TESIS:

Diseño, Desarrollo e Implementación de un Prototipo de Tutor Inteligente como apoyo a la formación de Investigadores

Autor: Fanny Cisneros Barahona

Trabajo Final para la Obtención del Título de Magister en Tecnología e Innovación Educativa

Guía de Tesis: Dra. Victoria Marín Juarros

Guayaquil, Septiembre del 2019

Contenido

Índice de Figuras 2
Índice de Tablas 2
Glosario de abreviaturas y símbolos 3
Resumen 4
Abstract 5
Introducción 6
Revisión de la literatura 10
Inteligencia Artificial 10
Tutores Inteligentes 13
Avatar 18
Procesamiento de Lenguaje Natural 19
Teorías del Aprendizaje 20
Contexto del proyecto 20
Objetivos del proyecto 21
General 21
Específicos 21
Metodología 22
Análisis 23
Diseño 26
Desarrollo 32
Implementación 34
Evaluación 35
Resultados 38
Limitaciones 40
Conclusiones 41
Recomendaciones 43
Líneas futuras de trabajo 44
Productos de Difusión 45
Referencias bibliográficas 46
Anexos **¡Error! Marcador no definido.**

Índice de Figuras

Figura 1: Interacción de los Módulos de un Sistema Tutor Inteligente. 14
Figura 2: Esquema de un STI con sus mòdulos principales. 16
Figura 3: Sistema AIEd con estructura simplificada de Tutor basado en modelos. 17
Figura 4: Fases de la Metodología ADDIE. 22
Figura 5: Comparación de plataformas más conocidas para implementar Agentes Inteligentes. 25
Figura 6: Plataformas con las que se integra Dialogflow. 26
Figura 7: Arquitectura de Plataforma Dialogflow, Componentes. 27
Figura 8: Componente de Programación. 28
Figura 9: Opción de Edición en Línea para las programaciones internas 28
Figura 10: Plataforma Firebase con Base de Datos 29
Figura 11: Código que personaliza las respuestas del tutor inteligente. 30
Figura 12: Arquitectura y componentes que intervienen durante el diálogo 30
Figura 13: Modelo Pedagógico 32
Figura 14: Interfaz de Tutor Inteligente 35
Figura 15: Análisis del flujo de diálogo con porcentaje de interacción en cada fase 36
Figura 16: Proceso de entrenamiento. 37
Figura 17: Asignación de la fase respectiva 38

Índice de Tablas

Tabla 1: Comparación de los componentes típicos de un ITS y la arquitectura de un GCM. 14
Tabla 2: Componentes de ITS en Herramientas de Autoría 18
Tabla 3: Tareas Generales en cada Etapa del Modelo ADDIE 23
Tabla 4: Cuadro con Modelos del Tutor y su aplicación 31

Glosario de abreviaturas y símbolos

IA: Inteligencia Artificial, en este caso asociada al área de la educación.

NLP: Procesamiento de Lenguaje Natural.

ADDIE: Metodología usada para el desarrollo de software, sus siglas Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación.

Dialogflow: Plataforma de Google que permite el desarrollo de tutores inteligentes y fácil integración con otras plataformas.

Firebase: Base de Datos propia de Google que se integra con Dialogflow.

Webhook: Funcionalidad de Dialogflow que permite la programación personalizada para el desarrollo de tutores inteligentes.

API: Interface de Programación Avanzada, permite desarrollos personalizados y que pueden integrarse con otras plataformas.

Cloud Functions: Funciones personalizadas que se publican en la web y que permiten integrarse con otras API´s.

Mapa de Decisiones Metodológicas: Mapa conceptual desarrollado por el Grupo Investiga+ y sobre el cual se basa la programación del tutor inteligente.

Python: Lenguaje de programación que permite desarrollos personalizados.

Avatar: Diseño con personaje animado y que puede ser elegido por el investigador.

Resumen

Esta propuesta se deriva de un proyecto de investigación (Investiga+), que tiene como uno de sus objetivos principales la selección y creación de recursos educativos abiertos para la formación de estudiantes de posgrado y la conformación de un repositorio con estos recursos. Es importante el proceso de andamiaje que los tutores dan al investigador en formación, ya que permiten guiarlo durante todo el ciclo de vida de la investigación. Un Tutor Inteligente permite interactuar de forma similar a un humano usando Inteligencia Artificial (IA) mediante Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP) y adaptarse a las necesidades del investigador ofreciendo sugerencias e información que ha sido ingresada previamente en su base de datos y que basada en las consultas de los investigadores irá procesando para responder "automática e inteligentemente". Como metodología para la creación de este tutor se usa la investigación de diseño con estrategia ADDIE Rapid Prototyping en desarrollo de software. El tutor sería el elemento de entrada del portal de recursos educativos de Investiga+, el cual ha sido diseñado y desarrollado en la plataforma Dialogflow. Tiene como componentes adicionales una base de datos en Firebase y programación personalizada en Python mediante el uso de Webhook y Cloud Functions de Google.

En la primera fase, el tutor entrega información basada en el Mapa de Decisiones Metodológicas la cual estará programada internamente y registre información básica de los investigadores en la base de datos. En la segunda fase se propone poder usar la información ingresada por el Investigador para realizar seguimiento, generar de forma proactiva sugerencias e información, mejorar la interfaz e interacción con el investigador.

En este trabajo se presenta el diseño, desarrollo e implementación inicial del prototipo del tutor virtual, dejando para futuros trabajos la implementación real con estudiantes y la evaluación de esta puesta en práctica.

Palabras Clave: tutor, inteligencia artificial, investigación, recursos, guía.

Abstract

The context of the current proposal is based on the research project Investiga+, which has as one of its main objectives the selection and creation of open resources for the training of postgraduate students and the creation of a repository with these resources.

It is important the scaffolding process that the tutors give to the researcher in training, which will allow him to guide throughout the life cycle of the research.

An Intelligent Tutor allows you to interact in a similar way to a human using Artificial Intelligence (AI) through Natural Language Processing (NLP) and to respond to the needs of the researcher Suggestions and information that has been previously entered into your database and Based on the inquiries of researchers are processed to respond "automatically and intelligently." As a method for the creation of this tutor we propose the design research with ADDIE Rapid Prototyping strategy in software development. The tutorial would be the entry element of the Investiga + educational resources portal, which has been designed and developed on the Dialogflow platform. It has as additional components a database in Firebase and custom programming in Python through the use of Webhook and Google Cloud Functions.

In the first phase, the tutor provides information based on the Map of Methodological Decisions in which it is programmed internally and basic information of the data is recorded in the database. In the second phase, the information entered by the researcher can be used to follow up, proactively generate suggestions and information, improve the interface and interaction with the researcher.

This paper presents the design, development and initial implementation of the prototype of the virtual tutor, the publication of future work, the implementation in real practice.

.

Introducción

La investigación como concepto es un proceso de búsqueda de información, generación de nuevos conocimientos, identificación o definición de soluciones a problemas existentes mediante el análisis de los datos y la aplicación del método científico. Para lograrlo, los investigadores de posgrado deben desarrollar / adquirir competencias como autorregulación del aprendizaje, interpretación y correcta selección de la información, entre otras. Considerando como competencia la capacidad de poner en acción las habilidades, conocimientos, destrezas y actitudes que se posee y lo aplica a un contexto definido (Rivera, 2009), los investigadores de posgrado necesitan desarrollarlas y tener un guía durante este proceso. Esta guía tradicionalmente es realizada por un Tutor Investigador, pero puede ser de utilidad considerar adicionalmente el apoyo personalizado de los Tutores Virtuales Inteligentes, especialmente para aspectos frecuentes que se dan en un trabajo de investigación. Partiendo de la creciente importancia de la inteligencia artificial en la educación (Adams Becker et al., p. 44), el Tutor Inteligente podría complementar la tarea de supervisión de investigación, constituyendo un apoyo al proceso y cumpliendo un proceso de andamiaje al proveer los recursos que el investigador va necesitando, así como ayuda en el proceso de toma de decisiones metodológicas.

Actualmente se encuentran disponibles varios entornos desarrollados y plataformas que hacen uso de tutores inteligentes o AI como Class Chart, Century, Mathigon, Wolfram|Alph, entre algunos ejemplos que se encuentran implementados en varias instituciones educativas y adicional se han incrementado el número de recursos educativos que se han adaptado para proveer esta característica en diversos formatos. Todos ellos con orientación a proveer sugerencias de recursos, respuestas de información basadas en un área puntual y específica, tutores virtuales como acompañamiento en el desarrollo de una temática académica, pero hasta la fecha no se ha desarrollado un tutor inteligente que se enfoque en la formación de

investigadores proveyendo, no solo información para guiarlo, sino también recursos acorde al tema de fase que se encuentra y sea completo todo el proceso de guía. (Toby Baker, Laurie Smith, 2019, pp. 11-14)

Esta misma situación, aunado a la complejidad de la formación posgradual de investigadores, representa un desafío para la implementación de una solución tecnológica que apoye el desarrollo de competencias en investigación y la práctica efectiva de la tutoría de la investigación, a través del acceso a un repositorio de recursos y un mecanismo que facilite y oriente su selección, que brinde una guía adaptativa y personalizada y ofrezca información adicional según los perfiles de los aprendices. El propósito de los sistemas de tutoría inteligente es proporcionar instrucción o retroalimentación inmediata y personalizada a los aprendices, por lo general sin la intervención de un docente. El uso eficaz de este tipo de sistemas ha sido ampliamente documentado para el aprendizaje en áreas como lengua extranjera física fundamental, álgebra, litigios legales y matemática escolar, entre otras. Los beneficios reportados por estos estudios permiten declarar, a título de hipótesis, que la implementación de un tutor inteligente facilita la selección de recursos educativos dentro de un repositorio de recursos para la formación en investigación. (Toby Baker, Laurie Smith, 2019, pp. 11-14; Psotka & Mutter, 1988; Swartz & Yazdani, 2012; Albacete & VanLehn, 2000; Arbuckle, 2005; Pinkwart, Ashley, Lynch, & Aleven, 2009; Steenbergen-Hu & Cooper, 2013)

Así pues, un tutor inteligente podría ofrecer ser el acompañamiento y apoyo complementario al director de investigación durante el proceso de vida de la investigación y aplicar como metodología la selección de recursos o sugerencias de avance basados en el perfil del usuario en el momento del trabajo de investigación, las respuestas obtenidas durante las pruebas o a través incluso, de percepciones de estado anímico detectadas por aplicaciones que reciben esta información.

En Ecuador no se ha realizado este tipo de estudio; sin embargo, se muestra investigaciones sobre el desarrollo y uso de plataformas educativas como el SIDWEB de la ESPOL (Pelaez Jarrín, et al., 2012).

El uso del tutor inteligente como parte del desarrollo de una investigación aportaría a acelerar el proceso de la misma y colaborar con varios factores importantes que son decisivos para que se llegue a obtener los resultados esperados y cumplir los objetivos propuestos. Entre los más importantes se puede mencionar la información, tiempo y recursos a los que el investigador tiene acceso, dispone y puede aprovecharlos de la mejor manera y más óptima.

La información que se seleccione para considerarla como fuente de datos para el desarrollo de la investigación debe ser garantizada y de preferencia tener el aval de alguna organización de confianza que avale el contenido de la misma, Actualmente, el acceso a internet permite tener información ilimitada en varios formatos (videos, papers, revistas online, blogs, páginas web), diferentes idiomas, publicados tanto por autores novatos como expertos, y sobre todo sin que la publicación de los mismos traiga alguna verificación de lo que contiene. Tener la información para el desarrollo de la investigación en un solo repositorio central no solo ayuda al correcto desarrollo de la misma, sino que también permite disminuir los tiempos de búsqueda y selección de fuentes de datos con lo que la investigación puede ser culminada en un tiempo menor y /o permitir que se pueda aprovechar éste en otros puntos de la investigación relevantes sobre el tema en sí. Muchos investigadores también desertan cuando ven que sus trabajos, después de haber ya avanzado significativamente, no consideraron o definieron bien sus fases y por ende les toca a los investigadores volver a empezar o cambiar considerablemente todo su trabajo.

Las fases y enfoque del proceso de investigación para muchos investigadores es desconocida o no tan clara; muchos se guían por referencias de otros trabajos de compañeros o lo que encuentran en internet. El no tener claro cada una de estas fases hace que la

investigación como tal no se plantee de forma correcta y no se llegue a tener los resultados esperados. El tutor inteligente, a través de sus diálogos e interacciones con el investigador ayuda a identificar y sugerir recursos que le aporten con el desarrollo de la misma y a tener bien definido cada una de las etapas de la misma.

Para el caso del proceso de investigación actualmente no parece existir un software o plataforma que permita guiar al estudiante de posgrado como se ha mencionado, es por esta razón que se propone su desarrollo e implementación. Se espera que esta propuesta sea una ayuda al proceso de investigación, se pueda ampliar su contexto a otras áreas de la educación, y otros idiomas diferentes al castellano, y sea una contribución relevante para el campo de la Inteligencia Artificial en Educación.

El tutor inteligente en esta primera fase y al ser un piloto, entrega en su conversación e interacción con el investigador, respuestas previamente programadas que están basadas en el Mapa de Decisiones Metodológicas. Será probado por un grupo pequeño de investigadores que pertenecen a Investiga+. El alcance es poder integrarlo al portal web del grupo Investiga+ y dejarlo funcionando para que sea probado.

Revisión de la literatura

Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) es un campo amplio en la ciencia que tiene como objetivo estudiar cómo simular el pensamiento, razonamiento y comportamiento humano y crear máquinas y computadoras con estas características para que puedan resolver problemas de forma autónoma, procesar grandes cantidades de información que le permitiràn retroalimentar y tomar decisiones basadas en éstas, como lo mencionan Russel y Norving (2019, p. 1-5).

Como concepto resulta complicado definirlo por lo cambiante, interdisciplinario y que cada una de las ciencias tiene una perspectiva y terminología diferente dependiendo del campo que se refiere como por ejemplo la neurociencia, biología, ciencias de la computación, matemàticas, entre otros. Para el área de la educación, un concepto que se acerca mucho a la realidad de uso de la misma es el definido por Luckin, Holmes, Griffiths y Forcier (2016, p.14): "un sistema informático que ha sido diseñado para interactuar con el mundo a través de capacidades (como por ejemplo reconocimiento de voz, percepción visual) y comportamientos inteligentes (como por ejemplo evaluar la información disponible y tomar la decisión más sensible para lograr el objetivo definido) y que lleguemos a pensar que es humana".

Desde los años 50, en que Turing desarrolla un test para determinar si una máquina es o no inteligente (Turing, 1950) hasta nuestros días, los avances que se ha dado en esta área son impresionantes. En el reporte NMC Horizon Report 2018 (Adams Becker, et al., p. 48) se prevé un crecimiento del área de la IA en el sector educativo de un 43% para el 2022.

Para generar esta "inteligencia" se usan complejos algoritmos, redes neuronales, sistemas expertos, reconocimientos de patrones, análisis de bases de datos masivas, web inteligentes,

minería de datos y otras tecnologías que permiten a las máquinas cumplir con estos criterios para decir que son inteligentes (García, 2012, p. 2):

- Reconocimiento del lenguaje natural
- Razonamiento
- Aprendizaje
- Representación del conocimiento

Con esto, sin embargo, no se podría decir que realmente las máquinas "piensan" ya que el proceso para sintetizar la información, generar ideas y tomar decisiones no es una tarea fácil que pueda ser sustituida por las máquinas. Sin embargo, el manejo de grandes cantidades de información permiten a través de procesos y mecanismos de sintetización de la información, la capacidad de generar datos que pueden ser usados en la toma de decisiones, permiten entender el proceso de aprendizaje, las falencias que puede tener determinado proceso, generar nuevos procesos para mejorar el aprendizaje, entre otros.

El área de la IA es amplio y lleva en sí varias ramas como robótica, NLP, redes neuronales, agentes inteligentes, entre otros que tienen como fin dotar de capacidad para resolver problemas y aplicarlos en el área que se requiera para obtener los objetivos meta establecidos donde normalmente si los realiza una persona, tomaría más tiempo.

En nuestro día a día cada vez es más frecuente el uso de IA, en las cosas más comunes como nuestros celulares con el reconocimiento facial, los correos spam que nos llegan con información de ofertas, promociones o información de empresas que ofrecen sus productos basados en nuestro perfil o búsquedas realizadas en el internet, etc. En otras áreas como medicina, también se presentan sistemas que, usando IA, realizan diagnósticos basados en la información recibida de los pacientes.

En el área de la educación, el uso de IA es un apoyo al proceso de aprendizaje ya que dependiendo del tipo de agente inteligente que se use, podrá tenerse información del alumno

que ha usado el sistema y a través de su interacción con el agente, se puede predecir sus falencias en el aprendizaje, puntos que deben ser reforzados y que deben volverse a revisar para lograr el aprendizaje significativo.

En el informe NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition (Adams Becker et al., p. 49), se presentan ejemplos en universidades de aplicaciones de la IA en la educación como, por ejemplo, la Universidad Estatal de Ohio con el sistema de Pacientes Virtuales para la Educación Médica o la Universidad Estatal de California donde se creó un chatbot que responde las preguntas más frecuentes de profesores, estudiantes y personal durante todo el tiempo 24/7.

Otros ejemplos de aplicación de IA se da en los Procesos Administrativos donde se logra agilizar y disminuir tiempos; Automatización de Sistemas de Evaluación tanto a alumnos como profesores, acceder de forma más rápida a sistemas de solicitud e inscripción en universidades a través de agentes inteligentes, entre otros. Continuamente se están desarrollando nuevas y más complejas aplicaciones con IA permitiendo dejar las tareas repetitivas o tediosas a las máquinas y que el tiempo sea aprovechado para enfatizar en lo realmente importante.

La aplicación de AI en el desarrollo de software ya tiene décadas de desarrollo e investigación. Entre los sistemas inicialmente desarrollados se encuentran Scholar (Carboner, 1970) y BIP (Barr, Beard, & Atkinson, 1976). A partir de la aplicación (desarrollo y uso) de la AI en muchas áreas, se ha considerado la aplicación al campo educativo. Entre los ejemplos de implementaciones son algunos juegos serios, algunos de los cuales actualmente ya usan AI, como un ejemplo significativo podemos mencionar Minecraft y su Proyecto AIX. Sin embargo, la aplicación de la AI en educación aún se encuentra en una etapa de maduración. De acuerdo con el NMC Horizon Report 2018 Higher Education Edition (Adams Becker et al., 2018), la inteligencia artificial en educación superior se adoptará en un

periodo entre dos y tres años. En el mismo informe se constata que países como India, China, Reino Unido y Estados Unidos ya están aplicando AI en el campo educativo para apoyar el aprendizaje personalizado

Tutores Inteligentes

Un tutor inteligente es una de las aplicaciones de IA y que consiste en un sistema informático que, implementando el uso de IA en su interacción con el usuario, permite retroalimentarlo y guiarlo en la resolución de problemas o búsqueda de información de acuerdo a su perfil o necesidades (Gonzalo Villareal, 2003).

El desarrollo de tutores inteligentes como concepto es amplio y depende muchas veces del área donde se lo implemente o aplicación para la que se lo desarrolle, muchos autores e investigaciones ofrecen un variado número de conceptos, clasificaciones, tipos de tutores, arquitecturas y metodologías para su diseño, desarrollo e implementación (Russell & Norving, 2019, pp. 34-61).

Para el área de la educación puntualmente se han establecido características tanto de diseño como arquitectura que deben cumplir para cubrir los objetivos pedagógicos (Cataldi & Lage, 2009).

Un tutor inteligente no podrá reemplazar completamente a un tutor humano debido a la complejidad de la mente humana y el mecanismo en sí de procesar la información. Sin embargo, gracias al avance de la tecnología, se han podido desarrollar más sistemas de tutores inteligentes ITS que logran interactuar de forma más natural en su diálogos y con gestos “más humanos” como voz, animación, movimiento de cabeza o gestos faciales, desplegar la información en forma más animada, lo que hacen que sea más fácil para el estudiante interactuar con él al sentir que tiene un “compañero” o “profesor” junto a él que lo está acompañando durante su proceso de aprendizaje. El tener esta característica crea en el

estudiante confianza y permite generar fluidez en la conversación (Ryokai, Vaucelle, & Cassell, 2002).

De acuerdo a Cataldi y Lage (2009, p.2), existen dos aplicaciones típicas de agentes inteligentes. Los ITS (systems intelligent tutors) y los LCS (learning companion system). En la tabla 1 se presenta la diferencia entre éstos.

Tabla 1
Comparación de los componentes típicos de un ITS y la arquitectura de un GCM.

Componente / Módulo	Similitud	Diferencia
Módulo del estudiante (ITS) Módulo del estudiante (GCM)	Ayuda a comprender el estado del estudiante	Desarrollado desde el punto de vista de un tutor. Desarrollado desde el punto de vista de un compañero.
Módulo de enseñanza (ITS) Módulo pedagógico (GCM)	Determina la conducta pedagógica del agente	El agente actúa como un tutor. El agente puede actuar como un competidor, igual que un tutor o ser crítico, un alborotador o colaborador.
Módulo del dominio del experto (ITS) Módulo del dominio (GCM)	Dominio del Agente	El compañero puede tener la competencia de un excelente estudiante, estudiante medio o novato.
Módulo del compañero de aprendizaje (GCM)		Provee las características del compañero.

Nota: Villarreal, 2003, p.3

También propone una arquitectura como se muestra en la figura 1 que consta de:

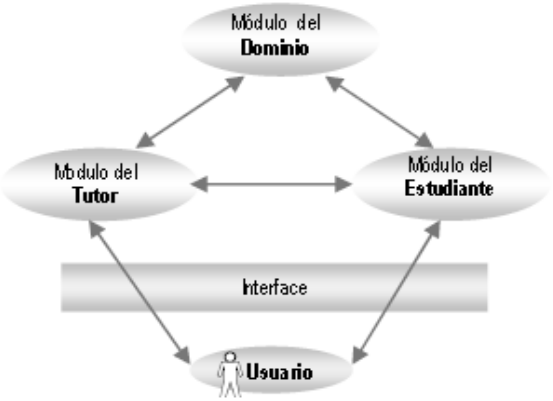

Figura 1: Interacción de los Módulos de un Sistema Tutor Inteligente. (Cataldi & Lage, 2009, p. 4)

- Módulo de Dominio
- Módulo de Estudiante
- Módulo de Tutor

A continuación se describen los tres componentes ya que resultan de importancia para describir la estructura de un tutor virtual:

Módulo de Dominio

Contiene la información central que se desea transmitir y la que se usará para guiar al estudiante, dependerá del área de aplicación del agente.

Módulo del Estudiante

Diseñado para realizar diagnóstico de los conocimientos previos, capacidades y necesidades del estudiante. Se establece un perfil de acuerdo a sus fortalezas, debilidades y comprensión de contenidos. Una vez establecidos estos, se puede seleccionar y generar a través de reglas y código programado la mejor información que el estudiante necesita recibir para progresar en la adquisición del conocimiento. Esto es continuo y se actualiza en cada interacción con el tutor.

Módulo del Tutor.

Es quien define la estrategia, reglas y proceso a aplicar para proveer la información al estudiante basado en la información recibida por los otros módulos. Contiene como dos grandes componentes: los protocolos pedagógicos y planificadores de la lección. Como detalle de cada uno de ellos se presenta la figura 2 donde se visualizan los componentes internos de cada módulo.

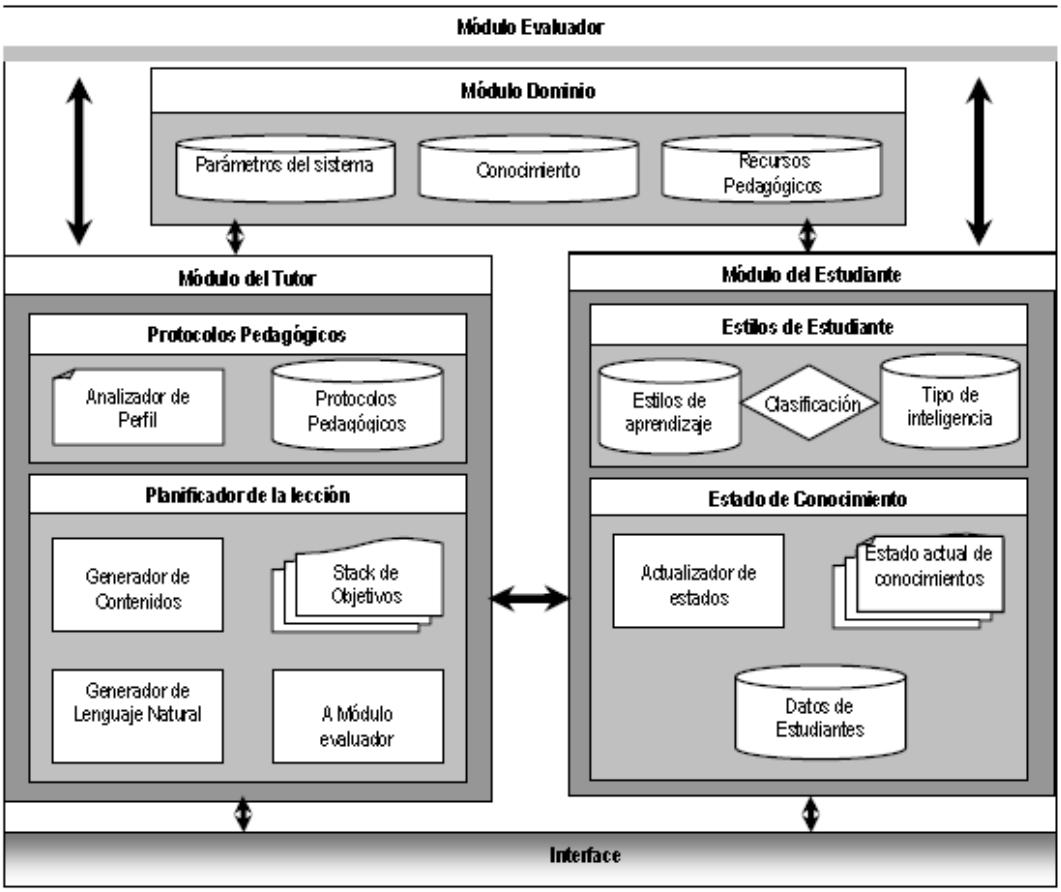

Figura 2: Esquema de un STI con sus mòdulos principales. (Cataldi y Lage, 2009, p.6)

Un modelo de agente inteligente aplicado a la educación se presenta en la figura 3. En este caso sus modelos se enfocan en el proceso de aprendizaje y donde se pueden visualizar los componentes que intervienen en el diseño y arquitectura, similar al de la figura 2, pero con componentes de aprendizaje que detallan el proceso de retroalimentación y que sirven para relacionar los módulos entre sí:

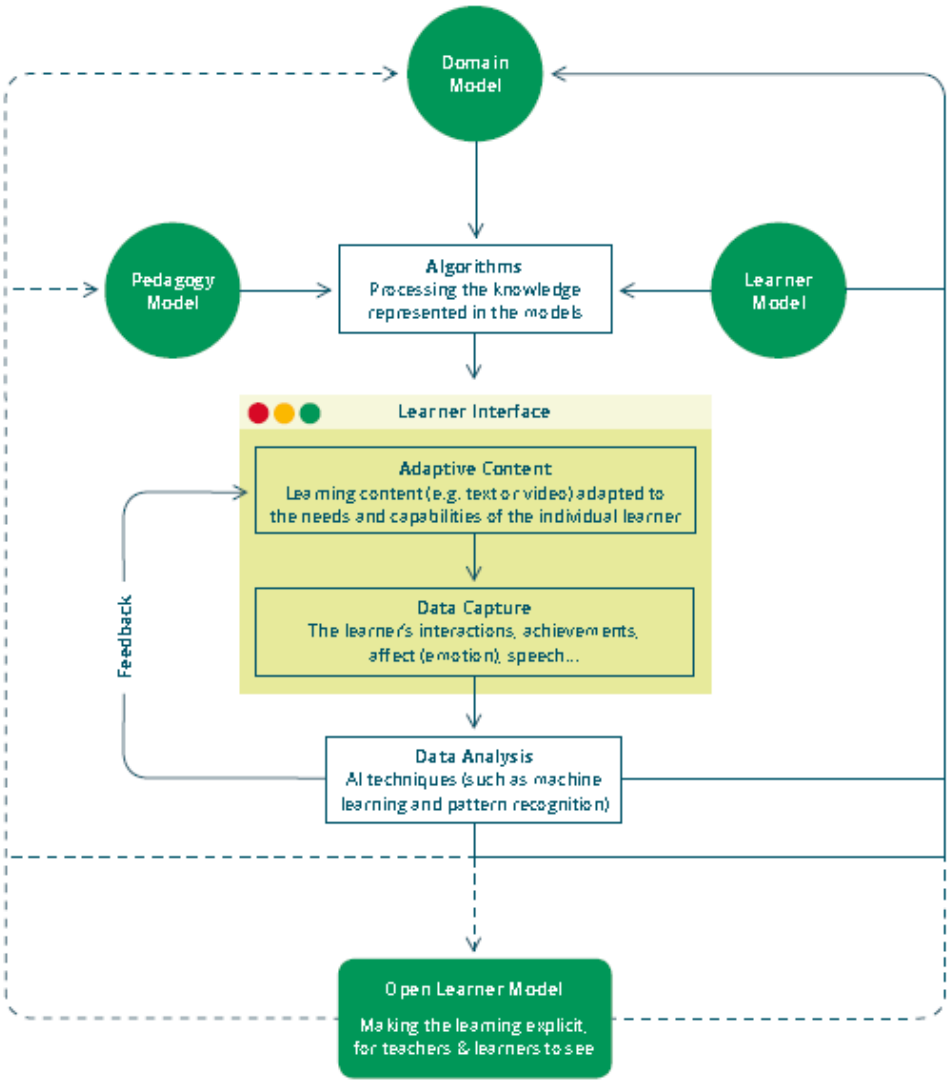

Figura 3: Sistema AIEd con estructura simplificada de Tutor basado en modelos. (Luckin et al., 2016, p.21)

En el área de la educación, un tutor inteligente no solo debe ser diseñado y modelado para que cumpla requisitos técnicos, sea amigable (una buena interacción hombre-máquina), presente adecuadamente la información, actúe de forma autónoma generando la información de acuerdo a las necesidades y perfil del usuario que lo usa y todos los demás requisitos que como sistema "inteligente" debe realizar, sino que debe tener adicionalmente una base de diseño instruccional que se debe definir inicialmente y sobre la que se deben establecer los objetivos pedagógicos, metodologías y resultados esperados del mismo (Cataldi et al., 2009).

Considerando lo visto anteriormente, diseñar un agente inteligente no es una tarea fácil, se requiere apoyo de varias áreas: académica, técnica, pedagógica, psicológica y diseño, entre otras. La tabla 2 muestra un estudio (Dermeval, 2018, p. 351) donde se analizan la cantidad de trabajos y herramientas creadas para el diseño y creación de los ITS y donde se muestra que el mayor porcentaje tienen los módulos pedagógico y de dominio. En este estudio se muestran los 4 módulos que se describen en la tabla 2.

Tabla 2
Componentes de ITS en Herramientas de Autoría

ITS component	Studies	Freq.	%
Pedagogical model	S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S11, S12, S14, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22, S23, S24, S25, S26, S27, S28, S29, S32, S33	27	81.82%
Domain model	S01, S03, S04, S05, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19, S21, S23, S24, S25, S29, S30, S31, S33	25	75.76%
Student model	S06, S10, S13, S16, S30, S31	6	18.18%
Interface model	S04, S08, S23, S24, S27	5	15.15%

Nota: Dermeval, 2018, p. 351

Avatar

En el área de la informática se conoce a los diseños de personajes que los usuarios pueden elegir para identificarse y éste sea su representación en una red social, juego o programa. Actualmente los avatares no solo son dibujos estáticos sino que han evolucionado y son personales con movimiento, gestos faciales, audio y permiten su personalización de acuerdo a los gustos de los usuarios. Un ejemplo de aplicación y plataforma que usa Avatares es SecondLife donde cada usuario elige un personaje con el cual se identifica y con el cual puede relacionarse con otros en diferentes mundos virtuales. Tienen la opción de realizar movimientos tanto corporales como gestuales, volar, correr, etc dando al usuario la perspectiva que está dentro del mundo virtual que visita.

Para el caso de los agentes inteligentes, se usa mucho personajes que sean afines con los gustos del usuario o temática de la implementación y que le permitan tener confianza y fluidez al momento de realizar las interacciones y conversaciones con él, como lo presenta el proyecto implementando un tutor inteligente para el área de matemáticas (Estrada et al., 2014) donde se visualiza un "Genio" como avatar y es quien guía al alumno a través de la resolución de problemas. En nuestro caso, esta característica se postula como línea de trabajo futuro ya que es una limitación de la fase actual, sin embargo no una limitación como plataforma o que no haya sido considerada.

Procesamiento de Lenguaje Natural

El NLP es un área de la Inteligencia Artificial que estudia mecanismos para que las computadoras y las personas se comuniquen de forma más "fluida". Considerando "fluido" el hecho de que se pueda generar un diálogo entre ambas basadas en la información previa que se ha entregado a la computadora y que permita "entender" y "generar" propias respuestas inteligentes. Para esto se diseñan complejos algoritmos y programación con la que la máquina sintetiza la información y genera respuestas parecidas a las humanas. El uso de AI es clave principal en la generación de las respuestas e interacción ya que debe lograr retroalimentarse de las respuestas del usuario para continuar el diálogo.

El uso de NLP en los agentes inteligentes es una de sus principales características y actualmente existen muchas herramientas que permiten su procesamiento y aplicaciones en diferentes áreas como el desarrollo de sistemas ICALL (Intelligent Computer-Assisted Language Learning) para aprendizaje de lenguas extranjeras. (Amaral, 2007).

Para el caso del proyecto actual, la plataforma Dialogflow elegida y la cual tiene como una caracterìstica el uso de esta funcionalidad, hace que sea laszones para su elecciòn. POder tener un diálogo natural y poder programar al agente en lenguaje natural, permite que sea fácilmente usable por el investigador.

Teorías del Aprendizaje

Durante años y a través de varios autores se han dado cambios en los modelos y teorías pedagógicas. Esto ha permitido entender el proceso de aprendizaje del ser humano, mejorar la calidad de enseñanza – aprendizaje y proveer las herramientas y mecanismos para que se generen aprendizajes significativos. Teorías como las de Piaget, Vygotsky, Bruner y Ausubel figuran entre las más destacadas y de las cuales haremos una revisión rápida.

Para Piaget el conocimiento se construye mediante esquemas y estructuras inicialmente básicas pero luego y de acuerdo a cuatro etapas definidas en su teoría, se van modificando y generando nuevos conocimientos. Las etapas son Adaptación, Asimilación, Acomodación, Equilibrio. Para el desarrollo cognitivo de los niños, también propuso estas etapas: Motora-Sensorial, Pre-operacional, Concreta-operacional y Formal-Operacional (Piaget, 1952).

Vygotsky nos explica de la importancia e influencia del entorno sociocultural en el proceso de aprendizaje y cómo la participación con otros, ayuda a adquirir nuevas estructuras de pensamiento y conocimiento. Esta influencia de los otros, permite que se genere la Zona de Desarrollo Próximo y que es la base para la teoría de Bruner (Vygotsky, 1978).

En su teoría Bruner, promueve que el alumno adquiera conocimientos por sí mismo, es decir, aprendizaje por descubrimiento. Teoría que cambia radicalmente la enseñanza ya que el profesor no presenta la información tradicionalmente sino que genera los mecanismos para para el mismo alumno descubra cómo funcionan las cosas y los contenidos aparezcan progresivamente mientras, a través de la investigación se van logrando descubrirlos. Este mecanismo de ayuda y guía durante el proceso de aprendizaje, es el denominado proceso de Andamiaje que se basa en la teoría ZDP. (Bruner, 1972)

Ausubel da un gran aporte con su teoría del aprendizaje significativo y que promueve un verdadero aprendizaje y no mera memorización de contenidos. (Ausubel, 1976)

Contexto del proyecto

La propuesta de creación e implementación de un tutor virtual para la formación de investigadores surge como una de las nuevas líneas de trabajo futuras del proyecto Investiga+ (Orellana, 2016). Se trata de un proyecto internacional liderado por la Universidad Autonóma de Bucaramanga (Colombia) y con participación de investigadores de universidades de Colombia, España, Uruguay, México y Canadá. Su principal objetivo es proponer un modelo para la formación de tutores de los proyectos de investigación en posgrados, y proporcionar estrategias pedagógicas y metodológicas, recursos y herramientas de apoyo, que favorezcan la formación de tutores, de investigadores, la tutoría y el desarrollo de los proyectos de investigación. La parte del proyecto a la que hace referencia este trabajo de tesis se relaciona con el objetivo específico de seleccionar y crear recursos educativos integrados en el portal Investiga+ Recursos para la formación de investigadores (Marín, Orellana & Peré, 2019).

Objetivos del proyecto

General

El objetivo principal de esta tesis es crear y validar un prototipo de tutor inteligente a modo de guía de recursos educativos y ayuda en la toma de decisiones metodológicas para la formación de investigadores, en el marco del portal Investiga+ Recursos.

Específicos

- Diseñar conceptualmente el prototipo de tutor inteligente como guía en la selección de recursos educativos y toma de decisiones metodológicas para investigadores en formación.
- Desarrollar un prototipo funcional del dispositivo, así como documentación de uso relacionada.

- Validar de forma inicial el prototipo de tutor a partir de su implementación en el portal Investiga+ Recursos.

Metodología

Para llevar a cabo este trabajo se propone la metodología del modelo ADDIE Rapid Prototyping (Jones & Richey, 2000), que incluye las fases de Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y evaluación, de forma cíclica e iterativa. Se ha elegido esta metodología debido a que es ampliamente usado para el diseño y desarrollo de software, pero también en el de programas educativos y de capacitación. Como lo menciona Kurt (2017), el modelo implica que se deben completar todas sus fases secuencialmente, y ha tenido varias revisiones y cambios que le han permitido ser más interactivo y dinámico. Su claridad en cada etapa y las subetapas que luego se fueron añadiendo, ha permitido que sea usado en varias áreas y especialmente en las de Diseño Instruccional.

Se detallan las cinco fases del método ADDIE:

Figura 4: Fases de la Metodología ADDIE.
https://educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/

Para el proyecto se han definido tareas en cada una de las etapas que se detallan de forma general en la tabla 3:

Tabla 3
Tareas Generales en cada Etapa del Modelo ADDIE

Etapa Análisis	**Etapa Diseño**	**Etapa Desarrollo**	**Etapa de Implementación**	**Etapa Evaluación**
Definición de Objetivos Generales y Específicos	Elegir la plataforma a usarse	Ingresar datos de diálogo a la plataforma	Habilitar Integración con páginas web	Validar respuestas y diálogo con el tutor
Investigar las diferentes plataformas tecnológicas para el tutor	Definir lenguaje de programación	Realizar conexión a la base de datos e ingresar datos de pruebas para validar conexión	Publicar Sitio Web donde se referenciará y presentará el tutor inteligente	Validar presentación y selección de recursos asociados a las fases
Investigar Marco Teórico, palabras claves: Tutor Inteligente, Avatar, Narrativa (Procesamiento de Lenguaje Natural)	Definir Base de Datos	Personalizar acciones y respuestas del tutor con Api´s externas	Publicar en Sitio Web de prueba el tutor inteligente	Validar facilidad de uso del tutor
Definir alcance del proyecto	Definir arquitectura del software			
Tomar cursos de programación Python	Definir diálogo y narrativa del tutor			

A continuación, se exponen de manera más detallada las diferentes fases del proyecto.

Análisis

En esta etapa se define el objetivo del tutor virtual, se identifican los elementos y características, perfiles diversos para el personaje tutor, narrativa. También las diferentes opciones tecnológicas que permitan diseñar, desarrollar e implementar el prototipo del tutor inteligente.

El objetivo del tutor virtual es apoyar a los investigadores en formación en la selección de recursos educativos disponibles en la red para sus necesidades de búsqueda de información científica, así como en decisiones metodológicas básicas durante el desarrollo de un trabajo de investigación, suponiendo un complemento a la guía del director de investigación asignado.

Algunas características para el tutor virtual que fueron extraídas de un diagnóstico más general del proyecto Investiga+ con estudiantes de posgrado en entrevistas y encuestas fueron el requerimiento de la interactividad y apoyo personalizado y flexible.

A través del mapa de decisiones metodológicas que el grupo de investigación ha generado como una plantilla de las fases y enfoques que se debe considerar en un proceso de investigación, se basará la guía del proceso de investigación. Los diálogos que se llevan a cabo mediante el tutor inteligente tienen la característica principal que usan IA y una narrativa en lenguaje natural con la finalidad de que el investigador se sienta acompañado y pueda interactuar con naturalidad en sus expresiones.

Para cumplir los objetivos propuestos en el presente trabajo se han analizado varias opciones de plataformas tecnológicas entre las que figuran lenguajes de programación como Python, Java, Php, C# que permiten el desarrollo personalizado de módulos y aplicaciones. Se detallan características básicas de éstas:

Java: es un lenguaje de programación orientado a objetos multiplataforma, robusto y ampliamente usado en diferentes entornos.

Python: es un lenguaje de programación orientado a objetos, interpretado y de fácil lectura. Multiplataforma y de código abierto.

C#: es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado y creado por Microsoft que se ejecuta sobre la plataforma .net propia de esta.

También se han revisado plataformas donde se pueden desarrollar tutores inteligentes con una plantilla definida y personalizable como Amazon Lex, IBM Watson, DialogFlow (Api.ai), Microsoft Bot Framework, Botsify, Recast.ai, Motion.Ai, Wit.ai, Gupshup, Flow.xo, Rasa, Chatfule and Autobux entre las más conocidas. Se presenta una breve descripción comparativa de las cinco plataformas más conocidas en la figura 5.

	Dialogflow	amazon LEX	IBM Watson	wit.ai	Azure Bot Service
Channels	Voice, Text	Voice, Text	Voice, Text	Voice, Text	Voice, Text
Ease of Use	Dialogflow provides a web interface to create bots which makes it fairly simple for anyone to create basic bots.	Lex provides a web interface to create and launch bots. It runs on the same machine learning engine as Alexa.	IBM Watson Assistant provides a good and easy to navigate user interface. You will get video tutorials and ready to use samples to quickly get started.	Wit.ai provides UI to setup intents and test it out. Wit is very developer centric and non-techies will have a hard time understanding it.	Azure bot service is used for creating intelligent bots. The web interface is available to create and publish bots.
Integrations	• Google Assistant • Slack • Viber • Facebook Messenger • Twitter • Twilio etc...	• SMS • Slack • Facebook Messenger • Kik • Twilio	• Voice Agent • Slack • Facebook Messenger • Wordpress • Custom APIs etc...	No direct integration, HTTP APIs and libraries available for: • Node JS • Python • Ruby • Go	• Facebook Messenger • Slack • Skype • Kik • Telegram • Twilio etc...
Web and Mobile Integrations	• Codeless Integration with Kommunicate • Basic in-built web integration	• Basic chat UI provided for testing on the website	• Basic chat UI for websites	• Not available, you need to design your own	• Open source web chat widget available in Github
Languages	Supports 20+ languages including English, Spanish, Portuguese, French, Hindi, Chinese etc.	Currently, only US English is supported	Supports 10+ languages (in BETA) including English, Spanish, Japanese, Italian, Chinese etc.	Supports 50+ national and regional languages including English, Spanish, Afrikaans etc.	Supports multiple languages such as English, French, German, Spanish, etc.
Cost	• Free standard plan (good enough for small-medium businesses) • Enterprise Version: $0.002/request	• For the first year, 10k text requests and 5k speech requests/month are free. • Post that it is billed per request basis • Voice: $0.004/request • Text: $0.00075/request	• Free plan comes with 10k messages/month and a few other restrictions • Paid plans start from $0.0025/message	• Wit is free for both personal and commercial use	• Azure Bot Service is free for up to 10k messages per month • Paid plans start from $0.5 for 1000 messages • Additional charges for consuming other services such as Azure functions and Azure web app

kommunicate | www.kommunicate.io

Figura 5: Comparación de plataformas más conocidas para implementar Agentes Inteligentes. https://www.kommunicate.io/blog/dialogflow-vs-lex-vs-watson-vs-wit-vs-azure-bot/

Entre las opciones antes mencionadas, se cree que la más adecuada para el proyecto y prototipo a desarrollar, tanto por tiempo de implementación como por características y funcionalidades que podrían implementarse a futuro es DialogFlow.

Dialogflow (https://dialogflow.com/) pertenece a la plataforma de Google y tiene ya internamente muchas funcionalidades desarrolladas. Dentro de esas funcionalidades está el comando por voz y la integración con otras plataformas como Skype, Web Demo, Facebook Messenger, Twitter, Amazon Alexa, Slack, entre otros como se muestra en la figura 6:

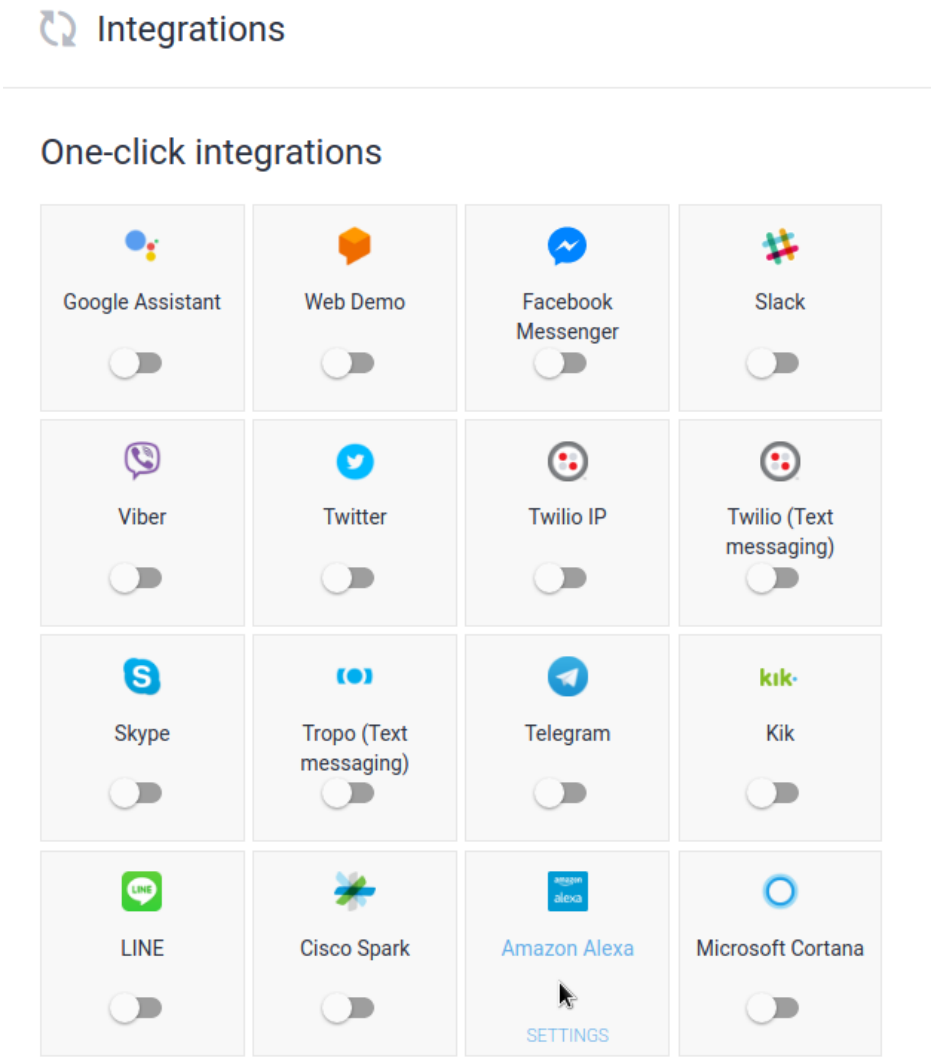

Figura 6: Plataformas con las que se integra Dialogflow.
https://dialogflow.com/docs/integrations

Diseño

En esta etapa se prepara el concepto tecnopedagógico para el tutor virtual, incluyendo el modelo pedagógico que lo sustenta y su esbozo técnico en cuanto a componentes, requerimientos, estructura, recorrido del árbol de decisiones, etc.

Como esbozo técnico se detallan los componentes que forman parte del tutor en la plataforma Dialogflow y con las que interactúa:

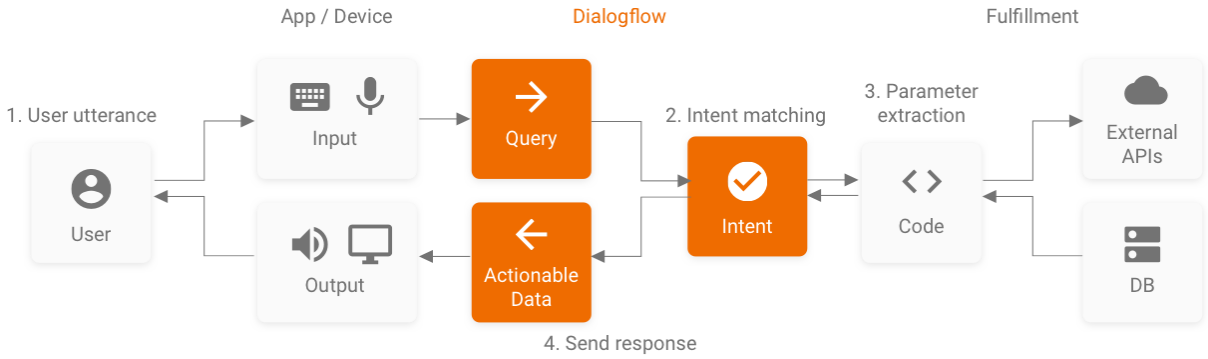

Figura 7: Arquitectura de Plataforma Dialogflow, Componentes.
https://cloud.google.com/dialogflow/docs/how

Como se puede observar, el ciclo inicia con el usuario y el ingreso de la información que puede ser tanto escrito como verbal. Una vez que la pregunta o consulta del usuario es realizada internamente, el agente ejecuta una consulta (QUERY) que identifica la Intención (INTENT) que está relacionado con la pregunta. La Intención puede estar programada con código interno (base de datos, DB) o externo (APIs) para resolver y entregar la respuesta al usuario.

En la plataforma Dialogflow estas programaciones externas se las conoce como Webhook. Estos Webhook son servicios en la nube que reciben y entregan información de cada

Intención que los invoca, en la figura 8 se muestra la estructura del webhook.

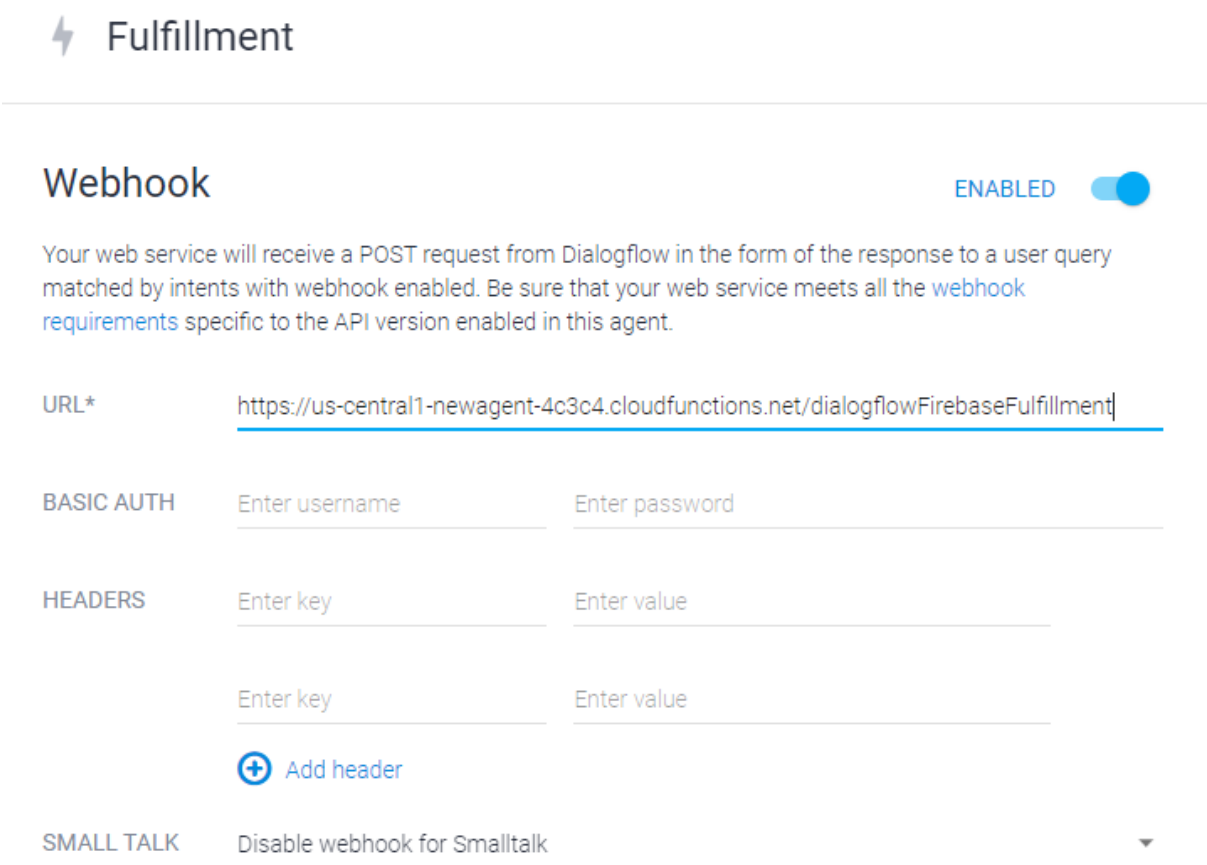

Figura 8: Componente de Programación para llamar servicios externos con personalizaciones realizadas en API´s externas. https://cloud.google.com/dialogflow/docs/fulfillment-configure

Las programaciones internas se las realiza en la misma plataforma si la implementación y personalización no es tan compleja o requiere componentes externos como se puede observar en la figura 9.

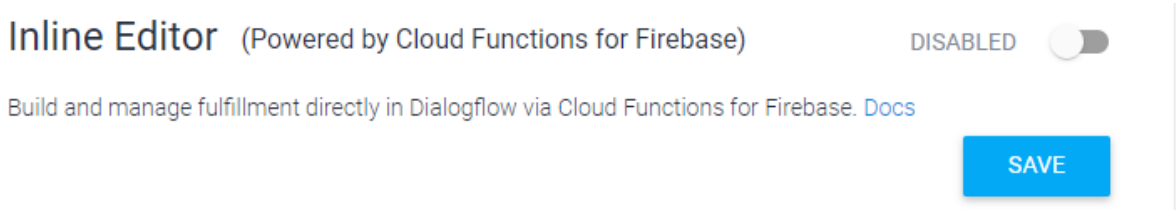

Figura 9: Opción de Edición en Línea para las programaciones internas

Para este caso, se ha definido usar Webhook ya que se permite la personalización usando elementos externos. El webhook hace referencia a una Función en la Nube

(CLOUDFUNCION) que tiene embebida la programación del tutor junto con el acceso a la base de datos y respuestas que debe obtener de allí, si fuese necesario.

La base de datos en esta fase es Firebase (https://firebase.google.com/), propia de Google y que permite la integración con esta plataforma. Su rápida configuración e integración con las personalizaciones realizadas en Webhook determinaron su uso. También es posible integrar con otras bases de datos como Mysql que inicialmente se tenía considerado usar, pero al requerir servidor de bases de datos para esto y las configuraciones adicionales que requiere su integración, determinaron que se proponga como línea de trabajo futuro y para fines de este proyecto, usar la base de datos propia de la arquitectura de Dialogflow que es Firebase, la figura 10 muestra su estructura.

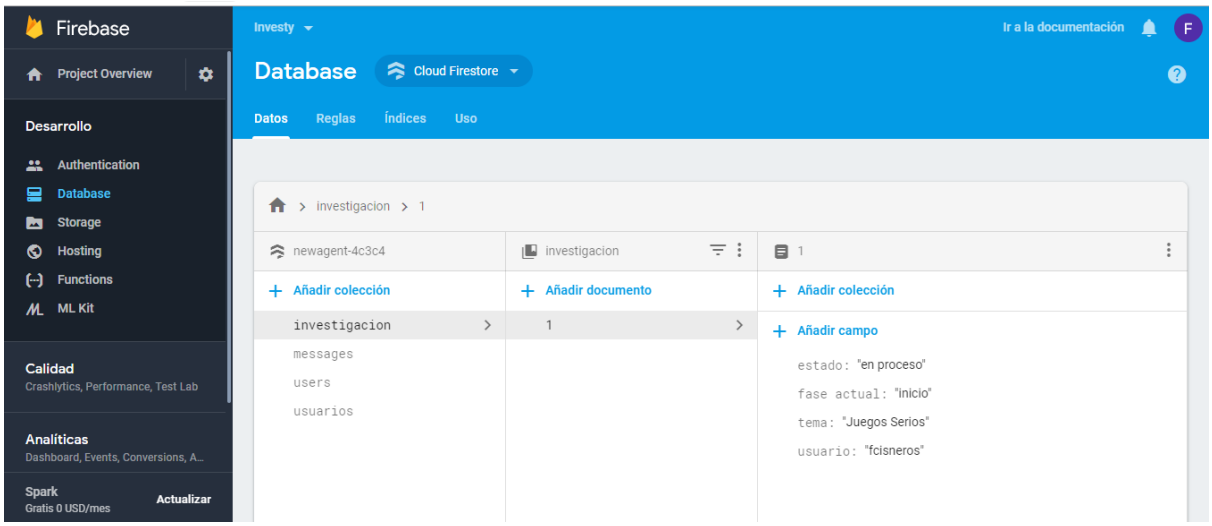

Figura 10: Plataforma Firebase con Base de Datos creada. https://firebase.google.com/

Las respuestas generadas a través de la programación pueden ser definidas estáticamente o estar parametrizadas en variables que se tomen y generen respuestas de acuerdo a lo que se haya definido en la base de datos. Estas respuestas son pasadas al tutor y éstas se muestran en el aplicativo en forma de texto o también en formato de audio, ver la figura 11.

```
app.intent('Default Welcome Intent', conv => {
  conv.ask('Welcome to my agent!')
})

app.intent('Default Fallback Intent', conv => {
  conv.ask(`I didn't understand`)
  conv.ask(`I'm sorry, can you try again?`)
})

app.intent('saludo', conv => {
    //const email = user.email; // The email of the user.
    //const displayName = user.displayName; // The display name of the user.

  conv.ask('Como estas?. My name is Investy. Que tema de investigación estas realizando? Ingresa tu tema.')
})
```

Figura 11: Código que personaliza las respuestas del tutor inteligente.

De forma global se puede apreciar en la figura 12 un ejemplo del esquema completo de interacción de todas las plataformas que intervienen en el proceso de conversación entre el usuario y tutor desarrollado en DialogFlow:

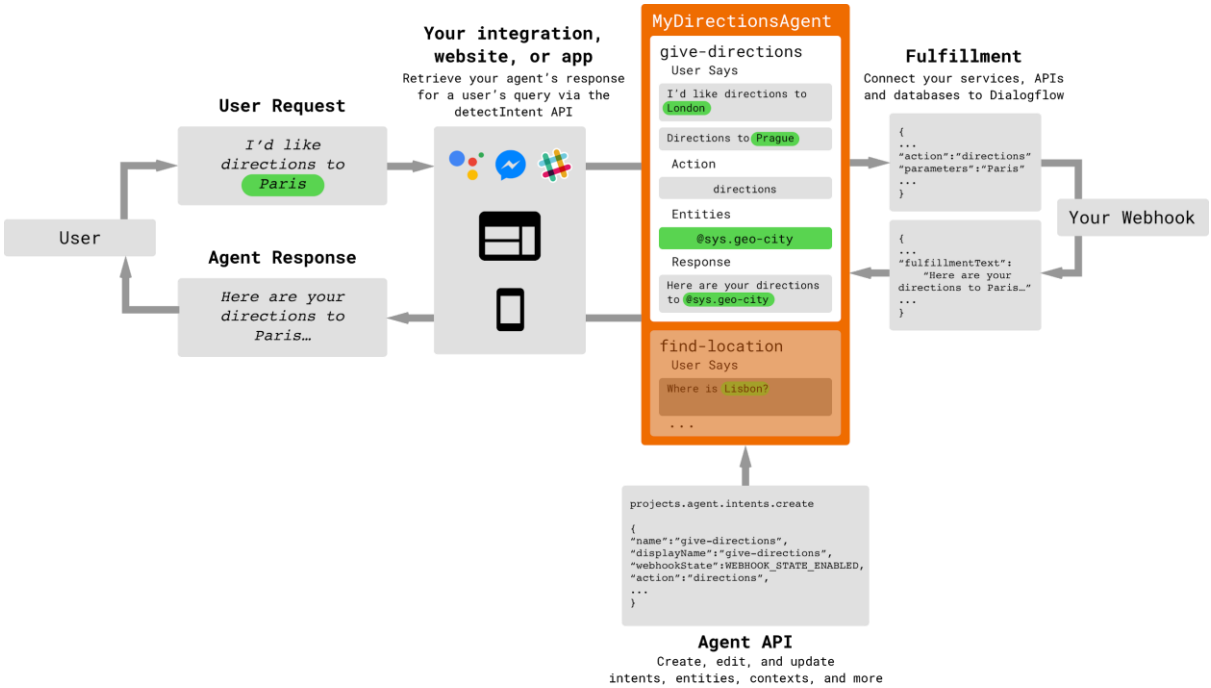

Figura 12: Arquitectura y componentes que intervienen durante el diálogo

En cuanto al diseño tecnopedagógico, se parte del esquema presentado en el informe sobre inteligencia artificial en educación (Luckin et al., 2016, pp.19-21), que consiste en tres modelos: el pedagógico, el del aprendiz y el de la disciplina o de los contenidos (Tabla 4).

Tabla 4:
Cuadro con Modelos del Tutor y su aplicación

Modelo	**Que representa el modelo**	**Conocimiento específico representado en el modelo**
Modelo Pedagógico	Se enfoca en proveer información clara, completa y detallada del proceso de Investigación.	Se detalla por cada fase del proceso de investigación tanto información como recursos
Modelo de Dominio	Se usa como guía del proceso, el mapa de decisiones metodológicas que es la base para todo el diálogo entre tutor y el investigador en proceso de formación	Que comprende cada fase del proceso de investigación Información Guía de la siguiente fase que le corresponde Enfoques de la Investigación Complementarios: Cualitativos y cuantitativos Todos las fases del proceso de investigación
Modelo del Aprendiz	Conocimientos del alumno que se reflejan en las preguntas realizadas al tutor y que determinarán la fase que se encuentra y la información que necesita tener	

El modelo pedagógico corresponde a teorías del aprendizaje que se centran en la autorregulación del aprendizaje y la propia construcción del aprendizaje, mediante el andamiaje y concretamente el constructivismo social. Importante en nuestro caso es la retroalimentación adaptativa (Vygotsky, 1978; Bruner, 1961; 1986).

El modelo de aprendiz refiere a las características de estudiante adulto, con responsabilidades laborales y/o personales, familiares,... y al mismo tiempo, con alta motivación, puesto que se tratan de alumnos inscritos en estudios de posgrado.

El modelo de la disciplina o contenidos se circunscribe al ámbito del desarrollo de un proyecto de investigación a nivel de posgrado (máster y tesis doctorales), si bien podría ser aplicable a otros niveles anteriores y posteriores. Por tanto, ejemplos de contenidos serían la ruta de un proyecto de investigación, las decisiones metodológicas, cuestiones éticas, etc.

Los tres modelos se combinan para generar algoritmos que procesan el conocimiento de los tres y que generan una interfaz para el aprendiz con contenido adaptativo (en este caso adaptado a las necesidades del investigador en formación, en su etapa del proceso de investigación) y recolección de datos (las respuestas del estudiante). Estos se analizan externamente a la interfaz con técnicas diversas y aportan retroalimentación de nuevo a través de la interfaz. Como parte final del esquema, se podría generar un modelo de aprendiz abierto, donde el aprendizaje se haga explícito (p. ej. informes de resultados). La figura 13 muestra el modelo pedagógico utilizado.

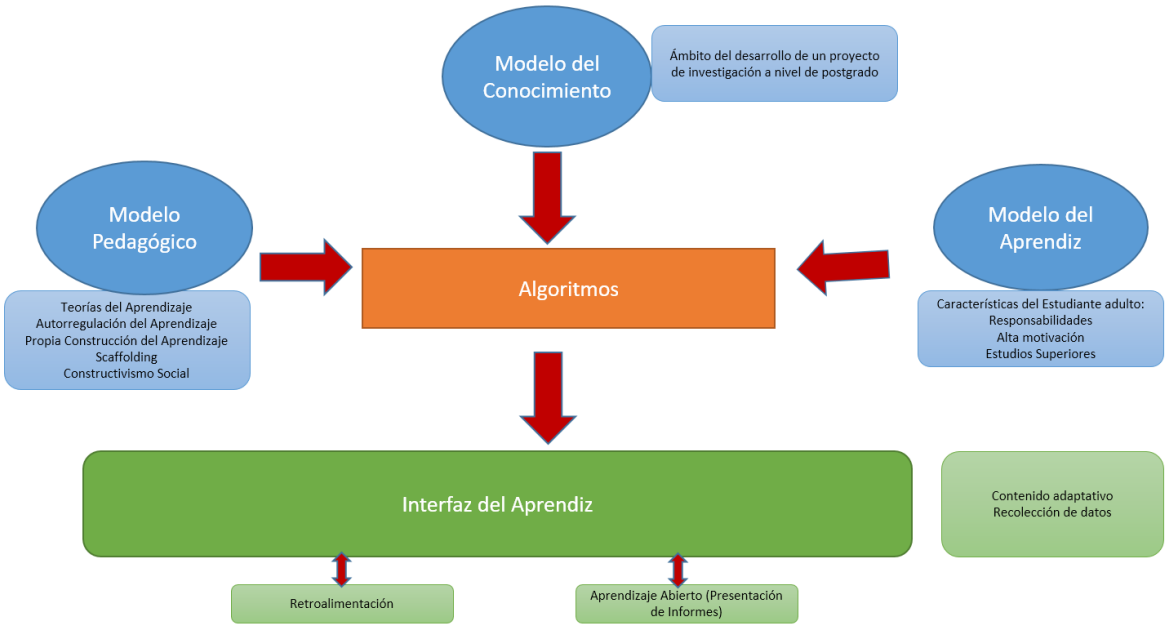

Figura 13: Modelo Pedagógico

Desarrollo

En esta fase del proyecto se crea a nivel técnico el sistema siguiendo el concepto tecnopedagógico previamente diseñado y los de manuales de usuario que se anexan al presente trabajo.

Para el desarrollo del tutor se han definido dos fases, a continuación se detalla de forma general el alcance de cada una:

- La primera fase tiene como producto final la creación del prototipo del tutor en la plataforma Dialogflow con los componentes básicos para generar la conversación fluida entre el investigador en formación y el tutor inteligente. Esta fase se entregará como parte del proyecto actual.

En este caso, se tiene desarrollado un webhook cuya funcionalidad es acceder a una base de datos para guardar la información básica y preferencias del investigador. Este Webhook está usa lenguajes de programación de Python y JSON.

Para la habilitación del agente en los portales web se activa en el Módulo de Integraciones, la opción de Web Demo y con esto se puede generar el código que se necesita agregar a los portales web que desee incorporar el agente.

- La segunda etapa tiene como principal actividad migrar la base a Mysql y la aplicación de algoritmos para la selección de recursos y sugerencias de avance para la investigación basados en las preferencias y perfil del usuario. Otra característica a implementar en el futuro es añadir la elección y presentación de avatares que permitan una mejor interacción con el investigador.

La implementación del tutor se realiza en el portal web diseñado desde Investiga+ como portal de acceso a recursos educativos para la formación de investigadores (https://www.investigamas.org/). El tutor inteligente se inicia una vez logueado el usuario y será la guía para acceder a los recursos del portal aplicando inteligencia artificial en la selección de los mismos. Adicionalmente se tiene considerado el mapa de decisiones metodológicas antes mencionado que es la ruta que debe seguir el proceso de investigación.

Cada fase del proceso cuenta con sugerencias, retroalimentación y soporte personalizado para que el alumno continúe con la investigación. El perfil del usuario, junto con la información que se reciba del mismo durante la interacción con el agente, es analizada y usada para generar más información.

Implementación

Se prevé la puesta en práctica de forma inicial del tutor virtual con investigadores del proyecto en primera instancia, luego de forma piloto con los estudiantes de posgrado participantes en la detección de necesidades de Investiga+. Durante esta fase, se recogerá información de forma constante en relación a diferentes aspectos: adaptación de los personajes, narrativa, recorrido del árbol de decisiones.

El código a ser compartido y agregado en los portales que lo deseen añadir es el siguiente:

```
<iframe
  allow="microphone;"
  width="350"
  height="430"
  src="https://console.dialogflow.com/api-client/demo/embedded/4ae744a2-cec1-
42a3-83f4-be7098264dfe">
</iframe>
```

Para poder interactuar con el tutor se puede acceder al siguiente link:

https://bot.dialogflow.com/4ae744a2-cec1-42a3-83f4-be7098264dfe

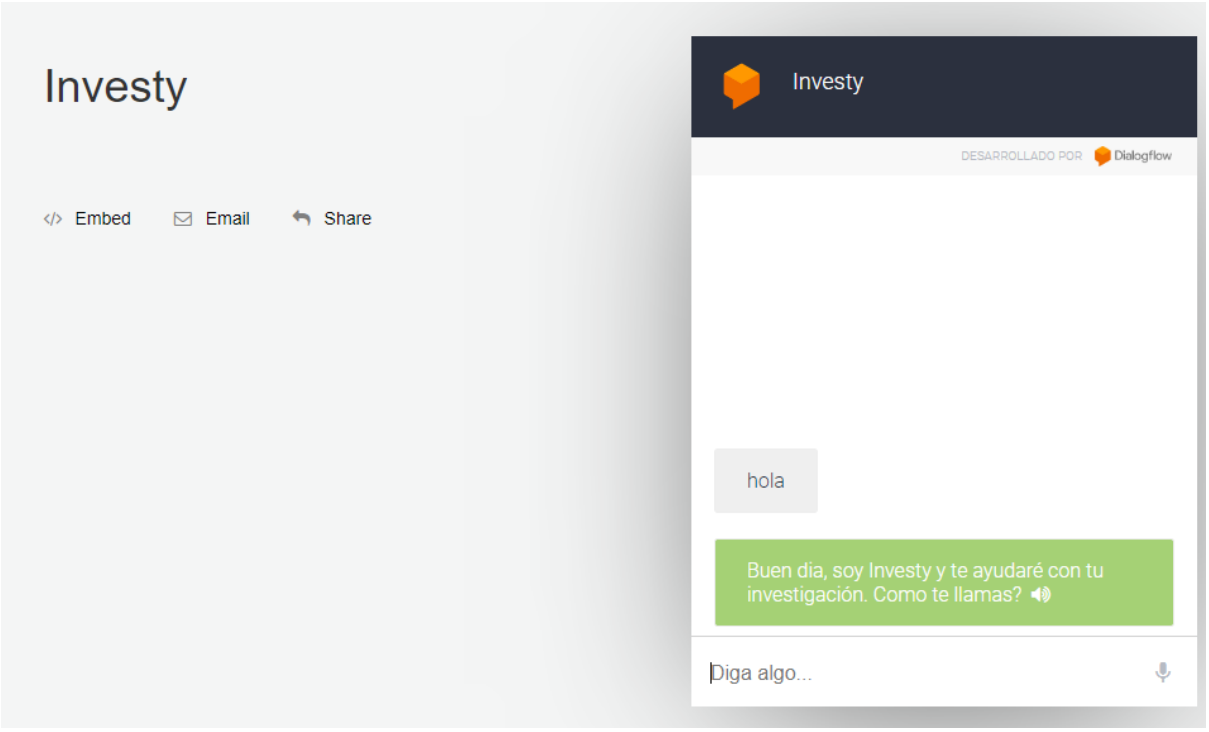

Figura 14: Interfaz de Tutor Inteligente

Actualmente el prototipo está incorporado al portal de recursos de Investiga+ (https://www.investigamas.org/investy/). La implementación del tutor está en su fase inicial y todavía no se ha realizado con usuarios reales.

Evaluación

Es una parte esencial del proceso y en el caso de esta metodología, se produce a lo largo de todo el proceso y no sólo al final del proceso. Se tiene en cuenta el funcionamiento del sistema, así como utilidad y satisfacción por parte de los usuarios.

En la fase de análisis se intercambiaron ideas con el equipo de Investiga+ como parte de las necesidades a cubrir por el tutor y sus requerimientos. En la fase de diseño se realizó una evaluación formativa con los miembros del equipo de proyecto Investiga+ que permitió una revisión y adaptación del prototipo durante el desarrollo.

Durante la fase de implementación con usuarios reales, se espera en una primera etapa recoger las impresiones de los investigadores del proyecto Investiga+ respecto a su interacción con el tutor en cuanto a aspectos como usabilidad y utilidad. En una segunda fase, investigadores en formación serían invitados a evaluar su uso del tutor.

Para el análisis de los datos, se presentan las interacciones realizadas en el tutor y que han sido registradas en la plataforma Dialogflow.

En primera instancia se presenta el flujo registrado de las conversaciones y el porcentaje que cada fase ha registrado por parte de los usuarios.

Con este análisis se puede llegar a determinar las fases de la investigación que más tienen consultas y los que presentan más interacciones. Podría creerse que son las fases que tienen más problemas o se requiere mayor énfasis para poder ser desarrollada y debido a esto el número de consultas de estas fases es más alta. La figura 15 muestra el análisis de flujo en la plataforma Dialogflow.

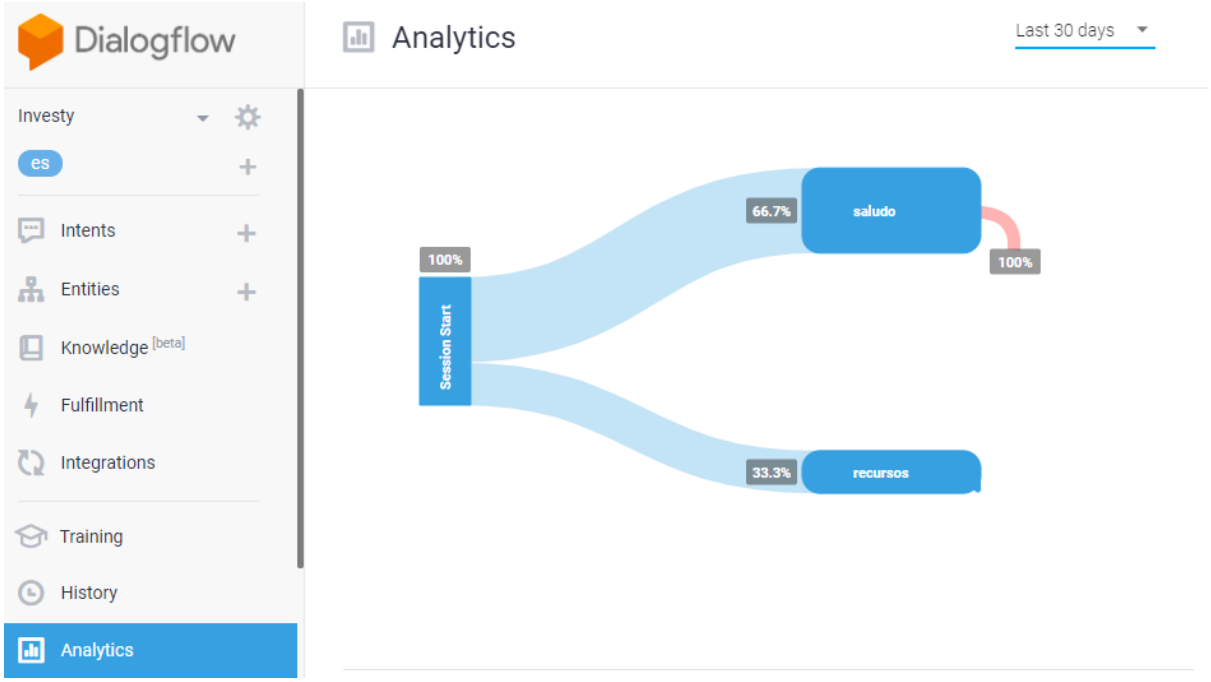

Figura 15: Análisis del flujo de diálogo con porcentaje de interacción en cada fase

Como segundo análisis se tiene el historial donde se pueden revisar todas las consultas e interacciones realizadas por el tutor y lo más importante es poder realizar la retroalimentación para que aquellas preguntas que el agente no puede interpretar se las pueda definir en la programación como se muestra un ejemplo en la figura 16.

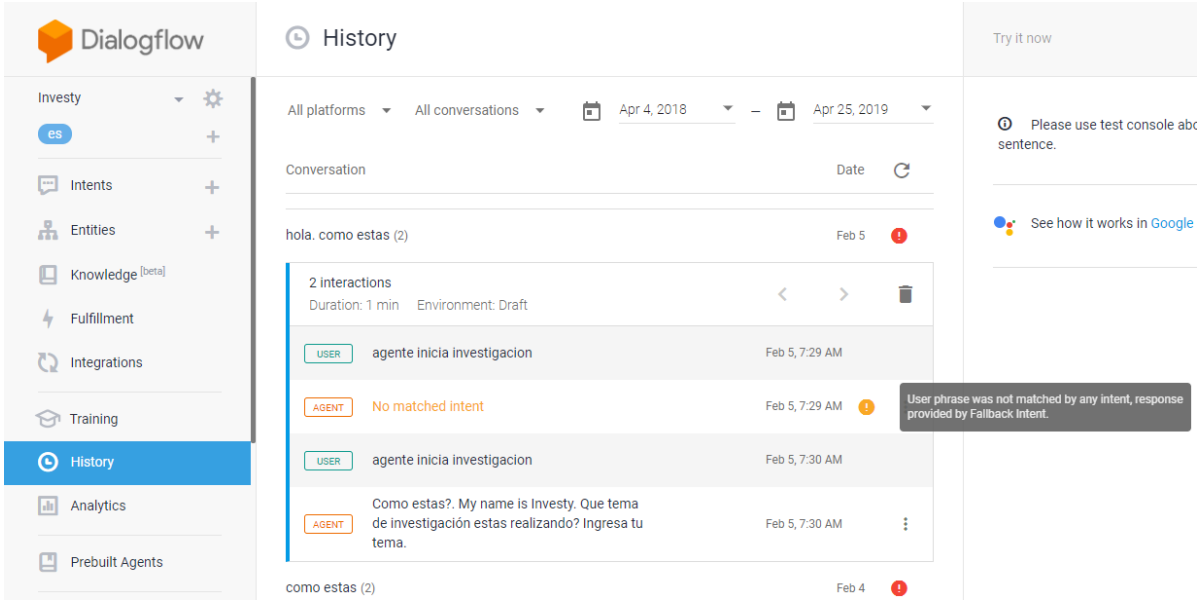

Figura 16: Proceso de entrenamiento y agregación de respuestas no entendidas por el tutor a la fases respectiva.

Para el caso de la figura presentada se puede ver que dentro de las conversaciones que se han registrado, existe como ejemplo una pregunta que no tiene relación con alguna de las respuestas predeterminadas, por lo tanto, se procede a realizar el entrenamiento del tutor y definir la fase o respuesta que debe darse. Esto podría verse como darle al tutor la "inteligencia" para que sepa qué hacer cuando hay situaciones que no han sido determinadas en su base de datos. En la figura 17 se muestra una asignación realizada como ejemplo.

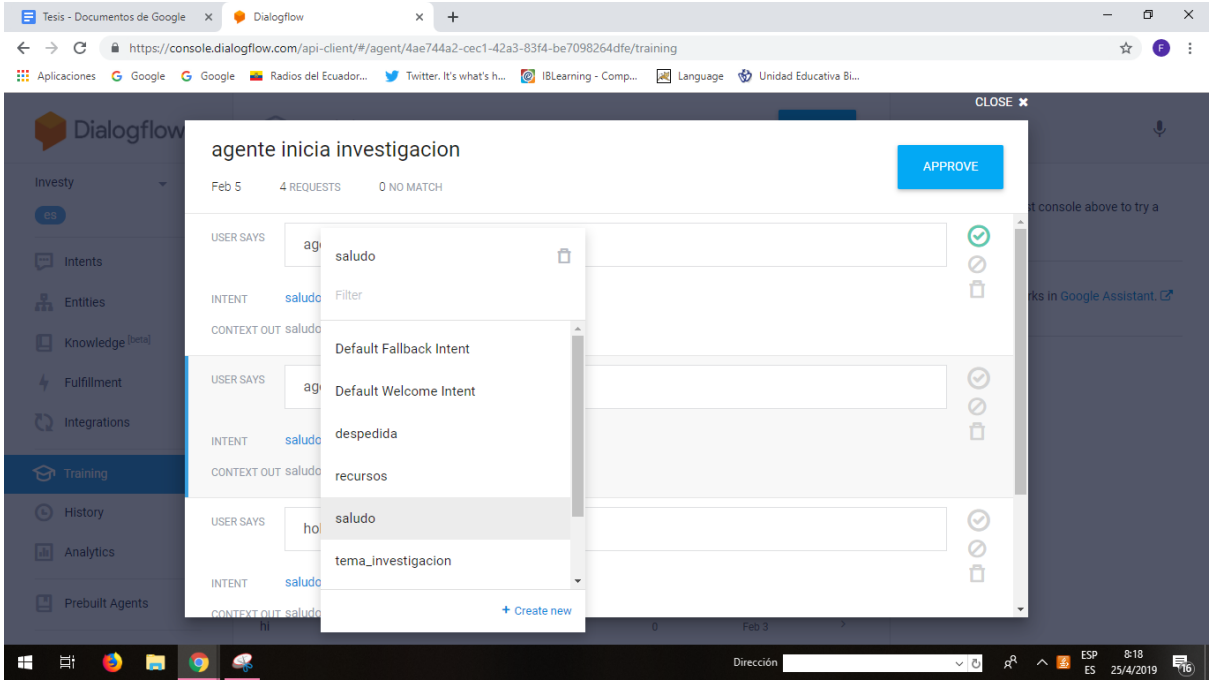

Figura 17: Asignación de la fase respectiva, asociada a la pregunta no determinada por el tutor. Esto como parte de su retroalimentación y "aprendizaje".

Resultados

La información que se muestra en la fase de evaluación permite inferir que el tutor inteligente tiene las características requeridas para cumplir con los objetivos propuestos inicialmente tanto generales como específicos de la investigación.

El principal objetivo se cumple al haber creado mediante el modelo ADDIE un tutor inteligente que permite ser apoyo y guía durante el proceso de investigación al proveer información que se le ha entregado previamente y registrado en su base de datos y con la que puede llegar a tener una conversación fluida con los investigadores en proceso de formación. Las preguntas o consultas que los investigadores en proceso de formación le realizan al tutor pueden ser ingresadas actualmente tanto de forma escrita como verbal y permiten ser analizados en futuro por el grupo de investigación. Las respuestas que el tutor tiene registradas y el flujo del proceso de conversación se basa en el mapa de decisiones metodológicas que el grupo Investiga ha desarrollado como apoyo al proceso de

investigación y que el tutor va guiando al investigador a través de las fases que se tienen registradas en su base de datos, esto se lo puede visualizar en el Módulo de Análisis y sección de Flujo de Sesiones de la figura 16.

Los objetivos específicos definidos en el presente trabajo son también parte del análisis de los resultados para determinar que han cumplido.

El objetivo de diseñar conceptualmente el prototipo como guía en la selección de recursos educativos se cumple al poder tener el acceso a la base de datos desde donde se puede registrar los enlaces a los recursos publicados en el portal del grupo de investigación Investiga+ de acuerdo a las necesidades del investigador. Los links como tales actualmente no podrán tener un seguimiento interno de satisfacción del investigador para validar si el recurso fue de ayuda o no, pero se puede proponer para una fase posterior.

El objetivo de diseñar el prototipo con la documentación relacionada se cumple al poder detallar en su diseño todo el proceso realizado en la creación del mismo, la plataforma elegida para su desarrollo, las limitaciones que actualmente presenta el diseño, las posibles y futuras funcionalidades que puede llegar a desarrollarse en futuros trabajos para mejorar el prototipo actual y sobre todo que la plataforma que se usa es amigable para integrarlas con otras plataformas e incrementar su alcance.

El objetivo de validar de forma inicial el prototipo de tutor a partir de su implementación en el portal Investiga+ Recursos se cumple debido a que se ha integrado el tutor inteligente en el portal mencionado y se realizarán pruebas con el grupo Investiga+ y el grupo definido por la Universidad Casa Grande con el cual se forme un grupo de discusión y se presente un informe de la validación realizada. Se puede revisar dentro de la plataforma todas las interacciones realizadas por el tutor, llevar el historial de las preguntas, respuestas, conversaciones mantenidas por el tutor y registrar en la base de datos los usuarios que han ingresado a consultar al tutor.

Limitaciones

El presente prototipo ha sido desarrollado en una plataforma que tiene como limitación el no tener actualmente la opción de incluir avatares o interacción animada para visualizar agentes inteligentes y poder diseñar o permitir elegir un diseño y con el cual puedan realizar el diálogo de forma más natural. Esto, como se pudo revisar previamente, ayudaría en el proceso de conversación con el investigador y tutor al poder darle una forma más animada, darle figura de algún personaje definido previamente o que el mismo investigador en proceso de formación pueda elegir. Se propone como línea de trabajos futuros el poder desarrollar esta funcionalidad.

Otra limitación actual es que el registro básico es por usuario y no permite llevar el control de los trabajos de investigación que tiene cada uno y poder realizar un seguimiento de los mismos. Esto es también una línea de trabajo futuro que puede realizarse con más tiempo ya que la plataforma y tecnologías con el que tutor inteligente ha sido diseñado lo permiten.

Otra limitación es que la evaluación no se realizará como parte de este trabajo de tesis con usuarios finales reales, es decir, con un grupo de investigadores en proceso de formación, sino solo con el grupo de investigación Investiga+ y usuarios de la Universidad Casa Grande que se definan.

Finalmente una limitación técnica de espacio que actualmente tiene el tutor es la capacidad de la base de datos que al ser gratuita es de 1 GB, sin embargo podría ser como una línea de trabajo futuro la migración a una base de datos local que cuente con un servidor propio y capacidad de acuerdo a los requerimientos del proyecto. Esto es factible dentro del diseño y arquitectura del tutor ya que la plataforma es integrable con bases de datos como Mysql, Postgres, Oracle y SQL Server.

Conclusiones

El presente trabajo aporta principalmente al campo de la inteligencia artificial aplicada a los tutores inteligentes para ayudar a la formación de investigadores en proceso de formación, que actualmente, como se ha mencionado anteriormente, no se ha abordado y, por tanto, es una contribución original significativa. Esto sin duda alguna, aportará no solo en el área de la investigación sino que podría ampliarse a otras de acuerdo a las necesidades que se vayan presentando. El proyecto en esta fase inicial solo deja sentadas las bases para lo que podría ser en un futuro un proyecto mucho más amplio y que logre beneficiar más áreas, como se menciona en las líneas de trabajo futuras. Se tiene toda la infraestructura y arquitectura necesarias para poder ampliar funcionalidades que generarían mayores beneficios tanto al área de la investigación como nuevas líneas de trabajo de interés.

El mapa de decisiones metodológicas definido como guía para el proceso de investigación junto con sus fases y recursos sugeridos han podido ser implementados en el tutor para que los siga y genere información basados en este.

Puede ser fácilmente administrable para “seguir enseñándole” al tutor cuando existan preguntas del investigador que no tengan registradas respuestas o no sepa el tutor como asociarlas a una fase del proceso de investigación. Por defecto existen respuestas ya establecidas que piden más información al usuario para poder determinar el flujo que debe continuar hasta relacionar la pregunta original con una fase o parte del proceso que el mapa de decisiones metodológicas defina.

El tutor inteligente creado como prototipo para apoyo y guía a los investigadores en proceso de investigación puede ser implementado y aplicado a cualquier sitio web que lo quiera integrar y también accesible desde dispositivos móviles.

La interfaz actual del tutor inteligente para interactuar con el investigador se presenta solo con mensajes de Hipertexto y no tiene asociado un personaje que permita visualizar gestos o

movimientos que permitan transmitir emociones, lo que lo hace un poco aburrido y no genera motivación en el investigador, a pesar de que se tiene como consideración que son estudiantes de posgrado; sin embargo, su mejora en este aspecto sería interesante para poder aplicarlo a otras áreas y grupos de estudiantes.

El prototipo desarrollado ofrece la opción de poder ser altamente mejorado e incrementar sus funcionalidades ya que posee tecnologías que soportan el desarrollo de las mismas. Las que se sugiere desarrollar como líneas de trabajo futuro son detalladas en la sección de Líneas de trabajo futuro, más adelante redactado.

Recomendaciones

El prototipo desarrollado tiene limitadas funcionalidades que han seguido la premisa de cumplir con los objetivos propuestos. Se puede realizar un piloto con grupos pequeños de investigadores, verificar los resultados e identificar mejoras y sugerencias.

Es necesario que se defina un rol o grupo de personas que se encargue de administrar el módulo de Entrenamiento del tutor para que las preguntas o consultas realizadas por los investigadores en proceso de formación que no tengan asociado alguna fase o respuesta válida, se lo vayan "enseñando" y permitiendo con esto, generar un mejor diálogo y presentando información acorde con la metodología de investigación propuesta y que sigue el mapa de decisiones metodológicas.

Se recomienda considerar implementar las funcionalidades descritos en la siguiente sección que son las líneas futuras de trabajo y que han sido revisadas como factibles. No fueron desarrolladas muchas de ellas ya que al ser un prototipo, se ha priorizado validar primeramente la plataforma y tecnologías que se iban a usar para lograr cumplir los objetivos establecidos y también dejando ya con bases tecnológicas para futuras implementaciones y mejoras que se puedan requerir.

Líneas futuras de trabajo

Para una siguiente fase del tutor se propone incrementar su funcionalidad y áreas de interacción que actualmente se tienen como limitante. Se detallan las posibles o sugeridos desarrollos que se deberían considerar y por área:

Desarrollo del Tutor:

- que la conexión a la base de datos permita el registro avanzado de usuario y las investigaciones que tiene éste en proceso o en fases ya avanzadas para realizarle seguimiento personalizado.
- por cada investigación poder registrar estados, dificultades, porcentaje de avance y llevar un seguimiento y control de cada una de ellas.
- poder aplicar una interfaz con algún diseño de avatar que permita a los investigadores sentirse más familiarizado con el tutor ya que como se lo detalló anteriormente, esto podría mejorar la interacción y fluir la conversación. No se lo ha aplicado en esta fase por las limitaciones de tiempo en el desarrollo que esto llevaría y por centrarse básicamente en la funcionalidad que cumpla los objetivos propuestos para esta fase.
- migrar la base de datos actualmente desarrollada en la plataforma de Google con la base de datos propia Firebase a una local como Mysql y que tenga la capacidad de acuerdo a las necesidades definidas para el proyecto.
- tener un módulo de administración de los recursos publicados que interactúan con el tutor inteligente para poder ingresar nuevos, actualizar, modificar y llevar un control basados en las calificaciones de los mismos.

Investigación mediante el tutor:

- Evaluar la utilidad de su uso con los usuarios investigadores en proceso de formación.
- Analizar su potencialidad en proporcionar analítica de datos.
- Evaluar la utilidad que brinda a los directores de investigación.

- La exploración de las cuestiones éticas de su uso.
- Los links de los recursos permitan llevar un ranking de calificaciones por parte de los investigadores. Esto permitirá validar si los recursos propuestos ayudan realmente al proceso de investigación y gestionar mejor su publicación y actualización de los mismos.

Productos de Difusión

Una parte del trabajo de tesis se ha presentado en el congreso internacional Edmedia. A continuación sigue la referencia (Anexo X):

Cisneros, F., Marín, V. I., Orellana, M. L., Peré, N., Zambrano, D., & Marcial, Y. (2019, accepted). Design Process of an Intelligent Tutor to Support Researchers in Training. In *Proceedings of EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology* (pp. XX). Amsterdam, Netherlands: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Referencias bibliográficas

Albacete, P. L., & VanLehn, K. A. (2000). Evaluating the effectiveness of a cognitive tutor for fundamental physics concepts. In L. R. Gleitman & A. K. Joshi (Eds.), *Proceedings of the 22nd Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (pp. 25–30). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Arbuckle, W. J. (2005). *Conceptual understanding in a computer assisted Algebra I classroom* (Unpublished doctoral dissertation). Retrieved from ProQuest database. (UMI No. 320318)

Adams Becker, S., Brown, M., Dahlstrom, E., Davis, A., DePaul, K., Diaz, V., & Pomerantz, J. (2018). NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition. Louisville, CO: EDUCAUSE. Retrieved from https://library.educause.edu/resources/2018/8/2018-nmc-horizon-report

Amaral, L., Meurers, D., & Ziai, R. (2011). Analyzing learner language: Towards a flexible natural language processing architecture for intelligent language tutors. *Computer Assisted Language Learning*, 24(1), 1. doi:http://dx.doi.org/10.1080/09588221.2010.520674

Barrón Estrada, M. L., Zatarain Cabada, R., Hernández Pérez, Y. (2014). Tutor Inteligente con reconocimiento y manejo de emociones para Matemáticas. *REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 16.* Disponible en http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15532554006

Ausubel, D.P (1976) Psicología Educativa. Una perspectiva cognitiva. Ed. Trillas. México.

Bruner, J. (1972). *El proceso de la educación*. México: Hispanoamericana.

Choua, C., Chanb T. & Linc C. (2002). Redefining the learning companion: the past, present, future of educational agents, *Computer & Education, 40(3), 255269.* https://doi.org/10.1016/S0360-1315(02)00130-6

Cataldi, Z. & Lage, F. J., (2009). Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión. *EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 28*. https://doi.org/10.21556/edutec.2009.28.456

García Gorrostieta, J., & González López, S., & López López, A. (2014). Tutor Inteligente para Propuestas de Investigación. *Conciencia Tecnológica, 47*, 43-48. Disponible en https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4749501.pdf

García, A. (2012). *Inteligencia Artificial. Fundamentos, práctica y aplicaciones*. Madrid: Rc Libros.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación (Vol. 4). México. http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1M7BV0046-FSY1Y8-1PHY/Yarliz%20Mora.pdf.

Jones, T. S., & Richey, R. C. (2000). Rapid prototyping methodology in action: A developmental study. Educational Technology Research and Development, 48(2) , 63-80.

Kurt, S. (2017). "*ADDIE Model: Instructional Design*," in Educational Technology, August 29, 2017. Retrieved from https://educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/.

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L.B. (2016). Intelligence Unleashed. An argument for AI in Education. London: Pearson.

Ma, Wenting, Adesope, Olusola O., Nesbit, John C., Liu, Qing. Intelligent Tutoring Systems and Learning Outcomes: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Psychology, Vol 106(4), Nov 2014, 901-918.*

Machinery, C. (1950). Computing machinery and intelligence-AM Turing. *Mind, 59*(236), 433. Retrieved from https://www.csee.umbc.edu/courses/471/papers/turing.pdf

Marín, V. I., Orellana, M. L., & Peré, N. (2019). Procesos de garantía de calidad en la selección y evaluación colaborativa de recursos educativos digitales en educación superior.

En *Libro de actas de las XVII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria- REDES 2019 y III Workshop Internacional de Innovación en Enseñanza Superior y TIC- INNOVAESTIC 2019 (*pp. 201-202*),* Alicante, España.

McHugh, M. L. (2006). *Artificial intelligence* (2nd. ed. ed.). New York: Springer Publishing Company. Retrieved from https://search.proquest.com/docview/189457302?accountid=174323

Paris, C. L., Swartout, W. R., & Mann, W. C. (Eds.). (2013). *Natural language generation in artificial intelligence and computational linguistics* (Vol. 119). US: Springer Science & Business Media.

Piaget, J. (1952). Autobiography [Autobiografía]. En E. Boring (Ed) *History of psychology in autobiography.* Vol. 4. Worcester, MA: Clark University Press.

Pinkwart, N., Ashley, K., Lynch, C., & Aleven, V. (2009). Evaluating an Intelligent Tutoring System for making legal arguments with hypotheticals. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 19*, 401–424.

Psotka, J., & Mutter, S. (1988). *Intelligent Tutoring Systems: Lessons Learned*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Rivera, M., Arango, L., Torres, C., Salgado, R., García, F., & Caña, L. (2009). *Competencias para la investigación. Desarrollo de habilidades y conceptos*. México: Trillas.

Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). Artificial intelligence: a modern approach. Malaysia; Pearson Education Limited,.

Ryokai, K., Vaucelle, C., & Cassell, J. (2002a). Literacy Learning by Storytelling with a Virtual Peer. *Documento presentado en In Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning 2002*. Disponible en http://web.media.mit.edu/~justine/publications.html

Ryokai, K., Vaucelle, C. & Cassell, J. (2002b). Virtual Peers as Partners in Storytelling and

Literacy Learning. *Journal of Computer Assisted Learning, 19(2)*, 195-208. https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2003.00020.x

Steenbergen-Hu, S., & Cooper, H. (2013). A meta-analysis of the effectiveness of Intelligent Tutoring Systems on K–12 students' mathematical learning. *Journal of Educational Psychology, 105*(4), 970-987.

Swartz, M. L., & Yazdani, M. (Eds.). (2012). *Intelligent tutoring systems for foreign language learning: The bridge to international communication* (Vol. 80). US: Springer Science & Business Media.

Salgueiro, F., Cataldi, Z., & García–Martínez, R. (2005a). Los Estilos Pedagógicos en el Modelado del Tutor para Sistemas Tutores Inteligentes. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales, 2(4)*,70-79.

Salgueiro, F., Costa, G., Cataldi, Z., Lage, F., & García–Martínez, R. (2005b). Nuevo Enfoque Metodológico para el Diseño de los Sistemas Tutores Inteligentes a partir de un Acercamiento Distribuido. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales, 2*(5), 25-3219.

Salgueiro, F., Costa, G., Cataldi, Z., Lage, F. Y García-Martínez, R. (2005c). Redefinition of Basic Modules of an Intelligent Tutoring System: The Tutor Module. *Proceedings del VII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación* (pp. 444-448).

Sánchez Vila, E. M. & Lama Penín, M. (2007). Monografía: Técnicas de la Inteligencia Artificial aplicadas a la educación. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, 11*(33). Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Lama2/publication/28182634_Introduccion_a_l

a_monografia_Tecnicas_de_IA_aplicadas_a_la_Educacion/links/0deec52cc6c18aec1f000000/Introduccion-a-la-monografia-Tecnicas-de-IA-aplicadas-a-la-Educacion.pdf

Toby Baker, Laurie Smith. (2019). Educ-AI-tion Rebboted. Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. Nesta. 11-14

Villarreal Farah, G. (2003). Agentes Inteligentes en la Educación. *EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 16*. https://doi.org/10.21556/edutec.2003.16.540