En este proyecto, se logró alcanzar una precisión del 96% durante el entrenamiento y del 100% en la fase de validación, por lo que se espera coadyuvar en el proceso de diagnóstico de depresión, y detectar con mayor facilidad si una persona puede sufrir de estos trastornos y de ser así, canalizarlo con un psicólogo que ayude al paciente a tratar con estos sentimientos negativos. La red neuronal aprendió correctamente y saco conclusiones a partir de los datos con los que fue entrenada, asignándole un peso a cada variable, el cual indica que tan importante es esta para el diagnóstico depresivo.

La implementación de la aplicación web en este proyecto, dio múltiples ventajas que muchos usuarios buscan actualmente, tal es el caso de la portabilidad que se les brinda en cuanto al uso de interfaces responsivas, la comodidad de tener el sistema disponible las 24 horas, sin necesidad de tener que encender equipos cada vez que se quiera acceder a este, y la seguridad de que los datos de los diagnósticos no se perderán si algún accidente llegara a suceder. La programación web acerca a los usuarios cada vez más a los sistemas de todo tipo, no solo inteligentes, por lo que es de esperarse que, en un futuro, la mayoría de servicios sean ofrecidos a través de páginas electrónicas, al igual que lo servicios que ya han sido dominados por este tipo de innovación tecnológica (e-commerce principalmente).

Agradecimientos.

Le extendemos nuestro principal agradecimiento a la M.C. Aida Guillermina Cossio Martínez por el apoyo que nos han brindado durante el desarrollo del proyecto, así como a la psicóloga Sofía Amairani González Morales por facilitarnos el Inventario Depresivo de Beck, además del conocimiento brindado en el ámbito de los trastornos psicológicos.

Referencias bibliográficas.

- Aravena, R. (Noviembre de 2007).** Comparación de MLP-R y MLP-C para aproximación de funciones no lineales.
- Chollet, F. (2018).** Deep Learning with Python. Shelter Island, NY 11964: Manning Publications.
- Consejo General de Consejos Oficiales de Psicólogos. (2013).** Evaluación del Inventario. Madrid España: EFPA.
- IMMS. (2019).** Obtenido de Atención a Conducta Suicida: www.gob.mx/salud/sap/documentos/guia-practica-para-la-atencion-del-pacientecon-conducta-suicida-en-hospitales-generales.
- Matich, D. (2001).** www.frro.utm.edu.ar. Obtenido de Informática Aplicada a la Ingeniería de Procesos- Orientación I.
- Martínez, M. (2006).** repositorio.unican.es. Obtenido de conocimiento y bases de datos: una propuesta de integración inteligente: repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1172/1de3.MAMcap2.pdf?s equence=2.

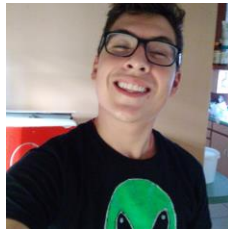
OMS. (2019). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Suicidio: www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/suicide.

OMS. (2019). Obtenido de Organización Mundial de la Salud: www.who.int/topics/depression/es/.

Información de los autores.



Ricardo de Jesús González Morales es estudiante del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se especializa en el área de inteligencia artificial, desarrollo de proyectos web y sistemas embebidos.



Rafael Antonio Bolaños Camaras es estudiante del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se especializa en el área de Desarrollo Web, enfocado en frameworks web entre ellos Laravel, Django y Spring Boot.



Aída Guillermina Cossío Martínez es Maestra en Ciencias en Administración por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2002. Es profesora de tiempo completo del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, desde 1994. Se especializa en la formulación y evaluación de proyectos, así como el emprendimiento y desarrollo de planes de negocio, actualmente es perfil deseable y trabaja en la línea de investigación Tecnología de Información y Base de Datos.



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



Germán Ríos Toledo obtuvo el grado de Doctor en Ciencias de la Computación en 2019 por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) en Cuernavaca, Morelos, México. Actualmente, es profesor de tiempo completo en el Departamento de Computación del Tecnológico Nacional de México (campus Tuxtla Gutiérrez, Chiapas) en la Ingeniería en Sistemas Computacionales y en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica. Su área de especialización es el Procesamiento del Lenguaje Natural, particularmente en el uso de información sintáctica como una característica para el análisis de estilo de escritura. Otras áreas de su interés incluyen el procesamiento y análisis de imágenes, audio y video por medio de Algoritmos de Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel C (2024-2021).



Galdino Belizario Nango Solís obtuvo el grado de Doctor en Desarrollo Tecnológico por la Universidad de Ciencia y Tecnología Descartes, maestro en Ciencias de la Computación por CIC-IPN, ha sido jefe del Centro de Cómputo y también del Departamento de Recursos Humanos del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Actualmente es docente en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México campus I.T. de Tuxtla Gutiérrez, profesor de la maestría en Tecnologías de la Información en la Universidad Pablo Guardado Chávez. Con campos de interés en lenguajes de programación, sistemas de información y bases de datos.

Sistema de control de velocidad basado en lógica difusa para robot móvil.

Speed control system based on diffuse logic for mobile robot.

Álvaro Hernández Sol* (1).
Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.
ing_sol10@yahoo.com.mx.

Alejandro Isidoro Méndez Hernández (2). Estudiante del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.
alejandromendez.am16@gmail.com.

Raúl Moreno Rincón (3). Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. rmoreno@ittg.edu.mx.

José Ángel Zepeda Hernández (4). Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.
jzepeda@ittg.edu.mx.

Aldo Esteban Aguilar Castillejos (5). Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.
aaguilarc@ittg.edu.mx.

Osbaldo Ysaac García Ramos (6). Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. ogarcia@ittg.edu.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en agosto 26, 2020; aceptado en septiembre 21, 2020.

Resumen.

El presente artículo describe el diseño de un sistema de controlador difuso de velocidad para un vehículo móvil autónomo. Al aplicar este controlador en el prototipo se le dotará de una velocidad de movimiento constante, además de que el sistema proporcionará un movimiento sin desviación de ruta. El controlador de velocidad difuso utiliza con entradas la información que proporciona dos enconders y un giroscopio, teniendo 2 salidas que corresponden a los motores independientes del robot móvil. Estos datos están aplicados sobre un diseño de 5 funciones de membresía, utilizando un controlador tipo Mandami. En las pruebas realizadas en el laboratorio se logró reducir el error en 0.1% de la velocidad requerida. La finalidad de este sistema es lograr un prototipo de robot móvil que lleve a cabo un recorrido manteniendo una velocidad constante a pesar de las características del terreno.

Palabras claves: Control, lógica difusa, vehículo, móvil.

Abstract.

This article describes the design of a fuzzy speed controller system for an autonomous mobile vehicle. By using this controller in the prototype It was given a constant speed of movement, in addition to the system will provide a movement without deviation of route. The fuzzy velocity controller uses the information provided by two enconders and a gyroscope with inputs, having 2 outputs that correspond to the independent motors of the mobile robot. This data is applied to a design of 5 membership functions, using a Mandami type controller. In the tests carried out in the laboratory, the error was reduced by 0.1% of the required speed. The purpose of this system is to achieve a

prototype of mobile robot that carries out a tour maintaining a constant speed despite the characteristics of the terrain.

Keywords: Control, fuzzy logic, mobile, vehicle.

1. Introducción.

La lógica difusa intenta emular el comportamiento humano mediante el uso de conjuntos difusos (Valenzuela, 2013: 623). Ha cobrado mucho auge en las últimas décadas debido a la simplicidad de su aplicación, ya que se puede implementar sin necesidad de conocer el modelo matemático del sistema (Chen, 2001), que de hecho realizar un sistema de control difuso en un sistema que se puede modelar y resolver mediante un modelo matemático produce peores resultados, más sin embargo existe la necesidad del conocimiento del comportamiento del sistema o lo que es lo mismo el conocimiento de un experto que ha trabajado con el sistema (Urbieta, 1995).

En el caso de vehículos autónomos, se están desarrollando muchos algoritmos de control de velocidad, para que realicen la actividad programada de la mejor manera (Choset, 2005). Todos estos algoritmos son diseñados para el vehículo a utilizar, considerando dimensiones, peso, motores y estructuras propias del mismo. En la literatura se pueden encontrar diferentes metodologías para diseñar sistemas de control de velocidad: a) Método analítico publicado por Blanco con su controlador difuso tipo Mandani usando simulink (Blanco, 2014: 261), b) El controlador difuso de Duarte codificados en VHDL (Duarte, 2014: 267), y c) El controlador difuso tipo Takani-Sugeno de Bojórquez que utiliza mínimos cuadrados y algoritmos genéticos (Bojórquez, 2014: 318), entre otros.

Entre los métodos antes mencionados, la técnica de control de velocidad más usada es la de método de Takani-Sugeno que más se ha estado usando con esta finalidad. La importancia de un sistema de control de velocidad no es solo garantizar un desplazamiento continuo de un robot móvil, sino además evitar el consumo excesivo de corriente de las baterías por los continuos incrementos y decrementos de la aceleración del móvil (Jassbi, 2007). Nótese que para garantizar la efectividad de los sistemas de control de un robot móvil es necesario desarrollar un sistema de control de velocidad. Este trabajo propone el desarrollo de un sistema de control de velocidad que siempre estará verificando el desplazamiento que el robot lleve a cabo. Este problema es debido a que es necesario, a) verificar si la velocidad se ve decrementada o incrementada por una pendiente en donde se desplace el móvil, b) Se debe buscar un mecanismo (algoritmo) que permita introducir la dinámica de falla en motor, c) debe proponerse una estrategia para que una vez detectada la falla, se pueda hacer la corrección y llevar a cabo la compensación con los motores restantes.

En nuestro caso se propone el diseño de un controlador difuso tipo mandani que permita mantener la velocidad de un robot móvil autónomo que tiene como misión la recolección de botellas de PET. Este control es importante para que el robot mantenga la velocidad del sistema recolector y de esta forma se incremente su eficiencia, sin importar las condiciones del terreno (pendientes) y el propio peso del vehículo.

2. Métodos.

Para la realización de este artículo se tomó como base un robot móvil a escala del robot recolector de PET. Para la construcción del chasis se utilizaron perfiles de aluminio y llantas de la compañía VEX ROBOTICS, ver figura 1. Para medir la distancia se utilizaron encoders ópticos de la misma compañía, montado en el eje de cada llanta delantera del vehículo móvil, ver figura 2. Se usó una tarjeta de desarrollo arduino UNO como base para programar el controlador difuso usando la librería eFLL.

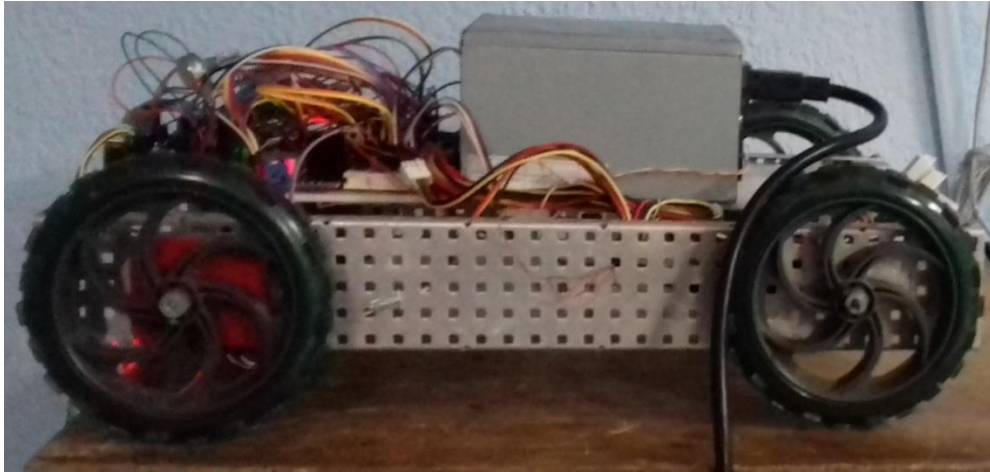


Figura 1. Vehículo móvil de prueba.

Como consideraciones adicionales, se tiene que el encoder utilizado proporciona 90 pulsos por vuelta y el diámetro de cada llanta es de 5.1 pulgadas. Además, se definió, para realizar las pruebas, un circuito en línea recta donde se pudiera variar fácilmente el ángulo de inclinación y se fijó una distancia de 10 metros. Para poder medir el tiempo que le tomaba al vehículo recorrer dicha distancia se implementó un sistema formado por dos sensores ópticos, un display LCD de 16x2 y un Arduino UNO.

Usando la ecuación del perímetro de un círculo se calculó la distancia que las llantas recorren al girar 3600. Al utilizar llantas de 5.1" la distancia recorrida es de 40.69 cm por vuelta completa.

$$\text{perimetro} = \pi D \quad (1)$$

$$\text{Distancia}(t) = \left(\frac{\text{perimetro}}{90}\right) * \text{encoder}(\text{Pulsos}) \quad (2)$$



Figura 2. Encoder de cuadratura marca VEX ROBOTICS.

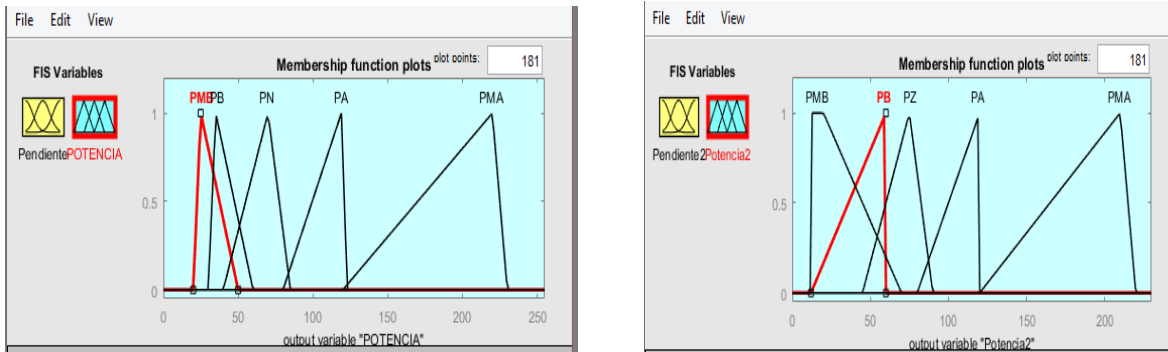
Se utilizó las lecturas del desplazamiento de ambas llantas, para realizar los ajustes necesarios para controlar la dirección del desplazamiento y que el vehículo se moviera en línea recta. Además de considerar las lecturas de los encoders como valores de entrada al controlador difuso.

Se realizaron pruebas para caracterizar la potencia máxima aplicada a los motores con los cuales se pudiera mantener una velocidad constante para diferentes ángulos de inclinación y poder determinar el máximo grado de inclinación que los motores podrían mantener una velocidad constante.

Fuzzy Logic.

Para realizar el diseño del control difuso se utilizó el toolbox de MAtLab “fuzzy logic” (Magaña, 2014: 63).

Con esta herramienta se diseñaron 2 controladores difusos tipo Mandani, ver figura 3. La propuesta de los conjuntos difusos se seleccionó considerando que a la salida se tuvieran la mejor respuesta.



Controlador 1.

Controlador 2.

Figura 3. Funciones de membresía de salida.

Tabla 1. Base de datos tiempo de recorrido (2 motores).

Intentos	Inclinación - PWM	
	0° 55%	5° 100%
1	3.5	No se movió
2	3.5	No se movió
3	3.6	No se movió
4	3.5	No se movió
5	3.6	No se movió
6	3.5	No se movió
7	3.6	No se movió
8	3.5	No se movió
9	3.5	No se movió
10	3.6	No se movió
11	3.4	No se movió
12	3.4	No se movió
13	3.2	No se movió
14	3.3	No se movió
15	3.2	No se movió
16	3.4	No se movió
17	3.3	No se movió
18	3.4	No se movió
19	3.4	No se movió
20	3.4	No se movió
Promedio	3.45	No se movió

Base de conocimiento.

En el diseño de estos controladores se usaron reglas basadas en los datos de funcionamiento del sistema que se obtuvieron mediante la caracterización del móvil, considerando motores y los encoders utilizados. En las tablas 1 - 2 se muestran los datos que se registraron al realizar pruebas del móvil. Los datos necesarios fueron el tiempo que le tomaba al vehículo recorrer la distancia fijada y la potencia que se le suministraba a los motores y obviamente el ángulo de la pendiente.

Tabla 2. Base de datos tiempo de recorrido (4 motores).

Intentos	Inclinación - PWM					
	5° 31%	5° 41%	5° 52%	5° 62%	5° 72%	5° 81%
1	4.6	3.2	2.4	2.2	2.1	2.0
2	4.1	3.2	2.5	2.2	2.2	1.9
3	4.1	3.2	2.4	2.2	2.2	2.0
4	4.1	3.0	2.5	2.2	2.1	2.0
5	4.2	3.0	2.6	2.2	2.0	2.0
6	4.1	3.2	2.5	2.1	2.1	2.0
7	4.2	3.3	2.6	2.2	2.1	2.0
8	4.5	3.2	2.5	2.3	2.1	2.0
9	4.2	3.1	2.5	2.2	2.1	2.0
10	4.2	3.2	2.4	2.2	2.2	2.0
11	4.2	3.4	2.4	2.2	2.1	2.0
12	4.1	3.1	2.5	2.2	2.0	2.0
13	4.5	3.1	2.6	2.1	2.1	2.0
14	4.5	3.1	2.5	2.2	2.1	2.0
15	4.5	3.1	2.6	2.2	2.1	2.0
16	4.3	3.2	2.6	2.2	2.2	2.0
17	4.4	3.0	2.6	2.2	2.1	2.1
18	4.5	2.9	2.5	2.1	2.2	2.0
19	4.1	3.0	2.5	2.2	2.1	2.0
20	4.4	3.2	2.5	2.2	2.1	2.0
promedio	4.29	3.13	2.51	2.19	2.12	2.00

3. Resultados.

En este artículo se presentan los resultados de dos controladores difusos con distintos valores de conjuntos de entrada y salida.

Las pruebas que se realizaron durante la caracterización del móvil que se desplazaba sobre una plataforma de prueba, a la cual se le incrementaba y decrementaba la inclinación dentro de los siguientes rangos:

Ángulo de pendiente máximo 10°.
Velocidad máxima constante 2.6 m/s.

Tabla 3. Lecturas de potencia.

Pendiente	Controlador difuso 1		Controlador difuso 2	
	Arduino	Matlab	Arduino	Matlab
13°	184.67	192	183.33	183
12°	184.67	192	183.33	183
11°	184.67	192	183.33	183
10°	184.67	192	183.33	183
9°	176.9	180	173.45	174
8°	167.97	170	164.26	164
7°	156.98	158	154.11	154
6°	140.45	142	139.84	140
5°	107.14	107	106.22	107
4°	96.29	99.4	93.57	96.5
3°	89.19	90.4	89.38	90.9
2°	83.96	84.1	85.26	85.8
1°	78.68	78.5	79.59	79.7
0°	71.46	71.1	70	70
-1°	61.01	61.6	59.51	59.9
-2°	57.81	57.9	55.64	55.6
-3°	54.29	54.2	52.9	53.1
-4°	50	50.1	48.71	50
-5°	43.89	43.7	42.67	43.2
-6°	40.34	40.4	38.82	40.8
-7°	38.82	38.9	36.64	36.7
-8°	36.63	36	34.37	34.7
-9°	32.22	32.2	32.75	33.1
-10°	31.83	31.9	31.66	32.1

En la tabla 3 se muestran los valores de potencia aplicada obtenidos a la salida del control difuso, tanto en la simulación en Matlab como los del control implementado en Arduino para ambos controladores diseñados.

En las figuras 4-5 se muestran el comportamiento de los dos controladores difusos diseñados considerando los valores de potencia (PWM) aplicados a los motores obtenidos a la salida dependiendo de la pendiente de entrada. Se puede apreciar que las diferencias entre los valores obtenidos en Matlab y Arduino son muy pequeñas.

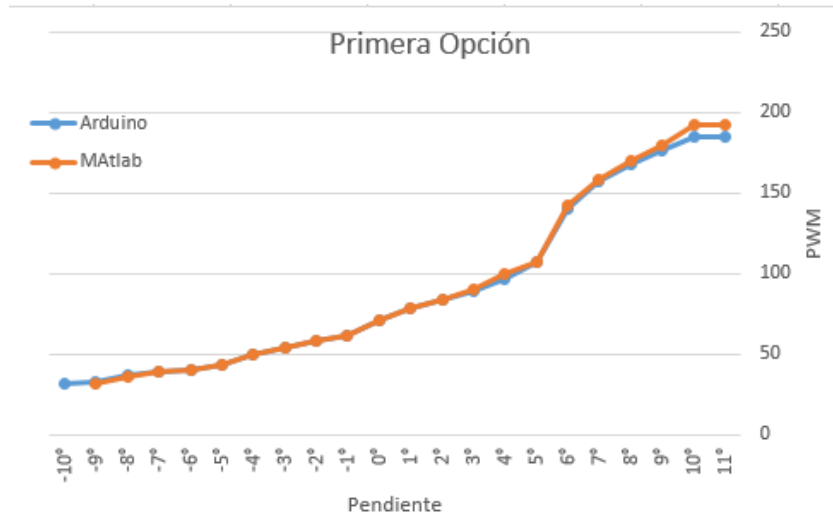


Figura 4. Comparación de potencia de salidas en controlador 1.

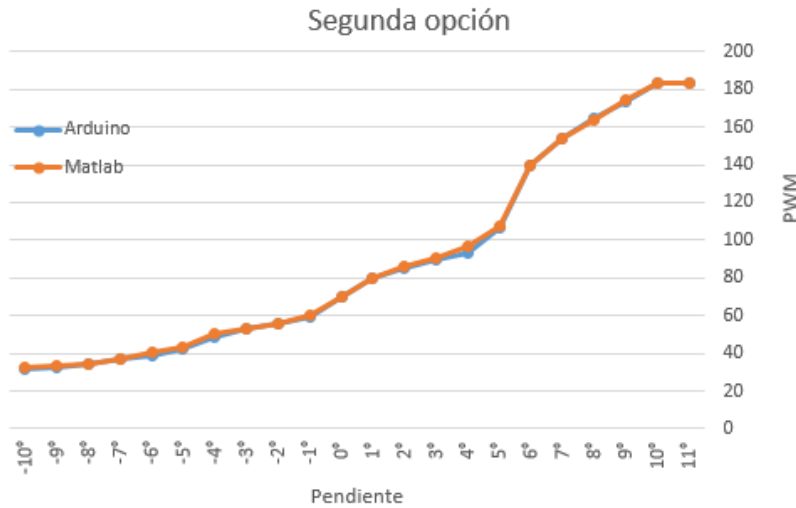


Figura 5. Comparación de potencia de salidas en controlador 2.

Por último al realizar las pruebas finales del control de velocidad, se realizaron 50 recorridos del vehículo sobre la plataforma de pruebas para cada grado de inclinación de la misma (dentro de los rangos preestablecidos) a una velocidad constante de 2 m/s. Con todos los datos capturados y utilizando el método de promedios móviles se obtuvo el tiempo en que el vehículo recorre la distancia de diez metros para cada grado de inclinación. Esta respuesta se puede observar en las figuras 6 -7.

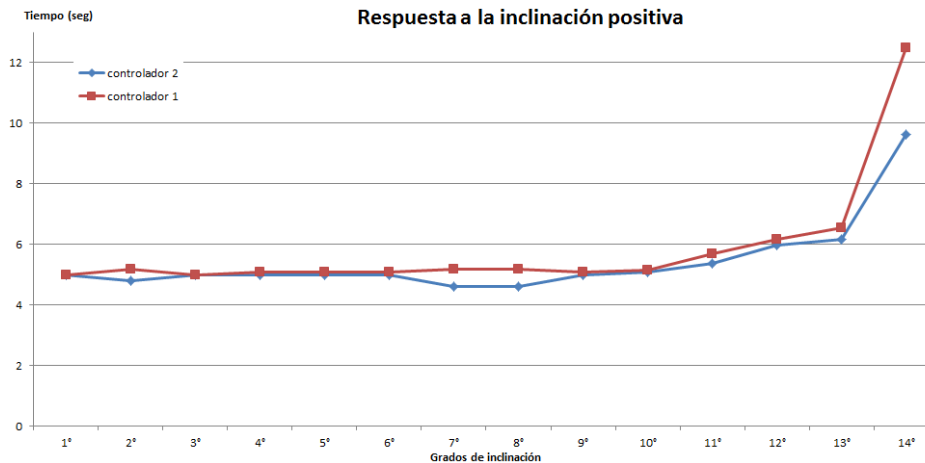


Figura 6. Comparación de tiempo vs inclinación pendiente positiva.

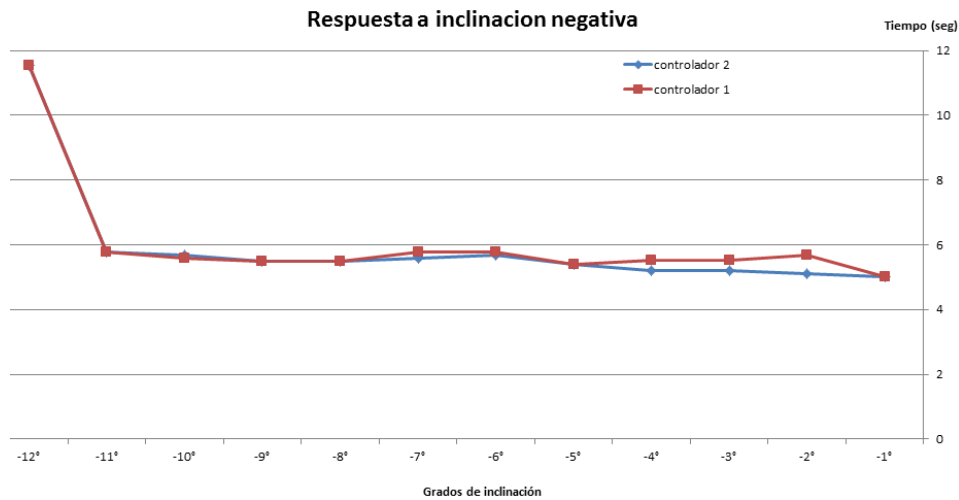


Figura 7. Comparación de tiempo vs. Inclinación pendiente negativa.

Discusión.

Las ventajas de los controladores basados en lógica difusa sobre los controladores convencionales son muchas cuando no se conoce el modelo matemático del sistema. Los resultados obtenidos en este proyecto son sin duda satisfactorios ya que se logró el objetivo principal, el controlador implementado cumple con el objetivo de mantener la velocidad constante dentro de los límites establecidos. Como se puede ver en las gráficas el controlador 2 se comportó mucho más estable cuando se variaba la inclinación con pendiente positiva, mientras que el controlador fue menos estable cuando se utilizaba sobre una pendiente negativa. Esta respuesta del controlador depende en gran medida de la caracterización que sea del móvil a controlar y de la experiencia al seleccionar los conjuntos difusos.

Agradecimientos.

Los autores agradecemos al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto 6847.18-P, sin el cual no hubiera sido posible la publicación de estos resultados.

Referencias bibliográficas.

- Blanco, J. M. (2014).** Comparación de controlador difuso vs control clásico para un motor de CD. Electro 2014. Pp 261-266.
- Bojorquez, G. (2014).** Metodología para la implementación de sistemas difusos tipo Mamdani en lenguajes de programación de propósito general. Electro 2014. Pp. 318-323.
- Chen, G. (2001).** Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy control systems. USA: CRC Press.
- Choset, H. (2005).** Principles of robot motion, theory, algorithms, and implementations. USA: The MIT press.
- Duarte, J.H. (2014).** Control difuso de velocidad en VHDL. Electro 2014. Pp. 267-272.
- Jassbi, J. ; Alavi, S.H.; Serra, P.J. ; Ribeiro, R. (2007).** Transformation of a Mamdani FIS to first order sugeno FIS. IEEE international conference on Fuzzy systems, London, United Kingdom.
- Magaña, C. M. (2014).** Implementación y prueba experimental de un controlador por lógica difusa en un microcontrolador (ATMEGA328P-Arduino uno) para un motor de CD. Electro 2014. Pp. 63-68.
- Urbieta, R. (1995).** Sistema de control de lógica difusa aplicado a un motor de C.D. Polibits.
- Valenzuela Hernández, J. G., Montoya Giraldo, O. D., & Giraldo Buitrago, D. (2013).** Lógica Difusa Aplicada al Control Local del Péndulo Invertido con Rueda de Reacción. Scientia Et Technica, vol. 18, núm. 4. Pp. 623-632.

Información de los autores.



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



Alejandro Isidoro Méndez Hernández es ing. Electrónico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Durante su etapa académica fue parte del Club de Robótica del I.T.T.G., siendo parte del equipo de diseño para los concursos del torneo de VEX ROBOTIC temporada 2014-2016. Certificado en SolidWorks Associate. En la actualidad tiene empleo como ingeniero de servicios en la compañía ENMED SYSTEM en la ciudad de Querétaro, Querétaro. Es el encargado de proporcionar el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo a equipos de ultrasonido. Además de desarrollar e implementar proyectos comunitarios tales como “Recursos de Energía Alternativa”. Se especializa en el desarrollo de aplicaciones. Experto en programación en Matlab.



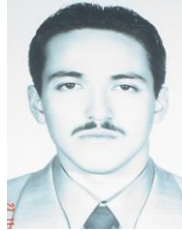
Raúl Moreno Rincón es Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME-IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Certificado en SolidWorks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



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



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



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

Software educativo para niños con Síndrome de Down en nivel de coeficiente intelectual leve.

Educational software for children with Down Syndrome of moderate level.

Ivette Stephany Pacheco Farfán* (1).
Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Tecnológico Nacional de México.
ipacheco@itsecarcega.edu.mx.

Leonardo Cruz Navarrete (2). Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Tecnológico Nacional de México
lcruz@itsescarcega.edu.mx.

Damián Uriel Rosado Castellanos (3). Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Tecnológico Nacional de México, damianrc@itsescarcega.edu.mx.

Iván Humberto Fuentes Chab (4). Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Tecnológico Nacional de México, ivanfuentes@itsescarcega.edu.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 16, 2020; aceptado en diciembre 09, 2020.

Resumen.

Este proyecto tiene como objetivo compartir los resultados de la implementación de un software educativo en el Centro de Atención Múltiple No. 12 de Escárcega, Campeche para apoyar las terapias de desarrollo cognitivo de niños con Síndrome de Down en nivel leve entre 4 y 5 años. La investigación fue estructurada en 3 fases: toma de requerimientos, desarrollo de software educativo (ISE) y evaluación del software; esto con la finalidad de tener un adecuado manejo de la información para poder cumplir con el objetivo establecido. La metodología aplicada para el desarrollo del proyecto incluye el análisis de los datos y requerimiento del desarrollo del software; así como la aplicación de la metodología para el desarrollo de software educativo (ISE) de Alvaro Galvis y el análisis de los resultados del aprendizaje del niño. Podemos concluir desde el punto de vista metodológico que esta investigación está generando un aporte práctico e innovador en el proceso de enseñanza de los niños con SD en nivel leve del CAM No.12.

Palabras clave: Síndrome de Down, software educativo, niños, ingeniería de software.

Abstract.

The objective of this project is to share the results of an educational software, who is implemented at the multiple care center no. 12 from Escárcega, Campeche; to development the cognitive therapies to children with Down syndrome at a low level between 4 and 5 years. The research was structured in 3 phases: requirement taking, educational software development (ESD) and software evaluation. This, in order to have an adequate management of the information, for some activities, to be able to fulfilling the established objective. The applied methodology for the development of the project includes data analysis and requirement of the software development, as well as the application of the methodology for the development of educational software (ISE) by Alvaro Galvis and the analysis of the results from children learning. We can conclude from the methodological point of view, that this research is

generating a practical and innovative contribution in the teaching process of children with DS with low level from CAM No.12.

Keywords: Down syndrome, educational software, childhood, innovation, software engineering.

1. Introducción.

Este trabajo presenta una propuesta innovadora para el desarrollo de habilidades cognitivas en los niños con Síndrome de Down en nivel leve del Centro de Atención Múltiple No. 12 de Escárcega, Campeche. El proceso de enseñanza – aprendizaje tradicional aplicado en las terapias actuales carece de la aplicación de tecnología de información y comunicación, ocasionando desinterés y prolongamientos en los periodos de terapia. El objetivo de esta investigación fue implementar un software educativo para apoyar el desarrollo cognitivo de los niños con Síndrome de Down en nivel leve de esta institución que permita aportar una innovación en el desarrollo cognitivo en los niños. Así mismo, presenta la metodología de trabajo, que llevó al desarrollo del software educativo. La investigación es de enfoque cualitativo, ya que se apoyó en la observación, entrevistas y en la experiencia de los expertos involucrados en el área de interés. Para el análisis de datos se destinaron instrumentos de evaluación y se manejan gráficas para visualizar los datos obtenidos, mismos que revelan el grado de satisfacción de las partes involucradas.

Dentro de la revisión literaria podemos encontrar los siguientes conceptos para la interpretación de esta investigación.

Síndrome de Down.

Una característica principal de los niños con SD es la presencia de un grado variable de retraso mental y unos rasgos físicos peculiares que le dan un aspecto reconocible. (Basile, 2008).

Los niños con síndrome de Down presentan un retraso en el desarrollo físico y mental, cabeza y rasgos faciales característicos y talla baja (Powell y Jefferson, 2017).

Según Powell y Jefferson (2017), existen diversas complicaciones en el niño con SD y una de ellas es la discapacidad intelectual catalogada de leve a profunda.

Software educativo.

Para poder conceptualizar el software educativo es necesario que se inicie con el término de software. Para Freedman (1984), el programa es un conjunto de instrucciones que la computadora contiene, ya sean instrucciones para poner en funcionamiento el propio sistema informático (software de sistema) o instrucciones concretas dirigidas a programas particulares del usuario (software específico).

Para poder desarrollar software se tiene que seguir un proceso que, según Somerville (2002), tiene como propósito la producción eficaz y eficiente de un producto software que reúna los requisitos del cliente. Este proceso es intensamente intelectual, afectado por la creatividad y juicio de las personas involucradas.

Según Carrión et. al. (2003), en el desarrollo de un software educativo se deben considerar dos elementos fundamentales: la estructura y la teoría de aprendizaje. La estructura tiene que ver con los modelos de elaboración de software en ingeniería., planteando etapas de construcción como es el análisis, diseño, desarrollo, evaluación e implementación, considerando el enfoque dirigido hacia la producción del conocimiento por parte del usuario final que en este caso es el estudiante.

Software Educativo y Síndrome de Down.

Actualmente se cuenta con varios proyectos educativos en apoyo a la educación de los niños con Síndrome de Down. De acuerdo al estudio realizado por Pasos et. al. (2015), se obtuvo que el impacto del uso de las Tecnologías de la Educación y Comunicación en las personas con Síndrome de Down, resultó de manera positiva para ellos.

Rosete (2015) presenta una propuesta llamada Sc@ut que es un proyecto de apoyo a la enseñanza de niños autistas o con Síndrome de Down. Su objetivo es ayudar a los niños a comunicarse e integrarse socialmente. Esta tecnología puede utilizarse con la consola Nintendo DS, un PC, ordenadores de bolsillo (PDAs), entre otros.

Por otra parte, Pulido (2014) plantea dos proyectos en apoyo a la educación de los niños con Síndrome de Down: H@z tic y Picaa.

El Proyecto H@z tic es una iniciativa de DOWN ESPAÑA que se lleva a cabo en los centros educativos de Andalucía, Aragón, Cataluña, Castilla y León y Galicia. Está enfocado al aprendizaje de la lectoescritura y a la mejora del lenguaje de los niños con Síndrome de Down.

Del mismo modo, Pulido (2014) menciona que Picaa es una aplicación desarrollada por un grupo de investigación GEDES de la Universidad de Granada. La ventaja de esta app es que se puede personalizar en función de las necesidades y capacidades de cada alumno. Incorpora cinco tipos distintos de ejercicio con los que se pretende cubrir las principales áreas de aprendizaje: matemáticas, lenguaje, conocimiento del entorno, autonomía y habilidades sociales.

2. Métodos.

Como antecedente en el esquema internacional, podemos observar que el objetivo principal de las instituciones públicas o privadas que brindan apoyo a los niños con Síndrome de Down (SD) está basado en utilizar estrategias educativas específicas que permitan una adecuada integración escolar de los niños en la escuela ordinaria como parte de su proceso de inclusión social. Tal proceso comienza en la familia y culmina en la etapa adulta, con su participación en la sociedad como ciudadanos con idénticos derechos y deberes a los del resto. Un mecanismo para lograr este objetivo, es brindar terapias de apoyo a los niños con SD para lograr su estimulación temprana que incluye el desarrollo cognitivo, verbal y motriz.

Los programas específicos de atención temprana (durante los primeros seis años de vida), desarrollados especialmente para los niños con Síndrome de Down, se enfocan en estimular al máximo sus mecanismos adaptativos y de aprendizaje y son diseñados con métodos gráficos y a través del uso de recursos didácticos como tarjetas, cuentos, pinturas, entre otros, a lo que conoceremos en los Centros de Atención Múltiple (CAM) como terapia tradicional.

Según Sandoval (2004), en México existen dos servicios para atención a los niños con Síndrome de Down por parte de la Secretaría de Educación Pública: Los Centros de Atención Múltiple (CAM) y las Unidades de Servicios de Apoyo a la Escuela Regular (USAER). En Campeche se cuenta con 16 centros de atención a la educación especial. El municipio de Escárcega, en el estado de Campeche, cuenta con el Centro de Atención Múltiple (CAM) No. 12, que es una institución donde se brinda un servicio de educación especial y tiene la responsabilidad de escolarizar a aquellos alumnos y alumnas que presentan necesidades educativas especiales asociadas con la discapacidad múltiple. Un sector de atención en educación especial dentro del CAM No. 12 son los niños con Síndrome de Down (SD) en nivel leve, entre 4 y 5 años, a quienes se les brinda terapia temprana de estimulación cognitiva, psicológica y motriz para poder lograr su inclusión social y académica de manera oportuna.

Dentro del CAM No. 12, la estimulación integral de un niño con SD en nivel leve abarca 3 etapas: la cognitiva, la motriz y la verbal; sin embargo, para esta investigación nos centramos a la necesidad expuesta por el Lic. Alejandro Jiménez Polanco, director del centro, quien planteó el requerimiento de implementar un software educativo que permitiera apoyar las terapias tradicionales para el desarrollo cognitivo del niño con SD. En dicha institución, los psicólogos responsables de brindar las terapias de estimulación cognitiva, diseñan una planeación e instrumentación didáctica de manera anual para el seguimiento de las mismas. Tal planeación contiene las actividades de enseñanza y aprendizaje, así como los mecanismos de evaluación del avance del niño. Las actividades de enseñanza se encuentran basadas en el Método Perceptivo – Discriminativo, que según Troncoso y Cerro (2009), este método tiene como objetivo el poder aumentar el vocabulario, el conocimiento y la comprensión de las propiedades y cualidades de los objetos, nociones básicas de cálculo, la preparación para la lectura y escritura, entre otros; sin embargo, este método es conocido comúnmente como “el tradicional”.

Actualmente, las terapias tradicionales de apoyo mental incluyen diversas actividades de aprendizaje y el trabajo con diferentes materiales didácticos (Tabla 1).

Tabla 1. Actividades de enseñanza – aprendizaje y tiempos de la terapia tradicional de estimulación cognitiva y verbal en los niños con SD en nivel leve.

Etapa	Actividades de enseñanza - aprendizaje	Actividades	Materiales Didácticos	Duración de Sesión
Cognición	Método Perceptivo – Discriminativo (Asociación, Selección, Clasificación, Denominación y Generalización)	Unión y selección de colores, vocales y/o números en diferentes ambientes Agrupación de elementos iguales Memorama	Calcetines, zapatos, botas, guantes. Vasos, tazas, botes, frascos, cajas, tubos, con sus tapas. Botones, corchos, tornillos y tuercas, monedas, pinzas, clips, chinchetas, palillos. Nueces, lentejas, frijoles o cualquier tipo de semillas. Cestos, bandejas, platos. Cualquier tipo de recipiente que sirva para meter o para poner encima.	2 horas
Lenguaje	Repetición de números, vocales, colores. Repetición de campos semánticos básicos.	Cantos Repeticiones de Campos Semánticos	Canciones Juegos Pizarrón	2 horas

Fuente. Elaboración propia con base al estudio de investigación.

Lamentablemente, dentro del CAM No. 12, el 80% de los niños han mostrado desinterés por las clases de la terapia tradicional y esta situación se hace evidente cuando se presentan los siguientes factores:

1. Inasistencias a las sesiones programadas.
2. Pérdida de atención a las actividades durante la terapia.
3. Falta de control de la conducta del niño.
4. Hiperactividad en diversas actividades.
5. Mal humor frente a sus compañeros o psicólogo.
6. Ataques de mala conducta dentro del aula.

Ante la situación, el director general ha identificado la necesidad de poder implementar una tecnología emergente que permita contribuir a las terapias de los niños y que permita combatir estos factores.

Cardona *et. al.* (2005) expresan que el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC'S), por parte de las personas con discapacidad, es un medio que puede lograr desarrollo social y laboral. A través de una prueba piloto con el uso de tecnología en las terapias de los niños con SD del CAM No. 12, se identificó la necesidad de implementar una metodología educativa que apoye las terapias tradicionales y que incluya estrategias didácticas más instrumentales y prácticas.

Por lo antes expuesto, es necesario desarrollar en el contexto presentado un software que permita generar un aprendizaje digital, basado en apoyos visuales y sonoros, para incrementar la capacidad de almacenamiento y procesamiento de información de los niños, posibilitando una mejor comprensión de lo abstracto y fomentando la reflexión. Además, este proyecto permitirá reforzar la visión, la audición y la coordinación de ellos.

Antecedentes.

Actualmente, el Centro de Atención Múltiple No. 12 atiende a un total de 45 niños con diferentes discapacidades. Cuenta con una población total de 15 niños con Síndrome de Down. Para su atención en aulas los niños son divididos según su nivel de retraso mental y edad; además, considerando algunas clasificaciones como las que se muestran a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de la población con Síndrome de Down del CAM No. 12 de Escárcega, Campeche según su nivel de retraso mental y edad.

Nivel de Retraso Mental	Edad	No. De Niños	Sexo	
			Femenino	Masculino
Leve	4 – 5 años	5	2	3
	6 – 8 años	3	1	2
	10 en adelante	1	0	1
Moderado	4 – 5 años	2	1	1
	6 – 8 años	1	1	0
	10 en adelante	0	0	0
Profundo	4 – 5 años	0	0	0
	6 – 8 años	1	1	0
	10 en adelante	2	1	1

Fuente: Elaboración propia. Datos del Centro de Atención Múltiple No. 12, 2019

La población objetivo, para esta investigación, son los niños con SD con nivel de retraso mental leve, siendo la población total 5 niños, siendo dos niñas y 3 niños. Para la atención de los niños con SD se cuenta con dos psicólogos, un terapeuta físico y ocupacional, un trabajador social y un maestro de grupo. Se cuenta con un espacio físico (aula) para brindar las terapias de apoyo acondicionadas con pizarrón, cañón proyector y computadoras portátiles. Además, se cuenta con un centro de cómputo con 5 equipos disponibles y a cargo de un auxiliar administrativo, donde se imparten cátedras para el aprendizaje del manejo de la computadora.

Objetivo General.

Implementar un software educativo en el Centro de Atención Múltiple No. 12 de Escárcega, Campeche, para apoyar las terapias de desarrollo cognitivo en el aprendizaje de vocales, números y colores de los niños con Síndrome de Down en nivel leve, entre 4 y 5 años.

Población.

La población objetivo, para esta investigación, son los niños con SD con nivel de retraso mental leve, siendo la población total 5 niños donde dos son niñas y 3 niños. Para la atención de los niños con SD se cuenta con dos psicólogos, un terapeuta físico y ocupacional, un trabajador social y un maestro de grupo. Se cuenta con un espacio físico (aula) para brindar las terapias de apoyo acondicionadas con pizarrón, cañón proyector y computadoras portátiles. Además, se cuenta con un centro de cómputo con 5 equipos disponibles y a cargo de un auxiliar administrativo, donde se imparten cátedras para el aprendizaje del manejo de la computadora.

3. Desarrollo.

La investigación fue estructurada en 3 fases para tener un adecuado manejo de la información, realizando diversas actividades para poder cumplir con el objetivo general establecido (Figura 1).



Figura 1. Diseño general del estudio del trabajo de investigación.

Fase 1. Toma de requerimientos del estudio.

La primera fase consistió en varias actividades para realizar la toma de requerimientos del proyecto, que permitieron obtener todos los requisitos de hardware y software para el desarrollo del software educativo.

Fase 2. Desarrollo de Software Educativo.

Esta etapa se basó principalmente en el desarrollo lógico del software educativo por lo que me base en la metodología de Ingeniería de software educativo de Galvis (2000:72) que incluye cinco etapas (Figura 2).



Figura 2. Diagrama de la Metodología de Ingeniería Software Educativo de Galvis (2000:72), 2019

Etapa 1. Análisis.

Esta etapa de la metodología permitió obtener información sobre las necesidades para la realización del software educativo. En esta etapa, se desarrolló un grupo focal donde participó el director, psicólogos, docente de aula y terapeuta, y mediante el cual se obtuvo el diseño del esquema de la interacción del software educativo y de los niños con SD para lograr el desarrollo cognitivo y el aprendizaje de números, vocales y colores (Figura 3).

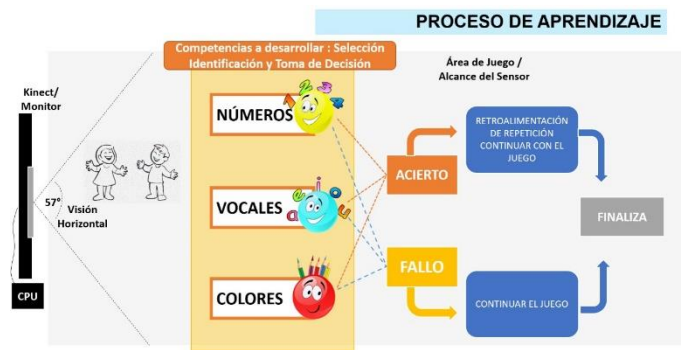


Figura 3. Diagrama del proceso de Aprendizaje del Niño con SD al utilizar el software educativo.

Etapa 2. Diseño.

Con base en la metodología Galvis (2000:72), se realizaron 3 tipos de diseño: Diseño educativo, Diseño computacional y el Diseño comunicacional, en los cuales se determinó cual habría de ser el alcance del sistema, que contendrían y como tendrían que funcionar.

Diseño Educativo.

A través de este diseño se estudió cual era el sistema de motivación para que los niños trabajaran en la búsqueda de objetivos, y para esto tomé en cuenta las características de la población.

Se llegó a la conclusión de que existen diferentes factores que se tienen que respetar para que estos niños no se desmotiven y sigan interesados en aprender. Los factores más importantes mencionados por el licenciado de acuerdo a su experiencia fueron:

1. Respetar el ritmo de aprendizaje de los niños.
2. Considerar la velocidad de las imágenes que van a ir apareciendo en la pantalla.
3. Las indicaciones tienen que ser claras y sencillas para que ellos puedan comprender que es lo que se tiene que hacer.
4. Incentivar los logros de los alumnos.
5. Las imágenes presentadas deben de tener colores llamativos.

Cuando se evalúa la competencia curricular de un alumno se puede conocer el nivel de adquisición de sus aprendizajes. Tan importante es valorar qué han logrado los alumnos, como saber de qué manera aprenden y cómo se enfrentan regularmente a las tareas escolares, porque con ello se puede determinar así cuál es su estilo de aprendizaje.

A través de las visitas en aula se determinaron las siguientes características recomendables para trabajar con los niños con SD en nivel leve y con el software educativo:

1. Las condiciones físico-ambientales en las que el alumno trabaja con mayor comodidad.
2. La respuesta y las preferencias del alumno ante diferentes actividades para realizar las tareas escolares.
3. Los intereses del alumno.
4. El nivel de atención del alumno.
5. Las estrategias que emplea para la resolución de tareas.
6. Los tipos de materiales que necesite para solucionar algunas tareas.
7. Los estímulos que le resultan más positivos para la realización de las tareas.

Con lo anterior me di cuenta de que, al trabajar con niños, debemos de estar seguros de que el ambiente que se les está presentando les brinda a ellos comodidad y seguridad para que sigan interesados en lo que se les muestra.

Diseño Computacional.

En este diseño se establecieron las funciones que cumpliría el sistema en apoyo de sus usuarios, docentes y alumnos. Las distintas funciones ejecutadas por los usuarios fueron planificadas con el apoyo del lenguaje unificado de modelado a través de la herramienta informática, obteniendo diversos diagramas que conformaron la estructura del software (Figura 4).



Figura 4. Diagrama de caso de uso del software educativo.

Diseño Comunicacional.

En esta etapa se realizaron los diseños visuales de las interfaces gráficas del software educativo, utilizando colores que pudieran ser llamativos para los niños, fondos que presentaran contraste con los iconos y letras, imágenes divertidas (Figura 5).



Figura 5. Interfaz gráfica del software educativo.

Etapa 3. Desarrollo de Software.

Esta es la tercera etapa de la metodología. En esta etapa se contemplaron actividades como la instalación de programas requeridos para el desarrollo del software y donde se adquiere el rol de programador para el desarrollo del software educativo. Para desarrollar el software educativo se requirió un periodo aproximado de 8 meses.

Etapa 4. Prueba Piloto.

Para esta etapa nos apoyamos con director y el psicólogo del centro de atención y con un niño con SD dentro del CAM No. 12 para realizar las pruebas de funcionamiento del software educativo, en un periodo de 3 semanas donde detectaron los errores del sistema y a su vez se realizaron las correcciones pertinentes (figura 6).



Figura 6. Fotografía de las pruebas piloto del software educativo en el Centro de Atención Múltiple No. 12 de Escárcega, Campeche.

Etapa 5. Prueba de Campo.

Esta es la fase donde se evaluó la implementación del software educativo. Tal evaluación consistió en el uso del software educativo por parte de la población objeto de estudio. Para poder determinar si estaba resultando efectivo el software educativo, es decir, se encontró mejoría en el aprendizaje de los niños con SD, se hicieron evaluaciones diagnósticas al inicio de la etapa y después de manera bimestral se aplicó la misma evaluación diagnóstica para documentar el avance del aprendizaje del niño de las vocales, números y colores. Dichas pruebas se hicieron en un periodo de 6 meses. Al término del periodo de la prueba de campo, se aplicó una evaluación final donde se obtuvieron los resultados finales del uso del software educativo.

Conclusiones.

El apoyo de un software educativo en la educación para los niños con SD en nivel leve del Centro de Atención Múltiple No. 12, permitió generar mayor interés en las terapias de desarrollo cognitivo por lo que las sesiones de trabajo resultaron más interactivas y dinámicas, logrando captar por más tiempo la atención del niño y observando la retención efectiva del aprendizaje de colores, vocales y números. Con esto concordamos en lo que afirma Pasos et al. (2015) donde el uso de las Tecnologías de la Educación y Comunicación (TIC's) en las personas con Síndrome de Down, genera un impacto positivo que causa.

Otro aspecto que puntualiza el estudio de Pasos et al. (2015) donde considera importante que el uso de diversos medios de TIC's para lograr un almacenamiento mayor de información en los niños con SD queda apoyado la estrategia aplicada al utilizar el Kinect como parte del hardware de apoyo para el software educativo. Esto no sólo permitió generar un ambiente de trabajo más atractivo, sino que generó el desarrollo de habilidades motoras de los niños y del mismo modo, al observar que los tiempos de trabajo se incrementaron con el paso de los meses durante el periodo de la prueba de campo.

La identificación de vocales fue menor con respecto a la de números y colores, podemos decir que no en todos los módulos deseados se tuvo el resultado de manera equilibrada y se pudo atribuir este suceso debido a que los ambientes visuales de trabajo resultaron de diferentes gustos de los niños.

Cuando se trabajó los entornos visuales, se logró identificar que los niños tenían muy claro sus gustos, por lo que definir ambientes que sean del agrado de todos fue muy difícil; desde este punto el proceso de diseño se complicó en varias ocasiones teniendo que repetirlo hasta conseguir uno que fuera de mayor aceptación entre todos.

Observando este panorama podemos decir que lo planteado por Cardona et. al. (2005) sobre que el uso de las tecnologías de información y comunicación en referencia a que son un medio que puede lograr desarrollo social e inclusión, es muy cierto. Se observó que este tipo de tecnologías ofrecían mejores alternativas a los niños y estas a su vez resultaban más interesantes.

En cuanto al uso de la metodología de Galvis (2000), puedo mencionar que aportó mucho para el desarrollo de la investigación al lograr incorporar diversos grupos de trabajo multidisciplinario donde participaban los psicólogos, terapeutas, padres de familia para el desarrollo del proyecto y al ofrecer las etapas necesarias para el desarrollo del software educativo. Sin embargo, cabe mencionar que este tipo de metodología requiere de tiempo muy extenso para la evaluación de la prueba piloto y de campo por lo se hace muy tardado el periodo de trabajo del proyecto.

Finalmente, de acuerdo con Carrión et. al. (2003) donde considera en el desarrollo de un software educativo dos elementos fundamentales: la estructura y la teoría de aprendizaje, podemos concluir que, basándonos en los resultados de la encuesta de satisfacción del software educativo, cumple con la estructura requerida de acuerdo a las necesidades de la enseñanza de los niños con SD del centro y al obtener resultados satisfactorios en la adquisición de conocimiento de vocales, números y colores se logra la teoría del aprendizaje.

Como conclusión podemos definir que el software educativo para los niños con SD en nivel leve logró cumplir con el objetivo general del proyecto al ser basado en una metodología que logra concretar los aspectos educativos necesarios para el Centro de Atención Múltiple No. 12 cumpliendo con los requisitos necesarios de estructura y teoría de aprendizaje.

Créditos.

Este proyecto de investigación pudo desarrollarse gracias al apoyo recibido por el Tecnológico Nacional de México por el financiamiento recibido a través de la aprobación de la participación en la convocatoria de Apoyo a la Investigación Científica, Aplicada, Desarrollo Tecnológico e Innovación en los Programas Educativos de los Institutos Tecnológicos Descentralizados.

Se agradece al Centro de Atención Múltiple No. 12 de Escárcega, Campeche, al director Lic. Alejandro Jiménez Polanco por el apoyo y facilidades brindadas para poder realizar este proyecto.

Referencias bibliográficas.

Basile S. (2008). Retraso Mental y Genética de Down. Revista Argentina de Clínica Neuropsiquiátrica. 9-23.

Cardona M., Vega T., Nolasco A., Ramírez M., Riveroll N., Reyes R., Mendizábal T., (2015). Guía para la inclusión digital de alumnos con discapacidad. México, DF, México: Secretaría de Educación Pública.

Carrión P., García A., Pérez Y., (2003). La Ingeniería de Software aplicada al desarrollo de software educativo. Recuperado el 9 de mayo de 2017 de: <http://132.248.45.5/enlinea/ponencia/mesa2/patiCM.doc>.

Freedman, A. (1984). Glosario de computación. ¡Mucho más que un glosario! México: McGraw Hill.

Galvis. A. (2000). Ingeniería de software educativo. (2da). Colombia: Ediciones UNIANDES.

Pazos M., Raposo M., Martínez M., et al. (2015). Las TIC en la educación de las personas con Síndrome de Down: un estudio bibliométrico. *Virtualidad, Educación y Ciencia* (11), 20-39.

Powell N., Jefferson T., (2017). Síndrome de Down (trisomía 21, trisomía G). Recuperado el 26 de mayo de 2017 de <http://www.msmanuals.com/es-mx/hogar/salud-infantil/anomal%C3%ADas-cromos%C3%B3micas-y-gen%C3%A9ticas/s%C3%ADndrome-de-down-trisom%C3%ADa-21,-trisom%C3%ADa-g>.

Pulido J. (2014). Apps educativas para niños con Síndrome de Down. Recuperado el 12 de mayo del 2017 de <http://www.bluebbva.com/2014/06/apps-educativas-para-ninos-con-sindrome-de-down.asp%20>.

Rosete M. (2012). Sc@ut: Un software para integrar a niños autistas y con síndrome de Down. Recuperado el 12 de mayo del 2017 de <https://www.fayerwayer.com/2012/04/scut-un-software-para-integrar-a-ninos-autistas-y-con-sindrome-de-down/>.

Sandoval, S. (2004). Educación para niños con Síndrome de Down. [versión electrónica]. *Somos Consumidores*. 60-63. Sommerville, I. (2002). *Ingeniería de Software*. México: Pearson Educación.

Sommerville, I. (2002). *Ingeniería de Software*. México: Pearson Educación.

Troncoso, M., Cerro, M. (2009). *Síndrome de Down: Lectura y escritura*. (3a. ed.) Cantabria: Porto.

Información de los autores.



Ivette Stephany Pacheco Farfán. Ingeniero en Sistemas Computacionales por la Universidad Autónoma de Campeche (2008) con Maestría en Informática de la Universidad Hispanoamericana (2017) y actualmente es estudiante de Doctorado en Proyectos por la Universidad Internacional Iberoamericana. Docente Investigador del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Escárcega de la Ingeniería en Sistemas Computacionales. En el 2018 obtuvo el reconocimiento como Docente con Perfil Deseable por el Programa de Desarrollo Profesional Docente. Líder de la Línea de Investigación de Ingeniería de Software. Ha participado en diversos congresos con exposición de carteles científicos y ponencias nacionales e internacionales. Asesor de proyectos del Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica y la Feria Nacional de Ciencias.



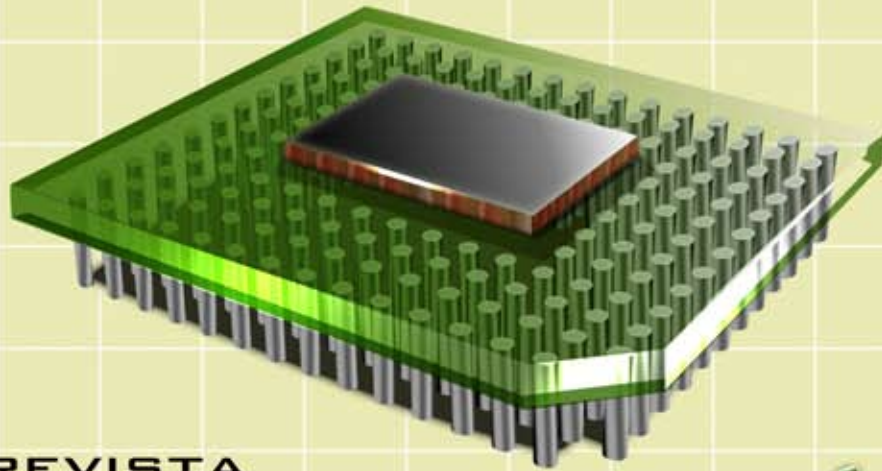
Leonardo Cruz Navarrete. Ingeniero en Sistemas Computacionales por la Universidad Autónoma de Campeche (2008) con Maestría en Informática de la Universidad Hispanoamericana (2017). Docente Investigador del Instituto Tecnológico Nacional de México campus Escárcega de la Ingeniería en Sistemas Computacionales. Colaborador de la Línea de Investigación de Ingeniería de Software. Asesor de proyectos del Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica.



Damián Uriel Rosado Castellanos. Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Campeche en 2017. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias de la Computación por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) en 2019. Profesor Investigador de la Línea de Investigación de Ingeniería de Software de la Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México campus Escárcega. Fundador de la empresa DensCode de Escárcega, Campeche. Desarrollador del sistema de trayectoria escolar del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Ha participado como asesor del Evento Nacional Estudiantil de Innovación Tecnológica.



Iván Humberto Fuentes Chab. Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Campeche en 2017. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias de la Computación por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) en 2019 y actualmente estudiante del Doctorado en Sistemas Computacionales en la Universidad Da Vinci. Ha participado en carteles científicos en la 2ª Jornada de Ciencia y Tecnología del CENIDET, seminarios de investigación con el Grupo ARKADIUS de la Universidad de Medellín. Docente Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega de la Licenciatura de Ingeniería en Sistemas Computacionales.



REVISTA
TECNOLOGÍA
DIGITAL

www.revistatecnologiadigital.com