



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



"POR MI PATRIA Y POR MI BIEN"

TESIS

**MODELO DE INTEGRACIÓN DE EXPRESIONES VERBALES Y NO VERBALES PARA AGENTES
VIRTUALES CREÍBLES**

Que para obtener el Grado de
Maestra en Ciencias de la Ingeniería

Presenta

Ing. Jazmín Guadalupe Ramírez Medina
G20073011
No. CVU 1086661

Director de Tesis

Dra. María Lucila Morales Rodríguez
No. CVU 211781

Co-Director de Tesis

Dr. Nelson Rangel Valdez

Cd. Madero, Tamaulipas

octubre 2022

Ciudad Madero, Tamaulipas, **03/junio/2022**

OFICIO No.: U.086/22
ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE
IMPRESIÓN DE TESIS

C. JAZMÍN GUADALUPE RAMÍREZ MEDINA
No. DE CONTROL G20073011
P R E S E N T E

Me es grato comunicarle que después de la revisión realizada por el Jurado designado para su Examen de Grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería, se acordó autorizar la impresión de su tesis titulada:

"MODELO DE INTEGRACIÓN DE EXPRESIONES VERBALES Y NO VERBALES PARA AGENTES VIRTUALES CREÍBLES"

El Jurado está integrado por los siguientes catedráticos:

PRESIDENTA:	DRA.	MARÍA LUCILA MORALES RODRÍGUEZ
SECRETARIO:	DR.	NELSON RANGEL VALDEZ
VOCAL:	DR.	PEDRO MARTÍN GARCÍA VITE
SUPLENTE:	DR.	ULISES PÁRAMO GARCÍA
DIRECTORA DE TESIS:	DR.	MARÍA LUCILA MORALES RODRÍGUEZ
CO-DIRECTOR:	DR.	NELSON RANGEL VALDEZ

Es muy satisfactorio para la División de Estudios de Posgrado e Investigación compartir con usted el logro de esta meta. Espero que continúe con éxito su desarrollo profesional y dedique su experiencia e inteligencia en beneficio de México.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
"Por mi patria y por mi bien"®

MARCO ANTONIO CORONEL GARCÍA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



ccp. Archivo
MACG



Av. 1° de Mayo y Sor Juana I. de la Cruz S/N Col. Los Mangos C.P. 89440 Cd. Madero, Tam.

Tel. 01 (833) 357 48 20, ext. 3110, e-mail: depi_cdmadero@tecnm.mx

tecnm.mx | cdmadero.tecnm.mx



Dedicatoria

A mis padres, Juana María Medina Soto y Juan Enrique Ramírez Cespedes, por alentarme siempre a seguir adelante.

A mi hermana Hannia y demás familia por apoyarme en todo momento.

Y también a ti José Ramón Guzmán Barajas por darme ánimo durante este proceso y brindarme momentos de felicidad.

Ustedes han sido mi motor que impulsa mis sueños y esperanzas. Les dedico a ustedes este logro, como una meta conquistada. Orgullosa de tenerlos a mi lado. Gracias por siempre creer en mi.

Agradecimientos

A mis padres, hermana y a JRGB por el apoyo que me han brindando a lo largo de todo este tiempo.

Quiero agradecer a mi asesora la Dra. María Lucila Morales Rodríguez por su paciencia, dedicación y disposición durante todo el desarrollo de este proyecto. Sin duda alguna sin usted no lo hubiese logrado tan fácil. Muchas gracias por su apoyo, palabras de aliento, cuando más lo necesite.

También quisiera agradecer a los miembros del comité tutorial: Dr. Nelson Rangel Valdez, Dr. Ulises Paramo García, Dr. Pedro Martín García Vite y Dr. Luis Fortino Cisneros Sinencio, por sus consejos y apoyo para la mejora de este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado para llevar a cabo este proyecto.

Al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero por las facilidades para la realización de este proyecto.

Resumen

En el desarrollo de un agente virtual creíble es importante considerar habilidades de comunicación verbal y no verbal, con el objetivo de que el agente sea capaz de simular una conversación humana, logrando crear una experiencia más inmersiva para los usuarios y aumentar la efectividad de la comunicación. Es por ello que este trabajo plantea un modelo de integración del diálogo, las expresiones faciales y las posturales, a través de un corpus caracterizado por diversos criterios basados en la influencia de la personalidad, las emociones y actos del habla, utilizando un método de optimización denominado ELECTRE III para el proceso de selección del diálogo, las expresiones faciales y las posturales.

Palabras clave: Agente Virtual, Expresiones verbales, Expresiones no verbales, ELECTRE III

Model of Integration of verbal and nonverbal expressions for credible virtual agents

Abstract

In the development of a virtual agent, it is important to consider verbal and nonverbal communication abilities, with the goal of the agent being able to simulate a human conversation, achieving a more immersive experience for the users and increasing the efficiency of the communication. Because of that, this work proposes an integration model of dialogue, the facial and postural expressions, through a characterized corpus by diverse criteria, based on the influence of the personality, emotions and speech acts, using an optimization method named ELECTRE III for the process of selecting the dialogue, the facial and postural expressions.

Keywords: Virtual Agent, Verbal expressions, Nonverbal expressions, ELECTRE III

Índice general

Resumen	VI
Abstract	VII
Índice de Tablas	XII
Índice de Figuras	XIV
1 Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación y beneficios	5
1.3 Preguntas de Investigación	7
1.4 Hipótesis	7
1.5 Objetivos de la Investigación	7
1.5.1 Objetivo General	7
1.5.2 Objetivos Específicos	8
1.6 Alcances y limitaciones	8
1.7 Organización de la Tesis	9
2 Antecedentes	10
2.1 Aspectos que influyen en la credibilidad de un agente	10
2.2 Expresiones verbales y no verbales en agentes virtuales	12
2.3 Efecto de las emociones y la personalidad en las expresiones de agentes creíbles	14
3 Fundamento Teórico	20

3.1	Agente Virtual Conversacional	20
3.1.1	Credibilidad en Agentes	22
3.1.2	Agente Deliberativo Conversacional	22
3.2	Comunicación Verbal a través de los Actos del Habla	23
3.3	Comunicación No verbal	25
3.3.1	Expresiones faciales	25
3.3.2	Expresiones posturales	26
3.4	Personalidad y emociones en los Agentes Virtuales	26
3.4.1	Teorías de la Personalidad	27
3.4.2	Emociones	32
3.5	ELECTRE III	32
4	Propuesta de Solución	34
4.1	Arquitectura para un Agente Virtual Creíble	35
4.1.1	Módulo de Percepción	35
4.1.2	Modelo Comportamental	35
4.1.3	Estado Interno del Agente	36
4.1.4	Modelo de selección de expresiones verbales y no verbales	37
4.2	Corpus para la selección de expresiones verbales y no verbales	38
4.2.1	Corpus de las expresiones verbales	39
4.2.2	Corpus de las expresiones no verbales	42
4.3	Implementación del método de selección ELECTRE III como modelo de integración	48
4.4	Creación de una interfaz usuario-agente para evaluar su credibilidad	51
5	Experimentación y Resultados	56
5.1	Evaluación de las expresiones generadas por ELECTRE III	57
5.2	Evaluación de la Credibilidad	60

6 Conclusiones y Trabajos Futuros	64
6.1 Conclusiones	64
6.2 Trabajo Futuro	65
6.3 Productos Académicos	66
Bibliografía	66
Anexos	74
A Frases del diálogo. Personalidad Analista	75
B Frases del diálogo. Personalidad Explorador	77
C Frases del diálogo. Personalidad Centinela	79
D Frases del diálogo. Personalidad Diplomático	81
E Expresiones Faciales	83
F Expresiones Corporales	85
G Implementación en Python	88

Índice de Tablas

Tabla 2.1	Comparación de los Estados del Arte	18
Tabla 3.1	Cinco factores de OCEAN	28
Tabla 3.2	Dicotomías del modelo MBTI	28
Tabla 3.3	Descripción de preferencias de dicotomías	29
Tabla 3.4	Descripción de preferencias de dicotomías	29
Tabla 3.5	Descripción de preferencias de dicotomías	30
Tabla 3.6	Descripción de preferencias de dicotomías	30
Tabla 3.7	Grupos de los Tipos de Personalidad de acuerdo con el modelo MBTI	31
Tabla 4.1	Criterios para la caracterización de frases [1]	39
Tabla 4.2	Escala de intensidad de criterios	40
Tabla 4.3	Ejemplo de conversación con una agente Analista	40
Tabla 4.4	Ejemplo de caracterización de expresiones verbales para personalidad Analista (INTJ)	41
Tabla 4.5	Criterios propuestos como rasgos característicos del corpus de expresiones faciales y posturales	42
Tabla 4.6	Ejemplo de caracterización de expresiones corporales para personalidad Analista (INTJ)	47
Tabla 4.7	Segmento de tabla de índices de credibilidad	51
Tabla 5.1	Comparación de las expresiones resultantes de la experimentación de las interacciones con el tipo de personalidad Analista.	58

Tabla 5.2	Comparación de las expresiones resultantes de la experimentación de las interacciones con el tipo de personalidad Exploradora.	59
Tabla 5.3	Comparación de las expresiones resultantes de la experimentación de las interacciones con el tipo de personalidad Centinela.	59
Tabla 5.4	Comparación de las expresiones resultantes de la s puede indicar timidez.experimentación de las interacciones con el tipo de personalidad Diplomático.	60
Tabla 5.5	Resultados generales de la evaluación	63
Tabla 1.1	Frases del diálogo. Personalidad Analista	75
Tabla 2.1	Frases del diálogo. Personalidad Explorador	77
Tabla 3.1	Frases del diálogo. Personalidad Centinela	79
Tabla 4.1	Frases del diálogo. Personalidad Diplomático	81

Índice de Figuras

Figura 1.1	Agente sin expresión facial.	3
Figura 1.2	Agente con expresión de enojo.	4
Figura 1.3	Agente con expresión de alegría.	4
Figura 4.1	Arquitectura propuesta	36
Figura 4.2	Expresión facial con el identificador F0	45
Figura 4.3	Expresión facial con el identificador F1	45
Figura 4.4	Expresión facial con el identificador F2	45
Figura 4.5	Unidades de Acción de la expresión facial F1.	45
Figura 4.6	Expresión postural con el identificador P3	46
Figura 4.7	Expresión postural con el identificador P4	46
Figura 4.8	Expresión postural con el identificador P5	46
Figura 4.9	Creación de la expresión corporal P9.	47
Figura 4.10	Diagrama de flujo del uso de ELECTRE III	49
Figura 4.11	Agente con expresión de a) tristeza y b) enojo.	52
Figura 4.12	Diagrama de secuencia UML de la interfaz usuario-agente	54
Figura 4.13	Interfaz usuario-agente	55
Figura 5.1	Elementos evaluados	57
Figura 5.1	Expresión facial con el identificador F0	83
Figura 5.2	Expresión facial con el identificador F1	83
Figura 5.3	Expresión facial con el identificador F2	83

Figura 5.4	Expresión facial con el identificador F3	84
Figura 5.5	Expresión facial con el identificador F4	84
Figura 5.6	Expresión facial con el identificador F5	84
Figura 5.7	Expresión facial con el identificador F6	84
Figura 6.1	Expresión postural con identificador P0	85
Figura 6.2	Expresión postural con identificador P1	85
Figura 6.3	Expresión postural con identificador P2	85
Figura 6.4	Expresión postural con el identificador P3	86
Figura 6.5	Expresión postural con el identificador P4	86
Figura 6.6	Expresión postural con el identificador P5	86
Figura 6.7	Expresión postural con el identificador P6	86
Figura 6.8	Expresión postural con el identificador P7	86
Figura 6.9	Expresión postural con el identificador P8	86
Figura 6.10	Expresión postural con el identificador P9	87
Figura 6.11	Expresión postural con el identificador P10	87
Figura 6.12	Expresión postural con el identificador P11	87
Figura 6.13	Expresión postural con el identificador P12	87
Figura 6.14	Expresión postural con el identificador P13	87
Figura 6.15	Expresión postural con el identificador P14	87

Introducción

En el momento en que entablamos una conversación cara a cara se involucran aspectos como el lenguaje verbal y no verbal. Actualmente existen proyectos cuya finalidad es la emulación de la conversación humana a través de agentes inteligentes, estos agentes ya sean robots o virtuales, buscan desarrollar la capacidad de responder autónomamente ante una conversación. Si se desarrolla un agente virtual inteligente que pueda participar en conversaciones y que tenga la apariencia de un humano, se esperaría que también actúe como uno. Para lograr esto, es importante que se comunique a través del diálogo, las expresiones faciales y las expresiones corporales. Lo que permitirá crear un agente virtual creíble, que pueda responder a las interacciones sociales con un comportamiento natural parecido al del ser humano.

1.1. Planteamiento del problema

La elaboración de un agente virtual creíble involucra elementos que se deben de considerar para que la comunicación del agente sea coherente, utilizando simultáneamente el diálogo, las expresiones faciales y las expresiones corporales de una manera natural y de acuerdo con la situación/contexto presentado. Es por esto que es necesario considerar la personalidad y las emociones, ya que son elementos importantes que influyen directamente, desde el comportamiento hasta en el pensamiento de las expresiones verbales y no verbales. De esta manera se podrá conseguir que el usuario perciba que esta conversando con un ente pensante, que al igual que una persona, produzca una sensación de presencia social, logrando que dicho usuario se sumerja en un entorno virtual. Para esto, de acuerdo con [2] es necesario que se tomen en cuenta las siguientes áreas: *conversación cara a cara* en donde se involucre el lenguaje y el comportamiento no verbal, *las emociones y la personalidad*.

El reto por afrontar es la correcta expresión de los agentes, es decir, la coherencia de la comunicación del mensaje verbal y no verbal. La problemática general que se abordará será el desarrollo de un agente virtual creíble, que sea capaz de llevar a cabo interacciones sociales de manera coherente con el contexto de la situación. Esto implica que el agente sea capaz de expresarse con el diálogo, así como con expresiones faciales y corporales para entablar una conversación completa con el usuario.

Los usuarios que interactúen con el agente esperarán que responda con los gestos y palabras apropiadas que comuniquen sus intenciones y estado emocional, de lo contrario se puede dar una interpretación diferente a lo planeado. Por esta razón es de vital importancia el ajustar simultáneamente sus expresiones verbales y no verbales a través de un proceso de integración. Un ejemplo en el que las expresiones no verbales no refuerzan o no son acordes con la expresión verbal es cuando se busque felicitar al interlocutor por un logro, el mensaje literal es "¡Buen trabajo!", pero las expresiones no verbales pueden transmitir otra intención. A

continuación se plantean diferentes situaciones en la que la expresión no verbal pudiera dar un significado diferente a la intención del mensaje, lo cual puede derivar en que el interlocutor no encuentre creíble al agente.

En la Figura 1.1 se puede ver el contexto planteado con un dibujo de un personaje cruzado de brazos y sin cara. El mensaje de la expresión corporal junto con la ausencia de la expresión facial no refuerzan o influyen en el mensaje que se quiere dar.



Figura 1.1: Agente sin expresión facial.

En la Figura 1.2 se observa el mismo contexto, pero ahora con una expresión facial de enojo, lo que pudiera llevar a una interpretación diferente de cual es la verdadera intención de esa locución o afectar su credibilidad.

Por último, en la Figura 1.3 se puede observar el mismo contexto, pero ahora con una expresión facial de alegría, con lo cual se puede reflejar la intención de felicitar al usuario por algún logro.



Figura 1.2: Agente con expresión de enojo.



Figura 1.3: Agente con expresión de alegría.

Es por esto que se puede afirmar que para reforzar el mensaje es de suma importancia que el agente tenga una perfecta concordancia entre el la expresión de su locución y su comportamiento no verbal [3]. En el que es necesario abordarlo de una manera conjunta para reforzar el mensaje y no exista confusión con lo que se intenta decir y se transmite.

Este trabajo busca diseñar un agente virtual inteligente con el fin de interactuar con los usuarios, y que estos perciban que están conversando con otra persona. Esto conduce a un nivel de complejidad alto al abordar de manera simultánea la gestión del diálogo y el comportamiento

no verbal del agente. La problemática de interés es el diseño de una arquitectura de un agente virtual que sea creíble, lo cual servirá como base para el desarrollo del “cerebro” que se encargará de hacer la selección del diálogo y expresiones no verbales. Como parte de esta arquitectura, se requiere el diseño y caracterización de un corpus de las expresiones no verbales que permita seleccionar las expresiones faciales y corporales. Así como el planteamiento de un modelo de programación matemática basados en métodos de sobre-clasificación para la toma de decisiones de las expresiones verbales y no verbales.

1.2. Justificación y beneficios

El desarrollo de un agente virtual que integre todos los elementos que se involucran en una conversación cara a cara, presenta numerosos beneficios para el desarrollo de la interacción usuario-máquina. Por su versatilidad un agente virtual que sea creíble puede ser de utilidad en muchas áreas diferentes; como en el área de educación, servicio al cliente, asesoramiento psicológico, entretenimiento y entre otras aplicaciones [4]. Permitiendo el desarrollo de personajes que se puedan utilizar en simulaciones de diferentes ámbitos. Y en un futuro pueda ser de utilidad para crear simulaciones que tengan un impacto positivo en la sociedad.

Existen trabajos [5–7] en donde se utilizan agentes virtuales que emplean expresiones verbales y no verbales con el propósito de crear un entorno interactivo para motivar al usuario en el desarrollo de habilidades concretas. Los juegos serios son un claro ejemplo de estos trabajos, los cuales son simulaciones que tiene como propósito el entrenamiento y aprendizaje del usuario. En este contexto el agente proporciona un enfoque humano que cuenta con su propia personalidad, los cuales son llamados agentes conversacionales animados, que sirven como guía, mentor, compañero de equipo, contrincante u otros roles, para optimizar el aprendizaje del

usuario o mejorar diversas habilidades como liderazgo y negociación a través de la simulación de la interacción cara a cara [5]. Este aprendizaje no se alcanzará si el agente virtual no cuenta con estas características.

Un ejemplo en particular son las simulaciones utilizadas en el ejército de Estados Unidos de América [6], en donde los soldados tendrán que aplicar sus habilidades de liderazgo y negociación para afrontar diversas situaciones presentadas. En particular en el proyecto INOTS [5] se muestran buenos y malos ejemplos de situaciones de asesoramiento, posteriormente las habilidades se practican en una conversación simulada, y finalmente se da retroalimentación que evaluará el rendimiento y proveerá recomendaciones.

Otro contexto en donde puede ser de utilidad un agente creíble es en el área de psicología, en donde el agente toma el rol de un terapeuta virtual e interactúa con el paciente para orientarlo y motivarlo a cumplir sus ejercicios [8]. El ejemplo en particular es el proyecto SIM SENSEI [7], la agente llamada Ellie conversa y realiza preguntas al usuario para conocerlo y saber cuál es su estado de ánimo, es decir si esta triste, feliz, enojado, etc. Con el objetivo de monitorear aspectos no verbales del interlocutor para replicarlos en su persona a fin de dar una interacción más natural.

Un agente que utilice las expresiones verbales y no verbales aportará credibilidad y realismo a su comportamiento. Del mismo modo, permitirá complementar el mensaje que se quiera dar, a fin de que la interacción entre el usuario-máquina sea congruente. El agente deberá reflejar la dinámica y riqueza de la comunicación humana [2]. Con el fin de reforzar el habla se usan expresiones como sonreír, señalar con la mano, cruzar de brazos, entre muchas otras más, para expresar intenciones y emociones [9].

1.3. Preguntas de Investigación

Con base en la idea anterior se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Es posible modelar un agente que sea capaz de comunicarse con coherencia a través de la combinación y sincronización de las expresiones verbales y no verbales?
- ¿Es posible integrar la influencia de las emociones y la personalidad en las expresiones del agente?
- ¿Es posible utilizar un método de sobre-clasificación como ELECTRE III para seleccionar una expresión verbal y no verbal que responda adecuadamente a una conversación?

1.4. Hipótesis

Se podrá desarrollar un modelo que integre la selección de las expresiones verbales y no verbales de un Agente Virtual Creíble, que se pueda modelar a través de un método de sobre-clasificación y un corpus caracterizado basado en la influencia de las emociones y la personalidad.

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1. Objetivo General

Diseñar un modelo de integración que permita la selección de las expresiones verbales y no verbales, influenciadas en la personalidad y las emociones, para poder desarrollar un agente virtual creíble capaz de lograr la simulación de una conversación humana.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Crear una arquitectura para un agente virtual socioemocional en el que sus expresiones verbales y no verbales reflejen sus emociones y personalidad.
- Diseñar un corpus de las expresiones verbales y no verbales, basado en la caracterización de la personalidad, emociones y actos del habla.
- Implementar el modelo de integración de la comunicación verbal y no verbal basado en un método de sobre-clasificación (ELECTRE III).
- Desarrollar una interfaz usuario-agente para poder evaluar a dicho agente.
- Evaluar y analizar el modelo de selección de expresiones verbales y no verbales para un agente virtual creíble.

1.6. Alcances y limitaciones

Este trabajo se centra en modelar el comportamiento verbal y no verbal de un agente virtual inteligente. El tratar de modelar todas las expresiones verbales y no verbales de la comunicación humana implicaría un alto nivel de dificultad, es por esto que este proyecto se enfoca en un tema de conversación limitado, con expresiones faciales y corporales limitadas dentro de un contexto educativo, de las cuales solo se utilizarán los tipos de gestos icónicos y deícticos, por su estrecha relación con el diálogo.

Este trabajo es una extensión del trabajo de Delgado [1], por lo que se utilizó el modelo de caracterización del corpus de la expresión verbal presentado por la autora. En este trabajo el corpus de las expresiones no verbales se basó en un conjunto de atributos propuestos por [1]. Con respecto a la presentación del proyecto, el diálogo se manejará solo escrito y las expresiones faciales y corporales serán representadas en animaciones 2D.

1.7. Organización de la Tesis

La organización de la presente tesis esta dividida de la siguiente manera: en el capítulo 2 se presentará un resumen del Estado del Arte, en donde se citan diversos trabajos los cuales sirven como apoyo fundamental para el desarrollo de este proyecto. En el capítulo 3 continúa con el Fundamento Teórico en donde se da una explicación acerca de los temas principales a abordar como lo es la definición de un agente virtual, expresiones verbales y no verbales, modelos de personalidad y emociones, así como el método de sobre-clasificación que se utilizará para la selección de las expresiones. En el capítulo 4 se describe el desarrollo de la Propuesta de Solución. En el capítulo 5 se realiza la Experimentación y el Análisis de resultados para que, por último, en el capítulo 6 se den las Conclusiones y Trabajos Futuros.

Antecedentes

A continuación, se proporcionará una breve descripción sobre los antecedentes de proyectos que buscan crear Agentes Virtuales Creíbles. Esta sección está organizada de la siguiente manera: en el punto 2.1 se hablará sobre los trabajos realizados sobre la credibilidad en agentes virtuales inteligentes. En el punto 2.2 se da a conocer los trabajos relacionados con la generación de expresiones verbales y no verbales. Por último, en el punto 2.3 se presentan los trabajos que describen la importancia de las emociones y personalidad en los personajes y como estos repercuten en la credibilidad y la expresión del agente.

2.1. Aspectos que influyen en la credibilidad de un agente

El trabajo de Gratch [2] fue uno de los primeros trabajos en donde se formalizó los diferentes elementos que se tienen que considerar para crear un humano virtual que sea creíble. Para el

autor un humano virtual debe de verse y actuar como una persona y de igual forma que sea capaz de entablar una conversación. El objetivo principal de este trabajo es desarrollar una arquitectura modular y estándares de interfaz que permita a futuros investigadores a estudiar cada una de las tres áreas clave del desarrollo de humanos virtuales que son: *conversación cara a cara, emociones y personalidad, y la animación de la figura humana*. La *conversación cara a cara* involucra el lenguaje verbal y no verbal, los cuales funcionan en paralelo y al mismo tiempo son interdependientes entre sí. Esto quiere decir que el significado de una palabra indica la interpretación de un gesto y viceversa. El diálogo, la entonación, la mirada y los movimientos de la cabeza forman una interpretación específica. La sincronía de estos elementos es de vital importancia para el significado de la conversación.

Para Gratch un agente que pueda participar en una conversación cara a cara de manera efectiva debe de contener una arquitectura con las siguientes características: *Entrada y salida multimodal*, esto se debe a como sabemos en una conversación se envía y recibe información a través de los gestos y el diálogo, por lo tanto, el agente también debería de ser capaz de recibir y transmitir información de este tipo. *Retroalimentación en tiempo real*, la arquitectura debe de permitir que el usuario observe la retroalimentación en cualquier momento. *Comprensión y síntesis de información proposicional e interactiva*, la arquitectura debe de incluir una base de conocimientos de dominio estático y una base de conocimiento del discurso dinámico. Y por último *un modelo de función conversacional*, el cual representa funciones conversacionales, en vez de conductas, lo cual provee modularidad y una manera de combinar diferentes modalidades. El sistema opera con funciones, por lo que, al registrarse una conducta de entrada, está se traduce en una función, la cual se traduce en una conducta de salida. Todos estos módulos planteados servirán de base para la realización de este trabajo.

2.2. Expresiones verbales y no verbales en agentes virtuales

Casell [3] considera que para simular a un ser humano en una conversación cara a cara se deben de tomar en cuenta propiedades fundamentales que debe de tener un agente, estas características son: la capacidad de reconocer y responder a información verbal y no verbal, la capacidad de generar salidas verbales y no verbales, el uso de funciones conversacionales como retroalimentación, un modelo de actuación que permite la negociación del proceso de conversación, y aportes de nuevas propuestas al discurso.

Basado en este planteamiento, Casell propone una arquitectura de control con las siguientes características [3]: *Entrada y salida multimodal*, esto se refiere a que el agente, así como los humanos pueda recibir y enviar información a través de los gestos, entonación y mirada, además del diálogo. *Desarrollo en Tiempo Real*, el sistema deberá ser flexible para permitir que el hablante observe la retroalimentación y cambie solicitudes, mientras que el oyente pueda enviar diversas modalidades en cualquier momento. *Comprensión y síntesis de información proposicional e interaccional*, la arquitectura debe de incluir un dominio estático de base de conocimientos, así como una base de conocimientos de discurso dinámico. *Modelo de función conversacional*, incluyendo este modelo permitirá combinar diferentes modalidades, así la arquitectura será simétrica porque las mismas funciones y modalidades son presentadas en ambas entradas y salidas. De esta manera el autor integra las expresiones verbales y no verbales para que el agente pueda simular la comunicación humana.

Por otro lado, para lograr que un agente tenga una apariencia y comportamiento natural Rosis y colegas [10] diseñaron un prototipo de una cabeza 3D parlante llamado “Greta”. Para alcanzar este objetivo se representó un modelo cognitivo, al que se le nombro “mente”, en donde se establecieron sus creencias, deseos e intenciones. Este modelo se emplea para simular cómo reacciona el agente, tanto afectiva como racional, a los eventos que ocurren durante la conversación. El segundo modelo que se trató de representar para complementar al modelo

cognitivo es el modelo del “cuerpo”, este módulo tiene acceso a un repertorio de señales que el agente puede usar en su proceso de comunicación, por ejemplo, las expresiones faciales, movimiento de cabeza, la dirección de la mirada, etc. La unión de los módulos mente y cuerpo permite la definición de la forma en que los diversos contenidos del mensaje serán expresados por el agente.

Greta fue diseñada como un agente BDI (Beliefs, Desires, Intentions), cuyo estado mental integra una representación de las creencias y metas que impulsan el sentimiento de las emociones y la decisión de si mostrarlos u ocultarlos. Esto permitirá que el usuario tenga la impresión de comunicarse con una persona y no con una computadora.

Continuando con la sincronización del habla y las expresiones no verbales se puede mencionar el trabajo realizado por Stone [11]. El cual su objetivo fue desarrollar un marco de referencia para la creación de personajes virtuales por medio de una base de datos. Este modelo recopila y gestiona las frases y gestos, que van en conjunto para dar un mayor énfasis. Consta de tres actividades; primero un guionista diseñará lo que el personaje dirá, se diseñará un guion conciso para ejecutar. En seguida se prepararán los datos, es decir, los analistas deben de enfatizar los momentos prominentes en el habla y gesto para caracterizar el tipo de frase. Finalmente, al momento de ejecutar el motor generador usa los datos que anteriormente se prepararon para formular cada especificación del enunciado, con el fin de mantener una conversación con el usuario de una manera fluida y congruente.

Es importante considerar trabajos que evalúen la efectividad de los agentes, con el objetivo de tomar en cuenta aspectos que se necesiten perfeccionar para mejorar la credibilidad del agente. El trabajo de Buisine [12] muestra la evaluación de la influencia de las diferentes modalidades del habla y los gestos, así como también la apariencia del agente en la eficacia de la aplicación. Las estrategias multimodales fueron las siguientes: cooperación por redundancia

(la información se proporciona tanto por el habla como por gestos deícticos), cooperación por complementariedad (la mitad de la información proporcionada fue dada por el habla y la otra mitad por gestos deícticos), y por último cooperación por especialización del habla (toda la información proporcionada se dio por el habla, ningún gesto fue transmitido). La apariencia de los agentes se representó por dibujos animados 2D. Se utilizaron 3 ECAs; Lea, Marco y Julien. Los cuales tenían que explicar el funcionamiento de un software de edición de video, un control remoto para proyector de video y una copiadora.

Para evaluar la efectividad de los agentes se realizó una encuesta a 8 personas (4 mujeres y 4 hombres) y se les cuestiono acerca de cuál de los 3 agentes dio la mejor explicación, en cual confiaba más, cuál era el más simpático, entre otras. También se evaluó la información aprendida que el agente les proporcionó. Entre los resultados más destacados la autora identificó que la modalidad de cooperación por redundancia fue la más aceptada por los usuarios, existe una correlación entre la confianza que proporciona el agente y la calidad de explicación. Y aunque la apariencia no tuviera efecto ni en la calidad de la explicación, si tiene un efecto significativo en la simpatía hacia el agente. Por esta razón podemos considerar que para un mejor entendimiento el agente deberá expresarse de una manera redundante. Otro punto por recalcar es la conducta que opta el agente, este deberá de ser lo suficientemente confiable para que el usuario lo tome en cuenta.

2.3. Efecto de las emociones y la personalidad en las expresiones de agentes creíbles

El trabajo realizado por Bates [13] nos muestra la importancia de que un agente virtual creíble simule una ilusión de vida; que aparente pensar, tomar decisiones y actuar por su propia voluntad. Describe los esfuerzos del proyecto Oz que fue el desarrollo de 3 criaturas llamadas

“Woggles”. Para la arquitectura de los Woggles se optó por una dirigida a objetivos y basada en el comportamiento, así como unir un componente distinto para generar, representar y expresar emociones basado sobre el trabajo de Ortony, Collins y Clore (OCC). La aplicación del modelo OCC les permite expresar emociones como respuesta a un evento en específico. Por lo tanto, de acuerdo con el autor se puede deducir que un agente que exprese emociones es uno de los principales medios para lograr su credibilidad.

El trabajo realizado por The Duy Bui et al. [14] presentan a Obie, un agente virtual que experimenta y expresa emociones. Este agente fue implementado como un agente aficionado del fútbol. Obie expresa sus emociones por medio de sus declaraciones y expresiones faciales. Las declaraciones se hacen por un simple mapeo de emociones a fragmentos de texto. Y las expresiones faciales se hacen por medio de un sistema basado en reglas. Ambas declaraciones y expresiones faciales son presentadas en una cabeza 3D parlante. Este trabajo nos muestra como las emociones influyen directamente con los gestos faciales, cuando Obie veía el marcador desfavorable para su equipo mostraba una expresión de tristeza, y de manera opuesta con un marcador favorable mostraba una expresión de alegría, con esto nos damos cuenta de que el agente virtual deberá comportarse de una manera congruente conforme al contexto de la situación.

Para que un agente tenga una apariencia natural parecida al del ser humano en una conversación cara a cara, es importante generar automáticamente las expresiones no verbales a partir del diálogo. Puesto que el comportamiento no verbal es afectado por la personalidad, es importante generar expresiones que vayan de acuerdo con la personalidad del agente. El trabajo de Ishii [9] muestra como la personalidad puede ayudar a mejorar la predicción del comportamiento no verbal para todo el cuerpo, a esto nos referimos al movimiento de la cabeza, ojos, manos y postura. Para realizar este estudio recolectaron información verbal y no verbal, así como de los rasgos de personalidad de la conversación humana. Grabaron 28 conversaciones con 11

pares de personas. En donde para las expresiones verbales evaluaron la cantidad y duración de frases que se comentaron. Para las expresiones no verbales consideraron los movimientos de la cabeza, mirada, manos y la postura de la parte superior del cuerpo. Con respecto a la personalidad utilizaron el modelo Big Five (apertura, conciencia, extraversión, agradabilidad y neuroticismo) que es un indicador de rasgos de personalidad y es uno de los más aceptados en la psicología académica. Para evaluar la significancia del modelo Big Five en el lenguaje no verbal implementaron modelos de generación de comportamiento con y sin el modelo Big Five. Realizando este experimento demostraron que el modelo Big Five es útil para generar expresiones no verbales, tales como; la mirada, asentir con la cabeza, gestos con la mano y el cuerpo.

Finalmente, se considerarán los trabajos realizados en el programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería y en la Maestría de Ciencias de la Computación del ITCM, la cual ha estudiado diversos ámbitos fundamentales para el desarrollo de un agente virtual creíble. En el trabajo de Castillo [15] se estudia un modelo para la selección del lenguaje corporal de un agente virtual socioemocional. La propuesta de la autora está basada en la arquitectura comportamental de Morales [16] la cual incluye un modelo comportamental en donde se encuentran las intenciones, emociones e información del entorno, y un modelo kinésico el cual es el enfoque principal de este trabajo, dicho modelo contiene a tres modelos más que son el modelo gestual (selección de las expresiones gestuales), postural (selección de las expresiones posturales) y de integración. Este último modelo de integración será el encargado de unir ambas selecciones y así generar las expresiones corporales del agente. Adicionalmente a estos módulos Castillo integró un perfil del personaje que es donde se establece la personalidad y motivación del agente. Tanto el modelo comportamental como el perfil del personaje influirán al modelo kinésico. De esta manera la autora conseguirá complementar las expresiones verbales con las expresiones gestuales y posturales, brindando otros canales de comunicación que aumenta la credibilidad y empatía del agente.

El trabajo de Martínez [17] estudia el impacto de la personalidad y emociones en las expresiones faciales, de acuerdo con el diálogo, de un agente conversacional. Martínez al igual que Castillo [15] propone una arquitectura de un agente conversacional personificado basada en la arquitectura de Morales [16] en donde incluye un modelo comportamental, que está en constante cambio como lo son las emociones, intenciones y el dialogo. De igual manera un estado interno del agente, el cual contiene parámetros previamente definidos que se mantendrán durante todo el proceso, como la personalidad y entorno social. Estos dos módulos influirán al método de selección de las expresiones faciales, el cual considerando estas características seleccionará la expresión más adecuada. De este modo el autor logrará expresar las emociones y personalidad de dicho agente a través de las expresiones faciales, lo cual ayudará a aumentar la credibilidad de las simulaciones.

El trabajo realizado por Delgado [1] fue el desarrollo de un agente en el cual integra el elemento de personalidad en el proceso de selección de frases de un corpus caracterizado a través de los actos del habla. Delgado propone una arquitectura con 5 componentes principales que se requieren en un Agente Conversacional: percepción, memoria y conocimiento, modelo comportamental, selección de respuesta y acción. En donde, el módulo de percepción es el encargado de percibir el estado del dialogo que está desarrollando con el usuario. Este estado del diálogo provee de dos tipos de información que son la información personal, la cual son los datos que están asociados a la personalidad del agente, y el contexto que es la expectativa de la respuesta captada por el agente.

Por otro lado, el módulo de memoria y conocimiento es el que indica el perfil del personaje del agente, el cual el corpus lo utiliza para la selección de frases. El modelo comportamental transfiere el sentido del contexto junto con el corpus para la selección de respuesta. El módulo de selección de respuesta es el encargado de seleccionar la respuesta que más se adecue al contexto percibido. Y por último el módulo de acción es el que se encarga de reportar

al usuario la respuesta seleccionada. De esta forma la autora incorpora la influencia de la personalidad para la selección de frases de un agente, proporcionándole mayor realismo y credibilidad al agente al momento de elegir un tipo de personalidad en base la cual influirá en el proceso de la toma de decisiones.

En la Tabla 2.1 se resumen las características principales de los trabajos presentados en el estado del arte, para la realización de esta tabla se consideró los tipos de expresiones que se querían producir (expresión verbal, facial y corporal), así como los tipos de modelos en los que se basaron para simular las emociones y personalidad del agente.

Tabla 2.1: Comparación de los Estados del Arte

Autor	Expresión Verbal	Expresión Facial	Expresión Corporal	Modelo Emocional	Modelo de Personalidad	Actuadores
Bates (1994)	No	No	No	OCC	Sin especificar	“Woogle” No humanoide 3D
Cassell (1999)	Sí	Sí	Sí	No	No	“Rea” Humanoide de cuerpo completo 3D
Gratch (2002)	Sí	Sí	Sí	OCC	Sin especificar	No
Rosis (2003)	Sí	Sí	Sí	No	No	“Greta” Cabeza 3D
Stone (2004)	Sí	Sí	Sí	No	No	“Zoe” Humanoide de cuerpo completo 3D
Buisine (2004)	Sí	Sí	Sí	No	No	“Lea, Marco y Julen” Humanoide de cuerpo completo 2D
Duy Bui (2004)	No	Sí	No	ParleE	No	“Obie” Cabeza 3D flotante
Ishii (2020)	Sí	Sí	Sí	No	Big Five	No
Castillo (2020)	Sí	No	Sí	Modelo circunflejo por Morales	Five Factor Model	Framework “Kathia”
Martínez (2020)	Sí	Sí	No	Modelo circunflejo por Morales	Por definir	Por definir
Delgado (2020)	Sí	No	No	No	MBTI	No
Este trabajo	Sí	Sí	Sí	No	MBTI	Framework “Kathia”

La principal aportación de este trabajo es la integración de las expresiones verbales, faciales y corporales en un agente virtual, el cual muestre credibilidad al momento de entablar una conversación, por medio de un modelo cognitivo y una personalidad que influya en la generación de expresiones.

Fundamento Teórico

En esta sección se presentan los conceptos básicos, a fin de hacer un análisis de estos elementos e indicar la relevancia de cada uno de estos para comprender el desarrollo de agentes virtuales creíbles.

3.1. Agente Virtual Conversacional

Según Cassell [3] un Agente Virtual Conversacional (AVC) se puede definir como aquel que tenga las mismas cualidades que los humanos en las conversaciones cara a cara, las cuales son las siguientes:

- La capacidad de distinguir y responder a las expresiones verbales y no verbales.
- Ser capaz de usar funciones de conversación como tomar la palabra, retroalimentación, entre otras.

- Comprender un modelo que permita la negociación del proceso de conversación y que atribuya nuevas proposiciones al diálogo.

Los AVC van a ser agentes inteligentes que forman parte de sistemas multi-agentes. Para Wooldridge [18] un agente inteligente que trabaja en ese ámbito es un software que comprende las siguientes propiedades:

- Autonomía: que el agente pueda operar sin la intervención de humanos y que posea control sobre sus acciones y estado interno.
- Sociabilidad: que sea capaz de comunicarse con otros agentes al igual que con usuarios.
- Reactividad: el agente debe de ser capaz de percibir su entorno y reaccionar a alguna modificación a él.
- Proactividad: los agentes pueden tomar la iniciativa de su comportamiento

Las definiciones que se presentaron dependen de las necesidades que satisface el agente y de cómo fueron diseñados, sin embargo, las definiciones son muy similares entre sí, de las características a resaltar se puede mencionar la autonomía y sociabilidad, que son los elementos fundamentales para considerar en este proyecto. También otro elemento a considerar que es de igual importancia como los anteriores es la credibilidad. Para lograr modelar la credibilidad del agente se necesita de un vasto conocimiento del comportamiento humano, en el cual influyen elementos como la personalidad y emociones [2, 9, 13] . La integración de estos elementos permitirá entender y simular dicho comportamiento y que el agente sea convincente para el usuario.

3.1.1. Credibilidad en Agentes

Se busca la credibilidad de los agentes con la finalidad de que el usuario se sumerja en el mundo virtual al momento de interactuar con este. Para lograr esto es necesario que el agente genere una ilusión del comportamiento del ser humano [6]. Loyall [19] consideró que para lograr la credibilidad es necesario integrar las siguientes características: personalidad, emociones, relaciones sociales, automotivación, consistencia, cambio e ilusión de vida. Gratch [2] al igual que Loyall considera las emociones, personalidad y comunicación (verbal y no verbal) como características fundamentales para que el agente sea convincente para el usuario.

Así como estos autores antes mencionados, muchos más coinciden que para que un agente sea creíble debe de ser capaz de transmitir emociones, tener una personalidad, así como la sincronización de la interacción en la comunicación humana.

Para dar solución al desarrollo de un agente virtual con las características mencionadas, se presenta la definición de un Agente Deliberativo Conversacional, que de acuerdo a sus atributos nos permitirán obtener un agente socioemocional.

3.1.2. Agente Deliberativo Conversacional

Un agente deliberativo conversacional (ADC por sus siglas) [20] es un tipo de AVC el cual tiene una arquitectura llamada deliberativa, en la que a grandes rasgos se denomina así cuando la respuesta seleccionada proviene de un proceso cognitivo. Este tipo de agente tiene como objetivo emular el comportamiento humano, tanto en el habla como en las expresiones faciales y posturales, por lo que necesita tener sus propios rasgos y razonamiento los cuales definan

sus respuestas durante una conversación. Este tipo de agente necesita integrar sus creencias, deseos e intenciones, junto con su percepción del entorno de la conversación para seleccionar una expresión que responda adecuadamente al contexto de la conversación.

En general los canales de la conversación cara a cara se pueden dividir en dos categorías distintas pero interdependientes entre sí: expresiones verbales y no verbales. Es decir, un individuo se puede comunicar de manera literal como figurativo.

3.2. Comunicación Verbal a través de los Actos del Habla

La comunicación entre individuos es fundamental por varias razones, incluida la obtención e intercambio de información, la discusión de ideas y la negociación de diferencias y conflictos. Cada vez que usamos la lengua estamos realizando una acción de carácter social, cuyo objetivo es dar a conocer algo. Por eso, una de las funciones del lenguaje, quizás la más importante, es la de servir de herramienta para comunicarnos con alguien sobre algo, para compartir con esa persona lo que pensamos, es decir, comunicar a un interlocutor sobre lo que nos rodean a través de los actos de habla [21].

Las palabras nos ayudan a comunicarnos, transmiten pensamientos, dicen ideas y expresan sentimientos, pero también el lenguaje es una forma de acción, una forma de emitir un enunciado con un fin comunicativo. Con el lenguaje se puede asegurar, negar, halagar, pedir, suplicar, etcétera, en el cual cada una de estas acciones es un acto del habla [22].

De acuerdo con los lingüistas, los actos del habla se pueden dividir de forma simultánea en tres acciones [22–24]:

- Acto locutivo: emitir un enunciado con un significado literal.
- Acto ilocutivo: la intención o deseo del hablante, intencionalidad con que se emite el enunciado.
- Acto perlocutivo: el efecto real que tiene el enunciado en la persona que lo escucha

Al mismo tiempo los actos del habla se pueden clasificar según su función o intención [22–24]:

- Encomendativos o de comisión: expresan certezas y evidencias, asume una obligación o compromiso (ej. prometer, jurar, garantizar)
- Declarativos: enunciados que se usan para declarar un cambio en el estado de las cosas (ej. nombrar, bautizar, acusar)
- Representativos o de aseveración: el hablante acepta, niega o expresa su opinión sobre algo (ej. afirmaciones, reclamaciones e informes)
- Expresivos: expresan el estado de ánimo del hablante (ej. disculpas, quejas y otras expresiones de sentimientos y actitudes hacia algo)
- Directivos o de dirección: intentan obligar al oyente a hacer una cosa (ej. sugerencias, peticiones y mandados)

Los actos del habla se utilizarán para caracterizar el corpus del diálogo, las expresiones faciales y las corporales.

3.3. Comunicación No verbal

La comunicación no verbal es uno de los canales de la conversación cara a cara de los individuos, por lo tanto, si se pretende construir personajes creíbles, las expresiones no verbales son un punto fundamental por incluir. Según Puente [25] la comunicación no verbal se define como la manifestación gestual del individuo, en el momento de expresar movimientos y posturas involuntarias y/o espontáneas que describe su personalidad, es decir su forma de ser, pensar o de actuar de acuerdo con el contexto de la situación. Para Peters [26] la comunicación no verbal juega un papel muy importante en la interacción entre las personas, ya que los seres humanos se comunican de diversas maneras a través de múltiples canales, por medio de nuestra elección de palabras, expresiones faciales, posturas corporales, mirada, gestos, etc. El comportamiento no verbal acompaña el habla y se sincroniza a nivel verbal, puntuando segmentos fonémicos acentuados y pausas. Algunas de las funciones son: pueden indicar nuestro estado de ánimo y emocional, se pueden usar para procesar el ambiente y como señales para que terceros lo puedan interpretar.

3.3.1. Expresiones faciales

De acuerdo con Patterson [27] el rostro es la fuente más importante de información no verbal. Las expresiones faciales son un reflejo de nuestro estado afectivo interno y emocional. Las expresiones emocionales como la alegría, tristeza, enojo, miedo, asco y sorpresa se pueden considerar universales, ya que no importa a que cultura, raza o nacionalidad permanezca una persona, siempre se muestran los mismos patrones para expresar cierta emoción. Las expresiones faciales también ayudan a reforzar y enfatizar el mensaje que se quiera dar. Pero también pueden expresar alguna cosa sin necesidad de una respuesta verbal, por ejemplo, con la expresión facial podemos mostrar acuerdo o desacuerdo, afirmación o negación, sin que se verbalice [28].

3.3.2. Expresiones posturales

Al igual que las expresiones faciales, las expresiones posturales también nos pueden mostrar los sentimientos e incluso las intenciones de una persona. Incluye los movimientos de la cabeza, brazos, piernas, torso, en si todo el cuerpo [15]. De acuerdo con [29] un cuerpo es el cuerpo de una personalidad, y cada personalidad tiene motivos y emociones que influyen en sus expresiones. Según Pont [30] la personalidad y las emociones dependerán de la postura de cada individuo, un ejemplo es cuando se tiene un momento de euforia, la postura es abierta en la que se tiende a elevar la cabeza y tener un mayor movimiento de brazos y manos. Por lo tanto, son formas de disponer el cuerpo en respuesta a un determinado contexto.

3.4. Personalidad y emociones en los Agentes Virtuales

Para Loyall [19] los requisitos más importantes en el desarrollo de un agente virtual creíble es la personalidad y su capacidad para expresar emociones, define la personalidad como todos los detalles de comportamiento, pensamientos y emociones que de manera conjunta definen al individuo. Así mismo Ishii [9] considera que una de las principales claves para que un agente virtual simule a un humano es generar de manera automática expresiones no verbales a partir del diálogo. Las expresiones no verbales dependen de las emociones como de la personalidad, por consiguiente, es fundamental generar estas expresiones de acuerdo con la personalidad del agente.

3.4.1. Teorías de la Personalidad

En el área de psicología Cloninger [31] define la personalidad como las causas internas que subyacen al comportamiento individual y a la experiencia de la persona. Existen dos vertientes principales para abordar la personalidad que son los modelos basados en rasgos de personalidad y los modelos basados en tipos de personalidad.

Modelos basados en los Rasgos de Personalidad

Este tipo de modelos tienen como objetivo buscar las dimensiones básicas y taxonomías que permitan ordenar una gran cantidad de atributos que describan las diferencias individuales

Uno de los modelos de la personalidad basados en rasgos más utilizados es el Five Factor Model [32] o también conocido como OCEAN por sus siglas en inglés (Openness, Conscientiousness, Extraversión, Agreeableness y Neuroticism), que traducidos al español es Apertura, Escrupulosidad, Extraversión, Agradabilidad y Neuroticismo. A partir de estos factores este modelo clasifica y describe la personalidad, considerando las bases o dimensiones del espacio de la personalidad. En la Tabla 3.1 se detallará cada uno de estos factores.

Modelo de Tipos de Personalidad.

Los modelos basados en Tipos de Personalidad representan otros métodos para conceptualizar personalidades. Esencialmente, en este modelo, todos presentan una visión completamente diferente, mostrando claramente que son individuos únicos e independientes, reflejando su singularidad en situaciones similares de toma de decisiones y reaccionando de diferentes maneras [33].

Tabla 3.1: Cinco factores de OCEAN [32]

Factor	Descripción	Adjetivos usados para describir
Apertura	Mente abierta, interés en la cultura.	Creativo, explorador.
Escrupulosidad	Organizado, persistente en cumplir objetivos.	Metodológico, organizado, obediente.
Extraversión	Preferencia y comportamiento en situaciones sociales.	Comunicativo, energético, social.
Agradabilidad	Interacción con otros.	Confiable, amigable, cooperativo.
Neuroticismo	Tendencia a experimentar pensamientos negativos.	Inseguro, emocionalmente afligido.

Uno de los modelos que se basan en este enfoque es el modelo KTS (Keirsey Temperament Sorted) [33]. Otro modelo que de igual manera se basa en los Perfiles de Personalidad es el modelo MBTI (Myers-Briggs Type Indicator) [34], que por sus características es de mayor facilidad caracterizar las expresiones verbales y no verbales. A continuación, se describirá más detalladamente este modelo ya que es el que se implementará en este trabajo.

El MBTI es un instrumento diseñado para evaluar el tipo de personalidad de las personas a partir de cuatro grupos de dicotomías que se definen con polos opuestos en cada uno de ellos. En la Tabla 3.2 se describe el enfoque de cada una de las 4 dicotomías del modelo. [34].

Tabla 3.2: Cuatro dicotomías del modelo MBTI [33]

Enfoque	Dicotomía	Descripción de la preferencia	Preferencia
Actitud	<i>Extraversion</i> (E)	Enérgico con el mundo.	Iniciador, expresivo, activo.
	<i>Introversión</i> (I)	Enfocado hacia la reflexión interna.	Receptivo, reservado, tranquilo.
Percepción de información	<i>Sensing</i> (S)	Vive en el presente percibiendo realidades.	Concreto, realista, práctico.
	<i>iNtuition</i> (N)	Sigue su inspiración en base a hechos globales y realidades a futuro.	Abstracto, imaginativo, teórico.
Decisiones	<i>Thinking</i> (T)	Decide de forma imparcial basado en lógica.	Lógico, razonable, crítico, firme.
	<i>Feeling</i> (F)	Decide de forma personal en bases sociales.	Empático, compasivo, tolerante.
Estilo de vida	<i>Judging</i> (J)	Enfrenta al mundo mediante juicio, orden, organización, planificación y control.	Sistemático, planeador, metódico.
	<i>Perceiving</i> (P)	Enfrenta al mundo mediante percepción, adaptabilidad, flexibilidad, espontaneidad.	Informal, abierto, espontáneo.

Para tener una mejor descripción de cada una de estas dicotomías en las siguientes tablas se muestran las preferencias de cada uno de los grupos de dicotomías.

Para el primer grupo de dicotomía Extroversión-Introversión, la persona prefiere (Ver Tabla 3.3):

Tabla 3.3: Descripción de las preferencias de la Dicotomía Extroversión-Introversión [35,36].

Dicotomía	Descripción de Preferencias
Extroversión	Hablar con otras personas
	Es visto como una "persona sociable"
	Se siente cómodo en grupos y le gusta trabajar en ellos
	Tiene una amplia gama de amigos y conoce a mucha gente
Introversión	Piensa en lo que quiere decir o hacer. Es consciente de cómo se siente
	Es visto como reflexivo o reservado
	Se siente cómodo estando solo y le gustan las cosas que puede hacer por su cuenta
	Prefiere conocer bien a pocas personas

El diferenciador importante en este grupo de dicotomía es en qué mundo vivimos más a menudo. ¿Definimos la dirección de nuestra vida externa o internamente? ¿Qué mundo nos da nuestra energía y cuál quizás nos resulte agotador? [36]

Para el segundo grupo de dicotomía Sensorial-Intuición, la persona prefiere (Ver Tabla 3.4):

Tabla 3.4: Descripción de las preferencias de la Dicotomía Sensorial-Intuición [35,36].

Dicotomía	Descripción de Preferencias
Sensorial	Observa características importantes mediante el uso de los sentidos
	Recuerda los eventos como fotos instantáneas de lo que realmente sucedió
	Resuelve problemas trabajando con hechos hasta que entiende el problema
	Es pragmático y busca el resultado final
Intuición	Percibe el significado subyacente en lo que la gente dice o hace
	Recuerda eventos por lo que lee entre líneas sobre su significado
	Confía más en las impresiones, los símbolos y las metáforas que en lo que realmente experimenta

El diferenciador importante es ¿en qué método de recopilación de información confiamos más? ¿Confiamos en nuestros cinco sentidos y queremos datos prácticos y concretos para trabajar? ¿O confiamos en nuestras intuiciones sin construir necesariamente sobre una base sólida de hechos? [36]

Para el tercer grupo de dicotomía Pensamiento-Sentimiento, la persona prefiere (Ver Tabla 3.5):

Tabla 3.5: Descripción de las preferencias de la Dicotomía Pensamiento-Sentimiento [35,36].

Dicotomía	Descripción de Preferencias
Pensamiento	Busca explicaciones lógicas o soluciones para casi todo
	Cree que decir la verdad es más importante que tener tacto
	A veces pierde o no valora la parte de "personas" de una situación
	Toma decisiones con la cabeza y quiere ser justo
Sentimiento	Decide guiarse por algo porque les "gusta"
	Cree que tener tacto es más importante que decir la verdad "fría"
	Busca lo que es importante para los demás y expresa preocupación por los demás.
	Toma decisiones con el corazón y quiere ser compasivo

La mayoría de las decisiones involucran algo de Pensamiento y algo de Sentimiento. Las decisiones que encontramos más difíciles son aquellas en las que tenemos conflictos entre nuestros lados de Pensamiento y Sentimiento. En estas situaciones, nuestra preferencia dominante se hará cargo. Las decisiones que nos resultan fáciles de tomar y con las que nos sentimos bien suelen ser el resultado de estar en sintonía con nuestros lados Sentimiento y Pensamiento. [36].

Para el último grupo de dicotomía Juicio-Percepción, la persona prefiere (Ver Tabla 3.6):

Tabla 3.6: Descripción de las preferencias de la Dicotomía Juicio-Percepción [35,36].

Dicotomía	Descripción de Preferencias
Juicio	Me gusta hacer una lista de cosas por hacer
	Planifico el trabajo para evitar apresurarme justo antes de una fecha límite
	Parezco estar orientado a las tareas
	Me gusta tener las cosas decididas
Percepción	Decidir qué hacer a medida que lo hacemos, en lugar de formar un plan con anticipación
	Hace las cosas en el último momento
	Me gusta estar abierto para responder a lo que sucede
	Actúa espontáneamente

Todos usamos Juzgar y Percibir en nuestra vida cotidiana. El diferenciador importante es hacia qué forma de vida nos inclinamos y con la que nos sentimos más cómodos. [36]

El modelo MBTI considera estas dicotomías para identificar 16 Tipos de personalidad, que se pueden agrupar en 4 categorías: Analistas, Diplomáticos, Centinelas y Exploradores [37] . En la Tabla 3.7 se muestra la descripción de los 4 grupos:

Tabla 3.7: Grupos de los Tipos de Personalidad de acuerdo con el modelo MBTI [37]

Grupo	Descripción	Tipos de Personalidad
Analistas	Tipo de personalidad intuitiva y pensante, reconocida por su racionalidad, imparcialidad y excelencia intelectual.	INTJ INTP ENTJ ENTP
Diplomáticos	Tipo de personalidad intuitiva y sentimental, conocida por su empatía, dotes diplomáticas y apasionado idealismo.	INFJ INFP ENFJ ENFP
Centinelas	Tipo de personalidad observadora y juzgadora, conocida por su practicidad y su enfoque en el orden, la seguridad y la estabilidad.	ISTJ ISFJ ESTJ ESFJ
Exploradores	Tipo de personalidad observadora y prospectiva, conocida por su espontaneidad, ingenio y flexibilidad.	ISTP ISFP ESTP ESFP

Como se puede ver en la Tabla 3.7, cada uno de estos cuatro grupos de personalidad están basados en el predominio en un par de letras (marcado en azul). Lo que nos permite enfocarnos en estas características en específico para hacer una diferencia entre estos grupos.

De acuerdo con la descripción de cada uno de estos grupos de tipos de personalidad, se puede inferir cómo es que se comportaría una persona con cierta personalidad, desde ser más expresivo, amable y simpático, hasta mostrar desinterés, seriedad y frialdad. Con esto se puede deducir tanto las expresiones verbales como no verbales.

3.4.2. Emociones

Según Bui [14] las emociones juegan un papel fundamental en las funciones cognitivas humanas. Para Picard [38] estas influyen en la creatividad, toma de decisiones, y la manera de comunicarse, por lo tanto, los agentes deberán de ser capaces de reconocer y expresar emociones. Como se mencionó anteriormente las emociones influyen directamente en la generación de las expresiones no verbales del agente. De acuerdo con Morales [39] un agente virtual creíble debe de comunicar credibilidad en sus expresiones emocionales, a través de expresiones no verbales que provoquen situar al usuario en una situación cercana a la dinámica real de lo físico.

3.5. ELECTRE III

El diseño del modelo de selección de expresiones verbales y no verbales se implementará a través de un método de optimización llamado ELECTRE III, ya que se cuentan con diferentes alternativas infinitas con diferentes criterios finitos para caracterizar las expresiones verbales y no verbales.

ELECTRE es una familia de técnicas para la toma de decisiones con múltiples criterios, la cual es capaz de proveer acciones tanto precisas, como apropiadas, para el problema en cuestión, al eliminar las alternativas menos relevantes. Procedente de esta familia, ELECTRE III es un tipo de método que utiliza un procedimiento estructurado para ordenar alternativas con diversos criterios y pesos definidos por medio de la destilación descendente [40], este modelo permite incorporar la imperfección e incertidumbre que siempre está presente en un proceso de toma de decisiones al tiempo que define los parámetros de preferencia e indiferencia [41, 42]. En ELECTRE III para cada par de alternativas, hay una medida de concordancia y discordancia,

el objetivo del modelo es combinar estas dos medidas para producir una medida del grado de sobre-clasificación. Con este modelo se puede tomar una decisión sobre cuál alternativa es la mejor para resolver el problema presentado.

Propuesta de Solución

En este trabajo se propone diseñar un modelo que integre las expresiones verbales y no verbales en un agente virtual, con el objetivo de reforzar el mensaje que se busca comunicar a través del diálogo. Para lograrlo se busca expresar un comportamiento socioemocional por medio de un modelo cognitivo basado en creencias, deseos e intenciones junto con una personalidad que sirva de referencia para la selección de respuestas, verbales y no verbales. Para dar solución a lo planteado, se realizaron los siguientes productos como una propuesta de solución general:

1. Creación de la Arquitectura de un agente, tomando en cuenta el efecto que producen las emociones y la personalidad.
2. El diseño y caracterización de un Corpus de las expresiones verbales y no verbales, basado en la personalidad, emociones y actos del habla.

3. Implementación del método de sobre-clasificación ELECTRE III como modelo de selección e integración de las expresiones verbales y no verbales.
4. Creación de una Interfaz usuario-agente para evaluar su credibilidad.

4.1. Arquitectura para un Agente Virtual Creíble

La arquitectura presentada en la Figura 4.1 es un medio para construir un ADC que integre la comunicación verbal y no verbal. A continuación, se describe el funcionamiento interno de cada uno de los 5 módulos principales que integran la arquitectura y que deben existir para que un agente virtual sea creíble:

4.1.1. Módulo de Percepción

El propósito de este módulo es percibir el diálogo que desarrolla con el interlocutor, es decir le da una caracterización a la frase ingresada por el usuario con el fin de obtener información relevante para la selección de una respuesta acorde al contexto presentado.

4.1.2. Modelo Comportamental

A partir de la información percibida en el módulo de percepción, el modelo comportamental determinará que acciones/decisiones tomará el agente de acuerdo con las emociones e intenciones que quiere transmitir. El producto del modelo comportamental esta implementado por un proceso deliberativo, que es el que se ocupa de definir los deseos, creencias e intenciones.

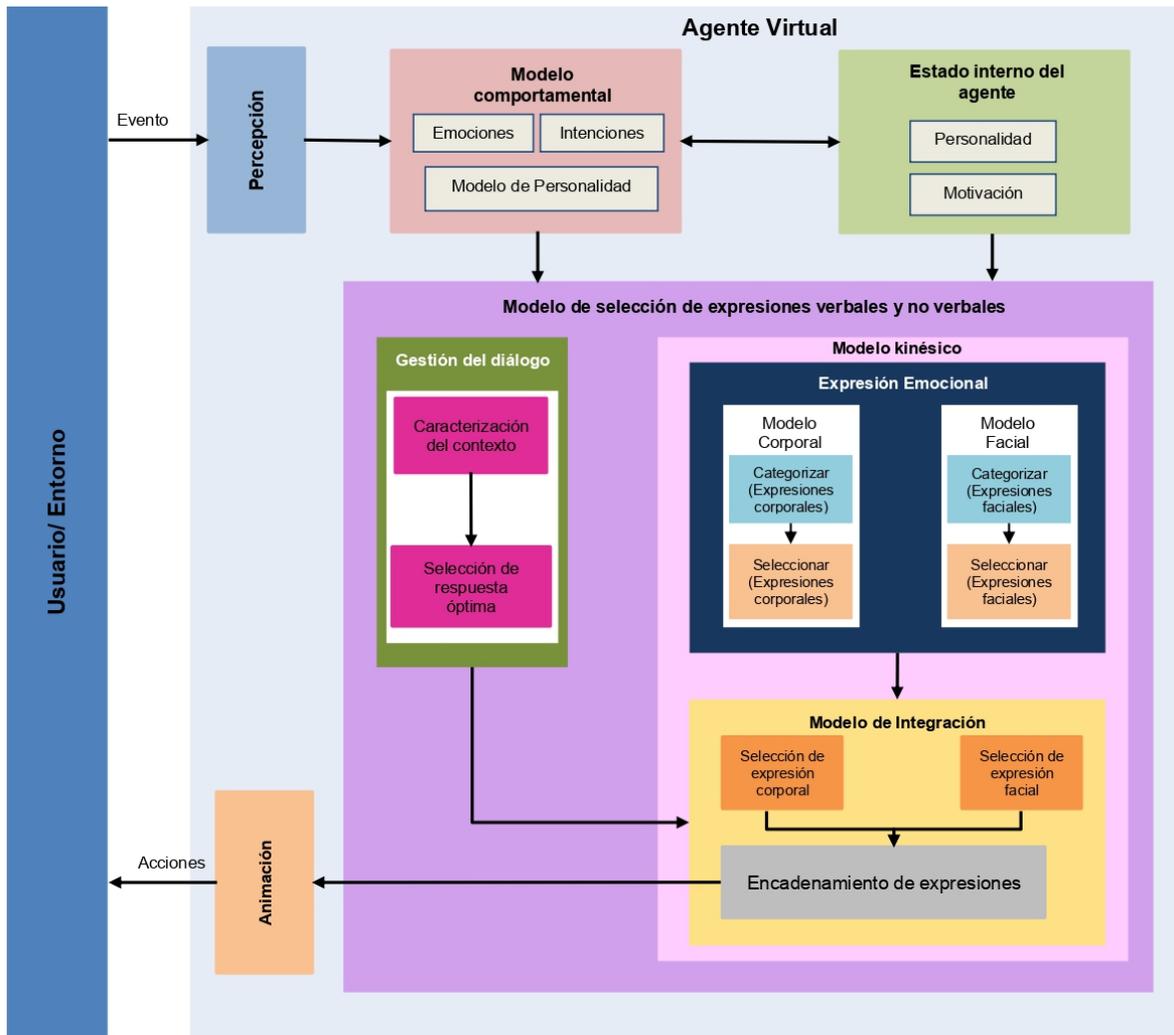


Figura 4.1: Arquitectura propuesta

4.1.3. Estado Interno del Agente

La asignación de la personalidad en el módulo del estado interno del agente influirá directamente en el resto de los componentes de la arquitectura. En particular es necesario identificar y determinar qué tipo de expresiones utiliza cada tipo de personalidad.

De igual manera es importante señalar que la personalidad influye en el proceso de selección de las expresiones verbales y no verbales, en el momento de determinar los elementos relevantes sobre su comportamiento y preferencia de actuar dentro de un entorno de decisión [33].

Influencia de la personalidad en las expresiones no verbales

A fin de construir el corpus de entrenamiento se grabó una conversación con una persona de cada tipo de personalidad para poder identificar las expresiones que producían según cada una de ellas. En este video se realizó un análisis de cómo se comportaban al momento de entablar una conversación en un contexto educativo, es decir, entre el rol de un alumno y un tutor, siendo la persona grabada el tutor. Se asoció el análisis del video de la interacción con la literatura para establecer las expresiones no verbales características de cada uno de los tipos de personalidad y así obtener la caracterización del corpus según la personalidad.

Influencia de la personalidad en las expresiones verbales

Para poder identificar una diferencia entre las características dominantes en el diálogo de cada uno de los tipos de personalidad se analizaron ejemplos de bibliografía [35, 36] de las posibles respuestas y/o pensamientos de cada uno de los grupos de dicotomías (Introversión-Extroversión, Sensorial-Intuición, Pensamiento-Sentimiento, Juicio-Percepción) que definen a los tipos de personalidad [34]. De esta manera se pueden determinar ciertas frases características de cada categoría para poder establecer las frases que diría cada uno de los tipos de personalidad.

4.1.4. Modelo de selección de expresiones verbales y no verbales

Este módulo es el que se encarga de seleccionar las frases y a la vez la expresión facial y corporal más adecuada para que reforzar el mensaje que se quiere transmitir. Dicho modelo está integrado por la *gestión del diálogo* y el *modelo kinésico*, los cuales son influenciados por el modelo comportamental y el estado interno del agente. Este modelo de selección de expresiones verbales y no verbales requiere como entrada de información el corpus de las

expresiones verbales y no verbales y el contexto caracterizado de acuerdo con el perfil de personalidad del agente. Una vez determinado la definición del corpus conforme al estado interno del agente prosigue la selección de las expresiones verbales y no verbales.

La *gestión del diálogo* utiliza los datos de un corpus de las expresiones verbales para determinar la mejor respuesta a la frase ingresada por el usuario. El *modelo kinésico* selecciona las expresiones no verbales, en dos fases, la primera fase es la *expresión emocional*, que como su nombre lo indica es la que a partir de la emoción establecida en el modelo comportamental busca la selección de las expresiones emocionales de tipo corporal y facial. Posteriormente la segunda fase es el *modelo de integración*, el cual se encargará de concretar la selección final de las expresiones, a fin de que estas también comuniquen la intención de la locución y así se integren las expresiones.

Resumiendo, la información de entrada para este módulo es el corpus caracterizado de las expresiones no verbales de acuerdo con el tipo de personalidad y el contexto caracterizado basado con las creencias, intenciones y deseos del agente. Como salida obtendremos la expresión facial y postural, influenciadas por la emoción, que más se acerque a la intención de la respuesta, para finalmente generar la animación. Las animaciones que se presentarán son en 2D.

4.2. Corpus para la selección de expresiones verbales y no verbales

El proceso de selección requiere de un corpus caracterizado por diversos criterios. Según [43] un corpus es la selección y ordenamiento de una colección de elementos con el fin de utilizarlo como una muestra de la lengua [44]. Los corpus representan grandes conjuntos de datos de

conversaciones cara a cara entre humanos o humanos-máquinas con el fin de crear una base de datos. Este trabajo utiliza tres corpus caracterizados, un corpus para las expresiones verbales basados en [1], y dos corpus para las expresiones no verbales, uno enfocado solamente en las expresiones faciales y otro que solamente caracteriza las expresiones corporales.

4.2.1. Corpus de las expresiones verbales

Para caracterizar el corpus de las expresiones verbales se utilizó la propuesta de Delgado [1]. El corpus está conformado por 71 criterios agrupados en 15 categorías, como se muestra en la Tabla 4.1. Estos criterios describen las frases que se seleccionarán para conformar el diálogo. La estructura del corpus sirvió de fundamento para poder determinar la caracterización del corpus de las expresiones no verbales.

Tabla 4.1: Criterios para la caracterización de frases [1]

No.	Grupo de criterios	Criterios
1	Acto Ilocutivo	Interactuar, Realimentar, Guiar, Fomentar, Corregir
2	Acto Perlocutivo	Saludar, Informar, Ordenar, Tranquilizar, Culpar
3	Tipo de acto de habla	Directo, Indirecto
4	Tipo Ilocutivo	Expresivos, Asertivo, Directivo, Declarativo, Compromisorio
5	Fase	Apertura, Confrontación, Argumentación, Clausura
6	Fuerza Ilocutiva	Perdón, Quejar, Expresiones Sentimentales, Actitudes, Afirmación, Declaración, Explicación, Reportar, Sugerencia, Petición, Preguntar, Ordenar, Mandar, Bautizar, Inaugurar, Nombrar, Despedir, Prometer, Jurar, Ofrecer, Amenazar.
7	Creencias	Descriptivas, Morales
8	Metas	Dominio, Desempeño, Evitación
9	Idioma	Español, Inglés
10	Tipo de diálogo	Estructurado, Cotidiano, Agresivo
11	Personalidad	Analítico, Diplomático, Centinela, Explorador
12	Emoción	Alegría, Miedo, Tristeza, Enojo
13	Tema	Aritmética, Álgebra, Trigonometría, Geometría
14	Contexto	Social, Historico, Cultural, Educativo
15	Actor	Alumno, Maestro, Profesionalista

Valores nominales para la caracterización del corpus

A cada uno de los criterios se les asigna un valor nominal de intensidad, para esto se emplea la misma metodología de [1] para determinar la influencia que cada atributo tiene en una expresión. La Tabla 4.2 muestra la escala de intensidad de los valores nominales.

Tabla 4.2: Escala de intensidad de criterios

Escala nominal	Escala numérica
Alta	1
Media	0.66
Baja	0.33
Cero	0

Creación del corpus de entrenamiento de las Expresiones Verbales

El corpus de las expresiones verbales del agente se construyó para cada tipo de personalidad a partir de la siguiente conversación trivial (Tabla 4.3):

Tabla 4.3: Ejemplo de conversación con un agente Analista (dicotomía INTJ)

Usuario	Agente	Dicotomía
Hola Kathia	Hola	
¿Cómo estás?	bien ¿y tú?	
bien gracias. ¿Irás a la fiesta de Karla en la noche?	No iré, creo que lo mejor es quedarme en mi casa.	Introversión (I)
¿y eso por qué no irás?	He estado analizando todos los requisitos que debo de cumplir para el proyecto y me quedan pocos días.	Pensador (T)
ah okay, ¿y es mucho lo que te falta?	Desafortunadamente si, tengo mapeado todas las actividades que me faltan por hacer, por ejemplo, agregar más bibliografía para enriquecer el estado del arte, cambiar el formato de la tesis y presentar el TOEFL.	Juicio (J)
ya veo, si es bastante, yo creo que si iré a la fiesta me cae bien Karla	Si a mi también, creo que es una persona con buenas vibras , felicítamela por mi	Intuición (N)
Si claro, bueno suerte con tu tarea	Gracias, nos vemos	

El diálogo presentado en la Tabla 4.3 representa la forma de expresarse de una personalidad analista definida por una configuración de dicotomías INTJ. En negrita se señala las palabras que enfatizan las características que describen a las dicotomías. Resumiendo, para crear esta diferencia, en la tercera frase, la agente prefiere quedarse en casa en vez de salir, esto nos indica que prefiere lidiar con la soledad que con el exterior, lo cual refleja la categoría Introversión. Para la cuarta frase, la palabra analizando nos indica que hubo un proceso de reflexión, de pensamiento, lo que muestra dominante la categoría Pensador. Para la quinta frase se determina una organización, ordenamiento de actividades, por lo que demuestra a la categoría de Juicio y por último la frase de creer en las buenas vibras, nos refleja que cree en su sexto sentido, algo que no puede ver físicamente pero que lo siente, por lo tanto, significa que la categoría de Intuición es la dominante. Así como en este ejemplo se pueden determinar ciertas frases características de cada dicotomía para poder establecer las frases que diría cada uno de los 4 tipos de personalidad.

A continuación, en la Tabla 4.4 se muestra un ejemplo de la caracterización de los 5 primeros criterios del corpus de las expresiones verbales [1]:

Tabla 4.4: Ejemplo de caracterización de expresiones verbales para personalidad Analista (INTJ)

Criterios		Acto Ilocutivo				
		Interactuar	Realimentar	Guiar	Fomentar	Corregir
Frases		C1	C2	C3	C4	C5
1	Hola buen día	1	0.66	0.33	0	0
2	¿en qué problema tienes duda?	0.66	0.66	1	0	0
3	¿qué duda tienes?	0.66	0.33	1	0	0
4	Analizando el problema necesitas conocer la ley del orden ¿sabes cuál es?	0.66	1	1	0.33	0

4.2.2. Corpus de las expresiones no verbales

Este trabajo propone 47 criterios para caracterizar tanto el corpus de las expresiones faciales y el corpus de las expresiones corporales, los cuales son un subconjunto de los criterios de la Tabla 4.1 propuestos por [1]. La Tabla 4.5 muestra los criterios agrupados en 7 categorías: Acto ilocutivo (5 criterios), tipo ilocutivo (5 criterios), fuerza ilocutiva (21 criterios), fase (4 criterios), emoción (4 criterios), contexto (4 criterios) y personalidad (4 criterios).

Tabla 4.5: Criterios propuestos como rasgos característicos del corpus de expresiones faciales y posturales

No.	Grupo de criterios	Criterios
1	Acto Ilocutivo	Interactuar, Realimentar, Guiar, Fomentar, Corregir
2	Tipo Ilocutivo	Expresivos, Asertivo, Directivo, Declarativo, Compromisorio
3	Fuerza Ilocutiva	Perdón, Quejar, Expresiones Sentimentales, Actitudes, Afirmación, Declaración, Explicación, Reportar, Sugerencia, Petición, Preguntar, Ordenar, Mandar, Bautizar, Inaugurar, Nombrar, Despedir, Prometer, Jurar, Ofrecer, Amenazar.
4	Fase	Apertura, Confrontación, Argumentación, Clausura
5	Emoción	Alegría, Miedo, Tristeza, Enojo
6	Contexto	Social, Histórico, Cultural, Educativo
7	Personalidad	Analítico, Diplomático, Centinela, Explorador

Con el objetivo de determinar cuáles eran los atributos necesarios para caracterizar las expresiones no verbales se hicieron varios experimentos, en donde en cada uno de los experimentos se fueron añadiendo atributos para medir su desempeño en la selección.

En el primer experimento el corpus estaba integrado por los grupos de atributos de Fuerza Ilocutiva, Emoción, Contexto y Personalidad, teniendo en total de 33 atributos. Los resultados que se obtuvieron con este corpus fue que en varias expresiones se tenía la misma calificación, por lo cual, la selección final de las posibles opciones dependía de un proceso aleatorio para elegir la expresión definitiva, dando lugar a la selección de una expresión errónea. Es por esto que en el segundo experimento se probó agregar un grupo de atributos más provenientes del corpus de [1], el grupo que se agregó fue la fase de la conversación, los atributos dentro de este grupo son 4: Apertura, Confrontación, Argumentación y Clausura, teniendo 37 atributos en

total. Al igual que en el caso anterior, se presentaban en varias expresiones se tenía la misma calificación, por lo cual, esto nos indica que es necesario de más atributos que nos ayuden a caracterizar mejor el corpus.

Para el tercer experimento se agregó el grupo de atributos de Acto Ilocutivo, que consta de 5 atributos: Interactuar, Realimentar, Guiar, Fomentar y Corregir, con lo cual se tienen 42 atributos en total. Los resultados de esta experimentación, a pesar de que fueron pocas las expresiones que tenían la misma calificación, todavía no se tenía una exactitud del 100% por lo que se realizó un cuarto y último experimento para evaluar el impacto del grupo de Tipo Ilocutivo proveniente del corpus de [1], con 5 atributos: Expresivo, Asertivo, Directivo, Declarativo y Compromisorio, teniendo un total de 47 atributos. Los resultados de esta experimentación muestran que ninguna expresión tiene una calificación igual y se selecciona la expresión correcta, por lo cual se obtiene una exactitud del 100%.

Creación del corpus de entrenamiento de las Expresiones No Verbales

Para poder establecer las expresiones más utilizadas por cada tipo de personalidad se realizó un análisis del video previamente grabado. Se pudo observar que la persona con personalidad analista (INTJ) mantenía una expresión facial neutra, es decir, pocas veces sonreía y en seguida cambiaba a serio, hubo movimiento casi nulo de cejas y con respecto a las expresiones corporales fueron moderadas. De acuerdo con la descripción de este tipo de personalidad [37] se coincide en que es una persona reservada, puede estar relacionada con la introversión y, en algunos casos, con la timidez.

La persona con personalidad centinela (ISFJ), aspiraba a sonreír más, movía moderadamente las cejas y ojos, y mantenía una postura neutral con poco movimiento de brazos. Lo cual de acuerdo con su descripción [37] podemos concordar que esta persona es amable y que tiende a ser más simpática.

Para la persona con personalidad diplomática (INFJ) se puede notar que sonreía en pocas ocasiones lo cual es una de las características de una persona introvertida, lo cual de acuerdo con su tipo de personalidad es un rasgo característico de ellos, sin embargo, aunque demuestre seriedad es una persona empática que demuestra interés por los demás. Con respecto a sus movimientos corporales, fueron casi nulos, mantuvo una sola posición.

Para la cuarta persona con personalidad exploradora (ESTP) se pudo observar que sonreía con más frecuencia, movía más las cejas y ojos. Con respecto a la expresión postural hubo más movimiento, utilizaba más las manos para expresarse. Por lo tanto, de acuerdo a la descripción de la personalidad [37] podemos afirmar que efectivamente es una persona más abierta y espontánea.

Se puede observar que algunos tipos de personalidad utilizaron más expresiones que otros, por lo que de manera general se puede inferir la diferencia entre cada dicotomía, por ejemplo, entre la introversión y extroversión.

A cada una de las expresiones faciales y corporales se les asignó un identificador, para las expresiones faciales: $F0$, $F1$, $F2$, $F3$... F_n , en las Figuras 4.2, 4.3, 4.4 se muestran ejemplos de las expresiones faciales con su identificador. En el Anexo E se muestran todas las expresiones faciales que realizaron las personas grabadas junto con su identificador.



Figura 4.2:
Expresión facial con
el identificador F0

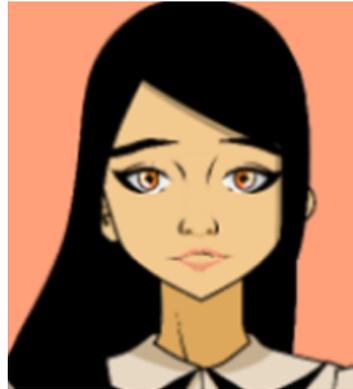


Figura 4.3:
Expresión facial con
el identificador F1

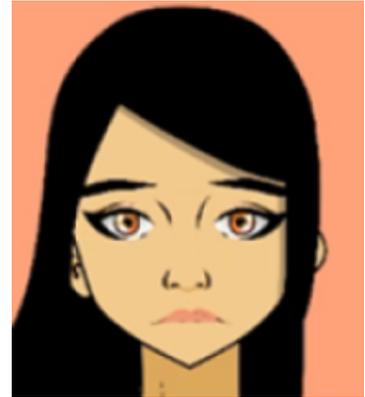


Figura 4.4:
Expresión facial con
el identificador F2

Cada una de las expresiones faciales están conformadas por una secuencia específica de Unidades de Acción (AU por sus siglas en inglés). Las AU con las que se basará este proyecto están establecidas en el trabajo de Ekman [45]. A continuación, en la Figura 4.5 se muestra un ejemplo de como esta conformado la expresión facial con identificador F1:

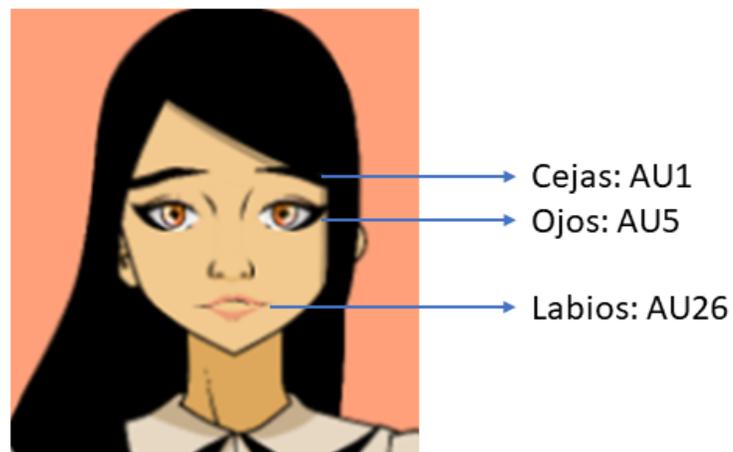


Figura 4.5: Unidades de Acción de la expresión facial F1.

Para las expresiones corporales se les asignó el identificador $P0, P1, P2, P3... Pn$, en las Figuras 4.6, 4.7, 4.8 se muestran ejemplos de las expresiones corporales con su identificador. En el Anexo F se muestran todas las expresiones faciales que realizaron las personas grabadas junto con su identificador. En total se tienen 7 expresiones faciales y 15 expresiones corporales.



Figura 4.6:
Expresión postural
con el identificador
P3



Figura 4.7:
Expresión postural
con el identificador
P4



Figura 4.8:
Expresión postural
con el identificador
P5

Cada una de las expresiones corporales están conformadas por una secuencia específica de brazo derecho e izquierdo y mano. en la Figura 4.9 se muestra un ejemplo de como esta conformado la expresión corporal con identificador P9.

A continuación, en la Tabla 4.6 se muestra un ejemplo de la caracterización de los 5 primeros criterios corpus de las expresiones corporales. Como se puede observar, las primeras 2 expresiones corporales están evaluadas en 0, esto se debe a que la persona que se grabó, con esta personalidad, no utilizo ninguna de estas expresiones. También se puede observar que se tienen varias expresiones con el mismo identificador, esto es debido a que una expresión no verbal

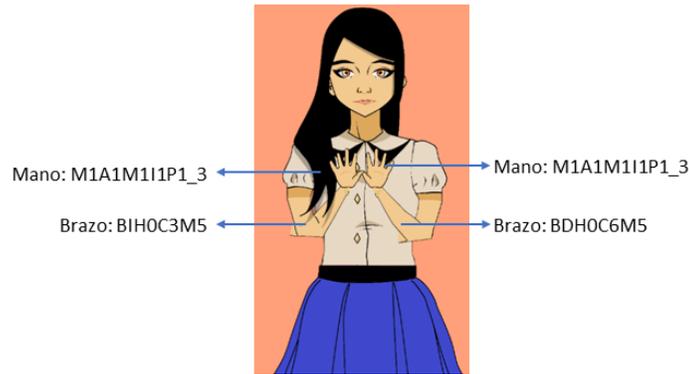


Figura 4.9: Creación de la expresión corporal P9.

puede tener varios significados en diferentes contextos, por ende, se determinó establecer una misma expresión pero con diferente motivo. Con respecto a las expresiones faciales se utilizó el mismo método implementado para las expresiones corporales.

Tabla 4.6: Ejemplo de caracterización de expresiones corporales para personalidad Analista (INTJ)

Criterios		Acto Ilocutivo				
		Interactuar	Realimentar	Guiar	Fomentar	Corregir
Expresiones corporales		C1	C2	C3	C4	C5
1	P0	0	0	0	0	0
2	P1	0	0	0	0	0
3	P2	0.66	0.33	1	0	0
4	P2	0.66	1	1	0.33	0
5	P2	1	1	1	0	0

Se propone el uso del método de ELECTRE III como modelo de integración de expresiones verbales y no verbales.

4.3. Implementación del método de selección ELECTRE III como modelo de integración

El objetivo de este trabajo de investigación es formular un modelo que integre las expresiones verbales y no verbales de un agente virtual, con el fin de ser capaz de simular el comportamiento del ser humano para que pueda ser partícipe en conversaciones.

La propuesta de este modelo es el uso de dicho método ELECTRE III para el proceso de selección de diálogo, expresiones faciales y corporales, utilizando tres corpus caracterizados por diversos criterios basados en la influencia de la personalidad y las emociones. Los corpus comparten atributos en común y cada proceso de selección se realiza de manera independiente entre sí, es decir, las expresiones verbales, faciales y corporales se selecciona independientemente, pero utilizando el mismo método de ELECTRE III como base para la integración.

La evaluación del método ELECTRE III [41] se interpreta como “la alternativa a es lo suficientemente buena que b ”. En este contexto se puede reinterpretar como “la *expresión* x es suficientemente buena para el *contexto* y ”, en donde x es la expresión que se establece en el corpus (verbales y no verbales), y y es el contexto que contiene la información de la frase de entrada del usuario [1].

En la Figura 4.10 se muestra un diagrama de como se implementa ELECTRE III en el proceso de selección de las expresiones.

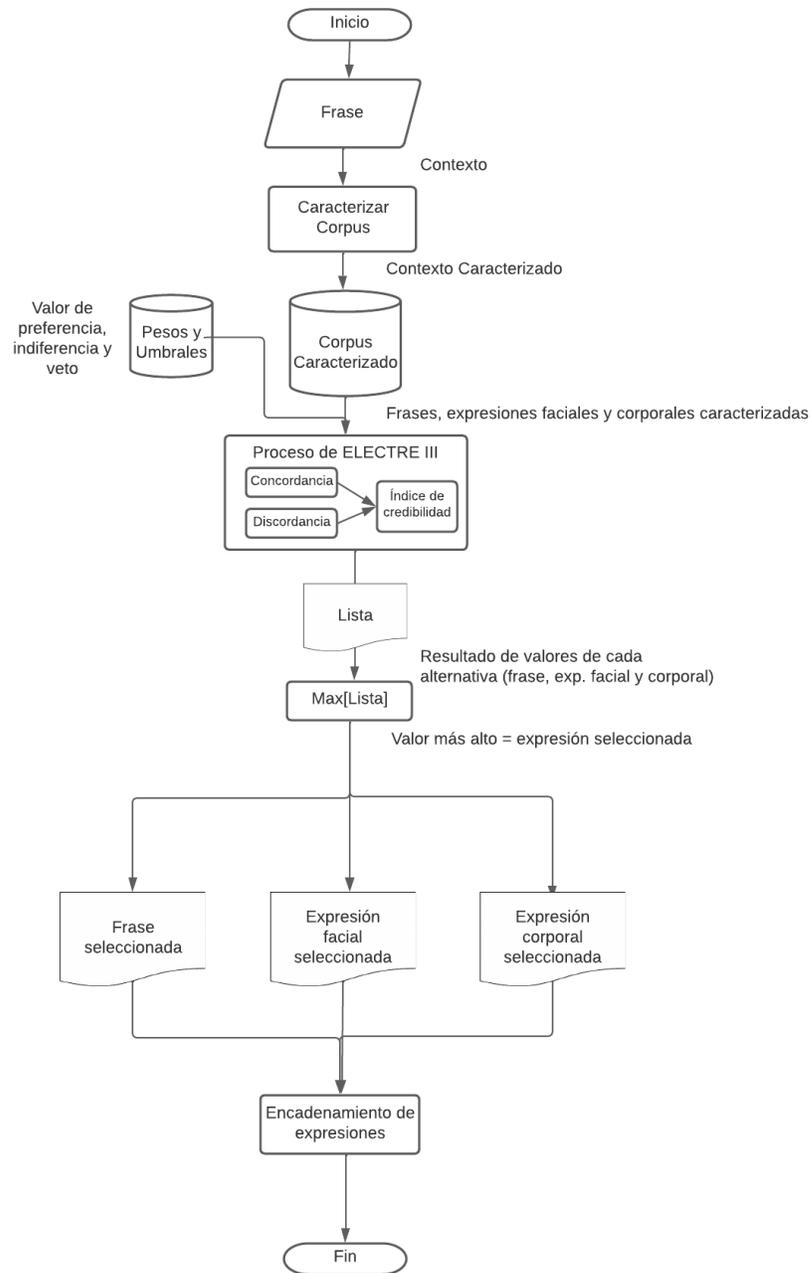


Figura 4.10: Diagrama de flujo del uso de ELECTRE III

A continuación se describen los procesos del diagrama presentado:

Caracterizar corpus: la frase que ingresa el usuario es el contexto, el cual se le asignan valores para caracterizarlo. Estos serán los valores con los que se compararán las alternativas para encontrar la mejor respuesta posible a dicha frase.

Corpus caracterizado: En este corpus se encuentran las alternativas y criterios, las alternativas son todas las frases, expresiones corporales y faciales que puede responder el agente, los cuales están caracterizados por los criterios establecidos, con el fin de comparar una expresión con respecto a otra.

Pesos y Umbrales: para ELECTRE III es necesario de la asignación de pesos y umbrales (preferencia, indiferencia y veto) para la comparación de las expresiones, en este trabajo se utilizaron los valores asignados por Delgado [1].

Proceso de ELECTRE III: En ELECTRE III para cada alternativa existe una medida de concordancia y discordancia con la finalidad de combinar estas dos medidas para producir un índice de credibilidad. En este proceso se aplican las fórmulas para calcular estas métricas a las expresiones del corpus comparándolas contra el contexto.

Max[Lista]: El resultado del proceso anterior deriva una lista en la cual se establecen todos los índices de credibilidad resultantes, los cuales son comparados y ordenados para seleccionar el de mayor valor. La expresión más adecuada será la que obtenga el mayor puntaje de valor de credibilidad.

Encadenamiento de expresiones: En este proceso se integran las tres expresiones resultantes para mandarlas a animar.

En la Tabla 4.7 se muestra un ejemplo de los índices de credibilidad de las expresiones verbales y no verbales con la frase *Hola*, ingresada por el usuario.

Tabla 4.7: Segmento de tabla de índices de credibilidad

Expresión seleccionada	Índice de Credibilidad
¡Hola! ¿en que te puedo ayudar?	[0.6446370530877569, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Expresión facial: F0	[0.661971830985915, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Expresión corporal: P11	[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.661971830985915, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]

Como se observa en la Tabla 4.7, las respuestas seleccionadas son las que obtuvieron el índice de credibilidad más alto, por lo que dichas expresiones son las que más se acercan a responder al contexto dado.

4.4. Creación de una interfaz usuario-agente para evaluar su credibilidad

Las bases de referencia para la creación de una interfaz usuario-agente fueron proyectos realizados en el programa de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería y en la Maestría de Ciencias de la Computación del ITCM: el trabajo de Delgado [1] para la selección de frases, el framework de [46] para la animación de personajes y el trabajo de [47] se tomó como referencia la infraestructura de código

Se plantea una interfaz, en el cual se integren las expresiones faciales y corporales de acuerdo con la emoción asociada a la frase que se seleccionó. Para esto primero fue necesario realizar animaciones para las expresiones faciales que representarán las emociones. Dichas emociones son las siguientes; alegría, miedo, tristeza y enojo.

En la Figura 4.11 se observan dos de las animaciones que se diseñaron para representar las emociones, en la imagen a) se muestra la representación de la emoción tristeza, y en la b) podemos observar la representación de la emoción enojo. Se toman en cuenta estas nuevas animaciones para proceder a la experimentación de dicho prototipo.

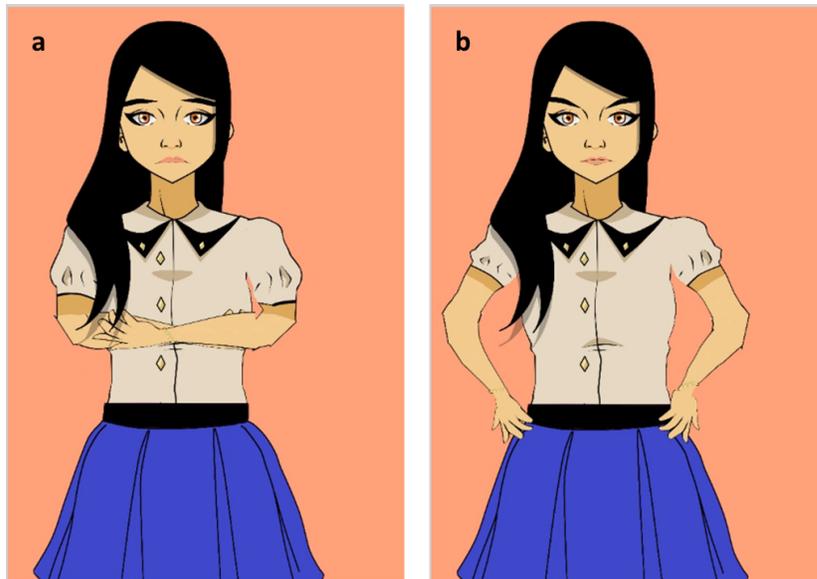


Figura 4.11: Agente con expresión de a) tristeza y b) enojo.

Esta interfaz se desarrolla por medio de Python, JavaScript y HTML, la cual está organizada por módulos, con el objetivo de tener un código fácil de modificar, sin tener que hacer un retrabajo o tener muchas líneas de código. El código en Python se dividió en 4 módulos:

- **Load Corpus:** La función del primer módulo es obtener del corpus toda la información necesaria para poder seleccionar las expresiones, alguna de esta información que extrae de los corpus son los criterios, las frases del agente, frases del usuario, expresiones faciales y corporales del agente, entre otros.
- **Get behaviour:** Este módulo se encargará de extraer la personalidad, emoción e intención de la respuesta del agente seleccionado.
- **Select Phrase:** Este módulo se encarga de seleccionar la respuesta verbal del agente.

- **Select Kinesic:** De acuerdo con la frase seleccionada, este módulo selecciona las expresiones faciales y corporales que mejor concuerde con el diálogo.
- **Answer to user:** Por último, este módulo integra las respuestas seleccionadas, frase, expresión facial y corporal, para mandarlo al usuario por medio de la animación

Las expresiones verbales y no verbales seleccionadas en Python se mandan al código de HTML, el cual servirá como vínculo para mandar a ejecutar las animaciones creadas en JavaScript.

A continuación, se muestra el pseudocódigo del proyecto en Python:

```
1 Load corpus
2 Do
3     agent_context=Wait for user interaction
4     (context, emotions, intentions)=get_behavior(agent_context)
5     agent_personality= agent_behaivor(personality_selected)
6     phrase= Select_phrase(context, emotions, intentions, corpus,
7     agent_personality)
8     (corporal expression, facial expression)= select_kinesic(phrase,
9     context, emotions, intentions, corpus, agent_personality)
10    answer to user(phrase, corporal expression, facial expression)
11 While not finish dialogue
```

Listing 4.1: Pseudocódigo del proyecto

En el Anexo G se puede observar el código de cada uno de los módulos presentados.

En la Figura 4.12 se muestra el diagrama de secuencia del programa, se puede observar la interacción entre cada uno de los lenguajes de programación:

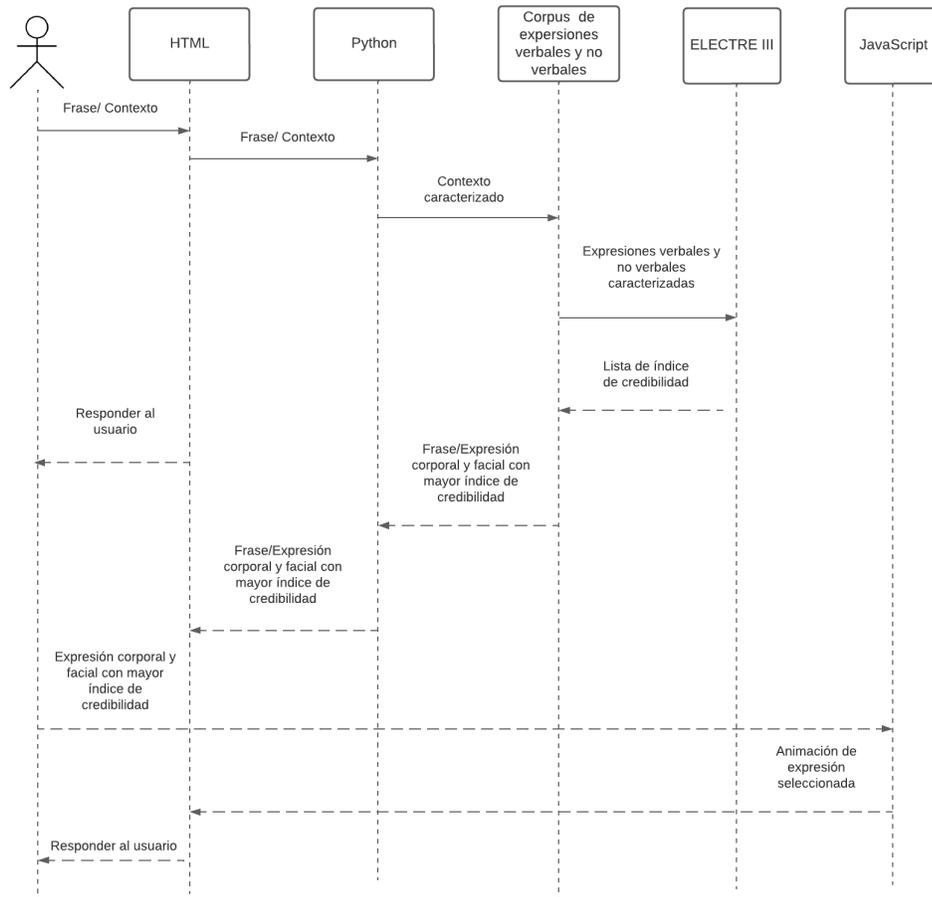


Figura 4.12: Diagrama de secuencia UML de la interfaz usuario-agente

Por último, en la Figura 4.13 se muestra la interfaz usuario-agente que se desarrolló para este proyecto.

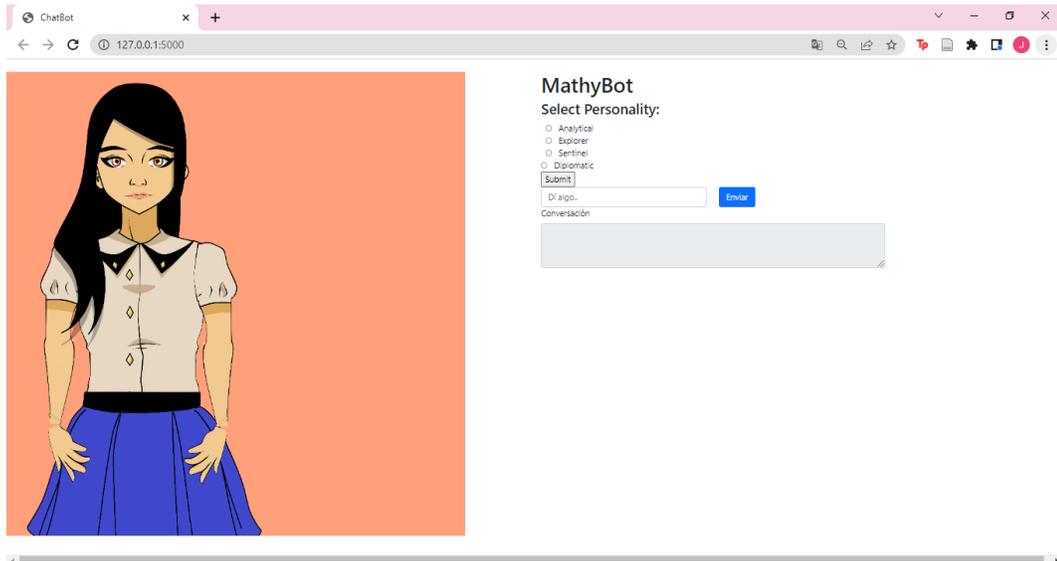


Figura 4.13: Interfaz usuario-agente

De lado izquierdo se puede ver al agente, con el cual se podrá ver las animaciones de las expresiones no verbales seleccionadas. En la parte superior derecha se encuentran las opciones a elegir del tipo de personalidad con el que se quiera interactuar, después se encuentra un cuadro en donde el usuario ingresará su respuesta y con el botón *enviar*, con esto enviará la respuesta al agente. Finalmente, el último cuadro muestra la respuesta del agente.

Experimentación y Resultados

Esta sección valida la hipótesis planteada, en donde se prueba la arquitectura del ADC a través de 2 experimentos basados en el diálogo entre un alumno y tutor. La evaluación se realiza para 4 tipos de personalidad diferentes. El anexo A, B, C y D muestran la conversación con el tutor con personalidad Analista, Explorador, Centinela y Diplomático respectivamente.

La primera experimentación evalúa el modelo de selección de expresiones verbales y no verbales, con el objetivo de comparar las expresiones esperadas con las expresiones generadas por la arquitectura. De tal forma que las **Expresiones esperadas** son las expresiones que las persona utilizó durante la conversación grabada y las **Expresiones generadas** son las expresiones que se seleccionaron por medio de ELECTRE III. En la segunda experimentación se evaluó la credibilidad del agente en la conversación, es decir, la percepción de las personas al mantener una conversación con el agente.

5.1. Evaluación de las expresiones generadas por ELECTRE

III

Esta primera experimentación compara el pronóstico de las expresiones dadas por la arquitectura y las expresiones de las personas. En la Figura 5.1 se ilustran los componentes del cuerpo evaluados: cejas, ojos y boca para la expresión facial, y los brazos y manos para la expresión corporal.

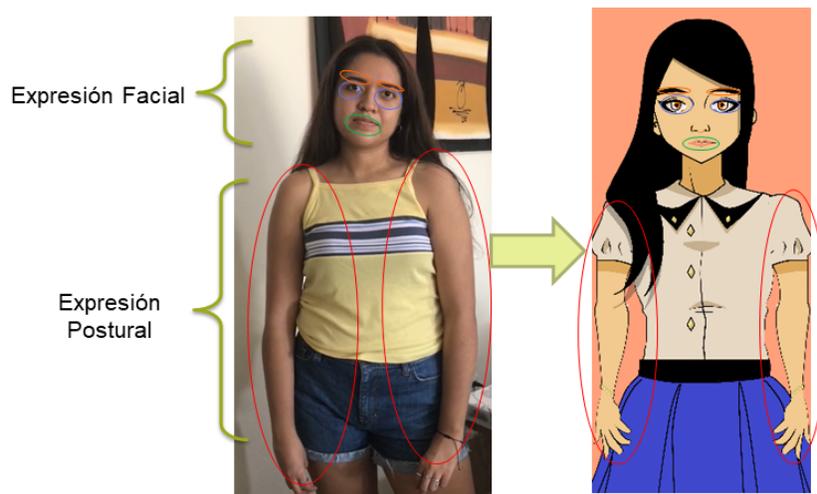


Figura 5.1: Elementos evaluados

A cada una de las expresiones generadas por la persona grabada se le asignó un identificador, en donde F_n representa las expresiones faciales y P_n representa las expresiones corporales. El anexo E muestra las expresiones faciales y el anexo F muestra las expresiones corporales generadas.

Los resultados de la primera experimentación presenta la comparación de las expresiones esperadas por cada tipo de personalidad y la expresión asignada por la arquitectura del agente. De igual manera se muestra cuáles son las expresiones faciales y corporales que utilizó cada

tipo de personalidad en la conversación grabada. Todas las personalidades evaluadas lograron simular correctamente la expresión no verbal, es decir, la expresión generada correspondió a la expresión realizada por la persona videograbada.

La Tabla 5.1 muestra las expresiones realizadas por una persona con personalidad Analista, se puede observar que no hay cambios en la expresión facial, manteniéndose siempre una expresión seria (F4), por el lado de la postura, realizó varios movimientos de brazos y manos, que van desde posturas neutrales (P4) hasta posturas de alentar a contestar (P5).

Tabla 5.1: Comparación de las expresiones resultantes de la experimentación de las interacciones con el tipo de personalidad Analista.

Interacción	Expresión Facial		Expresión Corporal	
	esperada	asignada	esperada	asignada
1	F4	F4	P4	P4
2	F4	F4	P4	P4
3	F4	F4	P2	P2
4	F4	F4	P2	P2
5	F4	F4	P3	P3
6	F4	F4	P4	P4
7	F4	F4	P2	P2
8	F4	F4	P6	P6
9	F4	F4	P6	P6
10	F4	F4	P6	P6
11	F4	F4	P4	P4
12	F4	F4	P5	P5
13	F4	F4	P2	P2
14	F4	F4	P2	P2

La Tabla 5.2 muestra las expresiones realizadas por la persona con personalidad Exploradora, se puede ver que tanto para las expresiones faciales y las expresiones corporales generadas por el modelo de selección concuerdan con las expresadas. Este tipo de personalidad mantuvo una expresión facial sonriente (F0) y sus expresiones corporales mostraban apertura (P11) hasta indicar algo (P12), lo que refleja simpatía y extroversión.

Tabla 5.2: Comparación de las expresiones resultantes de la experimentación de las interacciones con el tipo de personalidad Exploradora.

Interacción	Expresión Facial		Expresión Corporal	
	esperada	asignada	esperada	asignada
1	F0	F0	P11	P11
2	F0	F0	P10	P10
3	F0	F0	P4	P4
4	F0	F0	P4	P4
5	F0	F0	P4	P4
6	F0	F0	P0	P0
7	F0	F0	P0	P0
8	F0	F0	P13	P13
9	F0	F0	P13	P13
10	F4	F4	P13	P13
11	F0	F0	P12	P12
12	F4	F4	P10	P10
13	F4	F4	P14	P14
14	F0	F0	P13	P13
15	F0	F0	P11	P11

La Tabla 5.3 muestra las expresiones realizadas por la persona con personalidad Centinela. Este tipo de personalidad sonreía de vez en cuando y movía sus brazos ocasionalmente, lo cual puede demostrar timidez en sus movimientos (P0).

Tabla 5.3: Comparación de las expresiones resultantes de la experimentación de las interacciones con el tipo de personalidad Centinela.

Interacción	Expresión Facial		Expresión Corporal	
	esperada	asignada	esperada	asignada
1	F0	F0	P4	P4
2	F5	F5	P4	P4
3	F0	F0	P4	P4
4	F4	F4	P4	P4
5	F6	F6	P4	P4
6	F4	F4	P4	P4
7	F4	F4	P4	P4
8	F4	F4	P4	P4
9	F4	F4	P4	P4
10	F4	F4	P0	P0
11	F4	F4	P7	P7
12	F4	F4	P9	P9
13	F4	F4	P10	P10
14	F0	F0	P8	P8

Por último, en la Tabla 5.4 muestran las expresiones realizadas por la persona con personalidad Diplomática, este tipo de personalidad sonreía de vez en cuando y mantuvo una sola posición de brazos, cruzando las manos enfrente (P0), lo que nos indica timidez e introversión.

Tabla 5.4: Comparación de las expresiones resultantes de la s puede indicar timidez.experimentación de las interacciones con el tipo de personalidad Diplomático.

Interacción	Expresión Facial		Expresión Corporal	
	esperada	asignada	esperada	asignada
1	F0	F0	P0	P0
2	F0	F0	P0	P0
3	F4	F4	P0	P0
4	F0	F0	P0	P0
5	F4	F4	P0	P0
6	F0	F0	P0	P0
7	F4	F4	P0	P0
8	F4	F4	P0	P0
9	F4	F4	P0	P0
10	F4	F4	P0	P0
11	F4	F4	P0	P0
12	F4	F4	P0	P0
13	F4	F4	P0	P0
14	F0	F0	P0	P0

De acuerdo con los resultados de las tablas anteriores, para todos los tipos de personalidad se obtuvo una concordancia del 100% para las expresiones faciales y corporales, los cuales cumplen con su objetivo de reforzar la frase seleccionada.

5.2. Evaluación de la Credibilidad

Para el segundo experimento, se busca determinar cómo es que las personas perciben al agente virtual, se evaluaron a un total de 15 personas, 4 con personalidad centinela, 4 con personalidad analista, 4 con personalidad diplomática y 3 con personalidad exploradora. El agente tenía el papel del tutor y el usuario del alumno. El proceso de evaluación que se le aplicó a las personas encuestadas, está enfocado en 4 aspectos: 1) la identificación de una personalidad

en el agente, 2) la congruencia entre las frases y expresiones no verbales utilizadas, 3) el reconocimiento de la intención y 4) la emoción en las expresiones. Se utilizó una evaluación cualitativa, dicha evaluación se diseñó con base de comprobar el objetivo del proyecto, en donde se cuestionaron las siguientes 9 preguntas:

1. ¿De acuerdo con las frases y expresiones, consideras al agente carismático?
2. ¿De acuerdo con las frases y expresiones, consideras que la agente es meticulosa?
3. ¿De acuerdo con las frases y expresiones, consideras que la agente es espontánea?
4. ¿Consideras que la expresión facial utilizada por el agente es adecuado para el diálogo?
5. ¿Consideras que la expresión corporal utilizado por la agente es adecuado para el diálogo?
6. Guiándote en la expresión facial ¿percibes la intención mostrada en el cuadro?
7. Guiándote en la expresión corporal ¿percibes la intención mostrada en el cuadro?
8. Guiándote en la expresión facial ¿percibes la emoción mostrada en el cuadro?
9. Guiándote en la expresión corporal ¿percibes la emoción mostrada en el cuadro?

Sección 1. Identificación de una personalidad en el agente.

Las primeras 3 preguntas son para verificar si la personalidad del agente pudo ser percibida correctamente por el usuario de acuerdo con sus frases y expresiones no verbales utilizadas. La pregunta *¿De acuerdo con las frases y expresiones, consideras que la agente es espontánea?*, trata de hacer una diferencia entre la personalidad analista contra las demás, ya que este tipo de personalidad es más fría, más seria porque está inmerso en sus pensamientos, por lo tanto,

esto se ve reflejado en su seriedad [35]. La pregunta *¿De acuerdo con las frases y expresiones, consideras que la agente es meticulosa?*, trata de discernir entre la dicotomía de *intuición* contra la *sensorial*, una persona sensorial se inclina más por lo que percibe con sus 5 sentidos, se basa en datos concretos, de lo contrario con la intuición, se basa en datos abstractos, se inclina más por el sexto sentido [36]. El objetivo de la pregunta *¿De acuerdo con las frases y expresiones, consideras que la agente es espontánea?* es diferenciar la dicotomía de *juicio* y *percepción*, una persona con percepción es más espontánea, menos ordenada, en cambio de una persona con juicio es sistemática, ordenada, sin ser espontáneo [36].

Sección 2. Congruencia entre las frases y expresiones no verbales

La evaluación de la concordancia entre el diálogo y las expresiones no verbales se realiza a través de las preguntas: *¿Consideras que la expresión facial utilizada por el agente es adecuado para el diálogo?* y *¿Consideras que la expresión corporal utilizado por la agente es adecuado para el diálogo?*.

Sección 3 y 4. Reconocimiento de la intención y emoción de las expresiones

Para la evaluación de si pueden percibir en las expresiones verbales y no verbales la emoción e intención establecidos se realiza a través de las preguntas: *Guiándote en la expresión facial ¿percibes la intención mostrada en el cuadro?*, *guiándote en la expresión corporal ¿percibes la intención mostrada en el cuadro?*, *guiándote en la expresión facial ¿percibes la emoción mostrada en el cuadro?* y *guiándote en la expresión corporal ¿percibes la emoción mostrada en el cuadro?*.

Los resultados de la segunda experimentación, en cuestión de los 4 tipos de personalidad, fueron positivos, es decir la calificación que le dieron las personas fueron entre totalmente de

acuerdo y de acuerdo. Un promedio del **90 %** clasificó correctamente la personalidad analista, un **80 %** clasificó correctamente la personalidad diplomática, un **73 %** clasificó correctamente la personalidad centinela y un **83 %** clasificó correctamente la personalidad exploradora. La Tabla 5.5 muestra los porcentajes generales de acuerdo con las personas evaluadas, sin importar su perfil, ni el perfil que evalúan.

Tabla 5.5: Resultados generales de la evaluación

Conclusión	Nivel de medición	
	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
La expresión facial utilizado por el agente es adecuado para el diálogo	58.3 %	41.7 %
La expresión corporal utilizado por el agente es adecuado para el diálogo	68.3 %	30 %
Se percibe la intención en la expresión facial	40 %	50 %
Se percibe la intención en la expresión corporal	66.7 %	26.7
Se percibe la emoción en la expresión facial	50 %	48.3 %
Se percibe la emoción en la expresión corporal	71.7 %	21.7 %

Conclusiones y Trabajos Futuros

6.1. Conclusiones

Este trabajo presenta la propuesta del diseño de la caracterización de un corpus de las expresiones verbales y no verbales considerando la influencia de la personalidad, emociones y actos del habla. Se utilizó ELECTRE III, un método de optimización para la selección del diálogo y las expresiones no verbales.

De acuerdo con [2, 19] se puede concluir que se logró desarrollar un agente virtual creíble, el cual se puede comunicar con el diálogo, las expresiones faciales y corporales, similares a los de una persona, los cuales están influenciados por las emociones y la personalidad.

Mediante los resultados de las personas encuestadas, se demostró que la expresión no verbal reforzó la expresión del diálogo, es decir se demostraba una concordancia entre lo que se quería decir y expresar no verbalmente.

Por consiguiente, se puede concluir que es válida la hipótesis de investigación en la cual es posible desarrollar un modelo que integre la selección de las expresiones verbales y no verbales de un Agente Virtual Creíble, que se pueda modelar a través de un método de sobre-clasificación y un corpus caracterizado basado en la influencia de las emociones y la personalidad.

6.2. Trabajo Futuro

Como trabajo futuro, se planea principalmente ampliar el corpus de expresiones, para obtener más muestras de las expresiones verbales y no verbales por cada tipo de personalidad, de esta manera tener una muestra que sea representativa de cada una de las expresiones verbales y no verbales. Adicionalmente se propone probar con otros métodos de selección, como los algoritmos de minería de datos, esto para comprobar si la propuesta de caracterización de los corpus de datos es igual de buena con diferentes estrategias de selección. Por último se plantea la evaluación del nivel de adaptabilidad del agente con un contexto más amplio u otro contexto diferente, es decir, una conversación de otro contexto con otro tema relacionado a las matemáticas o uno completamente diferente como por ejemplo en un contexto de salud.

6.3. Productos Académicos

Participación en eventos:

1. Participación en el 14th Workshop on Intelligent Learning Environments (WILE-2021) in collaboration with 20th Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICA I 2021). Con el artículo *Model of Integration of Verbal and Nonverbal Expression for Credible Virtual Agents*.
2. Participación en el 23° Certamen Estatal Creatividad e Innovación Tecnológica Expo-Ciencias Tamaulipas 2021, con el proyecto de *VacciBot*, este proyecto se basa en la arquitectura de este trabajo, con la particularidad del enfoque de brindar información acerca de las campañas de vacunación de COVID-19. Se obtuvo primer lugar en la fase regional y segundo lugar en la fase estatal.

Bibliografía

- [1] X. S. Delgado-Hernández, M. L. Morales-Rodríguez, N. Rangel-Valdez, L. Cruz-Reyes, and J. Castro-Rivera, “Development of Conversational Deliberative Agents Driven by Personality via Fuzzy Outranking Relations,” *International Journal of Fuzzy Systems*, vol. 22, no. 8, pp. 2720–2734, Nov. 2020. [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s40815-020-00817-w>
- [2] J. Gratch, J. Rickel, E. Andre, J. Cassell, E. Petajan, and N. Badler, “Creating interactive virtual humans: some assembly required,” *IEEE Intelligent Systems*, vol. 17, no. 4, pp. 54–63, Jul. 2002. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1024753/>
- [3] J. Cassell, T. Bickmore, L. Campbell, K. Chang, H. Vilhjálmsón, and H. Yan, “Requirements for an Architecture for Embodied Conversational Characters,” in *Computer Animation and Simulation '99*, W. Hansmann, W. Purgathofer, F. Sillion, N. Magnenat-Thalmann, and D. Thalmann, Eds. Vienna: Springer Vienna, 1999, pp. 109–120, series Title: Eurographics. [Online]. Available: http://link.springer.com/10.1007/978-3-7091-6423-5_11
- [4] ChilledCow, “Virtual Humans with the USC Director for Virtual Human Research, Jonathan Gratch | MIND & MACHINE,” Feb. 2018. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=t8VzCuB9AgM>

- [5] USCICT, “INOTS Counseling Playthrough,” Mar. 2016. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=7kFPB3BPWUE&t=165s>
- [6] P. Kenny, A. Hartholt, J. Gratch, W. Swartout, D. Traum, S. Marsella, and D. Piepol, “Building Interactive Virtual Humans for Training Environments,” in *Proceedings of IITSEC*, 2007, p. 16.
- [7] USCICT, “SimSensei & MultiSense: Virtual Human and Multimodal Perception for Healthcare Support,” Feb. 2013. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=ejczMs6b1Q4&t=4s>
- [8] M. L. Morales-Rodríguez and B. Pavard, “Embodied Conversational Agents: A New Kind of Tool for Motor Rehabilitation?” *Proceedings of the 11th Annual International Workshop on Presence*, pp. 95–99, 2008.
- [9] R. Ishii, C. Ahuja, Y. I. Nakano, and L.-P. Morency, “Impact of Personality on Nonverbal Behavior Generation,” in *Proceedings of the 20th ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents*. Virtual Event Scotland UK: ACM, Oct. 2020, pp. 1–8. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3383652.3423908>
- [10] F. d. Rosis, C. Pelachaud, I. Poggi, V. Carofiglio, and B. D. Carolis, “From Greta’s mind to her face: modelling the dynamics of affective states in a conversational embodied agent,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 59, no. 1-2, pp. 81–118, Jul. 2003. [Online]. Available: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S107158190300020X>
- [11] M. Stone, D. DeCarlo, I. Oh, C. Rodriguez, A. Stere, A. Lees, and C. Bregler, “Speaking with Hands: Creating Animated Conversational Characters from Recordings of Human Performance,” *Association for Computing Machinery*, vol. 23, no. 3, pp. 506–513, 2004. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1015706.1015753>

- [12] S. Buisine and J.-C. Martin, “The effects of speech–gesture cooperation in animated agents’ behavior in multimedia presentations,” *Interacting with Computers*, vol. 19, no. 4, pp. 484–493, Jul. 2007. [Online]. Available: <https://academic.oup.com/iwc/article-lookup/doi/10.1016/j.intcom.2007.04.002>
- [13] J. Bates, “The Role of Emotion in Believable Agents,” *Association for Computing Machinery*, vol. 37, no. 7, pp. 122–125, 1994. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/176789.176803>
- [14] T. Bui, D. Heylen, A. Nijholt, N. Thalmann, C. Joslin, and H. Kim, “Building embodied agents that experience and express emotions,” in *Proceedings 17th annual conference on Computer Animation and Social Agents*, Suiza, 2004, pp. 27–34.
- [15] M. Castillo Pérez, “Modelo de selección de Expresiones No verbales asociadas a las Interacciones del Proceso de Negociación para un tomador de decisiones virtual con personalidad,” Protocolo de Tesis, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamps., 2020.
- [16] M. L. MORALES RODRIGUEZ, “Modèle d’interaction sociale pour des agents conversationnels animés : Application à la rééducation de patients cérébro-lésés.” Tesis Doctoral, Université Paul Sabatier - Toulouse III, Francia, 2007. [Online]. Available: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00660114>
- [17] E. D. Martínez Hernández, “Configuración de la expresión facial de un ECA socio-emocional basado en el análisis del diálogo y su perfil de personalidad.” Protocolo de Tesis, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamps., May 2020.
- [18] M. Wooldridge and N. R. Jennings, “Intelligent agents: theory and practice,” *The Knowledge Engineering Review*, vol. 10, no. 2, pp. 115–152, Jun. 1995. [Online]. Available: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0269888900008122/type/journal_article

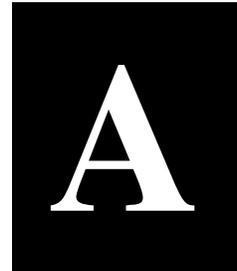
- [19] A. B. Loyall, “Believable Agents: Building Interactive Personalities,” Tesis Doctoral, Carnegie Mellon University, USA, 1997.
- [20] C. Iglesias Fernández, M. Garijo Ayestarán, and J. C. González Cristóbal, “Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagente.” Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Jan. 1998.
- [21] L. A. Fajardo Uribe, “A PROPÓSITO DE LA COMUNICACIÓN VERBAL,” *Forma y Función*, vol. 22, no. 2, pp. 121–142, Dec. 2009, biblioteca Central, Universidad Nacional de Colombia. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-338X2009000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [22] F. Yuderkis, “Actos de habla - La comunicación.” [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/lacomunicacionflorayudelkis/actos-de-habla>
- [23] H. Jacobson, “Efectos de los actos de habla en la comunicación transcultural,” *Panace@*, vol. 2, no. 6, pp. 85–88, 2001.
- [24] “Actos de habla: qué son y cómo influyen al aprender un idioma,” 2022. [Online]. Available: <https://mexico.unir.net/educacion/noticias/actos-de-habla/>
- [25] M. L. Puente Balsells and F. Viñals Carrera, *Análisis gestual y de la expresión no verbal*. Barcelona: UOC, 2019.
- [26] C. Peters, C. Pelachaud, E. Bevacqua, M. Ochs, N. E. Chafai, and M. Mancini, “Towards a Socially and Emotionally Attuned Humanoid Agent,” *Fundamentals of Verbal and Nonverbal Communication and the Biometric Issue*, vol. 18, pp. 332–342, 2007.
- [27] M. L. Patterson, *Más que palabras: el poder de la comunicación no verbal*, 1st ed. España: UOC, 2011.
- [28] R. E. Riggio and R. S. Feldman, *Applications of Nonverbal Communication*, 1st ed. USA: Psychology Press, 2005.

- [29] A. Esposito, M. Bratanic, M. Marinaro, and E. Keller, *Fundamentals of Verbal and Nonverbal Communication and the Biometric Issue*, 1st ed. IOS Press, 2007.
- [30] T. Pont i Amenós, *La comunicación no verbal*. Barcelona: UOC, 2010.
- [31] S. Cloninger, *Teorías de la personalidad*, tercera ed. México: Pearson Educación, 2003.
- [32] S. Kshirsagar, “A multilayer personality model,” in *Proceedings of the 2nd international symposium on Smart graphics - SMARTGRAPH '02*. Hawthorne, New York: ACM Press, 2002, pp. 107–115. [Online]. Available: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=569005.569021>
- [33] J. A. Castro Rivera, “Modelado de la Personalidad en Modelos Preferenciales multicriterio a través de Agentes Virtuales Inteligentes.” Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamps.
- [34] J. Díaz, “MBTI y tipos de personalidad: qué, cómo y por qué,” Jan. 2020. [Online]. Available: <https://javierdisan.com/2020/01/22/mbti/>
- [35] S. Faginas, “¿Qué personalidad tienes?” 2020. [Online]. Available: https://www.lavozdegalicia.es/noticia/yes/2020/12/12/personalidad-tienesanalistasdiplomaticoscentinelasexploradores/0003_202012SY12P16991.htm
- [36] “The Four Preferences in Myers-Briggs Personality Types.” [Online]. Available: <http://www.personalitypage.com/html/four-prefs.html>
- [37] N. Analytics Limited, “Tipos de personalidad,” 2011. [Online]. Available: <https://www.16personalities.com/es/descripcion-de-los-tipos>
- [38] R. W. Picard, “Affective computing,” *M.I.T Media Laboratory Perceptual Computing Section Technical*, no. 321, 1995.

- [39] M. L. Morales-Rodríguez, B. Pavard, J. J. González B., and J. A. Martínez F., “Towards the Simulation of Social Interactions through Embodied Conversational Agents,” in *Hybrid Artificial Intelligence Systems*, E. Corchado, A. Abraham, and W. Pedrycz, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, vol. 5271, pp. 551–557, series Title: Lecture Notes in Computer Science. [Online]. Available: http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-87656-4_68
- [40] M. Akram, F. Ilyas, and H. Garg, “Multi-criteria group decision making based on ELECTRE I method in Pythagorean fuzzy information,” *Soft Computing*, vol. 24, no. 5, pp. 3425–3453, Mar. 2020. [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s00500-019-04105-0>
- [41] F. Molica de Mendoca, C. E. Durange de Carvalho Infante, and R. de Aragão Bastos do Valle, “Aplicación del método Electre III en la clasificación de clústeres de artesanías,” *INGE CUC*, vol. 7, no. 1, p. 16, 2011.
- [42] M. Gento and A. Redondo, “Comparación del método ELECTRE III y PROMETHEE II: Aplicación al caso de un automóvil,” in *IX Congreso de Ingeniería de Organización*, Gijón, 2005, p. 83.
- [43] J. A. Alonso Martín, M. A. Martín Antonin, and T. Badia Cardús, *Las tecnologías del lenguaje*. Barcelona: UOC, 2013.
- [44] J. M. García Nuñez and M. L. Moran Millan, “LINGÜÍSTICA DE CORPUS,” 2020. [Online]. Available: <https://ila.uca.es/linguistica-de-corpus/>
- [45] P. Ekman, *Facial action coding system: Manual*. Palo Alto, Calif.: Consulting Psychologists Press, 1978.

- [46] J. Villarreal Hernández, “Framework para el diseño y animación de personajes renderizables en entornos web,” Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamps., 2017.
- [47] P. D. Reyes Nájera, “Integración de Motor de Selección de Frases basados en Superación para Desarrollo de Asistentes Web,” Reporte de Residencias, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamps., 2020.

Anexos



Frases del diálogo. Personalidad Analista

Tabla 1.1: Frases del diálogo. Personalidad Analista

Núm.	Persona	Frase
1	Alumno	Hola
2	Profesor	Hola ¿que necesitas?
3	Alumno	Tenga duda en un problema
4	Profesor	¿en qué problema tienes duda?
5	Alumno	Es una ecuación de fracciones con multiplicación de fracciones y raíces cuadradas
6	Profesor	¿qué duda tienes?
7	Alumno	Donde empezar si el problema es $5(1/4)+(2/3)-9$
8	Profesor	Analizando el problema, necesitas conocer la ley del orden ¿sabes cuál es?
9	Alumno	Si, primero se resuelven las raíces y exponente, después multiplicación y divisiones y al final sumas y restas. Entonces aquí voy a sacar primero raíz de 9?
10	Profesor	Es correcto, seguimos después con multiplicaciones y divisiones.
11	Alumno	Puedo pasar 5 enteros a cuartos o solamente hago la división sobre 1?
12	Profesor	Puedes multiplicar directo por 5 o puedes también convertirlo a fracción y hacer la multiplicación de fracción que es directa
13	Alumno	Da como resultado 5 cuartos?
14	Profesor	Si es correcto, lo siguiente son sumas y restas

Anexo A. Frases del diálogo. Personalidad Analista

15	Alumno	¿Qué es primero, la suma o resta de fracciones?
16	Profesor	Es de igual nivel, puede ser cualquiera o las tres fracciones al mismo tiempo.
17	Alumno	Para hacer la suma primero, ¿Qué hago?
18	Profesor	Okay primero debes de considerar que se pueden realizar de diferentes maneras. Puedes hacer directo o sacarlo a través de una tabla. Para multiplicar directo solamente utilizas los denominadores de las dos fracciones que tienes posteriormente multiplica cruzado para sacar el numerador. Cualquiera de estas opciones las puedes utilizar para operaciones futuras que impliquen sumas o restas de fracciones.
19	Alumno	Que es 5 por 3 igual a 15 y es el 4 por 2 igual a 8. multiplicando los denominadores resulta 23 doceavos.
20	Profesor	Es correcto trata de sacar la mínima expresión dentro de la fracción. Si puede dividirse entre el mismo número tanto el numerador como el denominador, el denominador, puedes disminuirlo para utilizar números más pequeños.
21	Alumno	Se puede sacar pero sería 11, ah no perdón no es cierto
22	Profesor	Si no tiene mitad, ni tercera, cuarta, etc. Tanto el de arriba como el de abajo, se queda como está, sobre todo si son números primos.
23	Alumno	Sigue nuevamente una operación de fracciones, pero esta vez es resta que sería la última para terminar
24	Profesor	como la resolverías?
25	Alumno	Sería 12 por 1 para el denominador y para el numerador es 23 por 1 es 23 y 12 por menos 3 es menos 36, quedaría a menos 13 doceavos como resultado.
26	Profesor	Así es ¿tienes otra duda?
27	Alumno	No es es todo, gracias por su tiempo
28	Profesor	De nada

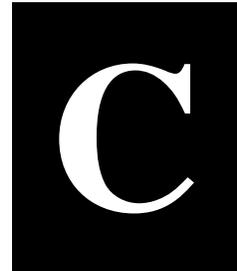
Frases del diálogo. Personalidad Explorador

Tabla 2.1: Frases del diálogo. Personalidad Explorador

Núm.	Persona	Frase
1	Alumno	Hola
2	Profesor	¡Hola! ¿en que te puedo ayudar?
3	Alumno	Tenga duda en un problema
2	Profesor	De seguro andas enamorado y por eso no pones atención en clases jaja
3	Alumno	Jeje no como cree maestro
4	Profesor	bueno ¿en qué problema tienes duda?
5	Alumno	Es una ecuación de fracciones con multiplicación de fracciones y raíces cuadradas
6	Profesor	okay para empezar ¿qué duda tienes?
7	Alumno	Donde empezar si el problema es $5(1/4)+(2/3)-9$
8	Profesor	Para resolver este problema necesitas conocer la ley del orden, si la conoces?
9	Alumno	Si, primero se resuelven las raíces y exponente, después multiplicación y divisiones y al final sumas y restas. Entonces aquí voy a sacar primero raíz de 9?
10	Profesor	Muy bien seguimos después con las multiplicaciones y divisiones.
11	Alumno	Puedo pasar 5 enteros a cuartos o solamente hago la división sobre 1?
12	Profesor	Puedes multiplicar directo por 5 o puedes también convertirlo a fracción y hacer la multiplicación de fracción que es directa

Anexo B. Frases del diálogo. Personalidad Explorador

13	Alumno	Da como resultado 5 cuartos?
14	Profesor	Si es correcto, lo siguiente son sumas y restas
15	Alumno	¿Qué es primero, la suma o resta de fracciones?
16	Profesor	Es de igual nivel, puede ser cualquiera o las tres fracciones al mismo tiempo.
17	Alumno	Para hacer la suma primero, ¿Qué hago?
18	Profesor	De acuerdo a lo que hemos visto en el libro para calcular el común denominador lo puedes hacer de forma directa, utilizas los denominadores de las dos fracciones que tienes posteriormente multiplica cruzado para sacar el numerador. Así que esta opción la puedes utilizar para resolver esta operación.
19	Alumno	Que es 5 por 3 igual a 15 y es el 4 por 2 igual a 8. multiplicando los denominadores resulta 23 doceavos.
20	Profesor	Muy bien, ahora trata de sacar la mínima expresión dentro de la fracción. Si puede dividirse entre el mismo número tanto el numerador como el denominador, el denominador, puedes disminuirlo para utilizar números más pequeños.
21	Alumno	Se puede sacar pero sería 11, ah no perdón no es cierto
22	Profesor	Si no tiene mitad, ni tercera, cuarta, etc. Tanto el de arriba como el de abajo, se queda como está.
23	Alumno	Sigue nuevamente una operación de fracciones, pero esta vez es resta que sería la última para terminar
24	Profesor	así es, y como la resolverías?
25	Alumno	Sería 12 por 1 para el denominador y para el numerador es 23 por 1 es 23 y 12 por menos 3 es menos 36, quedaría a menos 13 doceavos como resultado.
26	Profesor	¡Clarines! Muy bien con eso terminamos. Tienes alguna otra duda en la que te pueda apoyar?
27	Alumno	No es es todo, gracias por su tiempo
28	Profesor	No hay de que ¡Nos vemos!



Frases del diálogo. Personalidad Centinela

Tabla 3.1: Frases del diálogo. Personalidad Centinela

Núm.	Persona	Frase
1	Alumno	Hola
2	Profesor	Hola buenas tardes, ¿en qué soy buena?
3	Alumno	Tenga duda en un problema
4	Profesor	¿en qué problema tienes duda?
5	Alumno	Es una ecuación de fracciones con multiplicación de fracciones y raíces cuadradas
6	Profesor	¿y cuál es tu duda?
7	Alumno	Donde empezar si el problema es $5(1/4)+(2/3)-9$
8	Profesor	Para resolver este problema necesitas conocer la ley de orden ¿la conoces?
9	Alumno	Si, primero se resuelven las raíces y exponente, después multiplicación y divisiones y al final sumas y restas. Entonces aquí voy a sacar primero raíz de 9?
10	Profesor	Es correcto, seguimos después con multiplicaciones y divisiones.
11	Alumno	Puedo pasar 5 enteros a cuartos o solamente hago la división sobre 1?
12	Profesor	Tienes dos opciones: 1. Multiplicar directo por 5, 2. Convertirlo a fracción y hacer la multiplicación de fracción que es directa Cualquiera de las dos opciones es correcta
13	Alumno	Da como resultado 5 cuartos?

Anexo C. Frases del diálogo. Personalidad Centinela

14	Profesor	Si, ahora siguen las sumas y restas
15	Alumno	¿Qué es primero, la suma o resta de fracciones?
16	Profesor	Como son de igual nivel puede ser cualquiera, es lo mismo.
17	Alumno	Para hacer la suma primero, ¿Qué hago?
18	Profesor	De acuerdo a lo que hemos visto en el libro para calcular el común denominador lo puedes hacer de forma directa, utilizas los denominadores de las dos fracciones que tienes posteriormente multiplica cruzado para sacar el numerador. Así que esta opción las puedes utilizar para para resolver esta operación.
19	Alumno	Que es 5 por 3 igual a 15 y es el 4 por 2 igual a 8. multiplicando los denominadores resulta 23 doceavos.
20	Profesor	Es correcto trata de sacar la mínima expresión dentro de la fracción. Si puede dividirse entre el mismo número tanto el numerador como el denominador, el denominador, puedes disminuirlo para utilizar números más pequeños.
21	Alumno	Se puede sacar pero sería 11, ah no perdón no es cierto
22	Profesor	Si no tiene mitad, ni tercera, cuarta, etc. Tanto el de arriba como el de abajo, se queda como está, sobre todo si son números primos.
23	Alumno	Sigue nuevamente una operación de fracciones, pero esta vez es resta que sería la última para terminar
24	Profesor	Así es, entonces, ¿cómo lo resolverías?
25	Alumno	Sería 12 por 1 para el denominador y para el numerador es 23 por 1 es 23 y 12 por menos 3 es menos 36, quedaría a menos 13 doceavos como resultado.
27	Alumno	No es es todo, gracias por su tiempo
26	Profesor	Correcto, si no se puede simplificar más se queda igual. ¿No sé si tengas alguna otra duda?
28	Profesor	No hay de que ¡Nos vemos!



Frasas del diálogo. Personalidad Diplomático

Tabla 4.1: Frases del diálogo. Personalidad Diplomático

Núm.	Persona	Frase
1	Alumno	Hola
2	Profesor	Hola buenas tardes en que te puedo ayudar?
3	Alumno	Tenga duda en un problema
4	Profesor	¿Qué tipo de operación es la que quieres resolver?
5	Alumno	Es una ecuación de fracciones con multiplicación de fracciones y raíces cuadradas
6	Profesor	Okay para empezar cuál es tu primer duda?
7	Alumno	Donde empezar si el problema es $5(1/4)+(2/3)-9$
8	Profesor	Para resolver este problema necesitas conocer la ley del orden, si la conoces? Si no la conoces no te preocupes yo te la puedo explicar
9	Alumno	Si, primero se resuelven las raíces y exponente, después multiplicación y divisiones y al final sumas y restas. Entonces aquí voy a sacar primero raíz de 9?
10	Profesor	Es correcto, seguimos después con multiplicaciones y divisiones.
11	Alumno	Puedo pasar 5 enteros a cuartos o solamente hago la división sobre 1?
12	Profesor	Puedes multiplicar directo por 5 o puedes también convertirlo a fracción y hacer la multiplicación de fracción que es directa

Anexo D. Frases del diálogo. Personalidad Diplomático

13	Alumno	Da como resultado 5 cuartos?
14	Profesor	Si es correcto, lo siguiente son sumas y restas
15	Alumno	¿Qué es primero, la suma o resta de fracciones?
16	Profesor	Es de igual nivel, puede ser cualquiera o las tres fracciones al mismo tiempo.
17	Alumno	Para hacer la suma primero, ¿Qué hago?
18	Profesor	Okay primero debes de considerar que se pueden realizar de diferentes maneras. Puedes hacer directo o sacarlo a través de una tabla. Para multiplicar directo solamente utilizas los denominadores de las dos fracciones que tienes posteriormente multiplica cruzado para sacar el numerador. Cualquiera de estas opciones las puedes utilizar para operaciones futuras que impliquen sumas o restas de fracciones.
19	Alumno	Que es 5 por 3 igual a 15 y es el 4 por 2 igual a 8. multiplicando los denominadores resulta 23 doceavos.
20	Profesor	Es correcto ahora trata de sacar la mínima expresión dentro de la fracción. Si puede dividirse entre el mismo número tanto el numerador como el denominador, el denominador, puedes disminuirlo para utilizar números más pequeños.
21	Alumno	Se puede sacar pero sería 11, ah no perdón no es cierto
22	Profesor	Si no tiene mitad, ni tercera, cuarta, etc. Tanto el de arriba como el de abajo, se queda como está, sobre todo si son números primos.
23	Alumno	Sigue nuevamente una operación de fracciones, pero esta vez es resta que sería la última para terminar
24	Profesor	Muy bien, como la resolverías?
25	Alumno	Sería 12 por 1 para el denominador y para el numerador es 23 por 1 es 23 y 12 por menos 3 es menos 36, quedaría a menos 13 doceavos como resultado.
26	Profesor	Correcto, si no se puede disminuir más se queda tal como esta. Tienes alguna otra duda en la que te pueda apoyar?
27	Alumno	No es es todo, gracias por su tiempo
28	Profesor	Si de nada, hasta luego

Expresiones Faciales



Figura 5.1:
Expresión facial con
el identificador F0

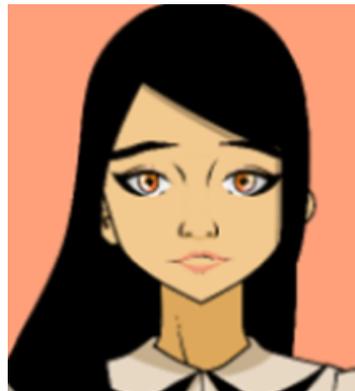


Figura 5.2:
Expresión facial con
el identificador F1

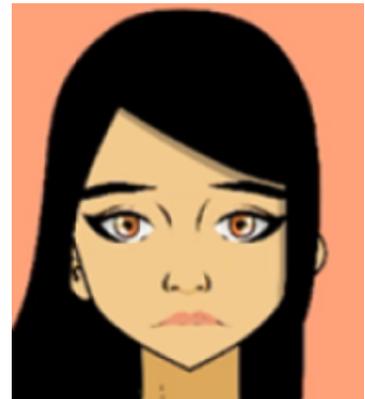


Figura 5.3:
Expresión facial con
el identificador F2



Figura 5.4:
Expresión facial con
el identificador F3



Figura 5.5:
Expresión facial con
el identificador F4

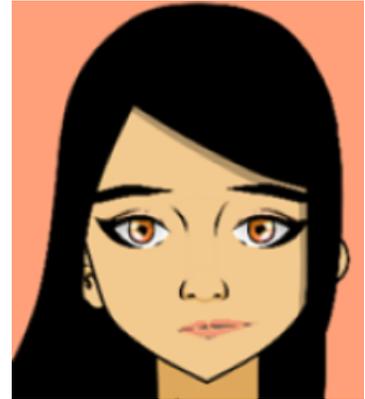


Figura 5.6:
Expresión facial con
el identificador F5

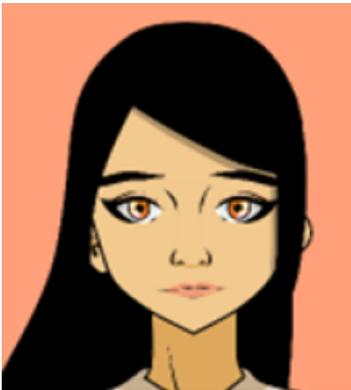


Figura 5.7:
Expresión facial con
el identificador F6

Expresiones Corporales



Figura 6.1:
Expresión postural
con identificador P0



Figura 6.2:
Expresión postural
con identificador P1



Figura 6.3:
Expresión postural
con identificador P2



Figura 6.4:
Expresión postural
con el identificador
P3

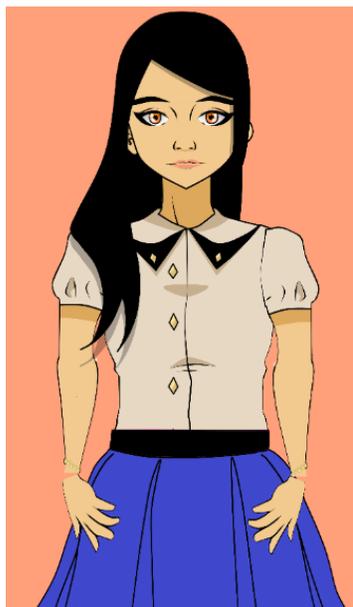


Figura 6.5:
Expresión postural
con el identificador
P4



Figura 6.6:
Expresión postural
con el identificador
P5



Figura 6.7:
Expresión postural
con el identificador
P6



Figura 6.8:
Expresión postural
con el identificador
P7



Figura 6.9:
Expresión postural
con el identificador
P8



Figura 6.10:
Expresión postural
con el identificador
P9



Figura 6.11:
Expresión postural
con el identificador
P10



Figura 6.12:
Expresión postural
con el identificador
P11



Figura 6.13:
Expresión postural
con el identificador
P12



Figura 6.14:
Expresión postural
con el identificador
P13



Figura 6.15:
Expresión postural
con el identificador
P14



Implementación en Python

Load Corpus

```
1 #MODULO CARGA DE CONOCIMIENTO
2
3 import pandas as pd
4 import numpy as np
5 import random as ra
6
7 def cargadatos (archivo, hoja, i, f):
8     cargaarchivo=pd.ExcelFile(archivo) #Cargar archivo excel
9     cargarhoja=cargaarchivo.parse(hoja) #Especificar hoja excel
10    pos=cargarhoja.iloc[:, range(i, f)]
11    matrizdatos=np.matrix(pos)
12
13    return matrizdatos
```

```
14
15 def dataframe (archivo, hoja, i, f) :
16     dfarchivo=pd.ExcelFile (archivo)
17     dfhoja=dfarchivo.parse (hoja)
18     df=dfhoja.iloc[:, range (i, f) ]
19
20     return df
```

Listing G.1: Código módulo Load Corpus

Get Behaviour

```
1 import random as ra
2 def get_emotion (res, listem) :
3     TOTEM=[]
4     TOTEM.append (listem.iloc [res, 0]) #cuatro posibles emociones
5     TOTEM.append (listem.iloc [res, 1])
6     TOTEM.append (listem.iloc [res, 2])
7     TOTEM.append (listem.iloc [res, 3])
8     indem=max (TOTEM) #selecciona el valor mayor
9     #print ("indem= ", indem)
10    mfem=[] #crear vector mfem
11    for yem in range (0, 4) : #ciclo para recorrer vector de TOTEM
12        if TOTEM [yem]==indem: #condicional para comparar si el valor de
13            TOTEM en la posición yem sea igual al valor máximo de TOTEM
14            mfem.append (yem)
15    resem=ra.choice (mfem) #si hay más de 1 se selecciona al azar una de
16    las emociones representativas
17    print ("Emocion", resem)
18    return resem # emocion
19
20 def get_context (res, listcontext) :
```

```
19 TOTCONTEXT=[]
20 TOTCONTEXT.append(listcontext.iloc[res,0]) # Social Context
21 TOTCONTEXT.append(listcontext.iloc[res,1]) # Historic Context
22 TOTCONTEXT.append(listcontext.iloc[res,2]) # Cultural Context
23 TOTCONTEXT.append(listcontext.iloc[res,3]) # Educational Context
24 indcont=max(TOTCONTEXT) #selecciona el valor mayor
25 mfcont=[] #crear vector mfcont
26 for yem in range(0,4): #ciclo para recorrer vector de TOTCONTEXT
27     if TOTCONTEXT[yem]==indcont:
28         mfcont.append(yem)
29 context=ra.choice(mfcont)
30
31 return context # contexto
32
33 def get_perso(res, listperso):
34     TOTPERSO=[]
35     TOTPERSO.append(listperso.iloc[res,0]) # Social Context
36     TOTPERSO.append(listperso.iloc[res,1]) # Historic Context
37     TOTPERSO.append(listperso.iloc[res,2]) # Cultural Context
38     TOTPERSO.append(listperso.iloc[res,3]) # Educational Context
39     indperso=max(TOTPERSO) #selecciona el valor mayor
40     mfperso=[] #crear vector mfcont
41     for yem in range(0,4): #ciclo para recorrer vector de TOTCONTEXT
42         if TOTPERSO[yem]==indperso:
43             mfperso.append(yem)
44     personality=ra.choice(mfperso)
45
46     return personality # personality
47
48 def get_intention(res, listinten):
49     TOTINT=[]
50     TOTINT.append(listinten.iloc[res,0]) # Sorry
```

```
51 TOTINT.append(listinten.iloc[res,1]) # Complain
52 TOTINT.append(listinten.iloc[res,2]) # Sentimental expression
53 TOTINT.append(listinten.iloc[res,3]) # Attitudes
54 TOTINT.append(listinten.iloc[res,4]) # Affirmation
55 TOTINT.append(listinten.iloc[res,5]) # Statement
56 TOTINT.append(listinten.iloc[res,6]) # Explanation
57 TOTINT.append(listinten.iloc[res,7]) # Report
58 TOTINT.append(listinten.iloc[res,8]) # Suggestion
59 TOTINT.append(listinten.iloc[res,9]) # Petition
60 TOTINT.append(listinten.iloc[res,10]) # Question
61 TOTINT.append(listinten.iloc[res,11]) # Order
62 TOTINT.append(listinten.iloc[res,12]) # Mandate
63 TOTINT.append(listinten.iloc[res,13]) # Baptize
64 TOTINT.append(listinten.iloc[res,14]) # Inaugurate
65 TOTINT.append(listinten.iloc[res,15]) # Name
66 TOTINT.append(listinten.iloc[res,16]) # Dismiss
67 TOTINT.append(listinten.iloc[res,17]) # Promise
68 TOTINT.append(listinten.iloc[res,18]) # Oath
69 TOTINT.append(listinten.iloc[res,19]) # Offer
70 TOTINT.append(listinten.iloc[res,20]) # Threat
71
72 indint=max(TOTINT) #selecciona el valor mayor
73 mfint=[] #crear vector mfint
74 for yem in range(0,21): #ciclo para recorrer vector de TOTCONTEXT
75     if TOTINT[yem]==indint:
76         mfint.append(yem)
77 intention=ra.choice(mfint)
78
79 return intention
```

Listing G.2: Código módulo Get Behaviour

Select Phrase

```

1 import random as ra
2
3 #MODULO SELECCION DE FRASE
4 def search_phrase (valor, filasb, datb,filas, columnas, columnasb, a, b,
5     w, q, p, v, dat):
6     imput_user=valor
7     fib=0
8     while fib<filasb:
9         if (str(datb[fib])) == imput_user:
10
11             fi=0
12             TOT=[]
13
14             #funcion seleccion de frase
15
16             while fi < filas:
17                 co=1
18                 cob=1
19                 C=0 #concordancia
20                 D=[] #discordancia
21
22                 while co <= columnas and cob <= columnasb:
23                     A=a[fi,co] #seleccion de celda
24                     co=co+1
25                     B=b[fib,cob] #seleccion de celda
26                     cob=cob+1
27
28                 #concordancia
29                 if A+q >= B : cc=1
30                 elif A+p < B : cc=0
31                 else: cc = (A-B+p) / (p-q)

```

```

31         CC=CC*w
32         C=C+cc
33
34         #discordancia
35         if B <= A+p : dc=0
36         elif B > A+v : dc=1
37         else: dc = (B-A-p) / (v-p)
38         dc=1-dc
39         D.append(dc)
40
41         fi=fi+1
42         _D= min(D)
43         IC=C*_D #indice de credibilidad
44         TOT.append(IC)
45         print("Vector expresi n Verbal",TOT)
46         ind= max(TOT) #Se va llenando el vector TOT de acuerdo al
47         indice de credibilidad
48         #print(ind)
49         mf=[] #se crea el vector mf para seleccionar la respuesta
50         for y in range(0, filas): #ciclo para recorrer las
51         posibles respuestas de Mathybot
52             if TOT[y]==ind: #condicional para comparar si
53             el valor de TOT en la posici n y sea igual al valor m ximo de TOT
54                 mf.append(y)
55             res=ra.choice(mf) #si hay m s de una respuestas
56             con el mismo valor, se selecciona una al azar
57
58             print('Agente: ' + str(dat[res])) #imprime respuesta
59             seleccionada
60
61         return res
62     else:

```

```
57 fib=fib+1
```

Listing G.3: Código módulo Load Corpus

Select Kinesic

```

1
2 def select_kinesic (valor, filاسب, datb,filas, columnas, columnاسب, a, b,
3     w, q, p, v, dat):
4     imput_user=valor
5     fib=0
6     while fib<filاسب:
7         if (str(datb[fib])) == imput_user:
8             fi=0
9             TOT=[]
10
11             #funcion seleccion de frase
12
13             while fi < filas:
14                 co=1
15                 cob=1
16                 C=0 #concordancia
17                 D=[] #discordancia
18
19                 while co <= columnas and cob <= columnاسب:
20                     A=a[fi,co] #seleccion de celda
21                     co=co+1
22                     B=b[fib,cob] #seleccion de celda
23                     cob=cob+1
24
25                 #concordancia

```

```

26         if A+q >= B : cc=1
27         elif A+p < B : cc=0
28         else: cc = (A-B+p) / (p-q)
29         CC=CC*w
30         C=C+cc
31
32     #discordancia
33         if B <= A+p : dc=0
34         elif B > A+v : dc=1
35         else: dc = (B-A-p) / (v-p)
36         dc=1-dc
37         D.append(dc)
38
39         fi=fi+1
40         _D= min(D)
41         IC=C*_D #indice de credibilidad
42         TOT.append(IC)
43
44     #fib=fib+1
45     print("Vector Expresión No verbal", TOT)
46     ind= max(TOT) #Se va llenando el vector TOT de acuerdo al
47     indice de credibilidad
48     mf=[] #se crea el vector mf para seleccionar la respuesta
49     for y in range(0, filas): #ciclo para recorrer las
50     posibles respuestas de Mathybot
51         if TOT[y]==ind: #condicional para comparar si
52         el valor de TOT en la posición y sea igual al valor máximo de TOT
53             mf.append(y)
54             posges=ra.choice(mf)
55             ges=dat[posges]
56
57     return ges

```

```

55     else:
56         fib=fib+1

```

Listing G.4: Código módulo Select Kinesic

MOD

```

1 from flask import Flask, jsonify, render_template
2 import random as ra
3 from LoadCorpus import archivodat, datoslocales,per, columnas, filasb,
   datb, filas, columnasb, a,b,dat,listem, listpersonality, listinten,
   filakinesic,columnakinesic,datagkinesic, filaspos, columpos, apost,
   datpost, filasfaci, columfaci,datfaci,afaci
4 from GetBehavior import get_context, get_emotion, get_intention,
   get_perso
5 from SelectKinesic import select_kinesic
6 from SelectPhrase import search_phrase
7
8
9 app=Flask(__name__) #Framework Flask permite llamar al Chatbot.html
10
11
12 ##### MODELO DEL INDIVIDUO #####
13 print('<< MODELO PARA LA SELECCION DE FRASES >>') #Imprimir titulo
14
15 # -PESOS Y UMBRALES (decisor neutro++)
16 w= 1/columnas #peso
17 q=0.125 #indiferencia
18 p=0.25 #preferencia
19 v=0.51 #veto
20 #modeloindividuo=np.array([w,q,p,v])
21

```

```
22
23 ##### WAIT FOR USER INTERACTION #####
24 @app.route('/') #cuando llegue una petición GET a través de la raíz, va a
    iniciar el procedimiento llamado "home()"
25 def home():
26     return render_template("ChatBot2020CuerpoMod3.html") # aquí se llama a
    nuestro HTML para ser mostrado en el buscador
27
28 @app.route('/personalidad/<valor>')
29 def selper(valor):
30     global per
31     per=valor
32     #print("valorperso",per)
33     archivoexc, hpost, hfac=archivodat(per) #si activo esta, meter todo
    lo que esta en loadcorpus en una función
34     global columnas, filasb, datb, filas, columnasb, a,b,dat,listem,
    listpersonality, listinten, filakinesic,columnakinesic,datagkinesic,
    filaspos, columpos, apost,datpost, filasfaci, columfaci,datfaci,afaci
35     columnas, filasb, datb, filas, columnasb, a,b,dat,listem,
    listpersonality, listinten, filakinesic,columnakinesic,datagkinesic,
    filaspos, columpos, apost,datpost, filasfaci, columfaci,datfaci,afaci=
    datoslocales(archivoexc, hpost, hfac)
36     #print("selper3", dat) #verificar datos de mathybot en selper
37     return per
38
39 @app.route('/usuario/<valor>') # cuando llega la petición GET que creamos
    dentro del HTML se manda a ejecutar el
40 def ori(valor): # proceso "ori(valor)" donde valor se
    obtiene desde "<valor>" de la URL
41     print(valor)
42
```

```
43     phrase=search_phrase(valor,filasb, datb,filas, columnas, columnasb, a
, b, w, q, p, v, dat)
44     #selecgesto=select_kinesic (valor, filasb, dat, filasges, columges,
columnakinesic, agest, datagkinesic, w, q, p, v, datgest)
45     emotion=get_emotion(phrase,listem)
46     personality=get_perso(phrase, listpersonality)
47     intention=get_intention(phrase, listinten)
48
49     selecpost=select_kinesic (valor, filasb,datb, filaspos, columnpos,
columnakinesic,apost, datagkinesic, w, q, p, v, datpost)
50     selecfaci=select_kinesic (valor, filasb, datb, filasfaci, columfaci,
columnakinesic, afaci, datagkinesic, w, q, p, v, datfaci)
51
52     #print("Emocion",emotion)
53     #print("Contexto",context)
54     print("Intenci n",intention)
55     print("Postura ", selecpost)
56     print("Facial ", selecfaci)
57     #print("personalidad", personality)
58
59     return jsonify({ "respuesta": str(dat[phrase]), "selecfaci": str(
selecfaci), "selecpost": str(selecpost), "emotion": str(emotion), "
intention": str(intention), "personality": str(personality)})
60
61 if __name__ == '__main__':
62     app.run(debug=True, port=5000)
```

Listing G.5: Código módulo Answer to user