

Asistentes conversacionales virtuales en las administraciones tributarias

Principios, modelos y recomendaciones

Antonio Seco
Andrés Muñoz

Sector de Instituciones para
el Desarrollo

División de Gestión Fiscal

DOCUMENTO PARA
DISCUSIÓN N°
IDB-DP-713

Asistentes conversacionales virtuales en las administraciones tributarias

Principios, modelos y recomendaciones

Antonio Seco
Andrés Muñoz

Septiembre de 2019

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2019 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Contacto: Andrés Muñoz, andresmu@iadb.org.

ASISTENTES CONVERSACIONALES VIRTUALES EN LAS ADMINISTRACIONES TRIBUTARIAS

Principios,
modelos y
recomendaciones



Antonio Seco
Andrés Muñoz



RESUMEN*

La transformación digital de la administración tributaria tiene el potencial de mejorar significativamente la atención al contribuyente al tiempo que vuelve más costo-eficiente la prestación del servicio. El uso de nuevas tecnologías y servicios digitales, como la automatización de procesos y la inteligencia artificial (IA), que faciliten relaciones conversacionales con robots inteligentes, puede superar algunos de los problemas que presenta el modelo tradicional de atención al contribuyente, mediante la prestación de un servicio permanente —y más accesible, rápido y consistente— a mayor escala y con menores costos. En ese sentido, la IA presenta un escenario de cambios disruptivos para las administraciones tributarias entre el mediano y el largo plazo, con consecuencias significativas en la estrategia de negocios, los procesos y el personal. De continuar en aumento esta tendencia, los asistentes conversacionales virtuales jugarán un papel de suma importancia en los esfuerzos del fisco por aumentar el cumplimiento voluntario, incrementar la recaudación de impuestos y mejorar la legitimidad de la hacienda pública.

Códigos JEL: H2, H26, H6, H5, H57, O33

Palabras clave: administración tributaria, asistente conversacional virtual, atención al contribuyente, *chatbots*, inteligencia artificial, procesamiento del lenguaje natural, transformación digital

* Los autores agradecen a los colegas de la División de Gestión Fiscal del Banco Interamericano de Desarrollo que aportaron a la elaboración de este trabajo con valiosos comentarios y sugerencias. Agradecen especialmente a Rafael Fonteles, Antonio Luiz Soares Santos y Cristovam Colombo de la Secretaría de Hacienda del Estado de Piauí por brindar información sobre el caso del ACV “Teresa” y por su liderazgo y estímulo a esta iniciativa.

ÍNDICE

■	Introducción	1
■	Inteligencia artificial y asistentes conversacionales virtuales (ACV)	3
	Los asistentes conversacionales virtuales	4
	La atención a los contribuyentes: Perspectivas y tendencias	6
	La experiencia internacional	7
	Desempeño: Estadísticas y métricas de eficiencia.	10
■	Arquitectura y componentes de un asistente conversacional virtual (ACV)	13
	Componentes de una plataforma conversacional	14
	<i>Procesamiento del lenguaje</i>	14
	<i>Gestión del propósito</i>	15
	<i>Conocimiento del contexto</i>	15
	<i>Generación de la respuesta</i>	15
	Métodos principales del aprendizaje de máquinas	15
	Evolución de los asistentes conversacionales virtuales	16
■	Estrategias de implementación	19
	Consideraciones	19
	Utilización de <i>software</i> libre y retos del desarrollo propio	20
	Plataformas comerciales de inteligencia artificial (IA)	21
	Plataformas conversacionales	21
	Modelos de precios	22
	<i>Best-of-breed (BoB) y best-of-suite (BoS)</i>	23
	<i>Beneficios y costos asociados a cada alternativa.</i>	24

▶	Aplicaciones de inteligencia artificial (IA) en la administración tributaria: Más allá de la asistencia a los contribuyentes	27
▶	Aplicaciones de asistentes conversacionales virtuales (ACV) en la administración del gasto público	31
▶	Recomendaciones y conclusiones	33
▶	Bibliografía	37
	Referencias	37
	Lecturas sugeridas.	38



INTRODUCCIÓN

La interacción entre personas y robots nunca ha sido tan frecuente como en el presente. En efecto, las personas se han ido acostumbrando a que determinadas “máquinas inteligentes” las atiendan y resuelvan sus asuntos en diversas tareas de la vida cotidiana, desde trámites financieros y transacciones comerciales, hasta servicios ligados a la atención médica. Esta tendencia está en aumento y permea al sector público. En ese contexto, lo más probable es que el futuro de la administración tributaria (AT) y su relación con el contribuyente se base en gran medida en las relaciones conversacionales con robots inteligentes. Si así sucede, los asistentes conversacionales virtuales (ACV) jugarán un papel de suma importancia en los esfuerzos del fisco por aumentar el cumplimiento voluntario, incrementar la recaudación de impuestos y mejorar la legitimidad de la hacienda pública.

Al igual que pasa en otras regiones del mundo, los sistemas tributarios de América Latina y el Caribe (ALC) buscan maximizar el cumplimiento voluntario, objetivo que necesariamente requiere que las AT de los distintos países informen debida y oportunamente a los contribuyentes sobre sus

obligaciones, asistiéndolos de forma gratuita en dicho proceso (CIAT, 2015). Para ello, las administraciones tributarias realizan diversas acciones que se basan en los modelos tradicionales y utilizan numerosos canales de atención, como publicar las preguntas y respuestas frecuentes (FAQ, por sus siglas en inglés) en sus páginas de Internet, realizar aclaraciones por correo electrónico, y brindar atención presencial en las agencias y a través de comunicaciones telefónicas, entre otras. La estrategia más reciente en esta materia ha sido la conformación y modernización de los centros de atención telefónica y de los —hoy en creciente desuso— centros de atención presenciales al contribuyente. En todas estas alternativas, las AT deben disponer de un equipo de técnicos capacitados y organizados, apoyado por algún recurso informático.

Los desafíos principales para implementar un servicio tradicional de atención a los contribuyentes son de orden organizacional (como estructurar y controlar los turnos, la gestión del personal y la búsqueda de su eficacia), informáticos (sistemas de apoyo actualizados), de capacitación y actualización (constantes

cambios en las leyes, reglamentos y procedimientos tributarios) y financieros (disponer de una nómina de empleados que crece en la medida en que lo hace el alcance del servicio). La transformación digital de las AT tiene el potencial de mejorar significativamente la atención al contribuyente al tiempo que vuelve más costo-eficiente la prestación del servicio. Más aún, la digitalización de la atención al contribuyente permite superar algunos de los problemas que presenta el modelo tradicional, como la baja cobertura (número de contribuyentes que pueden ser atendidos); los largos tiempos de espera (presenciales o por teléfono); los altos costos del personal asignado, incluida su capacitación permanente, y la limitada efectividad de las respuestas a las consultas, lo que genera frustración y desconfianza en la mayoría de los contribuyentes.

El uso de nuevas tecnologías y servicios digitales, como la automatización de procesos y la inteligencia artificial (IA), puede cambiar radicalmente este panorama mediante servicios más rápidos y modernos, de fácil acceso y con un diseño realizado a la medida de las necesidades de los contribuyentes. Este nuevo modelo de negocios digital genera ventajas considerables, tanto para las administraciones tributarias como para los contribuyentes, dado que brinda una prestación de servicio permanente —y más accesible y consistente— a mayor escala y con menores costos. En ese sentido, se puede afirmar que la IA presenta un escenario de cambios disruptivos para las administraciones tributarias entre el mediano y el largo plazo, con consecuencias significativas en la estrategia de negocios, los procesos y el personal. De hecho, algunos servicios basados en IA ya han comenzado a utilizarse en

las administraciones tributarias, como es el caso de los asistentes conversacionales virtuales (ACV).

El objetivo general del presente trabajo es, precisamente, presentar la información necesaria para que las autoridades de la administración tributaria puedan tomar mejores decisiones sobre la adopción e implementación de un ACV basado en inteligencia artificial. En ese contexto, se comienza con una descripción general de los ACV —enmarcada en una visión de futuro para la atención integral a los contribuyentes— y de sus ventajas y métricas de eficiencia, seguida de ejemplos y características de diversas iniciativas implementadas por diferentes administraciones tributarias en el mundo. Posteriormente, se describen la arquitectura conceptual y los componentes principales de un ACV, y se discuten distintas estrategias de implementación, resaltando los principales retos y costos asociados a cada una de ellas y presentando una evaluación de las plataformas comerciales preponderantes en el mercado, con algunas especificaciones sobre su adopción y los modelos de precios existentes. Partiendo de la hipótesis de que las aplicaciones de IA se expandirán a muchas áreas de la administración tributaria, se proporcionan ejemplos de pruebas de concepto y proyectos piloto en curso, extrapolando algunas conclusiones a los potenciales segmentos de la gestión del gasto público en los que podrían emplearse dichas tecnologías. Finalmente, se presenta una serie de recomendaciones y reflexiones relacionadas con la estrategia, la planificación, la implementación y la puesta en marcha de un asistente conversacional virtual. El recuadro 1 brinda información detallada sobre la implementación del ACV “Teresa” en la Secretaría de Hacienda del Estado de Piauí, en Brasil.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ASISTENTES CONVERSACIONALES VIRTUALES (ACV)

Existen muchas definiciones de inteligencia artificial. A los fines del presente trabajo, se asume que la IA es “el área de la ciencia de la computación que resalta la creación de máquinas inteligentes, que funcionan y reaccionan como humanos”.¹ La caracterización de un sistema como la IA debe basarse en la existencia y utilización conjunta de cinco capacidades: descubrir, predecir, justificar, actuar y aprender.² Los avances de la informática, así como las nuevas investigaciones —principalmente en las áreas de lingüística, psicología y sociología— aplicadas a las técnicas computacionales de aprendizaje de máquinas, computación cognitiva y gestión del conocimiento, han alcanzado progresos considerables en la aplicación exitosa de IA en diferentes negocios. De acuerdo con datos recabados por Accenture, en 2019 más de dos terceras partes de las agencias federales de Estados Unidos planean invertir en inteligencia artificial (Accenture Federal Services, 2018: 3).

Es verdad que los enfoques sobre la posibilidad de que las máquinas reaccionen como los seres humanos no son nuevos, pero también es cierto que en las últimas siete décadas se han realizado avances

significativos. Alan Turing, un matemático británico reconocido por sus trabajos en criptografía, publicó un libro en 1950 con los principales interrogantes y aspectos en este tema (*Can Machines Think?*) y, posteriormente, propuso una prueba para determinar si una máquina posee inteligencia o puede imitar conductas asociadas a la inteligencia. Norbert Wiener, considerado el padre de la cibernética, fue otro de los pioneros en el campo de la IA. A partir de estudios sobre los sistemas de guías para misiles, este investigador extendió el proceso de realimentación continuada entre misiles y su entorno hacia otros sistemas complejos, como el de los animales, las personas y las organizaciones.

Los juegos también fueron un campo propicio para la aplicación y la prueba de las teorías relacionadas con la IA, destacándose el desarrollo para jugar damas de Arthur Samuel en 1950, el cual se considera el primer programa de autoaprendizaje. Sin ir más lejos, el propio “Watson”, un sistema

¹Véase la página web <https://www.techopedia.com/definition/190/artificial-intelligence-ai>.

²Consúltese la página web <https://www.bloomberg.com/professional/blog/five-components-artificial-intelligence-must-succeed/>.

moderno de IA perteneciente a la empresa IBM, también fue desarrollado inicialmente para participar de un juego famoso de la televisión estadounidense: “Jeopardy!”.

El interés por la IA en las áreas académica e industrial decreció en los años setenta debido a la falta de resultados aplicables al mundo real, dentro del contexto tecnológico de la época.³ Sin embargo, los grandes avances en materia de capacidades computacionales a bajo costo (procesadores, memoria y, en especial, el internet de banda ancha) generaron un crecimiento exponencial de la disponibilidad de datos digitalizados, estructurados o no, y luego, con el surgimiento de las tecnologías de *big data*, se hizo posible el tratamiento eficiente de tales datos. Los métodos de IA, que se basan mayormente en la evaluación de tendencias, probabilidades y análisis de patrones sobre grandes volúmenes de datos, retomaron su sendero de investigación y desarrollo hasta la actualidad, época en la que ya se han creado numerosos sistemas de IA de alta eficiencia para apoyar a diferentes casos de negocio. Estos sistemas pueden participar de juegos, reconocer los rostros y la voz humana, y aprender y tomar decisiones informadas, entre otras funcionalidades. Asimismo, es probable que la IA asociada a la automatización elimine algunos puestos de trabajo, lleve al rediseño de otros y cree profesiones completamente nuevas. En ese sentido, el Instituto McKinsey⁴ indicó que una quinta parte de la fuerza total de trabajo mundial se verá afectada por la automatización.

Los asistentes conversacionales virtuales

A pesar de que la literatura técnica ha empleado numerosos términos para referirse a las aplicaciones conversacionales cognitivas (*chatbots*, *chatterbots*, asistentes

virtuales y tutores virtuales, entre otros), y de que existen muchas definiciones sobre ellas, todavía no se ha encontrado una línea divisoria clara para determinar sus semejanzas y diferencias. A modo de ejemplo, Accenture (Accenture Federal Services, 2018: 5) distingue entre *chatbots*, asistentes virtuales y tutores virtuales, afirmando que los primeros (*chatbots*) son aplicaciones que usan interfaces conversacionales para habilitar interacciones intuitivas entre personas, dispositivos y servicios; los asistentes virtuales guían a los usuarios a través de tareas sencillas, ofreciendo respuestas específicas y adecuadas en tiempo real que permiten la autogestión de los ciudadanos, y los tutores virtuales ofrecen conocimiento especializado y tutoría personalizada, ayudando a que las personas puedan resolver problemas y tomar decisiones.

No obstante, un rasgo común de estas aplicaciones es su potencial para sustituir total o parcialmente a los centros de atención de consumidores y usuarios de productos, sistemas y servicios, en tanto presentan ventajas operativas y financieras sobre los modelos de atención existentes. En efecto, en los servicios tradicionales de atención a los contribuyentes de la administración tributaria, el personal debe estar disponible como mínimo durante el horario comercial. Por ejemplo, la Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT) de España dispone de un servicio telefónico de información tributaria básica que atiende de lunes a viernes, de 9 a 19 h, y que solamente en 2015 atendió más de 5 millones de llamadas.⁵ En una dimensión menor, la Secretaría de Hacienda del Estado brasileño de

³ A esta etapa se la conoce como “El invierno de la IA” (*AI winter*).

⁴ Véase la página web <https://www.express.co.uk/news/science/1018786/Artificial-intelligence-AI-robots-replace-humans-machines-take-over-jobs>.

⁵ Véase la página web <https://tinyurl.com/yb6j7rfc>.

Piauí posee dos centros de atención a los contribuyentes —presencial y telefónico— en dos locales de la capital (Teresina), que funcionan, uno, entre las 8 y las 14 h y el otro, ubicado en un centro comercial, entre las 14 y las 20 h. En total cuentan con 12 técnicos que atienden casi 3.000 consultas mensuales. Resulta claro que para alcanzar una cobertura mayor —por ejemplo, de 16 o 24 horas al día, abarcando los fines de semana— la cantidad de recursos humanos debería aumentar casi linealmente.⁶

A grandes rasgos, se puede decir que los beneficios de los ACV incluyen:

- La oferta de servicios las 24 horas del día, los siete días de la semana, sin interrupciones.
- El brindar informaciones consistentes, evitando el riesgo de interpretaciones distintas o incompletas, un resultado común cuando las respuestas a las consultas son provistas por el personal de una institución.
- Aumentar la productividad de la atención a los usuarios, ya que es posible atender más casos en el mismo período de tiempo. Esa mayor productividad permite liberar una parte del personal para que realice otras tareas.
- Eliminar los tiempos de espera (presenciales y telefónicos) por indisponibilidad de operadores.
- Proporcionar respuestas cada vez más precisas y, en consecuencia, mejoras crecientes en la satisfacción de los usuarios, puesto que los ACV basados en la IA recopilan datos y aprenden con las interacciones realizadas.

Las nuevas tecnologías brindan un abanico de soluciones que van desde enfoques basados en interacciones sencillas y autónomas, hasta otros en los que se mantienen conversaciones contextualizadas y se decide cuándo hacer búsquedas en bases

de conocimiento, solicitar aclaraciones o transferir a los usuarios con el personal de la institución. Sin embargo, la iniciativa de adoptar un ACV no debe ser vista como una curiosidad tecnológica más: de la misma forma que los centros de atención telefónica (o similares) en la actualidad, es probable que en algunos años el ACV sea el punto de contacto entre el usuario y la organización, una experiencia crucial no solo en cuanto a su desempeño sino también en lo relativo a su imagen institucional.

De acuerdo con la literatura disponible, por otra parte, los problemas más usuales de los ACV son:

- **La dificultad para improvisar.** En ciertas situaciones puede que tenga problemas para seguir el hilo de la conversación de forma consistente, ocasionando que los usuarios abandonen la interacción. Este resultado se relaciona principalmente con la calidad de los algoritmos utilizados en el procesamiento del lenguaje natural (NLP, por sus siglas en inglés) y la gestión del contexto de diálogo.
- **El suministro de respuestas erradas.** Los ACV pueden ser más rápidos y precisos que el personal de una institución, pero a veces pueden equivocarse con la petición del usuario. No son personas y, cuando es necesario improvisar, pueden predecir erróneamente, perdiendo la pista de la conversación y del tema.
- **La dificultad para retener al usuario.** De acuerdo con *Chatbots Magazine*,⁷ la mayoría de los ACV no logra retener al usuario por más de dos mensajes inter-

⁶ Muchas veces los horarios nocturnos y de fines de semana cuentan con menos cantidad de personal.

⁷ Para más detalles, consúltese la página web <https://chatbotsmagazine.com/3-tips-on-improving-chatbot-retention-297c88b249cc>.

cambiados. No obstante, existen ciertos recaudos en el diseño del diálogo que pueden mejorar dicha situación, como la definición del público objetivo del ACV y los temas que se tratarán; la optimización del asistente comunicacional virtual para el público más importante y la ejecución de un test A/B (*A/B testing*) en sus partes críticas.

- **La dificultad para tratar con el sarcasmo y otros rasgos propios de la comunicación humana.** Por lo general, estos problemas pueden ser minimizados con un buen procesamiento del lenguaje natural.

Vale la pena aclarar que todavía muchos consumidores prefieren interactuar con personas; de acuerdo a una investigación realizada por Inthechat en 2018,⁸ los consumidores reconocen que los ACV presentan algunos beneficios (el 64% destacó el servicio las 24 horas, el 53% la velocidad en la resolución de problemas y el 45% la conveniencia), pero continúan encontrando obstáculos para su utilización (el 43% preferiría tratar con una persona, el 30% manifestaba preocupación por los errores de los asistentes virtuales y el 25% preferiría usar un sitio web convencional).

La persistencia de los problemas enumerados puede dañar la imagen de la institución, con impactos en la confianza del público e, incluso, en sus ingresos, lo que corrobora que la decisión de implementar un ACV es una decisión clave y debe formar parte de un plan estratégico, que incluya las diferentes etapas de su implementación.

La atención a los contribuyentes: Perspectivas y tendencias

Si se consideran los distintos aspectos organizacionales y los avances tecnológicos exponenciales en el área de la IA, una

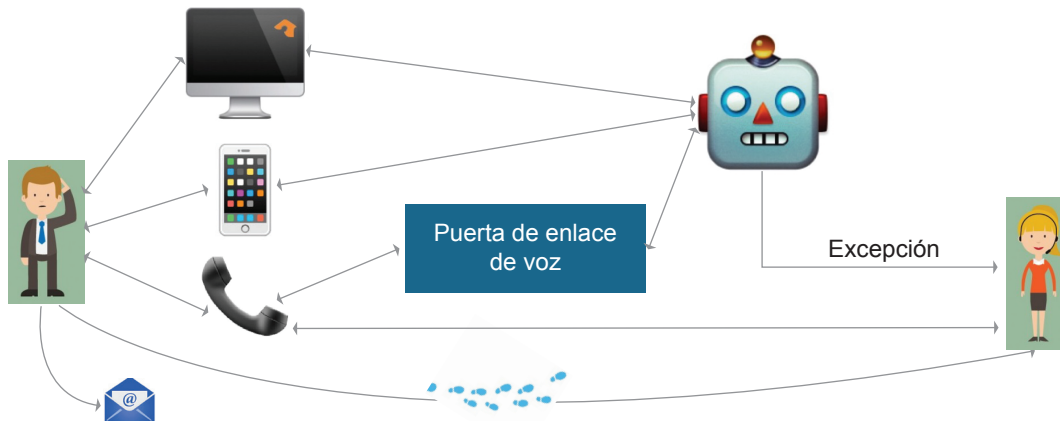
visión pragmática de la evolución de los modelos de atención a los contribuyentes en las administraciones tributarias modernas sugiere que entre el corto y el mediano plazo probablemente se basen mayoritariamente en los ACV. En este nuevo modelo de negocio para la atención al contribuyente, el ACV debe ser accesible por muchos y diversos canales, procurando ofrecer la misma experiencia a los usuarios en cada uno de ellos. Tales canales incluyen la atención por medio de *smartphones* (por ejemplo, a través de una aplicación de la AT), computadoras (página web de la AT) y redes sociales (como Skype, Facebook, Messenger, WhatsApp, Microsoft Teams y Twitter).

Si bien en la actualidad el lenguaje escrito es el principal medio de interacción entre los usuarios y los ACV, en desarrollos futuros seguramente sea necesario incluir a la comunicación oral, dado que su potencial de ahorro es mayor que el de las conversaciones escritas. Por el momento, la mayoría de las conversaciones orales presentan algunos inconvenientes (interferencias, señales de confirmación y diferencias de tono de voz) que todavía no logran ser superados por las actuales implementaciones, aunque están en constante mejoría (Gartner, 2018).

En un esquema moderno de atención a los consumidores, los canales tradicionales —incluido el personal de la institución— encuentran un lugar definido en las interacciones presenciales y en las realizadas a través de teléfonos o correos electrónicos (diagrama 1). Los recursos asignados a cada modalidad y a los canales de atención dependerán fundamentalmente de su receptividad por parte de los contribuyentes. No obstante, se prevé que con la digitalización de la economía y la hiperconectividad de la

⁸ Véase la página web <https://inthechat.com/infographic-customer-service-chatbots-in-2018-trends-and-facts-to-know/>.

DIAGRAMA 1: ESQUEMA MODERNO DE ATENCIÓN INTEGRAL A LOS CONTRIBUYENTES



Fuente: Elaboración propia, con figuras de freepik.

sociedad, así como con la emergencia de las nuevas generaciones de contribuyentes (por ejemplo, los *millennials*), el canal digital asistido por robots inteligentes podría constituirse en la opción más utilizada. De hecho, algunos especialistas consideran que los ACV sustituirán cada vez más a los operadores humanos en los centros de atención a los usuarios.⁹ En la actualidad, algunas organizaciones han comenzado a experimentar con soluciones superadoras de los *chatbots*, denominadas “avatares digitales”, que se apalancan en la inteligencia emocional para reconocer comportamientos no verbales mediante técnicas de reconocimiento facial.¹⁰

Este cambio en la importancia del canal digital en comparación con los canales tradicionales tendrá consecuencias significativas en los aspectos estratégicos, organizacionales y de capital humano del negocio tributario, en particular liberando funcionarios de la institución para que puedan realizar tareas de mayor valor para la gestión tributaria o administrar los canales de atención restantes. Además, la evolución de estos servicios prevé la integración

de los ACV con otros servicios en línea proporcionados por las administraciones tributarias, por ejemplo, para realizar pagos y consultas de expedientes tributarios. Para ello, es necesario que los servicios que serán integrados estén disponibles de forma digital. El ACV tributario también podría integrarse con otros ACV estatales, permitiendo que las consultas sean realizadas en cualquier ACV público y luego derivadas a otro especializado. Esta técnica, denominada “orquestación”,¹¹ se describe con más detalle en la sección 3.

La experiencia internacional

Aunque es difícil estimar la cantidad de ACV operativos en el mundo a nivel de empresas,

⁹ Véase la página web <https://www.sagesoftware.co.in/blogs/smart-chatbots-are-coming-to-crm/>.

¹⁰ Para más información, véase la página web <https://www.cmo.com.au/article/648607/going-beyond-chatbots-avatars-next-stage-ai-cx/>.

¹¹ La “orquestación” es la configuración, coordinación y gestión automatizadas de sistemas informáticos y de *software* (Wikipedia).

hay certeza de que están siendo adoptados crecientemente en el sector privado. Si bien las cifras varían de acuerdo con la fuente, la revista especializada *Chatbots Magazine*¹² estima que existen por lo menos 100.000 *chatbots*, considerando solamente los que tienen interfaz con la aplicación Messenger. Asimismo, la empresa de consultoría Gartner prevé que en 2021 el 15% de todas las interacciones mundiales con centros de servicios a usuarios serán completamente gestionadas por sistemas basados en inteligencia artificial, lo que representa un aumento del 400% frente a lo registrado en 2017 (Gartner, 2018).

En América Latina, el Banco do Brasil (Brasil) ya utiliza un asistente conversacional virtual¹³ para comunicarse con sus más de 35 millones de clientes. A fines de 2017, el 70% de los asuntos comerciales del *Banco* fueron gestionados por este medio, con una precisión del 77%. Del lado de los usuarios, resultados obtenidos por la agencia de encuestas Opinion Box¹⁴ muestran que el 70% de los consumidores brasileños son propensos a que los atiendan virtualmente, por texto o por voz, mientras que un 30% todavía prefiere ser atendido por el personal de la institución.

El sector público también ha incurrido en la implementación de ACV, superando las fallas de los modelos tradicionales y mejorando la experiencia de comunicación entre el ciudadano y el Estado. Algunos ejemplos de experiencias y proyectos de uso de ACV en el sector público incluyen:

- El Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos (United States Homeland Security) ha creado un asistente virtual relativamente sencillo, EMMA, que puede responder con precisión las consultas de la ciudadanía.¹⁵ Este asistente funciona proponiendo respuestas relevantes a las preguntas de los usuarios, alcanzando

actualmente casi medio millón de consultas atendidas por mes. Aprendiendo de sus propias experiencias, EMMA se hace más “inteligente” con cada pregunta, dado que la retroalimentación de los usuarios le indica cuáles respuestas fueron útiles, perfeccionando su comprensión de los datos en un proceso llamado “aprendizaje supervisado”.¹⁶

- El Ejército de Estados Unidos dedica cientos de millones de dólares a tareas de reclutamiento y, para ayudar a los posibles reclutas a elegir sus alternativas, ha desarrollado un ACV denominado SGT-STAR (disponible en la página web del Ejército), que responde preguntas, verifica las calificaciones y acreditaciones de los usuarios, y los remite con el personal correspondiente.¹⁷ El Ejército encontró que el sistema hace el trabajo de 55 reclutadores, con una precisión superior al 94%. El tiempo promedio de permanencia en el sitio de los usuarios ha aumentado y hasta 2016 se habían respondido más de 16 millones de consultas bajo esta modalidad. SGT-STAR utiliza la técnica de aprendizaje de máquinas para diferenciar patrones de respuestas útiles, por lo que mientras más preguntas contesta su aprendizaje es mayor, mejorando su desempeño.
- En el Estado de São Paulo (Brasil), una central de atención virtual basada en

¹² Para más información, consúltese la página web <https://chatbotsmagazine.com/chatbot-report-2018-global-trends-and-analysis-4d8bbe4d924b>.

¹³ Véase la página web <https://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial/imprensa/n/57066/#/>.

¹⁴ Para más información, consúltese la página web <https://blog.opinionbox.com/chatbots-pesquisa/>.

¹⁵ Véase la página web <https://www.uscis.gov/emma>.

¹⁶ La sección 3 describe las diferencias entre “aprendizaje supervisado” y “aprendizaje no supervisado”.

¹⁷ Véase la página web <https://www.goarmy.com/ask-sgt-star.html>.

chatbot atiende a los ciudadanos interesados en los servicios públicos en las agencias “Poupatempo” (“ahorra tiempo”).¹⁸ En la comunicación con el ciudadano, el sistema identifica el servicio o la información solicitada y, en caso de que la solicitud requiera atención presencial, pacta una visita del ciudadano a la unidad de servicio. En los casos en que el sistema no reconoce la respuesta adecuada, un funcionario de la administración se une a la comunicación y contesta al usuario. De esta forma el sistema puede aprender y, en una próxima ocasión, Poupatempo estará en condiciones de contestar sin apoyo externo (aprendizaje de máquinas). En los primeros 33 días de la puesta en marcha del proyecto, el asistente virtual atendió un promedio de 5.300 usuarios por día e intercambió con ellos más de 2,4 millones de mensajes.

Al igual que en otros sectores, en las administraciones tributarias los ACV también están interactuando con los usuarios para atender las necesidades de información de los contribuyentes, del propio personal de las instituciones y de otros grupos externos interesados. Algunas de las experiencias más relevantes en este sector comprenden las siguientes:

- En Australia, la administración tributaria (Australian Tax Office [ATO, por sus siglas en inglés]) desarrolló el asistente virtual “Alex”¹⁹ para brindar atención a los contribuyentes. Este sistema proporciona respuestas personalizadas a las consultas mediante lenguaje natural conversacional y utiliza técnicas avanzadas de resolución para responder a cientos de preguntas frecuentes sobre un gran número de categorías. Alex permite que los agentes del centro

de contacto dispongan de más tiempo para la gestión de solicitudes complejas. Desde su lanzamiento en marzo de 2016 hasta octubre de 2017 se han realizado más de 2 millones de conversaciones con este asistente, con aumentos mensuales constantes desde julio hasta octubre, período en el que se realiza la presentación de las declaraciones de impuestos. El asistente virtual continúa evolucionando en sus conversaciones contextuales a medida que los usuarios interactúan con él. La tasa de resolución en el primer contacto (FCR, por sus siglas en inglés) alcanza el 80%, un porcentaje superior al de muchos puntos de referencia (*benchmarks*) de la industria que apenas notifican un 65%.

- La Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT) de España, en conjunto con IBM, está desarrollando un proyecto de ACV que inicialmente estará destinado a apoyar a los contribuyentes²⁰ en temas relacionados con la entrega de información relativa a las facturas electrónicas de IVA. En 2017, la AEAT determinó que ciertos contribuyentes debían enviar las facturas emitidas antes de los cuatro días posteriores a su emisión. Con ese fin, creó el Suministro Inmediato de Informaciones (SII), que alcanza a más de 54.000 contribuyentes, es decir, a las grandes empresas que adhirieron a este sistema de reembolso mensual de IVA. El cumplimiento de las obligaciones fiscales, especialmente cuando las normativas emitidas por las administraciones tributarias son rectificadas con frecuencia, puede ser

¹⁸ Véase la página web <https://www.poupatempo.sp.gov.br/wps/portal/poupatempo/>.

¹⁹ Véase la página web <https://cxcentral.com.au/technology/ai/virtual-assistant-to-improve-self-service/>.

²⁰ Véase la página web <https://www-03.ibm.com/press/es/es/pressrelease/53742.wss>.

un proceso complejo para muchos profesionales de los sectores contables y financieros. Por tal motivo, y con el propósito de encontrar una forma innovadora de ayudar a dichos profesionales a resolver sus dudas, la AEAT desarrolló un ACV con la plataforma tecnológica Watson, capaz de responder a ese tipo de consultas.²¹ Esta agencia es la primera organización de la administración pública española que crea un canal de comunicación con el usuario basado en la inteligencia artificial, lo que la convierte en un referente en materia de digitalización dentro del sector público de España. El servicio se está expandiendo a la cobertura de impuestos sobre la renta y el IVA.

- La Secretaría de Hacienda del Estado brasileño de Piauí (Sefaz-PI, por sus siglas en portugués), con el apoyo del Programa de Modernización de la Gestión Fiscal en Brasil (PROFISCO) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), está implementando un ACV para asistir a los contribuyentes en temas relacionados con los tributos gestionados por el Estado (recuadro 1). Dicho asistente, llamado “Teresa”,²² inicialmente se desarrolló como prueba

de concepto del soporte al dominio²³ del impuesto sobre la propiedad de vehículos automotores (IPVA, por sus siglas en portugués). Actualmente se están implementando dominios más complejos, como la fiscalización en tránsito del ICMS. Este proyecto se está desarrollando a través de la plataforma Watson, de IBM, y con el apoyo de una empresa privada especializada.

Desempeño: Estadísticas y métricas de eficiencia

Un aspecto importante es la generación y el seguimiento de las estadísticas mediante las herramientas (aplicaciones) que brinda el propio ACV. El desempeño del sistema puede ser evaluado a partir de dichas

²¹ Para más información, véase el video de presentación del sistema en la página de Internet <https://youtu.be/pLak4eEXkYE>.

²² En homenaje a Teresina, ciudad capital del Estado, fundada en 1852 y que debe su nombre a Teresa Cristina, esposa de Pedro II, Emperador de Brasil entre 1831 y 1889.

²³ En IA, el término “dominio” se refiere al área de conocimiento o tema en cuestión. Los dominios pueden ser amplios (p. ej., la medicina) o más acotados (la dermatología).

RECUADRO 1: SOLUCIÓN INTEGRADA DE ASISTENTE CONVERSACIONAL VIRTUAL BASADA EN IA Y EN LA NUBE: “TERESA”, SECRETARÍA DE HACIENDA DEL ESTADO DE PIAUÍ (BRASIL)

Actualmente, la Secretaría de Hacienda del Estado de Piauí (Sefaz-PI, por sus siglas en portugués) dispone de dos centros de atención a los contribuyentes, ambos en la ciudad de Teresina, en los que se brinda atención virtual por medio de mensajes electrónicos. Una parte del equipo trabaja en el horario comercial matutino y la otra en el vespertino, brindando atención referida a los principales tributos —como el ICMS (impuesto sobre circulación de mercaderías y servicios de transporte) y el IPVA (impuesto sobre la propiedad de vehículos automotores)— y a otras obligaciones fiscales de los contribuyentes. Además de estos centros de atención por internet, las agencias regionales, diseminadas por el Estado, prestan asistencia presencial y telefónica a los contribuyentes. Entre los problemas que este modelo tradicional presenta se incluyen la baja cobertura; los extensos tiempos de espera en filas presenciales y en la central telefónica; los altos costos del personal asignado, incluida su capacitación permanente, y la poca efectividad del modelo de atención desde la perspectiva de los contribuyentes.

(continúa)

RECUADRO 1: SOLUCIÓN INTEGRADA DE ASISTENTE CONVERSACIONAL VIRTUAL BASADA EN IA Y EN LA NUBE: “TERESA”, SECRETARÍA DE HACIENDA DEL ESTADO DE PIAUÍ (BRASIL) (continuación)

Contratación del ACV

Para superar esta problemática, y en el marco del Programa de Modernización de la Administración Hacendaria (PROFISCO/BID), la Sefaz-PI contrató por concurso público el desarrollo del ACV “Teresa”, cuyos principales objetivos son:

- Mejorar la comunicación y relación de los contribuyentes con la administración tributaria del Estado.
- Incrementar la recaudación.
- Aumentar la eficiencia del proceso de crédito tributario.
- Obtener mejores informaciones para el análisis del comportamiento de los contribuyentes, con el propósito de disminuir la evasión fiscal.
- Modernizar el acceso del ciudadano a la información fiscal.
- Facilitar las consultas tributarias por parte de los funcionarios de la Sefaz-PI.

El ACV contratado deberá contestar solicitudes realizadas en línea, oralmente o por escrito, considerando los términos usados en el negocio tributario y los regionalismos. Recibirá entrenamiento cognitivo para proveer informaciones sobre ICMS y temas correlacionados (tales como Declaraciones de Informaciones Económico-Fiscales y tránsito de mercancías), documentos fiscales electrónicos, Impuesto vehicular (IPVA), y la “*Nota Piauiense*” (sistema de lotería tributaria^a para el consumidor final).

En la contratación se utilizaron dos conceptos que vale la pena aclarar:

- **Intención.** Se refiere al propósito por el cual el usuario envía un determinado mensaje. Un mismo propósito puede ser expresado por preguntas distintas, tales como: “¿Mi auto tiene alguna deuda?” o “Buenos días, quiero saber si mi auto tiene deuda de IPVA”. Un conjunto máximo de cinco preguntas distintas con un mismo sentido —o la misma respuesta para un máximo de cinco preguntas similares— conforman una “intención”. Algunas preguntas pueden generar otras preguntas o sub-preguntas (denominadas “quebras de respuesta”). Las sub-preguntas también entran en el esquema anterior de computación de las “intenciones”. El universo de las preguntas y sub-preguntas, así como el cómputo de las “intenciones”, se originan a partir de las interacciones con el cliente, visando la definición del alcance y de las investigaciones de campo durante el proyecto. La práctica en el desarrollo de ACV comerciales demuestra que, una vez que se pone en marcha el sistema, la identificación de nuevas intenciones es creciente.
- **Consulta.** Una “consulta” abarca hasta cinco preguntas realizadas por un usuario, en el mismo acceso.

El ACV fue inicialmente entrenado por la empresa proveedora para afinar el vocabulario y los regionalismos, con la participación de los técnicos de Sefaz-PI. En una segunda fase, la Sefaz-PI asumió el monitoreo sistemático del desempeño y la efectividad, estimándose que dos técnicos, en distintos turnos de trabajo, será suficiente para tal fin.

El sistema está en fase inicial de implantación interna. Luego de desarrollado el entrenamiento cognitivo del modelo para los tributos contratados, el ACV fue puesto en marcha para el personal de la SEFAZ-PI y otros funcionarios del gobierno. Una vez que se juzgue que el ACV es suficientemente confiable, se dará acceso al público general, acompañando este proceso con una campaña pública informativa. El futuro de los centros de atención existentes será discutido de acuerdo con la aceptación y eficacia de Teresa.

^a Lotería que, por medio de premios, incentiva a los ciudadanos a que exijan sus comprobantes de venta en las transacciones comerciales en las que intervengan.

estadísticas, en especial en lo referente a los parámetros de satisfacción del usuario, los cuales son indicadores de desempeño clave (*key performance indicator* [KPI]). Uno de estos indicadores es el mencionado FCR (tasa de resolución en el primer contacto). Como punto de referencia (*benchmark*) inicial se debería buscar un FCR igual o mayor al obtenido por los centros de atención telefónica tradicionales a los que —el ACV— substituye o complementa. Un rango de FCR para centros de atención telefónica de la industria en general puede variar entre el 41% y el 94%, con un promedio del 74%.²⁴ Datos de otras investigaciones confirman para la industria un promedio de FCR de entre el 70% y el 75%.²⁵

Otros indicadores que se utilizan para medir el desempeño de los ACV son:²⁶

- **La satisfacción del usuario**, para lo que se deben realizar encuestas de satisfacción, solicitando una calificación para el ACV y comentarios sobre los servicios.
- **Las visitas de regreso** de los usuarios al ACV deben ser computadas, porque esa

visita indica que el usuario obtuvo un buen servicio en la interacción anterior.

- **La exactitud**, que puede medirse por las respuestas de los usuarios a las preguntas iniciales del ACV, determinando así su relevancia. En caso de que las mediciones arrojen un resultado negativo, será necesario ajustar los mensajes iniciales para que los usuarios entiendan el objetivo y la forma de utilizar el ACV.
- **Los puntos de fallas**, para cuya identificación se utiliza un *software* analítico que detecta los puntos de la conversación en que los usuarios desisten y salen del sistema. Normalmente esa situación se presenta cuando la conversación deriva en un camino que no tiene interés para el usuario.

²⁴ Véase la página web <https://stellaconnect.io/2018/05/27/first-contact-resolution-is-the-king-of-customer-service-metrics-heres-why/>.

²⁵ Véase la página web <https://www.callcentrehelper.com/industry-standards-metrics-125584.htm>.

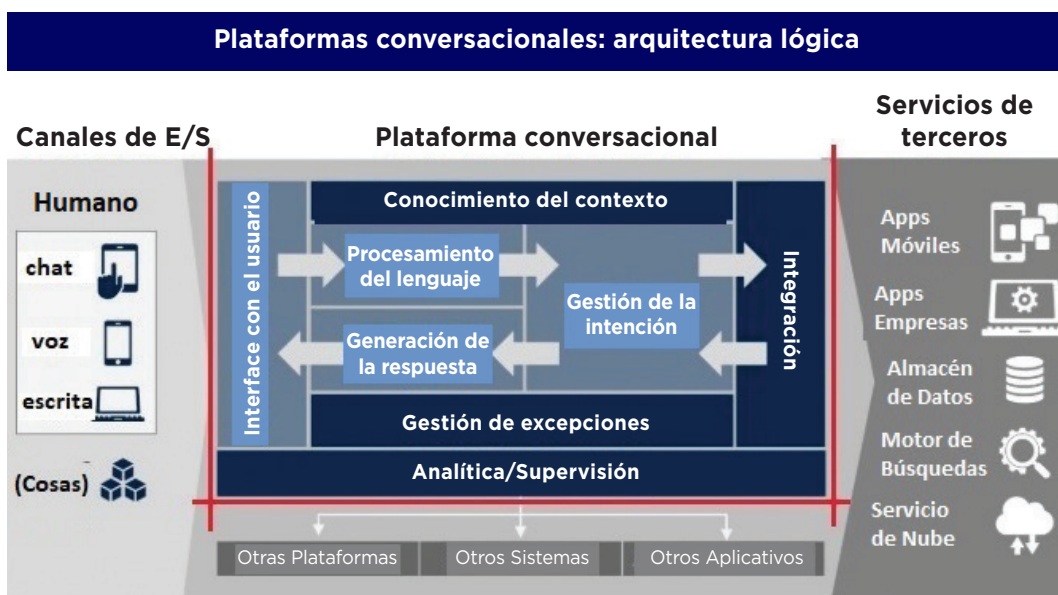
²⁶ Véase la página web <https://blogs.sap.com/2018/03/13/identifying-and-measuring-chatbot-kpis/>.

ARQUITECTURA Y COMPONENTES DE UN ASISTENTE CONVERSACIONAL VIRTUAL (ACV)

En el diagrama 2 se ilustra la estructura básica de un ACV, donde la plataforma conversacional constituye su parte central. Asimismo, se ejemplifican las interacciones e interfaces que la plataforma debe tener con el ambiente para proveer servicios extensibles, seguros, coherentes e integrados en una organización. Existe una diferencia

importante entre los ACV básicos, enfocados solo en la plataforma conversacional, y los ACV empresariales, que prevén la necesidad de integrarse —en el futuro— con los demás componentes del negocio, tanto para mejorar su propio desempeño como para apoyar a los otros sectores y procesos del negocio.

DIAGRAMA 2: ESQUEMA DE PLATAFORMA CONVERSACIONAL



Fuente: Gartner y otros (2018) (adaptado).

Componentes de una plataforma conversacional

Una plataforma conversacional tiene diversos componentes, con funciones claramente diferenciadas. A continuación, se reseñan los más importantes.

Procesamiento del lenguaje

El procesamiento del lenguaje natural (NLP, por sus siglas en inglés)²⁷ es un conjunto de técnicas utilizadas para encontrar significado a partir de ciertos datos del lenguaje humano. Para determinar el significado de las palabras, las frases o los documentos, dichas técnicas se apoyan en las reglas gramaticales, que constituyen los patrones predecibles de un lenguaje. En el procesamiento se utilizan diccionarios, patrones de palabras repetidas y otros indicios contextuales para determinar los diferentes significados. Además, también se identifican y extraen elementos de significado, como nombres propios, localizaciones o eventos, para encontrar relaciones entre ellos. El módulo NLP es responsable de encontrar el “propósito” y las “entidades”²⁸ de una solicitud o pregunta, a partir del porcentual de confianza calculado por el sistema, es decir, la probabilidad de que cada alternativa identificada sea la correcta.

La base de conocimiento del NLP se denomina *corpus lingüístico*, y a este se lo define como “una colección de piezas de texto de lenguaje en formato electrónico, seleccionado de acuerdo con criterios externos para representar, en la medida de lo posible, un idioma o variedad de idiomas como fuente de datos para la investigación lingüística” (John Sinclair, 2004). Para facilitar estas investigaciones, los textos son tratados por procesos denominados “anotaciones”, los cuales califican a las palabras en categorías gramaticales o clases de palabras (como sustantivos, adjetivos y verbos) y anotan las variaciones de raíz de

cada palabra²⁹ (por ejemplo, “santos, santo, santa”), entre otras técnicas lingüísticas.

El *corpus* se compone de términos, documentos y preguntas y respuestas (o similares) relacionados con un dominio o tópico particular. Por ejemplo, en un *corpus* diseñado para la administración tributaria de Brasil, el término “naranja” puede designar una fruta o un color, pero también es un regionalismo utilizado para referirse a las empresas creadas específicamente bajo esquemas que persiguen la defraudación fiscal. En esos casos, el significado correcto se extrae del contexto. En suma, el *corpus* es utilizado por el NLP para responder diferentes cuestiones, descubrir nuevos patrones o relacionamientos y entregar nuevas visiones, razón por la cual la construcción de un *corpus* adecuado a los problemas que se quieren solucionar es un factor crítico para el éxito de un sistema de IA (ACV).

Si bien se pueden encontrar muchos diccionarios —incluso gratuitos— en línea para distintos idiomas, tratables por NLP, se debe tener en cuenta que la calidad y la exhaustividad de su cobertura lingüística son factores muy importantes. Un *corpus* multilingüe atiende a dos o más idiomas, emparejando términos y facilitando traducciones; además, el tratamiento del habla humana es complejo y los diferentes acentos regionales amplían dicha dificultad.

Por último, vale la pena aclarar que a pesar de los grandes avances efectuados en

²⁷ El NLP está subdividido en componentes de entendimiento (NLU, por sus siglas en inglés) y generación del lenguaje natural (NLG, por sus siglas en inglés), utilizados en el análisis de la entrada y la preparación de la salida, respectivamente.

²⁸ El propósito es el objetivo de la cuestión presentada por el usuario y, las entidades, los argumentos. Por ejemplo, en la solicitud “¿Dónde es la panadería Cyrano?”, el propósito sería “solicita dirección” y las entidades, “panadería” y “Cyrano”.

²⁹ Esta técnica, basada en la semejanza de las palabras de acuerdo a una misma raíz, se denomina “lematización” (*lemmatization*).

los sistemas de IA en materia de comprensión del lenguaje humano, aún resta mucho por hacer. Dos artículos recientes del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés)³⁰ y el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE, por sus siglas en inglés)³¹ detallan las investigaciones en curso y describen los tres principales problemas que subsisten en materia de NLP: procesar el lenguaje de forma similar a las personas, entender el contexto y realizar la trazabilidad del razonamiento que el programa sigue para llegar a sus conclusiones.³²

Gestión del propósito

Este componente se encarga de predecir la próxima acción con base en las acciones previas, los resultados obtenidos y las variables globales de la conversación que guardan valores entre las interacciones (*slots*), además de controlar el contexto. El contexto se compone de todos los datos (preguntas, respuestas, variables) creados durante la conversación. La “próxima acción” puede tratarse, por ejemplo, de responder al usuario, acceder a una base de datos o una página web para obtener información o realizar una pregunta para requerir alguna aclaración del usuario.

Para la predicción, el motor de IA utiliza las entradas provistas por el NLP (propósito y entidades) y el contexto anterior, aplicando modelos de predicción de acuerdo con el problema que se presenta. Algunos sistemas de IA definen un modelo de predicción —que será el que utilicen—, mientras que otros, más complejos, cuentan con varios modelos y eligen el que mejor se adapta al dominio del problema concreto. Los modelos más utilizados para clasificar, procesar y realizar predicciones basadas en datos de series temporales son los modelos LSTM (*long short term memory*), de auto-regresión, Holt-winters y ARIMA.³³

Conocimiento del contexto

Mantiene el contexto de la interacción, guardando variables de interacciones pasadas, temporizaciones o consultas realizadas anteriormente. El contexto es parte de los argumentos utilizados en la gestión del propósito para predecir la próxima acción.

Generación de la respuesta

Este componente se encarga de preparar la respuesta al usuario, la cual puede generarse por medio de modelos (*templates*), con marcadores de posición que mapean los tipos de acciones de respuesta posibles. Dependiendo de la respuesta que se deba generar, el modelo se completa con las variables de respuesta. La generación de lenguaje natural (NLG, por sus siglas en inglés) ayuda en la preparación de la respuesta al usuario.

El diagrama 3 ilustra un caso de “propósito” y “entidades” en una interacción sencilla entre el ACV y el usuario.

Métodos principales del aprendizaje de máquinas

Los dos principales métodos de entrenamiento de modelos de aprendizaje de máquinas son:

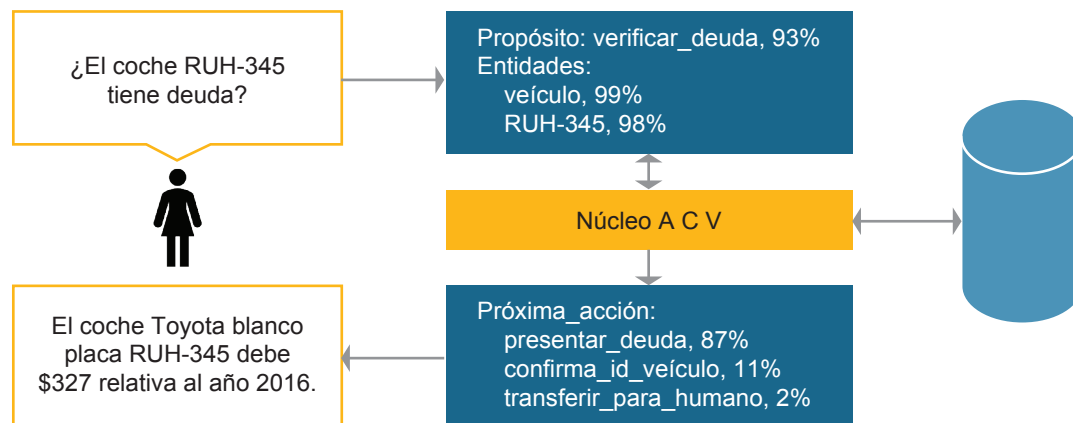
³⁰ Véase la página web <https://www.technologyreview.com/s/602094/ais-language-problem/>.

³¹ Véase la página web <http://sentic.net/jumping-nlp-curves.pdf>.

³² Para los interesados en el tema, se recomienda la lectura de Walker (2018).

³³ Para comprender adecuadamente estos modelos se requiere conocimientos avanzados de estadística. Para una introducción a este tema, los interesados pueden consultar Adhikari y Agrawal (2013).

DIAGRAMA 3: ESQUEMA DE ENTRADA/SALIDA EN UNA CONVERSACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

- **Aprendizaje supervisado:** Presupone el entrenamiento del modelo utilizado para que responda a las preguntas del usuario, de modo tal que los datos de entrenamiento deben ser reunidos con antelación, proveyéndole también las entradas y las salidas deseadas (modelos de preguntas y respectivas respuestas). Los datos de entrada y de salida son etiquetados (clasificados) y sirven como base de aprendizaje para el futuro procesamiento de datos. Un ejemplo de datos de entrenamiento para un sistema de aprendizaje supervisado serían las preguntas y respuestas disponibles para apoyar a un centro de atención telefónica.
- **Aprendizaje no supervisado:** Los datos de entrenamiento no son etiquetados, clasificados o categorizados. La tarea de la aplicación de IA es agrupar información no clasificada según similitudes, patrones y diferencias, sin ningún entrenamiento previo de datos. A diferencia del aprendizaje supervisado, en este modelo no se proporciona un “maestro” que “enseñe” a la aplicación, razón por la esta cual

se encuentra restringida para encontrar la estructura oculta de los datos. Los documentos de entrenamiento de un aprendizaje no supervisado pueden consistir, por ejemplo, en leyes, reglamentos y textos de especialistas sobre el dominio correspondiente. Luego de su desarrollo, los ACV basados en el aprendizaje de máquinas no supervisados pueden aprender los cambios en la legislación o los reglamentos y ajustar sus respuestas, bastando solamente con modificar los datos de entrenamiento. Por este motivo, la necesidad de intervenciones técnicas es menor que en el modelo anterior.

Evolución de los asistentes conversacionales virtuales

La empresa Rulai clasifica a los ACV en tres generaciones:³⁴

³⁴Para más información, consúltese el artículo “Guide to Enterprise AI Chatbots”. Disponible en: <https://rul.ai/wp-content/uploads/2016/12/Rulai-Guide-to-Enterprise-AI-Chatbots-eBook.pdf>.

- *Primera generación*
 - Basado en reglas (se crean flujos básicos de conversación para acciones específicas). Por ejemplo, el reinicio (*reset*) de una clave de acceso puede ser gestionado bajo esta modalidad.
- *Segunda generación*
 - Basado en reglas.
 - Aprendizaje de máquinas supervisado (los datos necesitan ser etiquetados y el modelo entrenado para interactuar correctamente con los usuarios).
- *Tercera generación*
 - Basado en reglas.
 - Aprendizaje de máquinas supervisado.
 - Aprendizaje de máquinas no supervisado (el ACV aprende a partir de datos no etiquetados). Este sistema utiliza las reglas y los datos etiquetados para aprender desde fuentes de datos no etiquetados, logrando manejar conversaciones más complejas.

Por su parte, esta evolución se basa en dos aspectos fundamentales:

- **La integración con los servicios provistos por la organización.** En el caso de la administración tributaria, por ejemplo, esos servicios pueden ser el pago de impuestos y la emisión del estado de cuenta corriente tributaria, entre otros. En ese caso, cuando el asistente avisa

al contribuyente que tiene una deuda, el AVC puede conectarlo con el servicio de pagos inmediatamente, si [el contribuyente] decide pagarla.

- **La orquestación entre los asistentes conversacionales virtuales.** Los ACV están especializados por dominios; por ejemplo, el asistente de la administración tributaria se especializa en contestar preguntas sobre temas tributarios, mientras que el de una unidad de adquisiciones públicas está orientado a la compra de bienes y servicios. Muchas de las instituciones de gran envergadura, como el ministerio de Finanzas de un país, disponen —o prevén disponer— de un conjunto de ACV especializados e interconectados, con un módulo de “orquestación” con la capacidad de direccionar una pregunta realizada en un ACV, a otro más específico. Luego de evaluar el porcentaje de confianza sobre el dominio de la pregunta —y siempre que la probabilidad de que pertenezca a otro dominio sea mayor—, el asistente remite la pregunta al ACV correspondiente. Esta función permite que el usuario, por intermedio de un mismo asistente, resuelva diversas cuestiones sin tener que conectarse a cada ACV particular.

La implementación de estas funciones no es un requisito esencial en la fase inicial de un ACV, aunque es sumamente recomendable considerarla para desarrollos posteriores.

ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN

Los sistemas de ACV pueden implementarse bajo distintas modalidades, de acuerdo con los planes estratégicos de negocio y la disponibilidad de recursos de las organizaciones interesadas (cuadro 1).³⁵

Como en todo sistema informático, los procesos de mantenimiento y actualización son críticos. Los sistemas desarrollados internamente (*in-house*), en especial, deben contar con equipos permanentes, adecuadamente capacitados para esta tarea. Por otra parte, muchas plataformas comerciales ofrecen servicios a partir de la nube, lo que facilita la actualización del *software* base y no requiere infraestructura local. Para evitar cualquier tipo de inconvenientes con la seguridad de los datos, en general las plataformas en la nube trabajan con datos que son almacenados en las instalaciones del contratante (*on-premise*).

Consideraciones

La empresa de consultoría Gartner asegura que una institución debe definir una estrategia de IA con un horizonte de uno o dos años, porque la dinámica y la evolución de este tipo de tecnologías impiden tener una visión clara sobre cuáles serán las empresas y/o plataformas líderes más eficaces. En ese sentido, es importante establecer una estrategia de salida para el caso de que la opción inicial no resulte la más indicada luego de transcurrido dicho período, evitando que la institución quede comprometida con estructuras específicas para los datos de entrenamiento del modelo, las respuestas, la interfaz de programación de

³⁵ Estas modalidades se utilizan también en el desarrollo de otros tipos de *software*.

CUADRO 1: MODALIDADES DE DESARROLLO DE UN ACV

Desarrollo	Personalización de la plataforma	Desarrollo específico (<i>software</i> libre)
Interno (<i>in-house</i>) con expertos propios	X	X
Interno (<i>in-house</i>) con expertos externos	X	X
Empresa especializada	X	X

Fuente: Elaboración propia.

aplicaciones (API, por sus siglas en inglés) y las integraciones.

Es importante tener en cuenta que los ACV no son las únicas aplicaciones de IA que puede tener una administración tributaria. En la actualidad, se está comenzando a utilizar aplicaciones importantes de IA en las áreas responsables de la fiscalización y la auditoría, el registro de contribuyentes y el cobro, entre otras. Algunas administraciones tributarias adoptan la estrategia de implementar un ACV como prueba de concepto (PoC, por sus siglas en inglés), con el objetivo de evaluar la tecnología e identificar el momento adecuado para una adopción más amplia de IA.

En una administración tributaria, una decisión de esas características —mayor adopción de IA— seguramente exigirá decisiones sobre la plataforma comercial o el *software* libre que disponga de los modelos, funcionalidades y algoritmos necesarios para el tipo de cobertura requerido. Además, se debe considerar que los modelos analíticos, los algoritmos y la tecnología de IA en general están en un estadio temprano de desarrollo y que, en virtud de los grandes avances que se esperan para los próximos años, es recomendable que las instituciones que adopten esas tecnologías elijan un socio que tenga capacidad de evolución continuada. Esto también es importante para las instituciones que pretendan desarrollar sus aplicaciones de IA con recursos humanos propios, ya que uno de los principales desafíos será contratar y mantener personal técnico altamente calificado, en un número adecuado.

En general, las grandes empresas de informática que ofrecen servicios en la nube también son proveedores de plataformas de IA, como los casos de Amazon, Microsoft, Google e IBM. Por último, y a pesar de que el contexto del mercado de plataformas y soluciones de IA no esté totalmente definido, algunas instituciones ya tomaron la decisión de apostar por plataformas

de estos proveedores como base para sus desarrollos de IA, como la Agencia Estatal de Administración Tributaria (España) y la Secretaría de Hacienda del Estado de Piauí (Brasil) que adoptaron la plataforma Watson, de IBM. En cuanto a los principales factores que pueden haber incidido en la decisión de estas instituciones, es probable que dos aspectos fundamentales hayan sido la reputación del proveedor y los casos de uso exitoso de Watson en otras áreas (en especial, el área médica).

Utilización de *software* libre y retos del desarrollo propio

En el mercado hay una gran disponibilidad de plataformas de IA basadas en *software* libre, así como de bibliotecas de modelos, algoritmos y rutinas, que se encuentran en constante evolución. Algunas de las instituciones que diseñaron una parte de sus aplicaciones de IA utilizando plataformas de *software* libre son:

- **TensorFlow.** Es un marco de referencia de aprendizaje de máquinas construido y patrocinado por Google, disponible en los lenguajes Python, C++, Haskell y Java. Ha sido utilizado en proyectos de IA por empresas como Dropbox, eBay, Intel y Twitter, entre otras.
- **Rasa.** Los desarrolladores utilizan este marco de referencia de aprendizaje de máquinas —mantenido por una comunidad de más de 1.000 miembros— para crear *chatbots* y asistentes virtuales contextuales. Rasa ha sido utilizado en proyectos de IA de Allianz (aseguradora), Yellow Pages y UBS, entre otros.
- **Keras.** Una interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés) para redes neurales desarrollada en lenguaje Python y capaz de interactuar con otras tecnologías de IA.

En marzo de 2019, la publicación *C/O* divulgó una reseña de las mejores —según la opinión de sus especialistas— bibliotecas para el aprendizaje de máquinas —Scikit-learn y Spark MLlib— y el aprendizaje profundo (*deep learning*) —Keras, MXNet, PyTorch y TensorFlow—, todas basadas en *software* libre.³⁶

El desarrollo de soluciones de IA por lo general requiere utilizar distintas plataformas, modelos y algoritmos integrados de acuerdo al tipo de problema y de dominio (área de negocio) de la solución. En ese contexto, y en razón de las constantes y vertiginosas transformaciones de dichas tecnologías, las instituciones que decidan desarrollar soluciones propias (*in-house*), además de asesorarse adecuadamente, deben robustecer el número y el perfil de sus equipos, conformando un grupo con experiencia en el manejo de *software* libre y técnicas de IA. Una buena práctica consiste en contar con asesoría externa especializada que garantice la apropiación de los avances por parte del equipo de la institución. Este asesoramiento puede darse a través de convenios con universidades³⁷ o contratos con empresas especializadas o emergentes.

Plataformas comerciales de inteligencia artificial (IA)

Actualmente existen distintas plataformas comerciales para desarrollar un ACV u otras aplicaciones de IA y, a pesar de la poca madurez del mercado, las empresas de consultoría ya pueden distinguir sus características principales y separarlas en categorías.

Plataformas conversacionales

Se utilizan en la implementación de un ACV con diferentes propósitos, como la atención

a los clientes internos y/o externos. Gartner afirma que existen más de 1.000 plataformas conversacionales en el mercado y la empresa de consultoría Forrester publicó en 2018 una evaluación de las siete plataformas computacionales conversacionales que considera más prominentes, destacando que el mercado se encuentra en una etapa temprana de desarrollo (gráfico 1).

Como ya fue mencionado, se observa una clara predominancia de las empresas tradicionales de tecnología y los proveedores de servicios en la nube. El informe indica que “frente a un mercado próspero, aunque caótico, de proveedores y una creciente demanda de funcionalidad conversacional, es importante que los desarrolladores realicen sus apuestas en las plataformas apropiadas” (Koplowitz y Facemire, 2018).

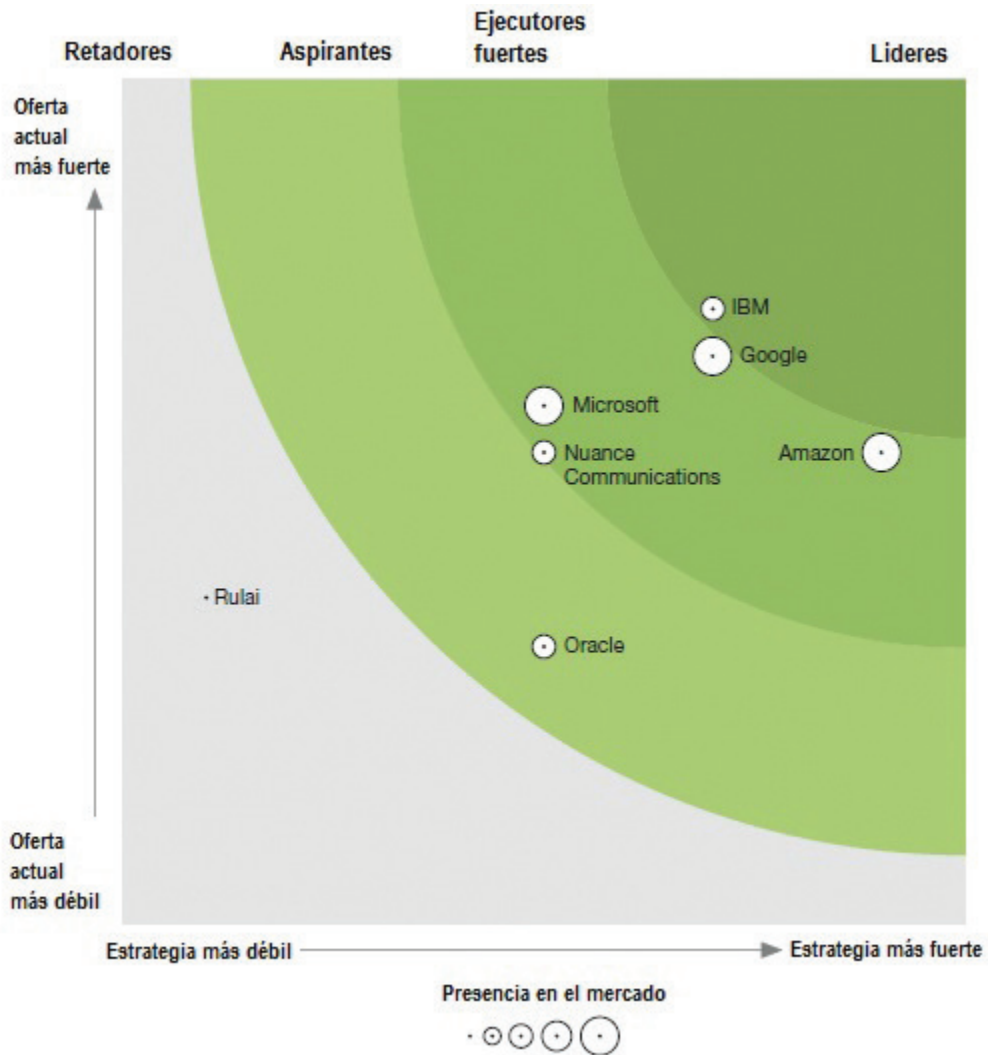
Los criterios utilizados por estos autores —que pertenecen a Forrester— en su evaluación se basaron en las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la amplitud de los servicios (voz-para-texto, NLP, análisis de sentimiento, de tono, NLG y otros)?
- ¿Cuál es la accesibilidad del usuario de negocio (integración con el desarrollador y otros)?
- Ambiente de desarrollo: ¿Cómo son el aspecto del ambiente, las soluciones preconfiguradas, las soluciones en la nube y otros?
- Soporte a la experiencia del usuario: ¿Cuáles son los dispositivos soportados, la capacidad de interfaces con redes sociales, el soporte para voz y otros?
- Extensibilidad a recursos de *back-end*: ¿Mantiene el contexto del usuario entre sesiones? ¿soporta cuestiones de

³⁶ Véase la página web <https://cio.com.br/melhores-bibliotecas-de-machine-e-deep-learning/>.

³⁷ La administración tributaria de Nueva Zelanda adoptó este modelo para desarrollar soluciones de análisis de datos (*data analytics*) e IA.

GRÁFICO 1: EVALUACIÓN DE PLATAFORMAS COMERCIALES CONVERSACIONALES



Fuente: Koplowitz y Facemire (2018) (adaptado).

- improvisación? ¿está preintegrada con algún sistema de *back-end*?
- Analítica: ¿Suministra analítica para la gestión de la aplicación? ¿propone retroalimentación y soluciones cuando el usuario encuentra problemas?
- Soporte de idiomas: ¿Cuáles son los idiomas y dialectos soportados? ¿existen planes diseñados para agregar otros?
- Visión del producto: ¿Cómo se alinean la visión del producto y la necesidad de la institución de ganar, servir y retener a sus clientes?
- Hoja de ruta del producto: ¿La empresa tiene una visión de corto plazo —aproximadamente, un año— del producto para ejecutar su visión en términos de mejoras, estrategia de innovación y expansión de la red de asociados?

CUADRO 2: FUNCIONALIDADES PRINCIPALES DE LAS PLATAFORMAS LÍDERES

Proveedor	Producto	Self-Service Signup ^a	Desarrollo		NLP		Modalidades de ingreso	
			Nube	Local (on-premise)	Local	Terce-ros	Texto	Voz
Amazon Web Services (AWS)	Lex y Alexa for Business	X	X		X		X	X
Facebook	Messenger Platform	X	X		X		X	
Google	Dialogflow	X	X		X		X	X
IBM	Watson Assistant	X	X		X		X	X
Microsoft	Múltiple	X	X	X	X	X	X	X
Nuance	Customer Engagement Platform		X	X	X	X	X	X
Oracle	Oracle Conversational AI Platform	X	X		X		X	X
Salesforce	Einstein Bots	X	X		X		X	

Fuente: Gartner (2018) (adaptado).

^a Esta función permite que los propios usuarios creen sus cuentas, sin la intervención de un administrador.

Por otro lado, la empresa Gartner (2018) seleccionó un conjunto de plataformas de ACV para su evaluación. El criterio de selección hizo foco en que se tratase de plataformas que fueran extensibles a una gran variedad de casos, tuvieran capacidades superiores al promedio y/o hubiesen sido de interés para sus clientes (según encuestas de la propia Gartner) (cuadro 2).

Modelos de precios

Las plataformas comerciales de IA ofrecen distintos y cambiantes esquemas de precios, lo que también es consecuencia de la poca madurez de esta industria. Teniendo en cuenta que la gran mayoría de estas plataformas prestan servicios en la nube,

a continuación se proporciona un breve ejemplo de los modelos de precios existentes para la plataforma Watson. Se trata de una aplicación que actúa bajo el modelo API,³⁸ y de acuerdo con la arquitectura de la solución, cada tipo de API tiene una facturación distinta. Todo el concepto de facturación de este sistema se basa en el consumo. Entonces, dependiendo del API utilizado, se cobra por pregunta (modelo conversacional), tiempo de uso y volumen de datos tratados, entre otros. Usualmente, en los contratos se establece un número máximo de preguntas, tiempo y/o volumen de datos por encima del cual se cobra un adicional (excedente). Por esto, un punto clave consiste en evaluar el modelo

³⁸ Cada tipo de servicio contratado utiliza API distintos.

de precios ofrecido por el proveedor mediante ensayos, con base en los datos de uso esperados y las evoluciones futuras. Un ejemplo de precios reales contratados se presenta en el recuadro 1, con el ACV “Teresa” de la Secretaría de Hacienda del Estado de Piauí, ya mencionado anteriormente. Es importante resaltar que el modelo de precios presentado es solo un ejemplo concreto y no debe ser tomado como un precio único o una tendencia, por las razones expuestas al comienzo de esta sección.

Best-of-breed (BoB) y best-of-suite (BoS)

Un *software* comercial puede basarse en los modelos BoB o BoS, y esa elección tiene consecuencias en las decisiones sobre todas las aplicaciones empresariales, incluidas las relacionadas con IA. De acuerdo con Infopedia, un sistema **BoB** es el mejor en su categoría o nicho de referencia, y si bien realiza funciones específicas mejor que un sistema integrado, se encuentra limitado por su área de especialidad. Para abarcar las diversas condiciones que presenta un modelo de negocio, las organizaciones se encuentran tentadas de utilizar sistemas especializados de diferentes proveedores, que desde ese punto de vista son los más eficaces. Sin embargo, la existencia de múltiples sistemas conspira contra su conectividad, lo que crea numerosos desafíos de mantenimiento e integración.

Por otro lado, el modelo **BoS** consiste en un conjunto integrado de programas (*suite*) de un mismo proveedor que potencialmente puede atender a todas las áreas del negocio. Vale la pena señalar que, aunque no se trate de la mejor solución del mercado en un área particular, las ventajas en términos de mantenimiento, de integración

y de costos (incluidos los destinados a capacitar y disponer de distintos equipos de desarrollo y soporte) justifican que se considere seriamente este tipo de alternativas. Un ejemplo de plataforma *suite* en IA lo constituye el mencionado Watson, de IBM, en el cual varios componentes (como algoritmos, modelos y diccionarios lingüísticos) están disponibles y son aplicables a varios dominios de negocios. En definitiva, se trata de una solución integral, con diferentes módulos que pueden adaptarse a numerosos dominios.

Si bien en la actualidad las soluciones específicas constituyen las alternativas más utilizadas, con el paso del tiempo —y la consiguiente utilización de un número mayor de técnicas de IA en la administración tributaria— las soluciones integrales tendrán una preponderancia considerablemente superior. La falta de empresas líderes consolidadas en el mercado dificulta optar por ese tipo de soluciones.

La empresa Gartner recomienda que la selección de una plataforma de IA se enfoque en las funcionalidades de *middleware* para análisis de datos (*data analytics*), la escalabilidad y la orquestación, con el fin de asegurar el escalamiento desde la prueba de concepto hasta la producción, así como en la posibilidad de introducir mejoras en cualquier momento, ampliando las funcionalidades. Muchas de las características necesarias para una adecuada plataforma de IA han sido definidas en un artículo publicado en CMSWIRE.³⁹

- Los modelos de aprendizaje de máquinas deben tener la capacidad de explicar sus conclusiones (trazabilidad), con los objetivos de garantizar una integración más efectiva entre el equipo de IA

³⁹ Véase la página web <https://www.cmswire.com/information-management/artificial-intelligence-how-to-ensure-roi/>.

y los especialistas del negocio, demostrar credibilidad y atender los requisitos de conformidad (*compliance*).

- Las organizaciones no deben permitir que sus datos sean incorporados a los modelos de datos del proveedor, beneficiando a organizaciones externas. Las plataformas deben proveer mecanismos de segregación entre los modelos de datos propios y los de los clientes.⁴⁰
- La plataforma debe soportar datos estructurados y no estructurados.
- La plataforma debe proveer herramientas de colaboración que permitan que los equipos de IA y los especialistas en el negocio trabajen conjuntamente con facilidad en la evaluación del desempeño del modelo, el etiquetado de los datos y el diseño y la implementación de los demás ajustes necesarios.

Beneficios y costos asociados a cada alternativa

Las alternativas para desarrollar un ACV están asociadas a esquemas de costos similares al de cualquier otro *software*. Los desarrollos internos (*in-house*), por un lado, requieren seleccionar, capacitar y disponer de técnicos especializados o contratar a una empresa para la provisión de dichos recursos; en este último caso, los costos integrales del equipo —y su adaptación a la estacionalidad de los recursos humanos— para el desarrollo son asumidos por el contratante, así como los riesgos de obtener y mantener la calidad de los productos; por el otro, estos desarrollos generan

know-how interno y proveen mayor flexibilidad, permitiendo implementar productos asociados a las necesidades específicas de cada institución.

La contratación de una plataforma de mercado, y su adaptación y personalización, por su parte, aseguran el mantenimiento de la calidad y la actualización tecnológica de los productos desarrollados (siempre que se haya elegido la plataforma correcta), con la necesidad de un menor número de profesionales internos. Sin embargo, este tipo de alternativa requiere considerar, además de los costos vinculados a la personalización, los relativos a la licencia y el soporte del *software*. En efecto, las plataformas en la nube minimizan las inversiones de infraestructura, pero generan el compromiso de pagos periódicos (gastos de capital y de operación).

Como oportunamente fue señalado, los ACV basados en el aprendizaje de máquinas pueden aprender los cambios normativos (legislación, reglamentos) y ajustar sus respuestas; sin embargo, los algoritmos y los modelos deben ser mejorados constantemente y de allí la necesidad de conformar un equipo técnico propio o de contratar a una empresa especializada, aunque la institución solamente instale el ACV como aplicación de IA.

El cuadro 3 compara las principales características de cuatro modalidades de implementación de ACV.

Los proyectos de desarrollo de un ACV, en cualquier modalidad elegida, pueden seguir las técnicas de ingeniería de *software* vigentes en la institución. Las fases más específicas, como el entrenamiento del modelo, pueden ser ajustadas a las etapas de desarrollo previstas en la metodología de desarrollo de sistemas que se utilice en la organización. En cualquier caso, la práctica se encargará de detectar las necesidades adicionales de documentación, equipos e instancias de control.

⁴⁰ En el sector público, no obstante, esta regla no es taxativa, ya que muchas veces las diferentes áreas de la administración se facilitan aplicaciones de IA.

CUADRO 3: COMPARACIÓN ENTRE MODALIDADES DE IMPLEMENTACIÓN Y CARACTERÍSTICAS SELECCIONADAS

Característica \ Modalidad	Tiempo de implementación	Costo (uso y mantenimiento)	Capacitación interna	Infraestructura informática propia	No. de técnicos internos	Flexibilidad para cambios
Plataforma comercial con personalización interna	Medio	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto
Plataforma comercial con personalización externa	Bajo	Muy alto	Medio	Bajo	Bajo	Medio
<i>Software</i> libre con desarrollo propio	Muy alto	Bajo	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
<i>Software</i> libre con desarrollo externo	Alto	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio

Fuente: Elaboración propia.

APLICACIONES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) EN LA ADMINISTRACIÓN TRIBUTARIA: MÁS ALLÁ DE LA ASISTENCIA A LOS CONTRIBUYENTES

Las tecnologías de IA ofrecen nuevas alternativas para la administración tributaria, identificándose oportunidades en las áreas de registro de contribuyentes, cobranzas, política tributaria y fiscalización, entre otras. Algunos especialistas han desarrollado propuestas de IA en modelos más avanzados de gestión del IVA y análisis de riesgo que se ejecutan regularmente para prevenir el fraude fiscal (Ainsworth et al., 2018). En dicho contexto, en el que existen grandes cantidades de datos con capturas instantáneas de información (facturas electrónicas, formularios) y esquemas de defraudación que se adaptan rápidamente a las nuevas situaciones, es posible utilizar la IA con base en un modelo de reconocimiento situacional. Estos modelos son aplicados en contextos de alto estrés, donde grandes cantidades de datos necesitan ser evaluados de modo rápido y preciso (Seco y Muñoz, 2018).⁴¹

Una publicación de la empresa Deloitte⁴² describe una solución de IA desarrollada por una empresa emergente de Canadá que soporta clasificaciones complejas que surgen del sistema tributario local (por ejemplo, para evaluar si una persona debe ser clasificada como empleado

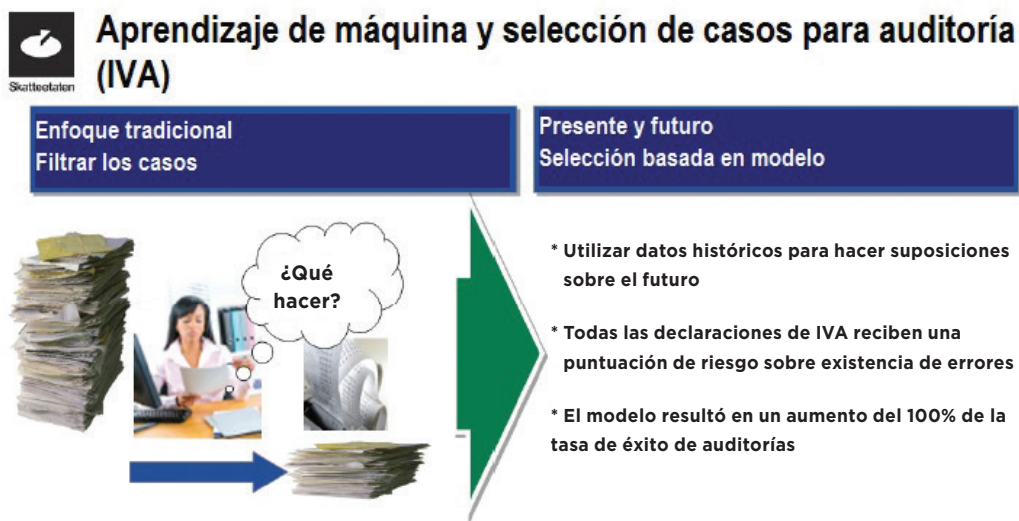
o empresario en un determinado contexto de negocios). Uno de los principales desafíos consistió en crear el *corpus* del dominio, identificando las fuentes de información que serían incorporadas y las que no. El paso siguiente fue entrenar correctamente al sistema. Esta innovadora solución no presenta solamente una respuesta con su respectivo porcentaje de confianza, sino también las razones por las cuales se llegó a dicha respuesta, es decir, las disposiciones legales, la jurisprudencia y los comentarios que la justifican.

La administración tributaria de Noruega, por otra parte, presenta dos casos de aplicación de IA a partir del aprendizaje de máquinas (IOTA, 2018). En el primero, se

⁴¹ Las metodologías de IA basadas en modelos de reconocimiento situacional constituyen la columna vertebral de las aplicaciones de inteligencia artificial en las operaciones militares (aviones en combate, coordinación de fuerzas terrestres en combate activo, vuelos espaciales tripulados). Los flujos de datos financieros de la economía, procesados en un contexto tributario transaccional, donde los fraudes necesitan identificarse en tiempo real, requieren técnicas de IA similares.

⁴² Véase la página web <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/tax/articles/artificial-intelligence-in-tax.html>.

DIAGRAMA 4: SELECCIÓN DE CASOS DE AUDITORÍA POR IA NORUEGA



Fuente: IOTA (adaptado).

utilizan algoritmos de aprendizaje de máquinas para seleccionar los casos susceptibles de auditoría. El algoritmo es entrenado con datos históricos y predice la probabilidad de error en cada declaración de IVA. A cada caso corresponde una puntuación, y los responsables de la administración pueden iniciar auditorías a los contribuyentes con los mayores valores. Cuantas más declaraciones son auditadas, más datos obtiene el algoritmo para usar en el modelo, mejorando su precisión. En relación a los procedimientos anteriores (realizados por el personal de la administración, sin inteligencia artificial), las tasas de éxito prácticamente se han duplicado (diagrama 4).

La segunda aplicación, todavía en la etapa de prueba de concepto, está orientada a gestionar los registros de los nuevos contribuyentes de IVA, clasificando a las empresas en cuatro categorías: i) bajo riesgo; ii) riesgo de errores; iii) riesgo de fraudes, y iv) riesgo de crimen. Como las nuevas empresas no disponen de datos históricos en los registros de la administración, la clasificación se realiza a partir del comportamiento

registrado de sus socios, de las empresas en que participan o hayan participado y de las empresas del mismo sector.

Otra solución de IA que también está en la fase de prueba de concepto es Virtual Tax Advisor, un sistema desarrollado por Deloitte Holanda para la Unión Europea que evalúa la probabilidad de éxito de los casos judiciales —relacionados con procesos tributarios— en las cortes europeas.⁴³ Esta sofisticada herramienta se basa en la argumentación propuesta por el peticionario y sus abogados, selecciona casos similares ya juzgados de una extensa base de datos y los analiza en función de las sentencias (favorables o no) de los tribunales, determinando así su probabilidad de éxito. Este tipo de aplicación es un elemento sumamente útil para que un contribuyente decida si le conviene (o no) formalizar sus reclamos. Huelga decir que la misma tarea, realizada por personal especializado,

⁴³ Véase el video de presentación en la página web <https://www.youtube.com/watch?v=mTypVq-c5w4>.

requiere mucho más tiempo y disponibilidad de recursos.

La predicción de recaudaciones es otra área con gran potencial para el desarrollo de aplicaciones de IA. Un buen ejemplo de ello es el mencionado caso de la Secretaría de Hacienda del Estado de Piauí (Brasil) que actualmente está desarrollando —con el apoyo del PROFISCO/BID y de consultoría externa— modelos de predicción de recaudación de su principal tributo, el impuesto de circulación de mercaderías y servicios de transporte (ICMS), tomando como base los últimos cinco años de datos de recaudación y variables económicas locales, nacionales e internacionales. Este sistema utiliza modelos de series temporales y redes neuronales en una plataforma informática basada en el lenguaje “R” que se encuentra integrada a paquetes especializados. En su etapa actual, la herramienta permite el acceso directo de los funcionarios autorizados, quienes pueden seleccionar períodos de evaluación y comparar los resultados de los distintos modelos de predicción y sus respectivos márgenes de error.

También en Brasil, la empresa pública SERPRO (Servicio Federal de Procesamiento de Datos), proveedora de servicios de tecnologías de la información (TI) para el Ministerio de Economía —del que dependen la administración tributaria, el tesoro nacional (gasto público) y muchas otras áreas del Estado federal— publicó en marzo de 2019 una “consulta pública”⁴⁴ con el objetivo de contratar un conjunto de herramientas integradas (*suite*) que permita a la empresa desarrollar soluciones de IA en gran escala y con alta productividad, además de proveer a sus clientes de una plataforma tecnológica que posibilite la creación de soluciones propias.⁴⁵ El cliente prioritario en este momento es la Secretaría de Ingresos Federales de Brasil (Receita Federal).⁴⁶ Entre los requisitos solicitados, se destacan:

- Permitir que los usuarios, por medio de recursos/interfaces visuales, ejecuten varias técnicas y métodos de análisis de datos e IA.
- Permitir el análisis textual (minería de textos, extracción contextual y categorización, entre otros).
- Procesar lenguajes naturales (NLP) y realizar análisis lingüísticos, entre otras técnicas de este tipo.
- Disponer de análisis predictivo a través de distintas técnicas, que serán utilizadas por medio de herramientas con interfaces visuales por los propios usuarios.
- Permitir que se generen diferentes escenarios para simular y prever los posibles impactos de determinados cambios en las reglas del negocio.
- Disponer de un proceso automático para preparar y asegurar la calidad de los datos.
- Permitir la creación de modelos de aprendizaje de máquinas y aprendizaje profundo (*deep learning*).
- Incluir un servicio de análisis de imágenes que incluya el reconocimiento facial, de objetos y de textos, así como el mapeo y el cálculo de áreas de inmuebles rurales y urbanos.

También se requiere que el producto se incorpore completamente en la infraestructura informática de SERPRO, sin ningún tipo de tráfico en la nube externa, y que sea manejado por técnicos de esta empresa (la cual proveerá toda la infraestructura informática necesaria, como los sistemas

⁴⁴ Mecanismo destinado a recibir opiniones, informaciones y críticas sobre un determinado proceso de adquisición, antes de su formalización.

⁴⁵ Véase: <http://www.serpro.gov.br/consultas-publicas/sede/0253-2019>.

⁴⁶ Véase: <https://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site&inoid=50146&sid=10>.

operacionales y las bases de datos). Además, hay requisitos referidos a la integración (tipos de fuentes de datos), la interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés) y la autenticación. La convocatoria abarca a prácticamente todas las áreas de aplicación de la IA en la administración pública.

Finalmente, vale la pena señalar que las barreras para introducir aplicaciones y técnicas de IA en las administraciones tributarias no son solamente tecnológicas. La empresa Deloitte afirma que existe una “barrera sugestiva”, de orden conductual y cultural: el mundo de los tributos públicos se caracteriza por una cultura con un marcado predominio del conocimiento. Por

esa razón, no se incentivan las experimentaciones con tecnologías que no resultan familiares, especialmente cuando son vistas como amenazas o hay una interpretación equivocada sobre los riesgos de su adopción. Como la IA es por definición *probabilística*, la aplicación puede presentar soluciones que un panel de expertos podría juzgar como “erradas”, reduciendo el apoyo interno a esta tecnología. Sin embargo, también es cierto que la propia evaluación —realizada por personas— también podría llevar a equívocos. En ese sentido, lo que la evaluación de riesgos debería estimar es si la adopción de técnicas y aplicaciones de IA incrementa o reduce las probabilidades de obtener una conclusión errónea.



APLICACIONES DE ASISTENTES CONVERSACIONALES VIRTUALES (ACV) EN LA ADMINISTRACIÓN DEL GASTO PÚBLICO

La aplicación inmediata de los asistentes conversacionales virtuales en la administración del gasto público tiene el potencial de resolver los grandes cuellos de botella que con frecuencia se producen en los centros de atención a los usuarios internos o externos de los sistemas integrados de administración financiera (SIAF) y de los sistemas de capital humano, inversiones públicas y compras públicas.

Los usuarios de los SIAF están dispersos por todo el país, y las dudas funcionales u operativas del sistema son resueltas por los centros de atención tradicionales, principalmente a través de llamadas telefónicas. De acuerdo con Pimenta y Seco (2019), cerca del 85% de los SIAF en ALC poseen centros de atención a los usuarios, funcionando en su mayoría en el horario comercial. Además de proveer atención las 24 horas, reducir costos y cerrar la brecha de falta de atención a los usuarios (15% en ALC), un ACV suministraría estadísticas automáticas más detalladas, con las cuales los administradores del SIAF obtendrán información clave para orientar los programas de capacitación, mejorar los procesos y perfeccionar las interfaces del sistema, facilitando su uso.

Una funcionalidad similar se prevé para los sistemas auxiliares, como el sistema

conexo de capital humano, lo que permitirá responder a las preguntas de los funcionarios del área y los empleados gubernamentales sobre situaciones relativas a actos administrativos, leyes y reglamentos de personal, entre otras cuestiones. La misma situación se podría presentar en las áreas de inversiones y compras públicas, donde los funcionarios que preparan y evalúan los proyectos, así como los potenciales inversores y proveedores, necesitan una gran cantidad de datos administrativos, institucionales y técnicos. También dotaría de mayor transparencia a las inversiones y adquisiciones públicas, facilitando el acceso por parte de la sociedad civil. Aunque muchas de estas áreas en la práctica no poseen centros de atención formales, el volumen de consultas enviadas a sus funcionarios es sustancial y refuerza la necesidad de un ACV.

En opinión de Bertrand Maltaverne, especialmente en las áreas de compras del sector privado existen aplicaciones avanzadas que pueden ser adaptadas al sector público.⁴⁷ Una de ellas permite utilizar

⁴⁷ Véase la página web <https://medium.com/procurement-tidbits/how-to-make-chatbots-a-massive-chance-for-procurement-139cb079ab49>.

un ACV como colector de las necesidades de compras de productos de consumo en una empresa, como computadoras, papel y tóner de impresoras. El ACV interactúa con el usuario, orientándolo en la búsqueda y configuración del producto deseado, y direcciona el pedido a una empresa previamente calificada (en caso de que el usuario posea autorización para ello) o a una lista de compras que la empresa realizará posteriormente, luego de que sea refrendada por el funcionario correspondiente. En Brasil, un ACV denominado LIA (logística con inteligencia artificial) apoya a todos los actores involucrados en el proceso de compras públicas —empresas proveedoras, pregoneros, ciudadanos, funcionarios públicos—, proveyéndoles asistencia ágil y eficaz, con respuestas a consultas libres (sin palabras clave predeterminadas). Este asistente está disponible en el portal de compras del

gobierno federal de Brasil, bajo la forma de un carrito de compras (margen inferior derecho).⁴⁸

Asimismo, también se prevén otras aplicaciones más sofisticadas de IA en el área fiscal, como el análisis de riesgo en la emisión de bonos, las auditorías y el análisis de escenarios macroeconómicos. Para atender al área de administración de recursos públicos, los ACV siguen las mismas estrategias y técnicas descritas para el área tributaria (la definición de las características más adecuadas según las funcionalidades pretendidas, el dominio de conocimiento correspondiente y la disponibilidad y tipología de los documentos disponibles como fuentes del conocimiento).

⁴⁸Para un mayor detalle sobre su funcionamiento, consúltese la página web <https://www.comprasgovernamentais.gov.br/>.



RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Con base en las experiencias internacionales y en la literatura disponible, a continuación se presentan las recomendaciones y conclusiones relacionadas a la planificación, la implementación y la puesta en marcha de un ACV.

Cuestiones estratégicas

- Los proyectos de ACV son elementos estratégicos para las administraciones tributarias, dado que sus implementaciones pueden mejorar o empeorar la imagen de la institución en sus contribuyentes. Para aumentar sus chances de éxito, las autoridades de la administración deben involucrarse desde el inicio y seguir con atención la ejecución del proyecto.
- En el mediano y largo plazo surgirán numerosas aplicaciones de IA que serán muy útiles para la administración tributaria. Por este motivo, a la hora de decidir la estrategia de desarrollo específica para el ACV, se debe evaluar la conveniencia de enmarcarse dentro un plan más amplio de uso de esta tecnología, puesto que dicha estrategia podría no ser la adecuada para las demás aplicaciones (actuales o futuras).⁴⁹
- Se recomienda que los proyectos iniciales de inteligencia artificial —y en particular, los asistentes conversacionales virtuales— sean realizados en pequeños módulos, en lugar de un proyecto único. Esta estrategia permite probar el concepto con una inversión menor y, a partir de resultados favorables, reducir el escepticismo de algunos actores.
- La decisión para elegir entre plataformas de *software* libre, plataformas comerciales, desarrollos internos (*in-house*) o contratar empresas especializadas para desarrollar y mantener los sistemas basados en IA tiene consecuencias de largo plazo para la institución. Por ello, se deben analizar cuidadosamente algunos aspectos esenciales, como los tiempos de implementación, los costos, la gestión del personal (contratación, capacitación), la necesidad de infraestructura propia, la flexibilidad para realizar modificaciones.

⁴⁹ Algunas instituciones tienen como estrategia elegir un modelo de solución para cada aplicación de IA.

nes y el mantenimiento de la calidad de los productos, entre otros.

Planificación

- Hay un gran número de plataformas e implementaciones de ACV, muchas de bajo costo. Las administraciones tributarias deben buscar plataformas y soluciones robustas, escalables, evolutivas y sostenibles, que utilicen técnicas de computación cognitiva, como el aprendizaje de máquinas.
- La selección de una plataforma de IA que sea extensible a otras aplicaciones se debe enfocar en las funcionalidades de *middleware* para análisis de datos (*data analytics*), escalabilidad y orquestación, con el fin de asegurar su escalamiento desde la prueba de concepto hasta la producción, así como la introducción de otras aplicaciones y mejoras. Otros requisitos incluyen disponer de una herramienta de colaboración entre los especialistas en IA y los especialistas del negocio y su trazabilidad (capacidad de explicar las conclusiones resultantes de su actuación, especialmente para facilitar el trabajo de los especialistas y atender los requisitos de conformidad (*compliance*)).
- Las aplicaciones de IA están todavía en una primera etapa de desarrollo, y actualmente no hay una visión clara de cuáles serán las plataformas líderes. Se recomienda no establecer un vínculo demasiado estrecho entre los desarrollos realizados y una plataforma determinada, para que, de ser necesario, en el futuro sea más fácil migrar hacia otras opciones. Esto es importante en especial para los datos de entrenamiento del modelo y la API.
- Aunque una administración tributaria opte por desarrollar internamente

sus aplicaciones de ACV e IA, se recomienda su asociación con otra institución (en especial, una universidad o empresa especializada) que la pueda mantener actualizada sobre los avances desarrollados en su área de interés.

- El contexto tributario se caracteriza por una alta tasa de modificaciones en las leyes y los reglamentos. La solución de ACV debe estar basada en técnicas de IA que permitan automatizar la inserción de ese conocimiento, como el aprendizaje de máquinas. Se debe evitar la utilización de técnicas poco flexibles, como *keyword hit*, respuestas predefinidas y otras basadas en un árbol de decisiones.
- Los ACV deben brindar acceso por diferentes canales, ofreciendo una misma experiencia al usuario. Tales canales usualmente incluyen a las líneas telefónicas, las redes sociales (Facebook, Messenger, WhatsApp) y otras aplicaciones o desarrollos específicos de la institución.

Implementación

- La inclusión de documentos para conformar el *corpus* del dominio debe soportar varios formatos, como Word, PDF, TXT, HTML.
- Cada idioma soportado por un ACV debe tener su *corpus*, incluidos los regionalismos y las jergas del lenguaje.
- La solución de inteligencia artificial debe soportar herramientas lingüísticas tales como la búsqueda fonética, la semejanza de grafía, el uso de sinónimos, la lematización (*lemmatization*) y la categorización.

Cuestiones operacionales

- El seguimiento de las estadísticas generadas por la herramienta de ACV

debe ser una tarea cotidiana para sus gestores. Asimismo, se deben utilizar métricas, como la tasa de resolución en el primer contacto (FCR), para evaluar el desempeño del sistema. El FCR promedio actual encontrado en la literatura es del 74% en los centros de atención telefónica tradicionales, por lo que un ACV debería ubicarse por encima de ese nivel.⁵⁰

- Las pruebas intensivas previas a su apertura al público son esenciales para un ACV. Durante las pruebas, el personal de la institución debe ser incentivado para utilizar el sistema y deben establecerse canales para la evacuación de consultas y los reportes de fallas. Algunas administraciones tributarias han conformado grupos de contribuyentes voluntarios para realizar pruebas a sus servicios digitales, en versión beta. Los grupos de voluntarios constituyen una herramienta muy útil porque sus participantes son particularmente hábiles con las aplicaciones digitales y pueden realizar contribuciones importantes para la mejora de los productos.

El potencial del uso de IA en la administración tributaria todavía no se ha identificado completamente, aunque se han presentado y discutido numerosos ejemplos prácticos —bajo la forma de proyectos piloto o pruebas de concepto— y propuestas teóricas. Es lógico inferir que, así como sucedió con el análisis de datos, las aplicaciones de IA producirán mejoras disruptivas en la gestión y la definición de las políticas tributarias. No obstante, se deben tener en cuenta ciertos cuidados, en especial con los datos utilizados: de acuerdo con la publicación *Convergencia Digital*, los mayores obstáculos para el lanzamiento de un proyecto

de IA se dan en relación a los datos.⁵¹ En concreto, el inconveniente radica en la falta de datos útiles y relevantes, libres de sesgos y que no violen los derechos de privacidad.

Los ACV constituyen, para muchas administraciones tributarias, la puerta de ingreso al mundo de la IA, fortaleciendo conceptos y creando una red interna de conocimiento y soporte para estas nuevas tecnologías. Los ACV, además de ser empleados en la asistencia de los contribuyentes, también pueden ser utilizados internamente para responder a las consultas de los empleados en el área de capital humano y brindar asistencia a los usuarios internos y externos de otros sistemas, como los de inversión pública y compras del Estado.

Como toda inversión, la implementación de un ACV debe justificarse en términos económicos, es decir, en cuanto al retorno sobre la inversión (RSI). Una de las formas de evaluar el RSI de un ACV es comparar sus costos y resultados contra los centros de atención tradicionales, atendidos por el personal de la institución. En este sentido, todo indica que los ACV realizan las tareas de atención con una rapidez y precisión mayores y a un costo menor. También pueden considerarse como ventajas la reducción de los tiempos de espera en la atención de los contribuyentes (filias, colas de llamadas) y la mejora de la imagen de la organización, lo que redundará positivamente en el cumplimiento voluntario de los contribuyentes.

⁵⁰ Este es un promedio general, para varios tipos de negocios. Lo ideal es medir el FCR del centro de atención telefónica correspondiente, antes y después de la implementación de un ACV.

⁵¹ Véase la página web <https://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site&%252525253B-post%252525255Fdata=&inford=50249&sid=97>.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias

- Accenture Federal Services. 2018. *Artificial Intelligence Unleashed*. Dublín: Accenture Federal Services.
- Adhikari, R. y R. K. Agrawal. 2013. *An Introductory Study on Time series Modeling and Forecasting*. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1302.6613> (visitado el 21 de julio de 2019).
- Ainsworth, R. T., M. Alwohaibi, M. Cheetham y C. Tirand. 2018. *A VATCoin Solution to MTIC Fraud: Past Efforts, Present Technology, and the EU's 2017 Proposal*. Boston: Boston University School of Law.
- CIAT (Centro Interamericano de Administraciones Tributarias). 2015. *Modelo de Código Tributario del CIAT: Un enfoque basado en la experiencia iberoamericana*. Ciudad de Panamá: CIAT.
- Gartner. 2018. *Market Guide for Conversational Platforms*. Stamford, Connecticut: Gartner.
- IOTA. 2018. Impact of digitalisation on the transformation of tax administrations. Intra-European Organisation of Tax Administrations. Budapest.
- Koplowitz R. y M. Facemire. 2018. *The Forrester New Wave: Conversational Computing Platforms, Q2 2018*. Disponible en: https://www.cbronline.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/05/RES137816.pdf (visitado el 13 de julio de 2019).
- Pimenta, C. y A. Seco. 2019. "Oportunidades tecnológicas y recomendaciones para la modernización de los sistemas integrados de administración financiera en América Latina y el Caribe". Documento para discusión IDB-DP-651. Washington, D.C.: BID. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/oportunidades-tecnologicas-y-recomendaciones-para-la-modernizacion-de-los-sistemas-integrados-de> (visitado el 13 de julio de 2019).
- Seco, A. y A. Muñoz. 2018. "Panorama del uso de soluciones digitales innovadoras en la política y la gestión fiscal". Documento para discusión IDB-DP-602. Washington, D.C.: BID. Disponible en <https://publications.iadb.org/handle/11319/9073> (visitado el 13 de julio de 2019).
- Sinclair, J. 2004. "Corpus and Text — Basic Principles". En: Wynne, M (Ed.).

Developing Linguistic Corpora: A Guide to Good Practice. Disponible en: <http://ota.ox.ac.uk/documents/creating/dlc/chapter1.htm> (visitado el 17 de julio de 2019).

Walker, M. 2018. *Introduction to Natural Language Processing*. San Bernardino, Estados Unidos: AI Sciences.

Lecturas sugeridas

Agrawal, J., J. Gans y A. Goldfarb. 2018. *Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence*. Cambridge, MA: Harvard Business.

Hurwitz, J., M. Kaufman y A. Bowles. 2018. *Cognitive Computing and Big Data Analytics*. Indiana: J Wiley & Sons.

