



Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riit.com.mx

Modelo tecnológico usando la lingüística maya para la creación de un algoritmo implementado en una herramienta móvil

Technological model using maya linguistics for the creation of an algorithm implemented in a mobile tool

Couoh-Novelo, M.A., Bianchi-Rosado, V.M., Fernández-Rosado, J.E., Martín-Interián, N.S.

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tizimín; 97700. Tizimín, Yucatán.
miguelcouoh@gmail.com; bianchitaekwondo@gmail.com; julioesaufernandezrosado@gmail.com;
sarahimartin97@gmail.com

Innovación Tecnológica: Prototipo tecnológico para la pronunciación de la lengua maya.

Área de aplicación industrial: Educación, tecnología.

Recibido: 24 marzo 2021

Aceptado: 05 mayo 2022

Abstract

Currently there are indigenous languages in Mexico, in the first place is Nahuatl, followed by the Mayan language, this classification is according to the number of speakers of the languages, however, statistics show a decrease in the number of Mayan speakers. Therefore, fewer and fewer people are able to communicate in this language. In order to deal with this situation, it was proposed to create a technological model to automate pronunciation in order to facilitate communication with people who do not master the aforementioned indigenous language.

A documentary research on the Mayan language was carried out to build the prototype and validation tests were carried out. As a result, a technological model was obtained, with an algorithm capable of reproducing the lexicon of the speaking Mayans of the state of Yucatán.

Key words: phonetics, maya, algorithm, computing, maya.

Resumen

Actualmente existen lenguas indígenas presentes en México, en primer lugar, está el náhuatl, seguido por la lengua maya, esta clasificación es según el número de hablantes de las lenguas, sin embargo, las estadísticas muestran un decremento de los mayas parlantes. Por lo tanto, cada vez menos personas son capaces de comunicarse en esta lengua. Ante esta situación se propuso crear un modelo tecnológico para automatizar la pronunciación con la finalidad de facilitar la comunicación con las personas que no dominan la mencionada lengua indígena.

Se realizó una investigación documental sobre la lengua maya para construir el prototipo y se realizaron las pruebas de validación. Como resultado se obtuvo un modelo tecnológico, con un algoritmo capaz de reproducir el léxico de los mayas parlantes del estado de Yucatán.

Palabras clave: fonética, maya, algoritmo, informática, Mayas.

1. Introducción

La lengua maya es la segunda lengua indígena más hablada en México, sin embargo, las estadísticas muestran que la cantidad de hablantes ha disminuido con los años, lo que provoca una dificultad de comunicación entre las personas maya parlantes y los no parlantes, pues actualmente la mayoría habla únicamente castellano, principalmente en las ciudades, puesto que en las escuelas se ha dado prioridad al español, e incluso al inglés, sobre la lengua maya lo cual se refleja en la sociedad en general, donde no se reconoce el valor de esta lengua, llegando a la discriminación contra quienes la usan. Sin embargo, es importante mencionar que existen comunidades donde se encuentran porcentajes elevados de hablantes de la lengua maya, donde predomina esta lengua e incluso no cuentan con el dominio total del español.

Esta problemática plantea la necesidad de la traducción del mensaje en ambos sentidos. La tecnología ofrece resolver estos problemas, pero, aunque en la actualidad existen traductores muy poderosos con alcances de hasta 80 idiomas, muy pocos se enfocan en lenguas indígenas. Específicamente hablando de la traducción del español a maya, se cuenta con opciones tales como Microsoft Translator

de Bing y Tradukka, pero que carecen de la función de pronunciar el mensaje resultante. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue desarrollar un modelo tecnológico que permita identificar los componentes fonéticos de una cadena de texto introducida en lengua maya yucateca para su pronunciación automatizada, por lo que el presente artículo tiene como propósito dar a conocer el modelo tecnológico desarrollado en el Tecnológico Nacional de México, Campus Tizimín y la tecnología actual puede contribuir a la preservación de la lengua maya.

Marco teórico

Briceño (2021) desde el Grupo de Acompañamiento a Lenguas Amenazadas (GALA) señala que, si no se modifican sustancialmente las políticas del lenguaje, las lenguas indígenas en México desaparecerán irremediamente en un par de generaciones.

La desaparición de una lengua, como el maya yucateco implica la pérdida del inventario de conocimiento tradicional, vinculado directamente con el hábitat en que es hablado y el repertorio de palabras que enuncian los recursos biológicos y geográficos que, a lo largo de los siglos, una comunidad ha nombrado, descubierto, explorado y

sustentado en su relación con el medio ambiente (Fidencio, 2021 p. 137) [1].

El maya yucateco es una lengua tonal hablada en la península de Yucatán, en México. Actualmente este idioma es hablado por 774,755 personas en los tres estados mexicanos de Yucatán, Campeche y Quintana Roo (INEGI, 2020) [2]. El maya yucateco está clasificado junto con el Itzá (Guatemala), mopán (Belice y Guatemala) y lacandón (Chiapas) dentro de la rama yucateca en la familia lingüística mayense (Kaufman, 1990 citado en Sobrino, 2013) [3].

Como expresa el Sistema de información cultural (SIC, 2020) si bien la lengua maya o maayat'aan, como la conocen comúnmente sus hablantes, es la segunda agrupación lingüística (después del náhuatl) más hablada en el país, con 795,499 hablantes, no significa que no se encuentre en riesgo de desaparición. Este mismo organismo menciona que actualmente todas las lenguas indígenas en México se consideran en peligro de desaparición, solo varía su grado de riesgo, la lengua maya está considerada como una lengua cuyo riesgo de desaparición no es inmediato [4].

En 2019 Sima y Perales realizaron un estudio sobre actitudes de los jóvenes yucatecos hacia la lengua maya donde destacaron que es valorada por ser parte de la cultura e historia de la región y que debería ser hablada por los yucatecos, aunque encuentra desventajas ante el idioma inglés, pues éste genera atracciones e incentivos monetarios o profesionales en el mundo actual de la globalización [5].

Briceño (2002) identifica 3 variantes lingüísticas del maya yucateco: el *xe'ek'* maya que se localiza en la zona exhenequenera, sur y centro de Yucatán; el maya del Camino Real y la zona de los *ch'e'enes* en Campeche y la *jach* maya

hablada en el sur, oriente de Yucatán y centro de Quintana Roo [6].

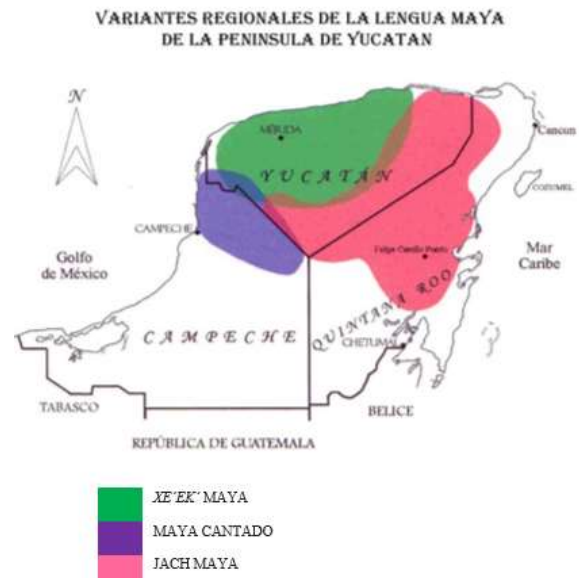


Figura 1. Variantes regionales de la lengua maya en la península.

Fuente: Briceño, 2002.

Al respecto Ruz (2006) expresa que los propios hablantes de la lengua maya distinguen variantes de acuerdo con la región, que no tienen la característica de ser dialectos, pues presenta mutua inteligibilidad. [7].

De acuerdo con las normas de escritura para la lengua maya del INALI, las grafías para la escritura de la lengua maya son las siguientes: a, aa, áa, a', a'a, b, ch, ch', e, ee, ée, e', e'e, i, ii, íi, i', i'i, j, k, k', l, m, n, o, oo, óo, o', o'o, p, p', r, s, t, t', ts, ts', u, uu, úu, u', u'u, w, x, y. Las letras que tienen el valor de consonantes son: b, ch, ch', j, k, k', l, m, n, p, p', r, s, t, t', ts, ts', w, x, y. Las letras que tienen el valor de vocales son: Cortas: a, e, i, o, u. Largas con tono bajo: aa, ee, ii, oo, uu. Largas con tono alto: áa, ée, íi, óo, úu. Glotalizadas: a', e', i', o', u'. Rearticuladas: a'a, e'e, i'i, o'o, u'u. También establece las reglas de uso para las vocales y consonantes [8].

Sobrino (2013) detalla algunas características de la lengua maya:

El sistema consonántico del maya yucateco cuenta con resonantes y obstruyentes. Entre las resonantes están “las nasales, laterales y aproximantes; y entre las obstruyentes, fricativas, oclusivas y africadas. Tanto en la serie de oclusivas como en las africadas existe un contraste entre sordas y sordas glotalizadas” (Sobrino, 2013, par. 2).

“Este idioma posee cinco timbres vocálicos que son contrastivos. Existen otros rasgos en las vocales que también son contrastivos entre sí, como son la duración, el estado glótico y la tonalidad” (Sobrino, 2013, par. 3) [3].

En relación al uso de tecnologías de la información, en México durante enero – diciembre del año 2019 se registró que un alto porcentaje de la población utiliza dispositivos móviles de diversas plataformas, entre las cuales sobresalen los sistemas operativos de Android, IOS y Samsung, resultando que el 71.18% de la población cuenta con un dispositivo móvil con sistema Android, el 28.19% utiliza el sistema IOS y por último con tan solo 0.24% de población que utiliza sistema operativo Samsung (S.C.G.S, 2019) [9].

Android es un sistema operativo inicialmente pensado para teléfonos móviles, al igual que iOS, Symbian y Blackberry OS. Lo que lo hace diferente es que está basado en Linux, un núcleo de sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma (Girones, 2020) [10]. Con los datos anteriores es evidente que es muy conveniente desarrollar el prototipo en cuestión para su versión móvil con el sistema operativo Android debido a la mayor cantidad de usuarios potenciales.

Para realizar un prototipo tecnológico es necesario realizar un algoritmo, que es un conjunto detallado y lógico de pasos para

alcanzar un objetivo o resolver un problema. Los pasos deben ser suficientemente detallados para que el procesador los entienda. En nuestro ejemplo, el procesador es el cerebro de quien arma el modelo; pero el ser humano tiende a obviar muchos aspectos y es factible que haga en forma automática algunos de los pasos del instructivo, sin detenerse a pensar en cómo llevarlos a cabo (Manzano, 2016) [11].

2. Método

Se trata de una investigación con enfoque cuantitativo, diseño no experimental, transversal, de tipo descriptivo.

El estudio se realizó en el municipio de Tizimín y comunidades aledañas ubicadas a 160 km aproximadamente de la ciudad de Mérida, capital del Estado de Yucatán y a 190 km aproximadamente de la Ciudad de Cancún, Quintana Roo. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, ya que debido a la pandemia causada por el coronavirus se presentaron restricciones en las visitas a las comunidades y finalmente la muestra estuvo conformada por 111 personas de entre 11 y 84 años hablantes de lengua maya, habitantes de las comunidades que comprenden el territorio oriente de Yucatán, estas comunidades son Calotmul, Chan Cenote, Colonia Yucatán, Dzonot Carretero, Espita, Sucilá, Tixcanal, Moctezuma y Samaria.

Metodología para poder llevar a cabo el modelo tecnológico

Primero se realizó una investigación en diferentes fuentes y diccionarios existentes sobre la lingüística maya con la finalidad de tener un amplio panorama de la estructura de los fonemas que lo conforman. La lista Swadesh es una recopilación de palabras representativas del vocabulario básico de cualquier lengua, propuesta por Morris Swadesh, dicha lista se utilizó como referente

para la recopilación de palabras, de igual forma se usó el diccionario Español-Maya-Español, publicado por la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y que una vez identificadas se agruparon para construir un diccionario propio de las palabras en lengua maya usadas en el estado de Yucatán.

Se habilitó un área especial para las grabaciones utilizando equipo de grabación semi profesional, interfaz de audio, micrófonos de condensador y Audacity (software). Para lo anterior, se requirió el apoyo de un hombre y una mujer que grabaron su voz para cada uno de los 44 fonemas que conforman la lingüística maya; con lo cual, se obtuvo un total de 88 audios en voz de ambos géneros.

Posteriormente, se procedió a la extracción de cada fonema de las grabaciones que se realizaron, para ello se utilizó el programa Audacity, que permitió extraer cada fonema pronunciado, ya que brindaba un espectrograma de la vocalización de cada uno de los fonemas involucrados. Gracias al espectrograma se identificó el punto exacto en que iniciaba o terminaba la pronunciación de cada elemento fonético, ya sea una vocal o una consonante en cualquiera de sus variantes.

De igual manera, el software Audacity permitió la eliminación de una gran cantidad del ruido presente en las grabaciones. Una vez que el programa terminó de eliminar el ruido presente en la grabación se procedió a identificar, seleccionar y guardar cada fonema de manera individual como archivo de audio. Para este proyecto se eligió el formato .MP3, ya que es compatible con todos los lenguajes de programación.

En la figura 2 se muestra el concentrado de cada uno de los audios de los fonemas, limpios de ruido y en el formato adecuado para que lo pueda reconocer cualquier

lenguaje de programación, en este caso el lenguaje utilizado fue JavaScript.



Figura 2. Banco de audio de los fonemas mayas.

Fuente: elaboración propia.

Se procedió a analizar la construcción de las palabras mayas, y debido a que algunas palabras incluyen además de las consonantes y las vocales, una tilde (acento escrito), un apóstrofo, o se repiten como en el caso de las vocales para representar una mayor duración del sonido, esto ocasionó una dificultad a la hora de que el algoritmo reconociera los elementos fonéticos de forma adecuada, ya que en el caso de las vocales son 20 diferentes, lo cual hace compleja la identificación de cada una.

En la figura 3 se puede observar un ejemplo donde se presenta la frase: 'je'el wáaj a much majáantik ten junp'éeel ch'ilibts'íibe' (¿Podría prestarme un lápiz?) que tiene el siguiente desglose:

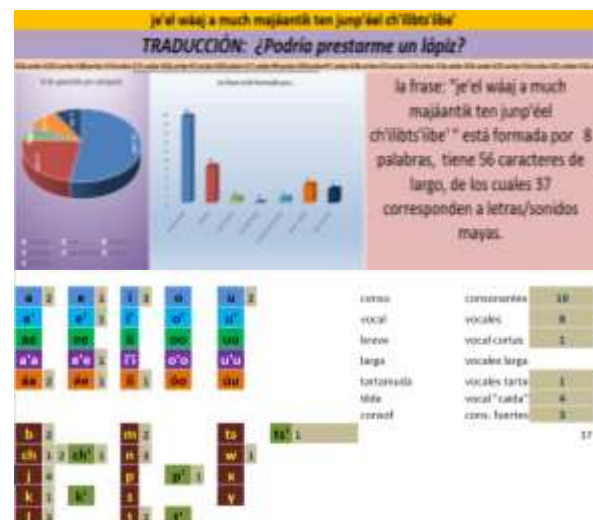


Figura 3. Desglose de una frase.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en el desglose anterior, en el abecedario maya existen consonantes que incluyen el apóstrofo, pero en el caso de las vocales, a veces se incluyen tildes para acentuarlas pues los apóstrofes son para acortarlas o entrecortarlas.

Una vez analizada la construcción de las palabras en la lengua maya se procedió a diseñar el algoritmo que sería capaz de efectuar la pronunciación adecuada mediante la descomposición de la palabra en fonemas y de esta manera poder asociarlos a los archivos de audio y finalmente construir el sonido de la palabra.

Se procedió a realizar el diseño de datos de entrada para efectuar las pruebas piloto, para ello se diseñaron casos y los resultados de salida que deberá producir el sistema. Teniendo listos los datos de prueba para el sistema, se realizaron las pruebas piloto para validar que el sistema haga lo asignado y los datos resultantes sean fiables.

Cabe destacar que se trata de un programa experimental que se realizó considerando la variación dialectal del oriente, que se probó en las comunidades donde está presente esta variación, con la posibilidad de ampliar en un futuro la zona contemplada y/o considerar todo el Estado de Yucatán.

Para la construcción del prototipo tecnológico se consideraron las siguientes herramientas:

Metodología ágil de desarrollo de proyectos (SCRUM): fue la metodología que se siguió en el proyecto para poder llevar a cabo el modelo tecnológico y tener resultados óptimos.

Sistema Operativo Windows: fue el elegido ya que tiene mayor compatibilidad con varios programas. Microsoft Excel: se utilizó para la implementación de la base de datos

que contenían las frases más utilizadas o que aparecían con mayor frecuencia en una conversación cotidiana.

Java Development kit (JDK): librerías que permitieron utilizar varias herramientas o librerías para poder comprobar el algoritmo.

Android Studio 3: ya que permitió la comprobación del algoritmo del modelo tecnológico.

DIA: se utilizó para el modelado del algoritmo que fue creado usando un método tecnológico.

3. Resultados

Los resultados encontrados demuestran un avance tecnológico, ya que a raíz de su inicio permite almacenar amplia información teórica y auditiva sobre la lengua maya, algo que contribuye para la preservación del idioma. La creación de bases de datos con recursos del idioma maya, frases y fonemas permitió significativamente el entendimiento de la lengua y obtener avances en la creación del algoritmo previo al inicio de la programación de pronunciator.

La base de datos de audios obtenida con las grabaciones luego de su correcta masterización consta de 46 audios en los que están grabados todo el alfabeto maya con sus variantes y complementos; todos los audios se encuentran en archivos .MP4 por lo cual se convirtieron en formato .MP3 que fue el indicado para la obtención de los mejores resultados durante su enlace con la aplicación y el código, ya que Java solo admite archivos en audio en .MP3. Para un mejor reconocimiento, los audios fueron nombrados con número de ID.

Después del entendimiento funcional y gramatical de la lengua maya, así como la relación en sus fonemas para la creación de las frases, se pudo obtener un algoritmo que

reconoce una palabra, la divide por letras, sustituye cada letra por su igual en maya y su correspondiente audio de la base datos; para luego concatenar los audios y reproducirlos juntos. Esto llevó al inicio de la aplicación móvil basada en Android para la pronunciación de la lengua maya.

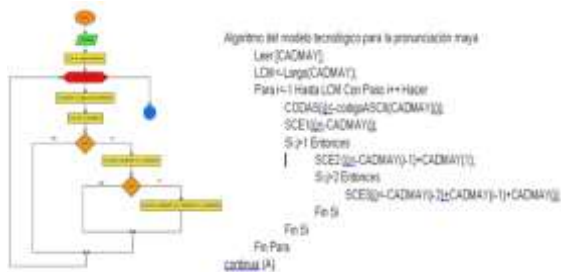


Figura 4. Parte 1 Análisis de la cadena ingresada.
Fuente: elaboración propia.

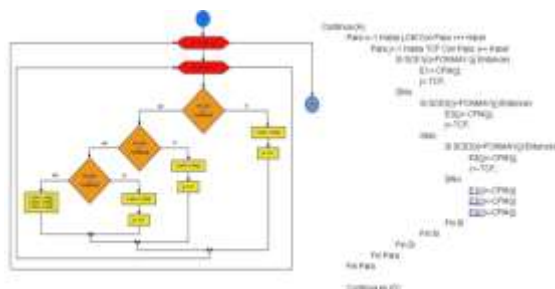


Figura 5. Parte 2 Análisis de cada fonema.
Fuente: elaboración propia.

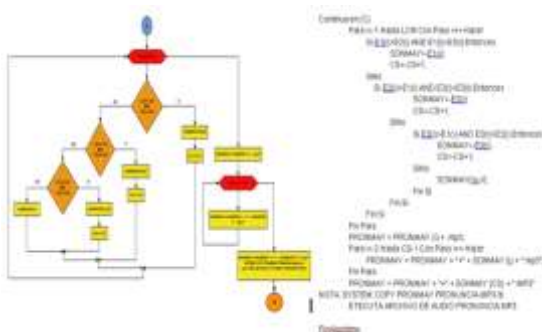


Figura 6. Parte 3 Construcciones de los audios del pronunciado.
Fuente: elaboración propia.

En las figuras 4, 5 y 6 se puede visualizar el algoritmo completo creado para pronunciar en lengua maya. Como resultado se obtuvo un prototipo alfa de la aplicación móvil en el sistema operativo Android, que se considera amigable y funcional para la vista de los

usuarios de la lengua maya, además de escribirlo se pronunciará automáticamente.

El prototipo de la aplicación propuesto fue de manera sencilla y funcional para cualquiera que quiera interactuar con ella, se realizó para que aprendan el sonido maya de las palabras, no solo como se escribe sino cómo pronunciarlo adecuadamente.

Al iniciar en la aplicación primero se muestra una imagen que se agregó para un mejor diseño, con el objetivo de propiciar el interés de los usuarios, puesto que no cualquier aplicación puede llamar la atención de las personas, ya que si ven que tiene una interfaz aburrida saldrán de ella. En esta aplicación móvil, la estrategia es atraerlos visualmente para que se animen a explorar lo que se ofrece la aplicación con el traductor maya.



Figura 7. Interfaz del inicio de la aplicación.
Fuente: elaboración propia.

La interfaz es muy sencilla de interpretar y seguir para cualquier usuario que quiera interactuar con ella. Los nombres de los botones ya proporcionan una idea clara de la utilidad de cada uno, con la salvedad de que el botón <audio> solamente pronuncia y representa el algoritmo implementado, el cual para ser utilizado requiere que se introduzca la cadena de texto de la palabra en lengua maya.

Para el caso de requerir conocer el significado de una cadena en lengua maya se incluyó el botón <TRADUCTOR> que redirige a una

página web en la que se podrá introducir cualquier palabra en castellano y será traducida a lengua maya, que una vez que se tenga se copia y pega en la parte de arriba, se selecciona el botón “AUDIO” y la pronunciación de la palabra en lengua maya será ejecutada por los altavoces.



Figura 8. Interfaz de la ventana principal.
Fuente: elaboración propia.

Se pudo crear la primera fase del diseño del prototipo de la aplicación móvil que cuenta con el funcionamiento del algoritmo para que reproduzca la palabra maya ingresada, que sea entendible para otro maya parlante que lo llegara a escuchar. Los resultados encontrados sugieren que la aplicación móvil creada funciona de manera correcta para su fin, que es pronunciar una cadena de texto en lengua maya.

Para probar la efectividad de la aplicación se visitaron las comunidades de Loche, Moctezuma, Samaria, Nacuché, Santa Rosa y Anexas, Panabá, Calotmul, Sucilá, Colonia Yucatán, Espita, Dzonot Carretero, Tixcancal y Chan Cenote tal como se visualiza en la figura 9.



Figura 9. Comunidades visitadas.
Fuente: elaboración propia.

Las edades de los participantes se encontraban entre 11 y 84 años, el 53.4% fueron hombres y el 46.6% mujeres. A cada participante se le mostró la aplicación móvil y se le permitió interactuar con ésta en los dispositivos designados donde previamente se instaló la app, se le permitió traducir y escuchar la pronunciación de las palabras y frases que ellos eligieron.

Al preguntarles sobre si notaron la utilidad de la aplicación móvil, el 95.2% respondió de manera afirmativa y el 4.8 de manera negativa. Respecto a los audios que genera la aplicación el 93.6% respondió que fue capaz de escucharlos mientras interactuó con la aplicación y el 6.4% no pudo, asimismo el 90.8% mencionó que los audios tenían un volumen adecuado y el resto consideró que no fue el ideal.

Otra cuestión fue si la aplicación móvil presentó algún error mientras la utilizaron, el 61.3% respondió que no tuvo ninguna dificultad y el 38.7 que sí. Entre las dificultades que se presentaron se encuentran: se cierra la aplicación al introducir un texto erróneo, la pronunciación de los audios se escucha cortada y la aplicación se detuvo.

Por otra parte, la satisfacción de los usuarios es un aspecto fundamental para entender el funcionamiento de la aplicación móvil. El 6.5 comentó que se encontraba insatisfecho, 88% satisfecho y el 5.6 muy satisfecho como se observa en la figura 10. Además, el 95.2% de los participantes se sintió cómodo durante el uso y el resto correspondiente al 4.80% de los participantes expresó incomodidad.



Figura 10. Satisfacción al usar la aplicación
Fuente: elaboración propia.

La utilidad para las futuras generaciones: al respecto el 5.4% mencionó que no sería útil, sin embargo, enfatizaban que no porque depende del uso e interés por la lengua maya (confirmando que la sociedad no le da la importancia adecuada a las lenguas indígenas), el 94.6% destacó que sí por diversas razones: ayudaría a proporcionar una mejor comunicación para los que no hablan maya, contribuiría a la preservación de la lengua, favorecería la enseñanza de la lengua en las escuelas, así como conocerla y difundirla.

Finalmente, lo que los usuarios añadirían a la aplicación para mejorarla es: traducción directamente en la aplicación de español a maya sin tener que recurrir a un sitio web, más ilustraciones e iconos, reconocimiento de voz, mejoras en la pronunciación de los audios y también reconocimiento de imágenes.

4. Conclusiones

Se cumplió el objetivo propuesto por la investigación, de desarrollar un prototipo tecnológico experimental que permita identificar los componentes de una cadena de texto introducida en lengua maya yucateca

para su pronunciación automatizada, el cual se logró ya que la versión de la aplicación móvil funciona.

Asimismo, se cumplió la creación de un algoritmo que pueda interpretar cualquier palabra y traducirla a su equivalente en la lengua castellana, ya que dicho algoritmo logró establecer su función de analizar la cadena de texto ingresada, asignar un ID a cada fonema para evitar errores y sustituir los fonemas por los archivos de audio en la base de datos, para terminar el proceso los audios se colocan de forma ordenada con los fonemas en el orden correspondiente y termina con la reproducción de los audios. Lo anterior se pudo saber porque se codificó un bosquejo de aplicación móvil creado para realizar las pruebas de caja negra y caja blanca del algoritmo en su asociación de los fonemas con los audios correspondientes.

Es importante destacar que en las pruebas realizadas en las comunidades los usuarios resaltaron la utilidad de este prototipo que puede contribuir a la preservación, enseñanza y difusión de la lengua maya en diferentes ámbitos.

De igual manera se reconoce que el prototipo tuvo un fallo en los audios que se produjo al momento de la masterización de los audios grabados para la base de datos de fonemas y al concatenar cada audio de los fonemas para formar la frase final, esto fue porque los audios tienen silencio al principio y al final de este, al concatenar el audio suena como un deletreo y existe poca fluidez en la pronunciación, sin embargo, actualmente se continúa trabajando para mejorar.

Además, se valorarán las opiniones que los usuarios manifestaron por lo que se siguen las recomendaciones por lo que se modificaron los audios y se anexará un módulo de traducción.

En conclusión, es posible tener un modelo tecnológico que facilite y automatice las tareas que se presentan ya que algunas tareas son demasiado complejas y esto permite realizarlas de una manera eficaz gracias a las tecnologías que surgen constantemente. La herramienta tecnológica creada contribuye a la preservación de la lengua maya.

Finalmente, cabe mencionar que es fundamental realizar trabajos cualitativos que contribuyan a examinar y por consiguiente mejor la actitud lingüística de los mayahablantes de todas las regiones, debido a que sin ellos el idioma no se podría mantener ni fortalecer, para revertir el peso colonial y las fallidas políticas lingüísticas; por lo que el prototipo tecnológico presentado en el artículo aspirar a contribuir en favor del idioma.

5. Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México, campus Tizimín por otorgar las facilidades para el desarrollo del proyecto en la institución.

6. Referencias

- [1] Briceño C, F. (2021) ¿Hacia dónde va la lengua maya de la Península de Yucatán? Entre institucionalización y patrimonialización. *Maya America: Journal of Essays, Commentary, and Analysis* 3(1). Recuperado de: <https://digitalcommons.kennesaw.edu/mayamerica/vol3/iss1/12>
- [2] INEGI. (2020). Hablantes de lengua indígena. Recuperado de <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/lindigena.aspx#:~:text=En%20M%C3%A9xico%207%2C364%2C645%20personas%20de,ind%C3%ADgena%2C%2012%20no%20hablan%20espa%C3%B1ol.>
- [3] Sobrino G, M. (2013). Descripción fonética de los tonos del Maya yucateco. *Estudios de cultura maya*, 41, 157-173.

Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-25742013000100006&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-25742013000100006&lng=es&tlng=es)

[4] Sistema de Información Cultural. (2020, enero, 28). Maya. (Online) Gobierno de México. Recuperado de http://sic.gob.mx/ficha.php?table=inali_li&table_id=45

[5] Sima Lozano, E G, y Perales Escudero, M D. (2015). Actitudes lingüísticas hacia la maya y la elección del aprendizaje de un idioma en un sector de población joven de la ciudad de Mérida. *Península*, 10(1), 121-144. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-57662015000100006&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-57662015000100006&lng=es&tlng=es)

[6] Briceño C, F. 2002. Lengua e identidad entre los mayas de la península de Yucatán. *Los investigadores de la cultura maya 10*. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche, pp. 370-79.

[7] Ruz, M. (2006). *Mayas: primera parte*. México: CDI: PNUD.

[8] INALI. U NU'UKBESAJIL U TS'ÍIBTA'AL MAAYAT'AAN Normas de escritura para la lengua maya. Recuperado de https://site.inali.gob.mx/Micrositios/normas/pdf/Norma_Maya.pdf

[9] S.C.G.S. (2020). *Cuota de mercado de sistemas operativos móviles México - Ene - dic. De 2019* Recuperado de <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/mexico>

[10] Gironés, T. (2020). *El gran libro de Android*. México: Marcombo.

[11] Manzano Peñaloza, G., Montesano Brand, R., Y Zúñiga López, L. F. (2016). *Análisis, Diseño e Implementación de Algoritmos*. Ciudad de México: SUAYED.