



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. GUZMÁN**

**Tesis**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**TEMA:**

**Modelado de teorías de regulación emocional en  
una arquitectura computacional de emociones**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**PRESENTA:**

**ING. JUAN JOSÉ SOLÓRZANO CARRILLO**

**ASESORES:**

**DRA. ROSA MARÍA MICHEL NAVA**

**DR. JUAN CRISÓFORO MARTÍNEZ MIRANDA**

**CD. GUZMÁN JALISCO, MÉXICO, AGOSTO DE 2022**



Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Ciudad Guzmán, **15/agosto/2022**  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
Asunto: Autorización de impresión de Tesis

**JUAN JOSÉ SOLORZANO CARRILLO**  
**CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**  
**PRESENTE**

De acuerdo con los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México y las disposiciones en este Instituto, habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora realizó con respecto a su Trabajo de Tesis titulado **“Modelado de teorías de regulación emocional en una arquitectura computacional de emociones”**, la División de Estudios de Posgrado e Investigación de este Instituto, concede la Autorización para que proceda a la impresión del mismo.

Sin otro particular, quedo de Usted.

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica*  
“2022, AÑO DEL CINCUENTA ANIVERSARIO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD GUZMÁN”



**MARÍA GUADALUPE SÁNCHEZ CERVANTES**  
**JEFA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

ccp. Archivo  
CRM/MGSS/megg



<https://cdguzman.tecnm.mx/sgcitcg/>  
Av. Tecnológico #100 C.P. 49100 Ciudad Guzmán, Jal. Tel. (341) 5752050  
tecnm.mx | cdguzman.tecnm.mx



*DEDICADA A MI PADRE, Y A LA MEMORIA DE MI MADRE.  
ELLOS FUERON LA BASE PARA PODER LLEGAR A SER  
QUIEN SOY AHORA.*

# Agradecimientos

A mis padres, por estar siempre presentes cuando más lo necesité. A mi padre por todos sus sabios consejos. A mi madre por su amor eterno e infinita comprensión.

A mis profesores, por sus enseñanzas, las cuales me ayudaron a enfrentar los retos a lo largo de este camino, y que en verdad colaboraron para mi formación académica y profesional.

A mis hermanos, por su confianza en mí, por apoyarme siempre en las empresas que me propongo.

A mis amigos, que han resultado ser mucho más que sólo eso, por la experiencia de pertenecer a un grupo de amigos y siempre contar con su apoyo y brindarme su tiempo.

A mis directores de tesis, Dr. Juan Martínez Miranda y Dra. Rosa María Michel Nava, quienes con su paciencia, conocimiento, y dedicación, me guiaron en la realización de la presente tesis. Agradezco no sólo por haberme acompañado en este largo proceso, siempre guiándome con sus sabios consejos, sino, sobre todo, por haber despertado en mí el interés de siempre continuar aprendiendo. Gracias por sus consejos y por todo el apoyo brindado.

Al Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán por el respaldo y por brindarme las enseñanzas durante este largo camino.

Al *CONACYT* por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios de maestría.

# Resumen

Las emociones son parte fundamental de la interacción social entre las personas, reflejan el estado interno de cada individuo y nos permiten interpretar lo que ocurre a nuestro alrededor. Lloramos cuando estamos heridos, reímos cuando estamos felices, las emociones gobiernan nuestros pensamientos y dan forma a nuestro comportamiento, por lo que si todos podemos identificar, comprender y manejar nuestras emociones de manera positiva, podremos relacionarnos mejor con los demás, vivir una vida más plena y superar los desafíos de manera positiva gestionando mejor el estrés. Pero cuando reaccionamos demasiado rápido, y nos dejamos guiar únicamente por nuestras emociones, o actuamos de acuerdo a las emociones equivocadas, solemos tomar decisiones de las que luego podemos lamentarnos. Existen diferentes estrategias que un individuo puede utilizar para mantener, disminuir o aumentar la intensidad de las emociones deseadas, o incluso cambiar el tipo de emoción generada ante un acontecimiento con la finalidad de alcanzar algún objetivo. En este sentido, el proceso de regulación emocional tiene como fin último, mantener en un nivel óptimo las emociones deseadas, y disminuir las emociones no deseadas. Uno de los modelos de regulación emocional ampliamente aceptado, es el modelo modal propuesto por el psicólogo *James J. Gross*.

En el campo de la interacción hombre-máquina, los sistemas computacionales relacionados con las emociones humanas ha experimentado un enorme crecimiento en el desarrollo e investigación en los últimos 50 años, este crecimiento ha permitido una amplia implementación en diferentes sistemas que preparan a los usuarios con el propósito de mejorar la experiencia en la interacción entre el humano y la computadora.

Debido a esto, el modelado de los procesos afectivos en sistemas artificiales ha presentado un aumento significativo en los últimos 10 años, principalmente en los sistemas artificiales que contribuyen a generar comportamientos más creíbles en los sistemas interactivos, como los agentes virtuales conversacionales personificados. Los modelos computacionales para la regulación emocional, como el que se describe en este trabajo de tesis, puede ser usado con diferentes propósitos, por ejemplo, en el campo de la Inteligencia Artificial (*IA*); realidad virtual; robótica o en la industria de los videojuegos.

El presente trabajo describe un modelo computacional de regulación de emociones basado en la teoría de *J.J. Gross* la cual propone cinco estrategias de regulación emocional. Además, el modelo propuesto considera las diferencias individuales en la implementación de cada estrategia de regulación a partir de los cinco tipos de personalidad tomados de los cinco grandes rasgos (*Big-Five*). La implementación de este modelo y su integración con una arquitectura computacional de emociones existente se describe en detalle y se presentan los resultados iniciales a partir de un conjunto de simulaciones representando un escenario interactivo entre agentes conversacionales personificados.

# Abstract

Emotions are a fundamental part of social interaction between people, they reflect the internal state of each individual and allow us to interpret what is happening around us. We cry when we are sad, we laugh when we are happy, emotions govern our thoughts and shape our behavior, so if we can all identify, understand and manage our emotions in a positive way, we will be able to relate better to others, live a more pleasant life and overcome challenges positively with a better management of the stress. But when we react too quickly, relying solely on our emotions, or acting based on the wrong emotions, we often make decisions that we would later regret. There are different strategies that an individual can use in order to maintain, decrease or increase the desired emotions in order to achieve their goals. In this sense, the process of emotional regulation has the ultimate goal of maintaining desired emotions at an optimal level and reducing unwanted emotions. One of the widely accepted emotion regulation models is the modal model proposed by psychologist *James J. Gross*.

In the field of human-computer interaction, computational systems related to human emotions have experienced enormous growth in development and research during the last 50 years. This growth has allowed a wide implementation in different systems that address users with the purpose of improving the experience in the interaction between the human and the computer.

Due to this, the modeling of affective processes in artificial systems has presented a significant increasing in the last 10 years, mainly in artificial systems that contribute to generate more credible behaviors in interactive systems, such as the embodied conversational agents (ECAs). Computational models of emotion regulation, such as the one described in this thesis, can be used for different applications such as in the field of Artificial Intelligence (*AI*); virtual reality; robotics or in the video game industry.

The present work describes a computational model of emotion regulation based on the theory of *J.J. Gross* which proposes five emotional regulation strategies. In addition, the proposed model considers the individual differences in the implementation of each emotion regulation strategy based on the five personality types taken from the *Big-Five* model. The implementation of this model and its integration with an existing computational architecture of emotions are described in detail, and the initial results are presented from a set of simulations representing an interactive scenario between different embodied conversational agents.

# Índice general

Dedicatoria . . . . .	I
Agradecimientos . . . . .	II
Resumen . . . . .	III
Abstract . . . . .	IV
Lista de figuras . . . . .	VII
Lista de tablas . . . . .	VIII
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Definición del problema . . . . .	2
1.2. Preguntas de investigación . . . . .	3
1.2.1. Principal . . . . .	3
1.2.2. Auxiliares . . . . .	3
1.3. Justificación . . . . .	3
1.4. Objetivos . . . . .	3
1.4.1. Objetivo general . . . . .	3
1.4.2. Objetivos específicos . . . . .	3
1.5. Hipótesis de investigación . . . . .	4
1.6. Organización de la tesis . . . . .	4
<b>2. Fundamento teórico</b>	<b>6</b>
2.1. Teorías de generación emocional . . . . .	6
2.2. Teoría de Regulación Emocional ( <i>RE</i> ) . . . . .	7
2.3. Diferencias individuales: Rasgos de Personalidad . . . . .	9
2.4. Arquitecturas computacionales de emociones . . . . .	10
<b>3. Estado del arte</b>	<b>12</b>
3.1. Modelado de teorías de regulación emocional en arquitecturas computacionales. . . . .	12
3.2. Arquitecturas computacionales de regulación emocional basadas en el modelo propuesto por James J. Gross . . . . .	14
3.2.1. Modelos computacionales que utilizan el lenguaje de modelado <i>LEADSTO</i> . . . . .	15
3.2.2. Modelos computacionales que implementan diferencias individuales . . . . .	27
<b>4. Metodología</b>	<b>38</b>
4.1. Generación de emociones . . . . .	40
4.1.1. Arquitectura computacional FATiMA ( <i>Fearnot AffecTIve Mind Architecture</i> ) . . . . .	40
4.1.2. Componentes principales de FATiMA . . . . .	40
4.2. Modelo de regulación emocional . . . . .	44
4.2.1. Diseño del modelo de regulación emocional . . . . .	46
4.2.2. Rasgos de personalidad . . . . .	46
4.3. Implementación del modelo de regulación emocional . . . . .	51
4.3.1. Arquitectura computacional de regulación de emociones . . . . .	52



4.3.2.	Componentes principales de la arquitectura de regulación emocional propuesta	53
4.3.3.	Implementación de los tipos personalidad	55
4.3.4.	Implementación de las estrategias de regulación emocional	60
4.3.5.	Configuración de la arquitectura de regulación emocional	64
<b>5.</b>	<b>Resultados</b>	<b>83</b>
5.1.	Consideraciones preliminares	83
5.2.	Definición del escenario de prueba	83
5.3.	Configuración del escenario para las simulaciones	86
5.4.	Gráficas y resultados	89
<b>6.</b>	<b>Conclusiones y trabajo futuro</b>	<b>98</b>
6.1.	Conclusiones	98
6.2.	Trabajo futuro	99
	<b>Referencias</b>	<b>100</b>

# Índice de figuras

4.1.	<i>Esquema de la arquitectura de regulación emocional. A) Integración del modelo propuesto en FAtiMA. B) Componentes del modelo de regulación emocional.</i>	45
4.2.	<i>Funciones de membresía para definir los tipos de personalidad.</i>	56
4.3.	<i>Funciones de membresía para definir las estrategias de regulación emocional por aplicar.</i>	57
4.4.	<i>Diagrama del Sistema de Inferencia Difuso.</i>	57
4.5.	<i>Diagrama de flujo para representar la implementación de las estrategias de regulación emocional.</i>	61
4.6.	<i>Gráfica de la función <math>f_1</math>. (variable de valoración vs. personalidad).</i>	74
4.7.	<i>Gráfica de la función <math>f_2</math>. (variable de valoración vs. personalidad).</i>	75
4.8.	<i>Gráfica de la función <math>f_2</math> (Intensidad emocional permitida vs. valor promedio final de valoración).</i>	77
5.1.	<i>Gráfica comparativa para el rasgo de personalidad Openness (factor -O).</i>	90
5.2.	<i>Gráfica comparativa para el rasgo de personalidad Conscientiousness (factor -C).</i>	91
5.3.	<i>Gráfica comparativa para el rasgo de personalidad Extraversion (factor -E).</i>	92
5.4.	<i>Gráfica comparativa para el rasgo de personalidad Agreeableness (factor -A).</i>	93
5.5.	<i>Gráfica comparativa para el rasgo de personalidad Neuroticism (factor -N).</i>	94
5.6.	<i>Gráfica comparativa para los 5 rasgos de personalidad.</i>	95

# Índice de tablas

4.1.	<i>Correlación, tipos de personalidad y estrategias de regulación emocional (tomada de: John &amp; Gross (2007))</i> . . . . .	48
4.2.	<i>Matriz de correlación de tipos de personalidad y estrategias de regulación emocional (tomada de: Purnamaningsih (2017))</i> . . . . .	50
4.3.	<i>Correlación, tipos de personalidad y estrategias de regulación emocional</i> . . . . .	50
5.1.	<i>Rasgos de personalidad definidos para las simulaciones: 1, 2 y 3.</i> . . . . .	86
5.2.	<i>Rasgos de personalidad definidos para las simulaciones: 4 y 5.</i> . . . . .	87

# Capítulo 1

## Introducción

Dentro del área de la inteligencia artificial y de la interacción hombre-máquina, un concepto ampliamente utilizado es el de los agentes artificiales. Para Russell y Norvig, un agente es cualquier ente capaz de percibir su entorno y actuar en él con ayuda de sensores y actuadores Russell & Norvig (2004). Así mismo, Wooldridge & Jennings (1995) proponen un conjunto de características que un agente inteligente debe implementar y son las siguientes:

- **Autonomía:** un agente inteligente debe operar sin la intervención de un humano o de otro agente.
- **Habilidades sociales:** debe de tener la capacidad de interactuar con otros agentes por medio de algún tipo de comunicación específica.
- **Reactividad:** el agente puede percibir su entorno y responder a los cambios que ocurren en él para facilitar la consecución de sus metas.
- **Proactividad:** además de percibir y actuar en respuesta a los cambios de su entorno, un agente debe de ser capaz de ejecutar acciones por iniciativa propia para alcanzar sus metas.

En años recientes, estas características de los agentes inteligentes han propiciado su aplicación en diferentes áreas dentro de la interacción hombre-máquina para obtener sistemas interactivos con mejores capacidades. Por ejemplo, los asistentes personales de *Google Assistant* o *Alexa de Microsoft* son considerados agentes inteligentes, dado que implementan las características arriba mencionadas para ayudar a los usuarios en búsquedas por Internet o servicios de domótica mediante comandos de voz. Estos asistentes o agentes conversacionales establecen una forma de interacción con los usuarios más natural (en términos de comunicación humana) y mejoran la experiencia del usuario al interactuar con ellos.

Existe otra variante de este tipo de agentes, los cuales se presentan de manera visual ante el usuario con una apariencia humana, lo que les permite generar movimientos corporales, expresiones faciales y comandos de voz, obteniendo una interacción más realista al utilizar una comunicación verbal y no verbal. Este tipo de agentes son conocidos como agentes virtuales conversacionales (consultar, Bickmore & Cassell (2000) y André & Pelachaud (2010)).

Dadas sus características avanzadas de interacción con el usuario, estos agentes se han utilizado en aplicaciones de diversos sectores. Inicialmente, se utilizaron en el área educativa con objetivos de aprendizaje (ver, Core et al. (2006), y Marsella et al. (2000)), también se han utilizado para el entretenimiento, por ejemplo, en los videojuegos, al crear oponentes para el jugador o narradores de historias (ver, Kougioumtzis et al. (2011)). Además, estos agentes han mostrado su utilidad y beneficios en áreas tales como en el sector salud (consultar, Martínez-Miranda (2017)), en el sector turístico (consultar, Kopp et al. (2005)) y en el contexto de atención al cliente (consultar, Gnewuch et al. (2017)).

El componente que genera el comportamiento cognitivo y emocional de estos agentes durante la interacción con el usuario es el modelo o arquitectura computacional de emociones subyacente (ver, Dias et al. (2014)). Estas arquitecturas proveen al agente con capacidades de generar respuestas emocionales, las cuales son expresadas mediante la comunicación verbal y no verbal. El objetivo último de expresar diversos estados emocionales es conseguir que los agentes tengan un comportamiento más realista y resulten más creíbles y atractivos para el usuario.

Actualmente, existen diversas arquitecturas computacionales de emociones basadas en diferentes teorías psicológicas y de las ciencias cognitivas que estudian los procesos afectivos (ver, Marsella et al. (2000), y Bosse et al. (2014)). Uno de los procesos afectivos que se ha tomado poco en cuenta en las arquitecturas computacionales de emociones existentes de manera explícita y que tome en cuenta las diferencias individuales existentes, es el proceso de regulación emocional. En la psicología moderna este proceso emocional es considerado un aspecto relevante debido a que forma parte del contexto de la generación del comportamiento humano Gross & Feldman Barrett (2011) (Gross y Feldman Barrett, 2011a).

En el presente trabajo se han modelado diferentes estrategias de regulación emocional en una arquitectura computacional, la cual podrá ser utilizada para crear agentes virtuales con la capacidad de generar reacciones emocionales que muestren un nivel de empatía adecuado al contexto de aplicación y una mejor interacción ante diferentes tipos de usuarios. Para esto se tomaron en cuenta las teorías actuales existentes sobre el proceso de regulación de emociones y se identificaron cada una de las características más relevantes de estas teorías con el propósito de seleccionar los componentes apropiados que puedan representarse en términos computacionales. Asimismo, se implementaron los algoritmos necesarios que permiten simular el proceso de regulación de emociones, tomando en cuenta diferencias individuales tales como los distintos tipos de personalidad existentes.

## 1.1. Definición del problema

En los últimos años, una gran cantidad de sistemas computacionales de interacción, y particularmente los agentes virtuales conversacionales, utilizan arquitecturas o modelos computacionales basados en diferentes teorías de generación emocional. Sin embargo, estos modelos computacionales existentes normalmente no representan de manera explícita el proceso de regulación emocional y las diferencias individuales que influyen en este proceso. Por tal motivo, la implementación de agentes virtuales conversacionales sin capacidades explícitas de regulación emocional, en determinadas áreas de aplicación, podría resultar inadecuada.

Un ejemplo de los contextos de aplicación en el cual se requiere que los agentes virtuales conversacionales sean capaces de regular sus emociones durante la interacción con el usuario, es en el ámbito clínico y concretamente en el área de la salud mental. Los agentes empleados en psicoterapia como ayuda complementaria al tratamiento de trastornos de salud mental implementan arquitecturas de generación emocional, sin implementar de manera explícita el proceso de regulación emocional (ver, van der Ham et al. (2014)). A causa de esto, cuando se pretende que el agente empatice con el paciente con propósitos clínicos, éste expresa un tipo de empatía conocida como “empatía natural” (ver, Clark (2014)), la cual es el tipo de empatía experimentada por las personas en situaciones cotidianas. Sin embargo, éste no es precisamente el comportamiento empático necesario para este contexto, debido a que al mostrar tal comportamiento empático “puramente emocional”, el agente adoptará el estado de ánimo típicamente negativo del paciente y en términos terapéuticos tal efecto podría ser contraproducente van der Ham et al. (2014).

## 1.2. Preguntas de investigación

### 1.2.1. Principal

- *¿Es posible generar en sistemas artificiales, comportamientos más similares al comportamiento humano en contextos específicos (por ejemplo, en escenarios con una gran carga emocional) a partir de modelar los antecedentes y consecuencias de las diferentes etapas y estrategias relacionadas con el proceso afectivo de regulación de emociones?*

### 1.2.2. Auxiliares

- *¿Cuáles son los principales componentes y mejores estrategias para modelar de manera computacional los eventos, procesos cognitivos y acciones asociadas a los procesos afectivos de generación y regulación de emociones?*
- *¿Existen diferencias significativas en las respuestas emocionales entre los agentes que utilizan el modelo de regulación emocional propuesto y los agentes que no implementan este modelo?*

## 1.3. Justificación

Por lo que se menciona anteriormente, la motivación para llevar a cabo el presente trabajo, es investigar los efectos de implementar una teoría de regulación emocional en una arquitectura computacional que permita la creación de agentes virtuales que generen reacciones empáticas adecuadas al contexto de aplicación y generar una herramienta computacional que no sólo implemente el proceso de generación, sino también el proceso de regulación emocional. De este modo, se podrá generar un comportamiento más similar al humano en los agentes artificiales y ofrecer mejores tipos de interacción hombre-máquina en los diferentes contextos donde se pretendan implementar estos agentes. Además, se espera que la arquitectura propuesta esté disponible como software libre para investigadores y desarrolladores que necesiten implementar en agentes virtuales los procesos emocionales estudiados y modelados en la arquitectura computacional desarrollada.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Desarrollar una arquitectura computacional de regulación de emociones que facilite la creación de agentes virtuales con un comportamiento empático y coherente de acuerdo al contexto de la aplicación. Esta arquitectura estará basada en un conjunto de algoritmos y módulos computacionales capaces de modelar de manera abstracta los componentes principales identificados en la literatura relacionados con la generación y regulación de emociones, tomando en cuenta diferencias individuales tales como tipos de personalidad y su influencia en el comportamiento humano. La arquitectura computacional desarrollada será utilizada para validar los diferentes comportamientos emocionales de un agente en función al tipo de personalidad configurado, y a las estrategias de regulación emocional implementadas.

### 1.4.2. Objetivos específicos

1. Estudiar e identificar los componentes básicos involucrados en la generación y regulación de emociones a partir de teorías psicológicas y cognitivas existentes en la literatura actual.

2. Representar abstractamente estos componentes y sus relaciones con comportamientos complejos mediante el diseño e implementación de módulos y algoritmos basados en conceptos y técnicas de inteligencia artificial (p. ej. modelos *BDI* –*Believe, Desire, Intention*– para la representación de las metas, deseos y/o acciones que influyen y son influidas por los procesos emocionales generados; lógica difusa para la representación de los diferentes estados emocionales; o sistemas de inferencia y otras técnicas de inteligencia artificial para implementar las acciones reactivas y deliberativas asociadas a los estados emocionales).
3. Integrar estos módulos y algoritmos en una arquitectura computacional genérica de regulación de emociones que permita evaluar el comportamiento emocional de diferentes agentes con diferentes tipos de personalidad. La evaluación del comportamiento emocional de cada agente se llevará a cabo a través de la implementación de diferentes escenarios de prueba. A través de esta arquitectura computacional genérica de regulación de emociones será posible configurar diferentes tipos de personalidad en un agente, así como configurar la información necesaria para representar las estrategias de regulación emocional dentro de un escenario y obtener como resultado de estas configuraciones, los estados afectivos de un agente y el comportamiento derivado del proceso de regulación emocional.
4. Evaluar la arquitectura propuesta simulando diferentes eventos en un mismo escenario. Estos eventos deben configurarse para provocar emociones de diferentes tipos e intensidades en el agente. Además, para estas simulaciones se deberán de configurar agentes con diferentes tipos de personalidad para comprobar si el comportamiento emocional de cada agente varía según el tipo de personalidad configurado.

## 1.5. Hipótesis de investigación

*“La inclusión de un modelo de regulación de emociones, tomando en cuenta diferentes tipos de personalidad de acuerdo con teorías psicológicas y cognitivas actuales, contribuirá a hacer más realistas las reacciones emocionales en un sistema interactivo artificial como agentes virtuales conversacionales o robots sociales”*

## 1.6. Organización de la tesis

El trabajo desarrollado en esta tesis presenta la construcción de una arquitectura computacional de regulación de emociones, la cual tiene como base los fundamentos teóricos de las ciencias psicológicas y cognitivas más recientes. Este documento está organizado en 6 capítulos en los que se abordan los siguientes puntos:

**Capítulo 1 Introducción.** Este capítulo presenta los antecedentes generales en el cual se sustenta este trabajo de investigación. Primero se define el concepto de agente virtual, seguido de la definición del problema que llevo al desarrollo de este trabajo de tesis. También se presentan los objetivos generales y específicos que se deben alcanzar para culminar con éxito este trabajo, y finalmente se presentan las preguntas de investigación e hipótesis de trabajo, definiendo el contexto y delimitando su alcance.

**Capítulo 2 Fundamento teórico.** En este capítulo se presentan los conceptos básicos en los que se fundamenta la arquitectura de regulación emocional propuesta. La primera parte aborda el proceso de generación emocional, describiendo los principales enfoques psicológicos y cognitivos de este proceso. Posteriormente, poniendo especial énfasis en las teorías de

regulación emocional y los rasgos de personalidad, se presentan en detalle varios aspectos relevantes de estas teorías.

**Capítulo 3 Estado del arte.** Este capítulo presenta el estado del arte sobre el tema principal de la tesis. Aquí, se proporciona una descripción detallada de los trabajos existentes en la literatura actual y que guardan una estrecha relación con el trabajo desarrollado en esta tesis.

**Capítulo 4 Metodología.** Aquí se presenta el diseño e implementación de la arquitectura de regulación emocional propuesta. Sobre la base teórica presentada en el Capítulo 2, se describe el desarrollo de cada componente clave desarrollado para representar al proceso de regulación emocional, así como la estructura interna de cada componente. En este capítulo también se describen los componentes de la arquitectura de generación de emociones utilizada para implementar este proceso en el modelo computacional propuesto.

**Capítulo 5 Resultados.** Este capítulo describe la evaluación del modelo computacional propuesto mediante la simulación de escenarios con diferentes eventos. Estos eventos fueron desarrollados para generar diferentes tipos y niveles de intensidad emocional en agentes virtuales, a través de los cuales se evaluó el impacto de diferentes estrategias de regulación emocional implementadas en el modelo computacional presentado en este trabajo de tesis.

**Capítulo 6 Conclusiones y trabajo futuro.** Este capítulo final presenta las conclusiones, así como las direcciones a tomar para trabajo futuro. También se ofrece un breve resumen del trabajo realizado, destacando aspectos relevantes del aporte que hace este trabajo al campo del modelado de los procesos de regulación emocional.



# Capítulo 2

## Fundamento teórico

### 2.1. Teorías de generación emocional

En la actualidad existen tres grandes orientaciones que han predominado en el estudio de las emociones: la biológica, la conductual y la cognitiva. La orientación biológica centra sus estudios en las bases anatómicas y fisiológicas de la emoción, por ejemplo, en las áreas del sistema nervioso que se activan al dispararse una emoción, o en las consecuencias bioquímicas de una respuesta emocional Mauss & Robinson (2009). El aprendizaje de la conducta emocional, por ejemplo, las fobias o miedos a estímulos concretos, forman parte de la orientación conductual de la emoción. Esta orientación conductual de la emoción ha propiciado el desarrollo de diferentes modelos teóricos y de experimentos que han llevado a importantes aportaciones como las nuevas técnicas de la modificación de la conducta (James (1948) y, Lange (1885)). Por último, la orientación cognitiva es la más reciente y la que presenta un gran número de modelos teóricos, los cuales intentan explicar la emoción como una consecuencia de una serie de procesos cognitivos de valoración de la situación, interpretación de la misma y de atribuciones (ver, Lazarus (1982)).

El enfoque cognitivo de la emoción, además de ser el más reciente, brinda el mayor énfasis y la mejor explicación para comprender la conexión entre las partes cognitiva y emocional del comportamiento emocional humano, ilustrando completamente la complejidad de la generación de emociones y las acciones de respuesta, explicando desde el proceso de valoración de eventos y situaciones hasta el impacto de los estados emocionales en el comportamiento que surge como respuesta. De este enfoque cognitivo derivan diversas teorías de la emoción que explican a la emoción como consecuencia de una serie de procesos cognitivos, por ejemplo, la valoración de la situación y de la capacidad de afrontamiento, o la evaluación de expectativas. Además, estudian los contenidos subjetivos como: las representaciones cognitivas y las representaciones afectivas, mismas que se manifiestan en la reacción emocional como una experiencia subjetiva. Existen dos características principales del enfoque cognitivo de la emoción, éstas son:

- El comportamiento emocional es consecuencia de la valoración cognitiva que hace un individuo sobre su situación, esta actividad cognitiva puede representarse como la interpretación, valoración, atribución, etiquetado, expectativas, etc.
- La actividad cognitiva de un individuo determina la calidad e intensidad de una emoción.

Una de las teorías más representativas del modelo cognitivo de la emoción, es la teoría de valoración cognitiva. Esta teoría postula que la activación de una emoción es causada por la valoración o evaluación de los eventos que ocurren en el entorno de un individuo. En general, éste es un proceso de dos pasos en el que el individuo realiza una evaluación primaria, que es la evaluación de cómo el evento o la interacción lo afectará personalmente, y luego la evaluación secundaria, que es la forma en que se evalúa los factores que producen la emoción, y se decide cómo se va a responder ante el evento o situación (Lazarus (1991), Scherer (2001)).

En estos procesos de valoración, generalmente se evalúa la situación, sin embargo, en algunas ocasiones se valora también las posibilidades de responder adecuadamente a las demandas de la situación, estas habilidades son por lo general únicas en cada individuo. Las consecuencias que la situación puede tener para el individuo suele ser el elemento desencadenante de la reacción emocional, que luego puede ser regulada por otros procesos cognitivos. Tomando como base la teoría de valoración cognitiva, *James J. Gross* desarrolla su teoría de regulación emocional, la cual se explica a detalle en a continuación.

## 2.2. Teoría de Regulación Emocional (*RE*)

En la era moderna, dentro y fuera del campo de la psicología, la regulación de emociones es un proceso afectivo relevante, el cual hace referencia a las acciones que una persona puede llevar a cabo para influir sobre qué tipo de emociones experimentar, cuándo y cómo experimentarlas, y en qué grado expresarlas Gross (2013). Esto quiere decir que una persona no sólo puede sentir emociones, sino también tiene la capacidad de influir en ellas y manejarlas en cierta medida.

El interés por este proceso emocional ha aumentado significativamente en los últimos años y a pesar del aumento de atención que ha recibido, existe aún cierta confusión sobre si éste es parte del proceso de generación de emociones o si es un proceso independiente Gross & Feldman Barrett (2011). Para tener un mejor entendimiento y poder distinguir entre la generación y la regulación de emociones, un primer paso es conocer qué es una emoción. Sin embargo, el término “*emoción*” no presenta un consenso en la comunidad científica. Diversos especialistas en el área de la psicología coinciden en algunos términos que caracterizan a una emoción, pero existen otros puntos que están sujetos a debate y no se tiene un acuerdo sólido.

Con el objetivo de organizar las innumerables y hasta contradictorias perspectivas sobre las emociones, Gross utiliza una serie de preguntas interrelacionadas para agrupar cuatro de los principales enfoques psicológicos de la emoción y resaltar los puntos de vista de cada uno de estos sobre si los procesos de generación y regulación pueden y deben distinguirse uno de otro o, por el contrario, utilizarse indistintamente. Estos enfoques psicológicos son los siguientes: enfoque teórico de las emociones básicas (*basic emotions theory*), enfoque teórico de valoración cognitiva (*cognitive appraisal theory*), enfoque teórico construccionista (*construction theory*) y enfoque teórico socio-construccionista (*social construction theory*). Dentro de cada uno de estos enfoques se agrupan diferentes teorías e investigaciones sobre la emoción, por mencionar algunos Barrett et al. (2007):

- Emociones básicas (ver, (Buck, (1999)), (Davis, (1992)), (LeDoux, (2000)), entre otros).
- Valoración cognitiva: (ver, (Lazarus, (1991)), (Frijda, (1986)), (Scherer, (1984)), (Clore y Ortony (2008)), entre otros).
- Construccionista (ver, (Wundt, (1998)), (Russell, (2003)), (James, (1884)), entre otros).
- Socio-construccionista (ver, (Salomón (2003)), (Averill, (1980)), (Harré, (1986)), entre otros).

Con base en lo anterior, en el enfoque de las emociones básicas existe una distinción entre la generación de las emociones y la regulación de éstas, debido a que, bajo esta perspectiva, los dos procesos son biológicamente distintos entre sí, de este modo es posible distinguir los procesos psicológicos y neuronales que se asocian con la generación de emociones, por un lado, y la regulación por otro.

En el enfoque de la valoración cognitiva, la distinción entre la generación y la regulación de la emoción es más discutida, debido a que postula que las emociones son causadas y corregidas a causa

de alguna modificación y combinación entre los circuitos cerebrales. En la parte de la construcción psicológica, la distinción entre ambos procesos es más compleja debido a que las emociones bajo este enfoque son eventos mentales que se construyen continuamente, por lo que separar e identificar ambos procesos mientras se están generando simultáneamente podría considerarse algo arbitrario.

Por último, en la perspectiva Socio-construccionista, el límite entre la generación y la regulación de la emoción desaparece y las emociones son consideradas construcciones sociales que regulan y dan forma al comportamiento de los individuos dentro de un contexto social específico. En este sentido, la regulación emocional se podría entender como la limitación social y cultural que el individuo tiene para expresar emociones específicas.

Lo anterior permite visualizar que la regulación de emociones se puede separar de la generación de emociones bajo las perspectivas de emociones básicas o de valoración cognitiva y, por el contrario, para los enfoques construccionistas y socio-construccionista esta separación no existe. Así pues, la separación conceptual de la generación de emociones y la regulación de las emociones se vuelve cada vez menos perceptible en los enfoques construccionistas y socio-construccionista. Debido a esto, tiene sentido que las teorías básicas de emoción y la de valoración cognitiva sean preferidas para la investigación del proceso de regulación emocional y en particular el proceso de valoración cognitiva es la más aceptada entre los teóricos de la emoción.

Basado en la perspectiva de valoración cognitiva, Gross define tres características básicas para definir su “modelo modal” de la emoción y describe los conceptos básicos para la regulación emocional (ver, Gross & Thomson (2007)). Este “modelo modal” ayuda a organizar las diferentes formas en que una persona puede regular una emoción en su vida diaria y agrupa cinco puntos en los que un individuo puede regular sus emociones. Estos puntos o estrategias son los siguientes:

- **Selección de la situación:** Tomar acciones que vuelven probable o no terminar en una situación esperada, dando lugar a emociones deseadas o no deseadas.
- **Modificación de la situación:** Modificar directamente la situación que se está viviendo con la finalidad de alterar su impacto emocional.
- **Despliegue de atención:** Modificar el grado de atención dentro de una situación dada con la finalidad de influir en las emociones experimentadas (por ejemplo, utilizar estrategias de distracción o concentración en una situación determinada).
- **Cambio cognitivo:** Cambiar la forma en que se valora una situación dada con el propósito de alterar su significado emocional, cambiando la perspectiva que se tiene sobre la situación.
- **Modulación de la respuesta:** La modulación se da después de que se produce la emoción y son las acciones llevadas a cabo para influir sobre la respuesta fisiológica, experiencial o conductual producida por la emoción ya producida.

De forma general, las estrategias de regulación emocional se pueden clasificar en dos grandes grupos: *regulación centrada en los antecedentes de la emoción* y *regulación centrada en la respuesta emocional* (Gross & Thomson (2007)). La regulación emocional centrada en los antecedentes ocurre antes o durante la activación de una emoción e incluye a las estrategias de: *selección de la situación*, *modificación de la situación*, *enfoque de la atención* y *cambio cognitivo*. Por otra parte, la regulación centrada en la respuesta emocional ocurre una vez que la emoción ha sido generada y se ha generado ya una respuesta emocional, la estrategia *modulación de la respuesta* pertenece a este tipo de regulación emocional. De acuerdo con Gross y John (2007), la regulación basada en las etapas

previas a la activación de una emoción (regulación centrada en los antecedentes) será más efectiva que la regulación que actúa sobre un punto posterior, cuando la emoción ya se encuentra activa.

Cabe resaltar que las personas regulan sus emociones de diferentes maneras, con base a esto, cualquiera de las estrategias anteriormente presentadas puede ser más saludables o eficaces en diferentes personas, ya que los rasgos de personalidad individual hacen que las personas tengan una mejor adaptación a una estrategia de regulación específica (Gross (2008)). A continuación, se detallan aspectos relevantes de los rasgos de personalidad.

### 2.3. Diferencias individuales: Rasgos de Personalidad

Los rasgos de personalidad son patrones persistentes de percepción, relación y pensamiento sobre el entorno y sobre sí mismo que se ponen de manifiesto dentro de una amplia gama de contextos sociales y personales. Conforman las características de cada persona, determinando sus conductas, su manera de relacionarse, y su manera de pensar sobre el entorno. Los rasgos de personalidad explican la diferencia en la conducta de cada individuo ante una misma situación. Identificar un rasgo o un grupo de rasgos de personalidad en cualquier individuo, ayuda en la predicción de respuestas conductuales, y emocionales de los individuos en situaciones determinadas.

En Wiggins & Trapnell (1997), se presenta una revisión histórica sobre los trabajos que fueron precursores en el estudio de la personalidad. Dividen un periodo histórico que va desde los años 30s a los 90s, y destacan los trabajos que han aportado significativamente al estudio de la personalidad, y a la evolución del modelo conocido como *five factor model* (modelo de los cinco factores), también llamado *Big-Five* (los cinco grandes).

Uno de los primeros trabajos que se menciona en este estudio, es el presentado por *Thurstone en 1934*, (para mayor información consultar: Thurstone (1934)), en el cual se proporciona una lista de 60 adjetivos de personalidad "que comúnmente se utilizan para describir a una persona", destacando el hallazgo de *Thurstone*, quién en su estudio encontró cinco factores que se correlacionan entre los adjetivos mencionados en su estudio, siendo éste un primer acercamiento al modelo de los Cinco Grandes (*Big-Five*).

Otros estudios importantes en los años 30s mencionados en este trabajo, fueron presentados por *Allport y Odbert* quienes se aproximaron por primera vez al estudio léxico de la personalidad. Estos dos autores seleccionaron del *Nuevo diccionario internacional (The New International Dictionary (1925))* todos los conceptos relacionados con la personalidad, quedando 171 rasgos de personalidad diferentes, los cuales fueron divididos en diferentes categorías (ver, Allport & Odbert (1936)).

Otros trabajos presentados en Wiggins & Trapnell (1997), por mencionar algunos, son los siguientes:

*Cattell (1943)*, quien recurriendo a la primera lista elaborada de los rasgos de personalidad presentada por *Allport y Odbert*, emprendió una investigación con miles de personas para encontrar diferencias individuales. De esta manera, *Cattell* identificó 12 factores de personalidad primarios subyacentes de 35 escalas bipolares, identificadas como *esfera estándar de la personalidad* a los que agregó cuatro escalas más para tener un total de 16 factores (*Cattell (1945)*).

En los años 60s, *Tupes y Christal*, dos psicólogos norteamericanos, trabajaron para la fuerza aérea de Lackland, y realizaron un informe empleando 35 rasgos de personalidad. Luego de realizar una puntuación para cada rasgo, *Tupes y Christal* encontraron una clara y generalizable escala de cinco

grandes dimensiones de personalidad, a saber, *Surgencia/Sobrevivencia, Amabilidad, Escrupulosidad, Neuroticismo. y Cultura* (Tupes & Christal (1992)).

En los años 80s, Lewis R. Goldberg del instituto de investigación de Oregon en centró sus esfuerzos en proveer una base firme léxica y psicométrica para las dimensiones del modelo de los *Cinco Grandes (Big-Five)* (Goldberg (1990)), recurriendo a 1710 términos asociados a la personalidad, los cuales dividió en 75 categorías y agrupándolas en 13 factores. Durante este periodo, las publicaciones del Goldberg propiciaron la formalización de lo que hoy se conoce como el modelo de los *Cinco Grandes* de la personalidad (*Big-Five*). Basados en estas publicaciones, *Costa y McCrae* realizaron estudios, analizando los 16 factores de la personalidad de Cattell para llegar hasta las cinco grandes dimensiones, y construir un instrumento para medir las diferencias individuales.

El modelo *Big-Five* (McCrae & John (1992)), es, con mucho, el modelo más aceptado por los expertos en personalidad en la actualidad, en gran parte porque integra los resultados de cientos de estudios realizados durante décadas. Como se mencionó anteriormente, este modelo define una serie de características o dimensiones que son suficientes para describir los diferentes tipos de personalidad que existen en un individuo. Este modelo representa el núcleo fundamental de la personalidad, que se puede definir como las diferencias individuales en los patrones de pensamiento, sentimiento y comportamiento. En el Capítulo 4, páginas 54-55, se describen en detalle cada uno de estos rasgos de personalidad.

## 2.4. Arquitecturas computacionales de emociones

Un modelo es una representación simple de un sistema o fenómeno que se desea analizar, es una forma de representar alguna realidad en términos más simples para su análisis. Un modelo computacional de emociones es una representación algorítmica de los procesos biológicos o psicológicos de la mente humana que proporciona un entorno ideal para la experimentación y el estudio de las emociones en el comportamiento humano. Estos modelos computacionales han permitido establecer enfoques sistemáticos para el modelado computacional de emociones y formalizado el lenguaje teórico para hacer más fácil la implementación de estas teorías en arquitecturas o modelos artificiales.

Algunas de estas teorías y arquitecturas son utilizadas en el área de computación afectiva (*Affective Computing*) la cual es vista como una disciplina cuyos objetivos principales son el desarrollar métodos computacionales orientados a reconocer emociones humanas y generar emociones en sistemas artificiales. La fundadora de esta línea de trabajo es *Rosalind Picard*, investigadora del *M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology)*, quien publicó el libro "*Affective Computing*" en el año 2000, en el cual expone la necesidad de tomar en cuenta las emociones al momento de diseñar un software "*inteligente*" Picard (2000).

El desarrollo de teorías emocionales y su aplicación en arquitecturas computacionales ha demostrado ser una respuesta prometedora cuando se quiere proveer a un agente artificial con cierta capacidad emocional y mejorar la experiencia de interacción entre el agente y el usuario creando vínculos emocionales como la empatía y sociales como la confianza.

Algunas de las actuales arquitecturas computacionales de emociones se basan en el modelo *OCC*, el cual es un modelo de generación de emociones basado en teorías de valoración cognitiva propuesto por *Ortony, Clore y Collins* en su libro "*The Cognitive Structure of Emotions*" Ortony et al. (1990). Tal enfoque de valoración cognitiva en el estudio de las emociones plantea que hay un procesamiento de los eventos y acciones surgidos en el entorno de un individuo, al cual se le da un significado en términos de las metas, creencias y gustos del individuo, por lo tanto, este significado

puede o no desencadenar una emoción. En otras palabras, la activación de una respuesta emocional de un individuo se vincula básicamente al proceso de valorar lo que sucede en el entorno, de que tanto se ven comprometidas sus propias metas y de la relevancia personal de la situación detectada Scherer (2009). El modelo *OCC* basado en esta perspectiva de valoración cognitiva de los eventos ocurridos en el entorno, se ha utilizado para el modelado de los procesos de generación emocional. De aquí que este tipo de modelos sean un marco referente usualmente utilizado para la construcción de mecanismos emocionales en agentes artificiales.

La conexión existente entre la psicología y las ciencias de la computación se debe en gran parte a los objetivos comunes que comparten ambas disciplinas (conocer la psicología de las emociones humanas), debido a esto, en los últimos años se ha visto una creciente cooperación entre ambas áreas. Sin embargo, para aprovechar el potencial que ofrece esta unión, el intercambio y la coordinación entre las dos disciplinas debe mejorarse más. Ejemplo de esto es el trabajo presentado por, Reisenzein (2009), en el cual exponen diferentes propuestas para mejorar la interacción y el intercambio interdisciplinario de conocimientos en el campo de la computación afectiva, y que para ello es necesario conocer con claridad el por qué construir modelos computacionales dotados con ciertas capacidades emocionales. Para esto propone la estandarización de los procesos necesarios para el desarrollo de modelos computacionales afectivos, más específicamente:

1. Sistematizar y clasificar los supuestos de las teorías emocionales actuales.
2. Crear lenguajes formales e independientes de la implementación de las teorías emocionales.
3. Modelar las emociones de estas teorías en arquitecturas cognitivas y de agentes generales.

En este capítulo se han presentado los fundamentos teóricos utilizados para el desarrollo del modelo computacional de regulación emocional, explicando en detalle aspectos relacionados con los procesos involucrados en la producción y regulación de emociones. Asimismo, se abordaron los inicios del modelo de rasgos de personalidad de los *Cinco Grandes*. En el siguiente capítulo se describen los modelos computacionales de regulación emocional que están estrechamente relacionados con el trabajo de este artículo.

# Capítulo 3

## Estado del arte

La mayoría de los modelos computacionales afectivos que han sido desarrollados hasta el día de hoy, se han enfocado principalmente en modelar el proceso de generación de emociones, basándose en teorías psicológicas y cognitivas como las descritas en el capítulo 2.1. Sólo algunos de los enfoques actuales tienen en cuenta el proceso de regulación emocional.

Como consecuencia de lo anterior, hoy en día son pocas las arquitecturas computacionales capaces de modelar de manera explícita el proceso de regulación emocional, y sobre todo, tomando en cuenta las diferencias individuales (p. ej. diferentes tipos de personalidad) que influyen en cada uno de los elementos de este proceso y que pueda utilizarse para el desarrollo de agentes artificiales o robots capaces de generar un conjunto variado de respuestas emocionales en función de las diferentes estrategias de regulación emocional que puedan implementar. No obstante, sí existen trabajos que usan diferentes técnicas para representar, aunque de manera parcial, algunas de las estrategias y teorías de regulación emocional. En el presente capítulo se describen los trabajos más relevantes que modelan el proceso de regulación emocional en términos computacionales.

El proceso de regulación emocional está basado en un conjunto de estrategias que las personas suelen utilizar para lidiar con eventos que pueden ocurrir o no en una situación determinada. Tal proceso puede aplicarse tanto a emociones positivas (ej. alegría, amor, admiración) como negativas (ej. ira, miedo, culpa). Con el fin de generar un comportamiento más adecuado al contexto en aplicaciones con agentes virtuales, mejorar la experiencia en la interacción humano-máquina o incluso para comprender mejor el proceso de regulación emocional en las personas, trabajos recientes se han enfocado en el desarrollo de modelos computacionales basados en algunas de las teorías psicológicas de regulación emocional existentes, con el objetivo de modelar y simular este proceso cognitivo.

### 3.1. Modelado de teorías de regulación emocional en arquitecturas computacionales.

Una revisión de la literatura en los últimos 10 años sobre estos modelos computacionales mostró que algunos de estos trabajos están basados en diferentes teorías de regulación emocional. Por ejemplo, en Gebhard et al. (2018) se presenta el modelo *MARSSI* (*Model of Appraisal, Regulation, and Social Signal Interpretation*), un modelo computacional de regulación emocional que combina la interpretación de las señales sociales (ver, D'mello & Kory (2015)), la teoría de la emoción de Moser y Von Zeppelin (ver, Bickmore & Cassell (2000)), el modelo *OCC* (mencionado en 2.2), y el modelo de regulación de la vergüenza de Donald L. Nathanson (ver, Bickmore & Cassell (2000)).

De acuerdo con *D'Mello*, la interpretación de las señales sociales se refiere a la deducción de información emocional que las personas transmiten a través del lenguaje corporal, expresiones faciales u otras expresiones. Por otro lado, la teoría de *Moser y Von Zeppelin* propone diferenciar entre emoción comunicativa, emoción estructural y emoción situacional.

Para *Moser y Von Zeppelin*, las emociones estructurales representan información sobre la autovaloración, por lo tanto, están relacionadas con la imagen de uno mismo. Las emociones situacionales representan información relacionada con temas o situaciones vividas, este tipo de emociones reflejan el nivel de seguridad y, específicamente, emociones como el miedo o el dolor. Las emociones comunicativas están codificadas en una secuencia de señales sociales de una manera no verbal, como las expresiones faciales o la postura corporal. Finalmente, el modelo de *Nathanson* describe cuatro estrategias para regular la vergüenza con diferentes señales sociales relevantes:

- Avoidance (*Evitar situaciones o pensamientos estresantes*).
- Attack Self (*Autocrítica*)
- Attack Other (*Evaluar a los demás*)
- Withdrawal (*Retirarse*)

Al combinar las reglas de valoración cognitiva del modelo *OCC* con las reglas de regulación emocional de *Nathanson*, junto con las reglas de clasificación de señales sociales, los autores generan un modelo probabilístico en el que se pueden distinguir y explicar los diferentes estados emocionales que surgen del diálogo entre dos personas, partiendo de la idea de que la interpretación de las señales sociales juega un papel importante en el reconocimiento de la expresión emocional, los autores mencionan que en la mayoría de los casos es necesario comprender el contexto y las relaciones sociales entre los interlocutores para poder interpretar correctamente una expresión emocional.

Para simular cómo los individuos regulan sus emociones internamente, y representar este proceso en un agente virtual, los autores implementan lo que denominan *reglas de regulación emocional*, las cuales se basan en la teoría de regulación emocional de *Nathanson*.

Para identificar las señales sociales mientras sucede la regulación emocional, se emplean clasificadores utilizando herramientas de aprendizaje automático y redes *Bayesianas Dinámicas*. Estas últimas permiten fusionar múltiples señales sociales al mismo tiempo y simular las emociones por medio del análisis de las señales de voz, la detección de la mirada y el movimiento de cabeza. Con el análisis de estas señales, *MARSSI* logra interpretar la atención que presenta el usuario ante un evento y las acciones que éste realiza, facilitando la identificación de las estrategias de regulación emocional que el usuario debería de implementar en función al evento y a las señales analizadas por la arquitectura *MARSSI*. Por otra parte, una vez analizadas estas señales, he identificado las estrategias de regulación emocional a aplicar, *MARSSI* indica al usuario como es que debería de implementar estas estrategias para lograr un nivel de emoción adecuado.

La arquitectura *MERSSI* no implementa un mecanismo que le permita identificar diferencias individuales en los usuarios, o que le permita modelar este tipo de características. Debido a esto, esta arquitectura presenta una desventaja en comparación con el modelo de regulación emocional propuesto en este trabajo de tesis.

Finalmente, para evaluar el modelo, los autores utilizan un agente virtual interactivo equipado con la arquitectura *MARSSI*. Dentro del escenario presentado para su evaluación, el agente virtual interpreta el papel de un terapeuta para discutir las reacciones del usuario cuando a éste se le preguntan cosas que provocan vergüenza. La interacción entre el usuario y el personaje virtual se efectúa de forma multimodal, obteniendo información relevante como el tono de voz, los gestos faciales, y la postura corporal. En este escenario se destaca que el modelo *MARSSI* es capaz de reconocer las diferentes estrategias de regulación emocional que el usuario utiliza al momento de encontrarse ante una situación vergonzosa, al mismo tiempo que el agente virtual reacciona de manera sutil (de acuerdo con las reglas de regulación) para aconsejar al usuario sobre sus reacciones.



### 3.2. Arquitecturas computacionales de regulación emocional basadas en el modelo propuesto por James J. Gross

En esta revisión de la literatura se encontró que un gran número de trabajos hacen uso del modelo de regulación emocional propuesto por *J.J. Gross*, y que en la mayoría de los casos se complementa con otros enfoques cognitivos. Por ejemplo, en *Chatel et al. (2020)* se propone un modelo computacional en el que las estrategias de regulación emocional se dividen en dos tipos: *adaptativas* y *des-adaptativas*. Entrando en contexto, las estrategias *adaptativas* son aquellas que regulan con éxito la intensidad de la experiencia emocional, mientras que las estrategias *des-adaptativas*, son aquellas que no lo hacen (para mayor detalle, consultar *Dixon-Gordon et al. (2015)*).

Las emociones *adaptativas* y *des-adaptativas* se combinan con las cinco estrategias de regulación emocional propuestas por *Gross (Selección de la Situación, Modificación de la Situación, Enfoque de la Atención, Cambio Cognitivo y Modulación de la Respuesta)*, resultando un total de siete estrategias de regulación emocional disponibles en este modelo computacional. Los autores clasifican estas siete estrategias de regulación emocional, de la siguiente manera: cuatro adaptativas (*aceptación, revaloración cognitiva, resolución de problemas*) y tres des-adaptativas (*evitación experiencial, modulación de la respuesta, autocrítica y reflexión mental*).

La representación computacional de este modelo se lleva a cabo utilizando el método de modelado orientado a redes: *Network-Oriented Modeling*, presentado por *Jan Treur* en (*Treur (2016)*). Este método de modelado facilita el diseño de modelos complejos a manera de una red temporal-causal, permitiendo representar la dinámica de los procesos cognitivos, afectivos y de interacción social de manera integrada. Además, este tipo de redes son una herramienta conceptual para modelar este tipo de procesos de una manera estructurada, intuitiva y fácilmente visualizable, además de permitir el modelado de diferentes dimensiones temporales para agregar una perspectiva dinámica al modelo computacional. Los elementos utilizados para la representación conceptual de estas redes son estados (representados en forma de nodos), conexiones con ponderación entre los nodos, factores de velocidad de atenuación y funciones matemáticas.

Una de las ventajas de este tipo de modelado es la posibilidad de pasar de una representación conceptual (nodos y conexiones) a una representación numérica (en forma de matriz o tabla de valores), lo que permite el análisis matemático del modelo y la validación de éste mediante la comparación de los resultados de la simulación utilizando datos empíricos. Usando este enfoque de modelado, los autores representan el uso simultáneo de las siete estrategias de regulación emocional para simular el afrontamiento de los trastornos de ansiedad. La conceptualización de las cinco estrategias de regulación emocional propuestas por *Gross*, se indica por medio de estados o nodos de control que conforman a una red temporal-causal.

A modo de ejemplo, la implementación de una estrategia de regulación emocional en esta arquitectura se presenta de la siguiente forma:

- *Resolución de problemas*. Esta estrategia es representada mediante la conexión de dos nodos ( $cs_{self-crit}$ , el cual representa a esta estrategia de regulación, y  $ws_p$ , el cual indica el problema suscitado en el entorno). Esta unión de nodos está ponderada mediante un valor negativo, el cual garantiza en cierto grado (dependiendo de otros factores o relaciones que existan en ese nodo) la modificación o eliminación de la situación causante del estrés.

De manera similar, los estados de control o nodos para las demás estrategias de regulación emocional restantes son simuladas mediante las conexiones entre los diferentes nodos que conforman al modelo.

La validación de este modelo computacional se lleva a cabo mediante la simulación de dos escenarios. En el primer escenario se presenta una intensidad baja de ansiedad, mientras que en el segundo escenario, la intensidad de ansiedad es mayor. Estas simulaciones son ejecutadas con diferentes parámetros para provocar que se activen (o no) en diferentes momentos los estados de control, simulando así el uso de las diferentes estrategias de regulación emocional. Los resultados se presentan y comparan a través de gráficas para visualizar el comportamiento de las variables utilizadas y llegar a una conclusión aceptable del modelo propuesto. A pesar de que los autores indican, con estas simulaciones, que su modelo es aceptable, queda claro que al no tomar en cuenta las diferencias individuales presentes en un individuo (como la edad, el género, rasgos de personalidad, etc.) su modelo computacional dista de ser cercano a lo real.

### 3.2.1. Modelos computacionales que utilizan el lenguaje de modelado *LEADSTO*.

El modelado computacional de procesos dinámicos complejos, tales como el razonamiento humano o las interacciones sociales entre personas, se pueden representar mediante el uso de Sistemas Multi-Agente (*Multi-Agent Systems (MAS)*). Por lo general, la dinámica de este tipo de procesos se representa en términos cuantitativos y cualitativos, además de especificar las dependencias temporales directas entre las propiedades de estado, en estados sucesivos. Para modelar este tipo de escenarios, Bosse et al. (2007) presentan *LEADSTO* (Lenguaje y entorno para el análisis de la dinámica por simulación, por sus siglas en inglés: *Language and Environment for Analysis of Dynamics by SimulaTiOn*), un lenguaje de programación que combina las posibilidades de expresar las relaciones cuantitativas y cualitativas de los procesos dinámicos en términos computacionales. En este entorno de desarrollo, las propiedades dinámicas o las dependencias temporales entre dos estados se pueden modelar fácilmente, además de facilitar la interpretación de este tipo de modelos dinámicos. *LEADSTO* es un método de modelado derivado del trabajo desarrollado por Jan Treur (ver, Treur (2016)), el cual fue descrito en el trabajo anterior.

Los modelos desarrollados con *LEADSTO* no se especifican de forma algorítmica, sino más bien de forma lógica declarativa (lógica proposicional) utilizando su propia semántica y sintaxis de programación, un ejemplo de esta representación de relaciones y de su sintaxis, es el siguiente:

$$\text{observes}(\text{agent}_A, \text{food}_{\text{present}}) \rightarrow \text{believes}(\text{agent}_A, \text{food}_{\text{present}}) \quad (3.1)$$

En la ecuación 3.1, se representa un evento en el cual, si el agente  $A$  observa que la comida está presente durante un cierto periodo, por ejemplo, un periodo de tiempo entre dos y tres unidades, el agente creerá que la comida ha estado presente durante una unidad y media de tiempo. *LEADSTO* tiene una forma gráfica de representar los procesos dinámicos en un estilo muy similar a un diagrama causal. En este diagrama se indican las propiedades de un estado mediante círculos y las relaciones mediante flechas. Dentro de este entorno es posible ejecutar las expresiones en forma de predicados como en la regla 3.1, o los diagramas causales para visualizar y analizar el comportamiento de las relaciones a través de gráficas.

Utilizando *LEADSTO*, Bosse et al. (2010) presentan un modelo computacional para abordar los aspectos cuantitativos y cualitativos de cuatro estrategias de regulación emocional propuestas en el modelo de Gross, a saber, *selección de situación*, *modificación de la situación*, *enfoque de la atención* y *cambio cognitivo*. En este trabajo, el lenguaje natural que se utiliza comúnmente para describir los modelos psicológicos, y que además es el que emplea Gross para describir las estrategias de regulación emocional, se transforma en un lenguaje fácil de implementar en forma de notación matemática o computacional, lo que le permite a los autores desarrollar un conjunto

de ecuaciones diferenciales para simular los cambios dinámicos que existe entre cada estrategia de regulación emocional. Cabe señalar que en este trabajo no se describe el proceso de regulación emocional considerando un tipo específico de emoción, sino que, según los autores, esta emoción puede ser en principio cualquiera, por ejemplo, tristeza, alegría o enfado.

Los niveles de valor emocional y los factores relacionados con una emoción, se representan mediante números reales en un intervalo de  $[0, 2]$ , siendo el valor 0 la respuesta emocional más baja posible, y el valor 2 la más alta. El proceso de regulación comienza cuando se compara el nivel de respuesta emocional  $ERL$  (*Emotional Response Level*) actual, con un nivel de respuesta emocional  $ERL_{norm}$ , el cual es establecido como un valor “normal” de intensidad emocional. La diferencia numérica es representada a través de una variable, la cual es utilizada como base para la elección entre cada uno de las estrategias de regulación.

A modo de explicación simple, se proporcionan un ejemplo en el que se describe a una persona cuando quiere influir en su ira:

*“Una persona es capaz de influir en su estado emocional si le es posible elegir entre dos situaciones, por ejemplo: asistir a una fiesta o no asistir a una fiesta porque está en conflicto con alguien que asiste a la fiesta.”*

La representación de este escenario se realiza introduciendo dos situaciones diferentes, las variables:  $v_{sit_1}$  y  $v_{sit_2}$  representan dos situaciones, la primera situación tiene un valor de:  $v_{sit_1} = 1.5$ , y representa que el agente asistirá a la fiesta, lo que aumentaría el estado de ira en el agente, mientras que  $v_{sit_2} = 0.5$  representa quedarse en casa, lo que reduciría el estado de ira en el agente). Además se define un nivel de respuesta emocional:  $ERL_{norm} = 0.7$ , indicando que el objetivo es estar un poco enojado, pero no demasiado. Si el estado actual de  $ERL$  es alto (mayor a 0.7), el agente decidirá quedarse en casa (es decir, se seleccionará  $v_{sit_2}$ ). Mientras que, si el estado emocional actual es bajo (menor a 0.7) el agente decidirá ir a la fiesta. Con el ejemplo anterior se puede visualizar mejor la relación que existe entre las variables utilizadas en este modelo computacional, las cuales se representan a través de ecuaciones matemáticas como la que se muestra a continuación:

$$new_{ERL} = (1 - \beta) * \sum (w_n * v_n) + \beta * ERL \quad (3.2)$$

Con la ecuación 3.2 se calcula el nivel de respuesta emocional en función al valor de los parámetros  $new_{ERL}$  y  $ERL$  los cuales representan el nuevo y el antiguo nivel de respuesta emocional, respectivamente. El factor de persistencia  $\beta$  es un factor de ponderación utilizado para relacionar el antiguo nivel de respuesta emocional con el nuevo valor de la emoción. La contribución de  $\beta$  al nuevo nivel de respuesta emocional depende del impacto que tenga la estrategia de regulación emocional seleccionada. Tal contribución se calcula mediante la expresión:  $\sum (w_n * v_n)$ .

Las diferentes estrategias de regulación emocional implementadas en este modelo computacional son representadas en función al valor de la variable  $w_n$ , esto es, en el rango de valores de 0 a 1, cada estrategia de regulación emocional se identifica con un valor específico, por ejemplo: un valor entre 0 y 0.25 corresponde a la estrategia de *Selección de la Situación*, 0.25-0.5 a la estrategia de *Modificación de la Situación*, y así sucesivamente para las demás estrategias de regulación emocional. Cabe resaltar que en este modelo computacional no se toman en cuenta los diferentes tipos de personalidad o las diferencias individuales, el modelo sólo se centra en modelar el nivel de respuesta emocional mediante la implementación de las estrategias de regulación emocional.

Para evaluar los resultados obtenidos de la implementación de las cuatro estrategias de regulación emocional, y comprobar que el modelo reproduce un comportamiento realista en diferentes circunstancias, los autores realizan una serie de experimentos y simulaciones, cambiando el valor de

los parámetros utilizados en las variables de la ecuación 3.2. Estas simulaciones son ejecutadas en el entorno de desarrollo *LEADSTO*, lo que permite a los autores identificar e interpretar fácilmente los resultados obtenidos de las simulaciones a través de las gráficas generadas en este lenguaje.

En Bosse & de Lange (2011), se propone una extensión al trabajo anterior. En este nuevo trabajo los autores combinan los principios de la *Teoría de la Mente* (*ToM*, por sus siglas en inglés: *Theory of Mind*, consultar: Schulkin (2000)) con las estrategias de regulación emocional utilizadas en Bosse et al. (2010). La aportación de este nuevo trabajo al trabajo previo es la integración del modelo *BDI* (“*Creencias-Deseos-Intenciones*”, por sus siglas en inglés: “*Belief-Desire-Intention*”). El modelo *BDI* representa las creencias de un agente sobre sí mismo, sobre su historia (memoria de trabajo) y su entorno. Con base en esta información que se asume como verdadera, el agente lleva a cabo la toma de decisiones. Al ser una extensión del trabajo presentado anteriormente, el modelo *BDI* es representado mediante el uso del lenguaje *LEADSTO* de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{desire}(D) \wedge \text{belief}(\text{satisfies}(A, D)) \rightarrow \text{intention}(A) \\ & \text{intention}(A) \wedge \text{belief}(\text{opportunity\_for}(A)) \rightarrow \text{performs}(A) \end{aligned} \quad (3.3)$$

En la expresión 3.3 representa la existencia de un deseo  $D$  ( $\text{desire}(D)$ ) en un agente, en el cual se genera la intención de realizar una acción  $A$ , esto genera en el agente la creencia de que realizar la acción  $A$  satisfará una necesidad específica ( $\text{especificidad}(A, D)$ ). Cuando el agente tiene la intención de realizar la acción  $A$  y además está seguro de que se han cumplido ciertas condiciones: ( $\text{opportunity\_for}(A)$ ), entonces la acción  $A$  puede ser ejecutada por el agente ( $\text{performs}(A)$ ). En *LEADSTO*, el símbolo “ $\wedge$ ” representa la conjunción “AND” entre los atributos de estado o nodos de la red temporal-causal que representa al modelo computacional, mientras que en el formato gráfico, se utiliza un arco que conecta dos (o más) estados.

Además de integrar el modelo *BDI*, los autores también integraron el modelo de emoción cognitiva propuesto por Evans (2003), para representar la distinción que existe entre dos niveles de cognición: *nivel cognitivo bajo* y *nivel cognitivo alto*. De acuerdo con el modelo propuesto por Evans, las partes inconsciente y emocional aparecen en el nivel cognitivo bajo, mientras que las partes racional y consciente de la mente humana aparecen en el nivel cognitivo alto. En cuanto a la representación de las estrategias de regulación emocional, en este trabajo se sigue implementando la ecuación matemática 3.2 de la misma manera que en el trabajo descrito anteriormente.

Para examinar y evaluar la funcionalidad básica del modelo propuesto, los autores ejecutan una serie de simulaciones en las que fueron creados un par de agentes virtuales. En estas simulaciones, un agente está equipado con el modelo de regulación emocional, mientras que el otro agente se configura para que no sea capaz de implementar ningún tipo de regulación emocional. El agente que utiliza el modelo de regulación emocional, estima el nivel de emoción presente en el otro agente y realiza acciones que ayudan a regular las emociones de ambos. Además, los autores realizan una segunda evaluación de su modelo, implementándolo en una aplicación de entorno virtual (un juego de aventuras 2D desarrollado en el lenguaje *C++*). De igual manera que en las simulaciones realizadas en *LEADSTO*, se configuran dos agentes virtuales con y sin el modelo de regulación emocional. En esta ocasión, para evaluar el modelo computacional implementado en el videojuego, los autores plantean una serie de preguntas a modo de encuesta de satisfacción a un grupo de usuarios. De acuerdo con los autores, la aplicación se probó exhaustivamente, y en todas las pruebas, el agente equipado con el modelo de regulación emocional fue capaz de realizar con éxito diferentes acciones para controlar el nivel de las emociones negativas (emociones como el miedo) presentes en el otro agente. Cabe señalar que en este modelo computacional tampoco se toman en cuenta las deferencias individuales.

Una extensión más al trabajo presentado en Bosse et al. (2010), se presenta en Bosse et al. (2013). En este trabajo se añade el concepto de adaptabilidad al modelo computacional de regulación emocional desarrollado previamente por los autores. Esta adaptabilidad se presenta como la capacidad que tiene un agente para aprender a mejorar o deteriorar los procesos de regulación emocional con el objetivo de lidiar con estímulos negativos provenientes del entorno. Por lo tanto, una agente dotado con este nuevo modelo adaptativo de regulación de emociones se puede distinguir entre las cuatro diferentes estrategias de regulación definidas en Bosse et al. (2010), y aplicar estas estrategias a través de la “*experiencia*”.

El modelo está basado en un mecanismo propuesto en la literatura neurológica, el cual plantea que las emociones son causadas por la interacción entre la amígdala y la corteza prefrontal frontal del cerebro humano. Por otro lado, la parte adaptativa se basa en los principios de la ley de *Hebb*, la cual estipula que: “*cuando dos o más neuronas se activan continuamente en el tiempo y el espacio, las conexiones sinápticas aumentarán*” (para mayor información sobre el aprendizaje hebbiano, consultar: Packard et al. (2002)).

La representación matemática del principio de *Hebb* se formaliza mediante la siguiente ecuación matemática:

$$\frac{dw_{ij}(t)}{dt} = \eta * q_i(t) \quad (3.4)$$

La ecuación anterior representa la fuerza de unión entre dos nodos ( $i, j$ ). Por ejemplo, para representar una conexión entre dos estados (del nodo  $i$  al nodo  $j$ ) se toma en cuenta una fuerza  $w_{ij}$ , con una tasa de aprendizaje  $\eta$ , y una tasa de disipación  $\xi$ . Cuando el valor de  $w_{ij}$  aumenta, representa que la conexión entre estos dos nodos se vuelve más fuerte a lo largo del tiempo. Tomando en cuenta que,  $q_i(t)$  y  $q_j(t)$ , son los niveles de activación del nodo  $i$  y  $j$ , en un momento  $t$ , respectivamente.

La unión del concepto de adaptabilidad con el modelo de regulación emocional propuesto en su trabajo anterior, es simulado agregando nuevos estados de control (nodos) a los diferentes estados existentes del modelo previo. Cada nuevo estado de control afecta negativamente al estado asociado a cada estrategia de regulación emocional para penalizar la activación de una determinada estrategia de regulación emocional. Esta penalización representa la fuerza negativa de la conexión entre un par de estados, simulando así el aprendizaje del agente al utilizar una u otra estrategia de regulación emocional.

Los autores verifican la funcionalidad agregada al su modelo computacional a través de varios experimentos de simulación en el entorno *LEADSTO*. Estos experimentos de simulación son muy similares al los presentados en su trabajo anterior (revisar: Bosse et al. (2010), en donde fueron establecidos diferentes parámetros para representar diferentes escenarios. De esta manera, los autores validan que su modelo está muy cerca a los datos empíricos establecidos por las teorías y modelos cognitivos utilizados en su desarrollo.

Otra extensión más del modelo computacional propuesto por Bosse et al. (2010), se presenta en los trabajos, (Soleimani & Kobti (2012)) y (Soleimani & Kobti (2013)). De acuerdo con los autores, en este par de trabajos se introduce una serie de mejoras al modelo presentado por *Bosse* y colegas, estas mejoras se agregan al ampliar el dinamismo y mejorar el comportamiento del modelo computacional propuesto.

Las mejoras que se integran en estos trabajos son:

- *La introducción de un factor de persistencia dinámico.* Este factor indica el tiempo en que se presenta un determinado nivel de emoción y el cual depende a su vez de dos características: el estado de ánimo y el tipo de personalidad. Los autores indican que, con la expresión “*tipo de personalidad*”, se refieren a los conocimientos y las habilidades profesionales que un individuo puede obtener a través de la educación o la experiencia en un campo profesional específico. Por ejemplo, el nivel de miedo que experimentan las enfermeras cuando se enfrentan a una situación médica crítica es mucho menor en comparación con el nivel de miedo que puede llegar a experimentar una persona común y sin experiencia médica.
- *Implementación de valores aleatorios.* Estos valores aleatorios son utilizados en los niveles de respuesta emocional para reducir la brecha entre los datos reales y los experimentales.
- *La simulación dinámica de un entorno cambiante.* Simular la dinámica de un entorno ayuda a representar de manera más realista los eventos inesperados que se pueden llegar a presentar en cualquier entorno no controlado.

Los autores calculan el factor de persistencia dinámico ( $\beta$ ) de la ecuación 3.2 propuesta por *Bosse* y colegas, a través de la suma del valor de estado de ánimo del agente.

Para incluir los componentes de estado de ánimo y personalidad, los autores utilizan el enfoque adoptado por *Gebhard* en el modelo computacional *ALMA* (*A Layered Model of Affect*). *ALMA* es un modelo computacional de generación de emociones para la creación de agentes virtuales emocionalmente inteligentes. En *ALMA* se consideran tres tipos de afecto: las emociones (como el afecto a corto plazo), el estado de ánimo (como afecto a medio plazo), y el tipo de personalidad (como afecto a largo plazo). Estos conceptos juegan un rol determinante en la formación de los estados afectivos de un agente virtual. *ALMA* representa el estado de ánimo de un agente virtual, empleando el modelo tridimensional conocido como *PAD*, este modelo tiene las siguientes características: *Placer, Excitación y Dominancia (P.A.D.)*. Los rangos de valores utilizados en el modelo *PAD* van desde  $[-1.0 a 1.0]$ , de esta manera, el estado de ánimo se describe con base en la clasificación de cada uno de los tres ejes que representan cada característica. Por ejemplo,  $[+P, -P]$  para reflejar lo agradable y lo desagradable,  $[+A, -A]$  para excitado y no excitado, y  $[+D, -D]$  para dominante y sumiso.

*Soleimani* y colegas hacen uso de la arquitectura *ALMA* para representar el estado de ánimo de un agente virtual a través de un único valor numérico, el cual se calcula mediante la distancia euclidiana de cada característica del modelo *PAD* (esta distancia representa la magnitud de un vector *PAD*). Para simular un nivel de respuesta emocional cambiante, los autores añaden un valor aleatorio del 5% del nivel de intensidad emocional previo, al nivel de intensidad emocional actual en el agente. Adicionalmente, para simular un entorno cambiante y representar eventos inesperados, se introduce un factor  $\beta_n$  que toma valores reales en un rango de  $[-1, 1]$ . Estos valores se generan durante la simulación y se introducen en el modelo (en forma de perturbación del entorno) para estudiar el impacto de los eventos positivos y negativos en el agente.

En este trabajo se tiene en cuenta las diferencias individuales, en particular, el tipo de personalidad. Sin embargo, para representar esta característica, los autores utilizan un único parámetro (el factor de persistencia dinámica) para lograrlo, y no especifican a qué tipo de personalidad se refieren, tampoco hacen explícito si se ha utilizado algún modelo psicológico, cognitivo o social para la personalidad.

La validación de este modelo se lleva a cabo mediante varios experimentos de simulación con el objetivo de analizar el rendimiento del modelo bajo los efectos de un entorno cambiante, y también con la finalidad de probar la capacidad del modelo propuesto para representar los eventos en todo el proceso de regulación emocional.

El trabajo presentado en Ab Aziz et al. (2011) está basado en la teoría del sistema de neuronas espejo, la teoría de regulación emocional, la empatía y el trastorno del espectro autista (*TEA*), para desarrollar un modelo que puede simular diferentes tipos de patrones de respuesta social. A partir de estos mecanismos neurológicos, los autores desarrollan un modelo de agente cognitivo empático capaz de identificar e imitar las emociones de otro agente. Partiendo de las conductas que presentan las personas con *TEA* (como el rechazo de la mirada o mostrar un rostro inexpresivo) se simulan los procesos de regulación emocional, abarcando las cinco estrategias propuestas por *J.J. Gross* (ver capítulo 2.1), pero sin tomar en cuenta ninguna diferencia individual o rasgo de personalidad.

El modelo está implementado en el lenguaje de modelado *LEADSTO*, por lo que, la representación de los conceptos teóricos previamente mencionados se realiza a manera de predicados lógicos y representaciones gráficas en forma de diagrama causal. En la representación gráfica, las conexiones entre los estados (las flechas entre los nodos) cuentan con un peso de ponderación con un rango de valores de 0 y 1. Estos valores de ponderación dependen de un estímulo específico (por ejemplo, una cara sonriente de un agente *B* a otro agente), de una emoción específica, y de un agente. Las diferentes interacciones sociales que suceden en la vida cotidiana, se representan variando los valores de estos pesos de ponderación.

Para analizar y validar el modelo, los autores realizan diferentes pruebas de simulación en las que se representan diferentes patrones de respuesta social variando diferentes parámetros en el modelo matemático. Los resultados de estas simulaciones son graficados para validar el comportamiento del modelo propuesto.

Con el objetivo de representar el efecto que tiene el proceso de regulación emocional en la toma de decisiones debido a las emociones dentro de un contexto social, *Adnan Manzoor y Jan Treur* presentan en (Manzoor & Treur (2013)), un modelo computacional para la creación de agentes virtuales socialmente emocionales, y que además presentan un comportamiento en función al nivel de contagio de las emociones en un entorno social. Con base en la literatura neurológica reciente, los autores abordan el proceso de la regulación emocional desde una perspectiva biológica, esto es, se toma por verdadero el principio biológico de que la regulación de una emoción tiene lugar mediante la interacción que existe entre la corteza prefrontal y la amígdala dentro del cerebro humano.

Con base en lo anterior, los autores simulan una interacción entre dos agentes virtuales, utilizan el lenguaje *LEADSTO* para representar la interacción social entre ambos agente, y describir la dinámica de estados internos de ambos agentes. En el diagrama temporal-causal generado mediante el software *LEADSTO* se definen las diferentes variables empleadas para representar los procesos de generación emocional, regulación emocional y la interacción social entre los agentes. En el diagrama, el estado interno de un agente son los nodos, las líneas que unen a estos nodos representan la interacción entre dos o más estados internos de un agente. A manera de ejemplo, los autores representan lo que ellos nombran como “*modelo de toma de decisiones colectivas*” para esto se utiliza un factor  $\gamma_{BA}$ , el cual representa la fuerza de contagio emocional de un agente *B* hacia un agente *A*. Este factor indica la fuerza por la cual un estado o variable de un agente *A* se afecta por el correspondiente estado o variable de un agente *B*. Esta fuerza de contagio depende de las diferentes características configuradas para cada agente, por mencionar algunas: la forma expresiva del agente *B*, el grado o aceptación del agente *A* por el agente *B*, o qué tan fuerte es la conexión social entre el agente *B* y el *A* (la unión entre ambos nodos).

Teniendo en cuenta que el contagio emocional juega un papel importante en el cambio de las emociones en un individuo, los autores representan el mecanismo de regulación emocional utilizando pesos negativos entre las conexiones de los nodos que constituyen el modelo computacional propuesto. En el modelo, dependiendo de las características configuradas para un agente, la interacción entre estos nodos y sus conexiones serán más o menos fuertes o en función de los valores

generados para cada peso negativo. Estos valores representan la implementación de las estrategias de regulación emocional, es decir, para un valor dado en los pesos de conexión entre nodos, independientemente de qué estrategia específica se utilice, se identifica si la emoción ha sido regulada con éxito. Ésta es una clara desventaja en comparación con el modelo propuesto en este documento, ya que en él, las cinco estrategias de regulación emocional están claramente diferenciadas.

Para validar los resultados generados de este modelo, los autores simulan diferentes escenarios tomando en cuenta dos creencias principales para cada agente, éstas son: una creencia positiva que puede asociarse a un buen sentimiento y una creencia negativa que está relacionada con un sentimiento estresante. Por ejemplo, si en los nodos se presenta un valor negativo entre 0 y -1, se considera que se ha producido o no una emoción no deseada en el agente. Si esto ocurre, entra en marcha un estado de control (se activa un nodo) indicando que el agente está regulando la emoción negativa. A través de esta interacción dinámica entre los estados internos de un agente (nodos) y el valor de la conexión entre ellos, los autores examinan cómo el proceso de regulación emocional afecta el mecanismo de contagio social en la toma de decisiones, exponiendo que su modelo representa lo que las teorías psicológicas y cognitivas describen.

Una extensión al trabajo descrito anteriormente se presenta en Abro et al. (2015a), qué, de manera similar al trabajo anterior, es simulado el proceso de regulación emocional para representar el impacto positivo que tiene este proceso en los eventos negativos, y como esto mejora el estado de ánimo de un agente. Mediante la configuración de diferentes conexiones entre los nodos que los diferentes estados internos de un agente, es posible modificar la duración de una creencia presente en dicho agente., el autor modifica la duración de una creencia presente en el agente. Estos nuevos nodos que representan las creencias en un agente pueden tener diferentes valores de activación a lo largo del tiempo, por ejemplo, inicialmente, una creencia  $x$  puede tener un valor alto y otra creencia  $y$ , un valor bajo, al pasar el tiempo estos valores pueden intercambiarse, es decir, la creencia  $x$  en un tiempo  $t_x$  tendrá un valor alto, mientras que la creencia  $y$  en un tiempo  $t_y$  tendrá un valor bajo. En otras palabras, y de acuerdo con lo expuesto en este trabajo, con el tiempo, un valor alto de creencia se vuelve más bajo (debido al mecanismo de regulación emocional), mientras que el valor bajo se vuelve más alto, y eventualmente uno de ellos se convertirá en el valor dominante, llegando a sí la regulación emocional.

Ésta es la única característica que el autor agrega al trabajo ya existente, por lo que este nuevo modelo hereda prácticamente los mismos conceptos y definiciones descritos previamente en el trabajo anterior. Asimismo, la validación de este modelo se realiza del mismo modo que en el trabajo previo, destacando únicamente cómo la regulación de una emoción estresante puede ayudar a las personas a retrasar o evitar la depresión. Además, en el análisis se demuestra que, si el evento estresante dura más tiempo, la regulación emocional también puede ayudar a mantener el estado de ánimo bajo durante un cierto período de tiempo menos prolongado.

Otro trabajo que extiende la funcionalidad del modelo computacional descrito por Manzoor & Treur (2013), es el que presentan *Altaf Abro* y colegas en Abro et al. (2014). Este modelo computacional combina el proceso de regulación emocional, implementado la estrategia de revaloración cognitiva presentada por Manzoor & Treur (2013)) y el modelo de dinámica del estado de ánimo presentado por *Both y colegas* (para mayor información, consultar: Both et al. (2008)), para ilustrar cómo las estrategias adecuadas de regulación emocional pueden prevenir el desarrollo de la depresión. A modo de ejemplo simple, el modelo de dinámica del estado de ánimo incluye los conceptos de: *el nivel de estado de ánimo, la evaluación y las habilidades para afrontar una determinada situación, y el impacto que tienen los niveles de estos estados al momento de seleccionar una determinada situación.*

En el modelo aquí descrito se definen varios nodos o estados de control, por lo que a cada



nodo en un determinado punto en el tiempo le corresponderá un valor real entre 0 y 1. Por ejemplo, el estado o nodo con una etiqueta “*valor objetivo emocional para una determinada situación*”, representa el valor de la situación en la que se encuentra el agente. Un nodo con la etiqueta “*valoración*”, representa la apreciación actual de la situación dado el estado mental actual del agente (por ejemplo, cuando una persona se siente deprimida, es posible que una situación agradable ya no se considere agradable). Un nodo, con la etiqueta “*nivel de ánimo*”, representa el estado de ánimo actual del agente. Por último, un nodo con la etiqueta “*pensamiento*”, indica el valor actual de los “pensamientos” presentes en el agente (es decir, los pensamientos positivos o negativos del agente).

Al integrar el modelo de la dinámica del estado de ánimo al modelo de regulación emocional previamente desarrollado por Manzoor & Treur (2013), los autores describen el impacto que tiene el proceso de regulación emocional al reducir la influencia que tienen los eventos negativos en el estado de ánimo de un agente. Además, en este trabajo se muestra cómo los eventos estresantes generan sentimientos negativos en los agentes desarrollados con este modelo, y cómo al implementar una estrategia de regulación emocional (específicamente la estrategia *revaloración cognitiva*), las emociones se vuelven menos negativas, lo que reduce la influencia de los eventos estresantes en el estado de ánimo final del agente.

Al ser una extensión más del trabajo presentado por Manzoor y colegas, en este nuevo trabajo tampoco se implementan diferencias individuales, y sólo se modela una estrategia de regulación emocional (*revaloración cognitiva*). La validación de este modelo es prácticamente la misma que la presentada por Manzoor y colegas. Aquí se presentan los resultados de las simulaciones y se grafican para su comparación. Con estas simulaciones, los autores muestran cómo la regulación de las emociones puede ayudar a cambiar las malas creencias y sentimientos negativos, cambiándolos a sentimientos más positivos, simulando proteger el estado de ánimo contra eventos estresantes.

Una ampliación del trabajo anteriormente descrito se encuentra en Abro et al. (2015b). En este nuevo trabajo, se han agregado dos estrategias de regulación emocional adicionales a la estrategia de *revaloración cognitiva* descrita en el trabajo anterior, las nuevas estrategias agregadas a este trabajo son: *modificación de la situación* y *modulación de la respuesta*. El objetivo de ampliar el modelo existente es mostrar cómo estos múltiples procesos de regulación emocional implementados conjuntamente pueden ayudar a las personas a mantener un estilo de vida saludable en caso de que ocurran eventos estresantes. En este modelo, todos los estados (nodos) se pueden clasificar en cinco grandes grupos: *el entorno*, *el proceso de generación de emociones*, y *las estrategias de regulación emocional*. Los nodos principales que representan al entorno son: *los eventos que surgen en el exterior* (independientes al estado interno del agente) y *el entorno del agente*.

La implementación de cada estrategia de regulación emocional, se presenta de la siguiente manera:

- *Selección de la situación*. Para esta estrategia, los autores definen un nodo de control para una emoción “*e*”, el cual se ve afectado por un estímulo “*s*” procedente del entorno. Este estímulo genera un sentimiento negativo “*n*” que se asocia a la emoción “*e*”. La activación de este nodo de control genera una acción en el agente que lo lleva a cambiar su situación actual dentro de su entorno (por ejemplo, alejarse de un lugar ruidoso a un lugar tranquilo).
- *Revaloración cognitiva*. En esta estrategia, el agente reinterpretará la información de su entorno, por lo tanto, cuando el agente ha generado una creencia dominante negativa que está asociada a “*malos sentimientos*”, lo que conduce a la activación de su nodo de control, reduciendo el valor de la creencia, y aumentando el valor de alguna creencia positiva sobre el mismo evento, volviéndola dominante y proporcionando al agente una interpretación alternativa sobre su entorno.

- *Modulación de la respuesta.* El nodo que representa a esta estrategia se activa cuando se ha detectado una emoción no deseada en los nodos de control “ $y$ ” “ $z$ ”, lo cual elimina el valor actual del nodo que representa la respuesta emocional. Este nodo aumenta el valor del nivel de emoción presente en el agente, por lo que al debilitarlo (restar el valor de los nodos  $x$ , y  $y$ ) tendrá un efecto decreciente en la intensidad de la emoción negativa.

Al tratarse de una extensión de un trabajo previo, en este trabajo tampoco se modela algún tipo de diferencia individual, y como se describió anteriormente, sólo son modeladas tres de las cinco estrategias de regulación emocional propuestas en el trabajo de *Gross*. Por lo que aún en este nuevo modelo computacional se siguen presentando las mismas diferencias respecto con el modelo propuesto en este trabajo de tesis.

Como es común en *LEADSTO*, el modelo se representa conceptualmente como una colección de estados y conexiones entre ellos. Para cada nodo existe un valor de activación (números reales entre 0 y 1) a lo largo de un tiempo  $t$ . A la variable “ $t$ ” se asignan números reales que representan el tiempo dentro de la simulación de un escenario. Para este trabajo, los autores transfieren el modelo conceptual del lenguaje de programación *LEADSTO*, en un modelo numérico a través de ecuaciones diferenciales. Este modelo matemático es simulado dentro del entorno *MATLAB*. Como resultado de estas simulaciones se muestran gráficas donde se corrobora la efectividad del proceso de regulación emocional: mediante la aplicación continua de las diferentes estrategias de regulación emocional, un evento estresante puede variar su intensidad, lo cual se representó computacionalmente.

Otro trabajo que emplea el enfoque de modelado *LEADSTO* es el presentado en Ullah et al. (2018), este trabajo propone un modelo computacional que puede simular la flexibilidad y adaptabilidad natural que tiene una persona para seleccionar la estrategia de regulación emocional más adecuada de acuerdo con su entorno y bajo un conjunto específico de condiciones. Las estrategias de regulación emocional representadas en este trabajo son *enfoco de la atención y Modulación de la respuesta*.

En el trabajo aquí presentado se da una breve explicación de lo que la flexibilidad y adaptabilidad al regular las emociones. Mencionan que estos conceptos hacen referencia a la capacidad que tienen las personas para elegir deliberadamente una estrategia de regulación emocional según se dé una situación específica. Como ejemplo, supóngase que un trabajador se molesta cuando su colega lo critica injustamente, el trabajador puede optar por alejarse, distraerse con las tareas de trabajo, ocultar su reacción negativa o distanciarse mentalmente de su colega. Aquí la decisión a tomar depende directamente de la situación para que esa acción sea la mejor o más óptima. Por ejemplo, si el trabajador pertenece a un departamento diferente que el de su colega, es posible que le resulte fácil alejarse. Sin embargo, si el colega del trabajador resulta ser el jefe del departamento, es posible que alejarse no sea lo más adecuado, por lo que puede verse obligado a distraerse con las tareas del trabajo. En palabras de los propios autores, el ejemplo anterior pone en evidencia que las personas son capaces de elegir de manera flexible entre las diferentes estrategias de regulación emocional en función a las diferentes demandas de su entorno. Según los autores, a esta capacidad se le conoce como “*regulación emocional flexible*” (ver, Aldao et al. (2015)).

Como es habitual en *LEADSTO*, los autores utilizan redes en las que los nodos se interpretan como estados (o variables de estado) que varían con el tiempo, y las conexiones se interpretan como relaciones causales que definen cómo cada estado puede afectar a otros estados a lo largo del tiempo. Para representar la rapidez con la que se efectúa la sincronización entre los diferentes procesos de regulación emocional, se introduce un factor de velocidad  $\eta_n$ . Los conceptos tales como “*el peso de conexión*” “*el factor de velocidad*” definen la estructura y funcionalidad del modelo computacional propuesto en este trabajo.

Estos conceptos, tales como el peso de conexión, y el factor de velocidad, definen la estructura

y funcionalidad del modelo computacional. Con la finalidad de proporcionar suficiente flexibilidad al modelo, los autores emplean una función logística para cada peso entre los nodos de la red temporal-causal del modelo, mejorando el comportamiento de los valores generados en cada nodo al agregar múltiples impactos causales en un estado.

Para simular la presencia de un factor estresante que modifique el entorno de un agente (por ejemplo, la presencia del jefe de oficina), se introduce la variable (*estado*)  $srs_{bp}$ , este parámetro tiene conexiones negativas y positivas, para simular la presencia o ausencia de factores estresantes, respectivamente. Estas conexiones van desde un nodo  $srs_{bp}$  a otro nodo “ $s$ ”, que representa un estímulo primario para desencadenar (o no) una emoción específica. Este factor tiene un efecto en la forma en que un agente regula sus emociones, por ejemplo, en caso de que este factor tenga un valor negativo, el agente implementará la estrategia de modulación de la respuesta, mientras que en caso de ser un valor positivo, el agente elegirá la estrategia de enfoque de la atención para regular a la baja la emoción negativa de *ira*.

Una de las principales desventajas que presenta este modelo, es precisamente que sólo se ha modelado para regular un tipo de emoción negativa (*ira*), a diferencia del modelo desarrollado en esta tesis, en el cual se pueden regular un total de 22 emociones (derivadas del modelo *OCC*, consultar la sección 4.1.1 de esta tesis). Otra desventaja es que no se toman en cuenta las diferencias individuales en la implementación de este modelo, y por último, sólo son modeladas dos de las cinco estrategias propuestas en el *Modelo Mopdal* de *Gross*

Para validar el modelo, los autores simulan diferentes escenarios partiendo de un evento en el que una agente *A* se enoja cuando una agente *B* está conversando. Para representar esta situación, los autores desarrollan cuatro escenarios con contextos diferentes. Por ejemplo, En el primer escenario los autores representan la situación en la que el jefe está presente y el agente *B* conversa con alguien, el agente *A* sentirá ira, pero suprimirá su expresión. Si el jefe no está presente y el agente *B* conversa con alguien, entonces el agente *A* utilizará el enfoque de su atención (lo cual es una estrategia de regulación emocional) y se concentrará en recordar algo que haya expresado con anterioridad el agente *B*. Otro escenario simulado es cuando el jefe está inicialmente presente y el agente *B* conversa con alguien, por lo que el agente *A* utilizará la estrategia de supresión (modulación de la respuesta) en ese momento. Si después de cierto tiempo el jefe sale de la habitación, entonces, cambiará la estrategia y el agente implementará la estrategia de enfoque de la atención. Lo descrito anteriormente se valida al graficar los valores de respuesta emocional del agente *A*. En estas gráficas se puede observar el comportamiento de cada estado o variable del modelo. De esta manera, los autores exponen que han modelado adaptativamente la emoción dependiendo del contexto que cambia con el tiempo, demostrando a través de las gráficas presentadas que los resultados de los experimentos de simulación están de acuerdo con lo descrito en la literatura psicológica y en el modelo de regulación emocional de *Gross*.

El trabajo presentado por Ullah et al. (2020) amplía al trabajo anterior agregando dos estrategias más de regulación emocional. Tomando en cuenta que en el trabajo descrito anteriormente, un agente sólo podía implementar dos estrategias de regulación emocional (*enfoque de la atención* y *modulación de la respuesta*), en este nuevo trabajo se han agregado las estrategias de: *modificación de la situación* y *revaloración cognitiva*. Esto da un total de cuatro estrategias de regulación emocional disponibles para un agente virtual creado mediante este modelo computacional.

Básicamente, estas son las dos únicas nuevas características que se agregan al modelo anterior, por lo que aún en este nuevo modelo, no se han considerado las diferencias individuales, ni se han agregado nuevas emociones para su representación, por lo que este modelo aún sigue presentando ciertas deficiencias en comparación con el trabajo presentado en esta tesis, además, no es representado totalmente el modelo de *Gross*, ya que sólo son implementadas cuatro de las cinco estrategias

propuestas en su modelo.

De la misma manera que en el trabajo anterior, la evaluación se realiza simulando los mismos escenarios y analizando las gráficas correspondientes a los niveles de intensidad emocional en cada agente desarrollado, sólo que ahora el agente puede “elegir” entre las cuatro diferentes estrategias de regulación emocional.

Otra extensión del trabajo presentado en Ullah et al. (2018), es propuesto por Gao et al. (2019). Este modelo añaden al modelo anterior dos características relevante para simular el proceso de regulación emocional, la edad y el género. Estas dos características son consideradas como diferencias individuales, brindando al agente virtual un comportamiento específico según sean estas características. Según los autores y de acuerdo con varios estudios psicológicos, la edad y género son factores determinantes en la elección de las diferentes estrategias de regulación emocional, y específicamente aquellas que tienen que ver con la revaloración cognitiva y la modulación de la respuesta. Diferentes estudios realizados en las ciencias sociales han señalado que los hombres son más propensos a utilizar la estrategia de modulación de la respuesta cuando se enfrentan a estímulos negativos, mientras que las mujeres prefieren utilizar la estrategia de revaloración cognitiva. Con respecto a la edad, los estudios muestran que a medida que los hombres envejecen, tienden a pasar de utilizar la estrategia de modulación de la respuesta, a utilizar la estrategia de revaloración cognitiva, mientras que, en el caso de las mujeres, el cambio se produce hacia la utilización de la estrategia de modulación de la respuesta. Gross en (Gross & John (2003)), considera que el papel de los padres es una de las distintas razones por la que un individuo podría inclinarse por utilizar una estrategia de regulación emocional específica. Esto se debe a que los padres pueden motivar a sus hijos (varones) a tener más control emocional que sus hijas, es decir, los padres esperan que sus hijos repriman la expresión emocional más que sus hijas.

Con base en esto, los autores agregan un par de estados (nodos) al modelo de regulación emocional desarrollado en el trabajo anterior. Estas nuevas variables son utilizadas para determinar que estrategias podrán ser implementadas por el agente, en decir, el valor de estos dos nodos determinarán el género y la edad de un agente virtual, desencadenando en él la preferencia por utilizar en mayor medida una estrategia específica (revaloración cognitiva o supresión de la respuesta). Estos dos nodos son considerados como factores externos dentro del entorno de un agente, y se unen directamente con otros nodos para condicionar el uso de una determinada estrategia de regulación emocional en función a la edad y el género (valores determinados en estos dos nuevos nodos).

Los nuevos nodos agregados al modelo anterior se representan de la siguiente manera: la variable utilizada para representar el género puede tomar valores reales dentro de un rango de valores que va de 0 a 1. Para representar la edad de un agente virtual, los autores se basan en el trabajo presentado por *J.J. Gross* (ver, Gross & John (2003)), en el que se relaciona la edad de un individuo en función a la influencia que pueden o no tener los padres sobre sus hijos en edades tempranas, al momento de seleccionar alguna estrategia para regular una determinada emoción. Para representar computacionalmente este fenómeno, los autores emplean una variable binaria (0 ó 1), donde 1 es la presencia de los padres y 0 la ausencia de estos. Por convención de los autores, para representar un género y edad específica, las variables se inicializan con los siguientes valores:

- $ws_{prnt} = 1$  con  $ws_{ppl} = 0.2$ , representa a un hombre joven, por lo que la estrategia a implementar en este escenario será la supresión de la respuesta.
- $ws_{prnt} = 1$  con  $ws_{ppl} = 0.8$ , representa a una mujer joven, por lo que la estrategia a implementar en este escenario será la revaloración cognitiva.
- $ws_{prnt} = 0$  con  $ws_{ppl} = 0.8$ , representa a una mujer mayor, por lo que la estrategia a implementar en este escenario será la supresión de la respuesta.

- $ws_{prnt} = 0$  con  $ws_{ppl} = 0.2$ , representa a un hombre mayor, por lo que la estrategia a implementar en este escenario será la revaloración cognitiva.

A pesar de que en este trabajo se incorporaron diferencias individuales como la edad y el género, sólo dos de las cinco estrategias de regulación emocional propuestas por *J.J. Gross* son implementadas en este trabajo, lo cual es una clara diferencia entre el modelo previamente descrito y el modelo desarrollado en este trabajo de tesis. Además, en este trabajo de tesis son implementadas las cinco estrategias de regulación emocional descritas en el *Modelo Modal* de *Gross*.

Para validar el modelo, los autores han considerado y simulados distintos escenarios, en los cuales se representan diferentes rangos de edades, variando los valores de las variables correspondientes a esta diferencia individual. Del mismo modo, es configurado otro escenario para representar el género de un agente y validar que su comportamiento emocional esté alineado a lo descrito por la literatura de las ciencias sociales y comportamiento emocional humano.

*Manzoor A. y Treur J.*, Presentan en (*Manzoor et al. (2016)*), un modelo computacional inspirado neurológicamente para simular el proceso de regulación emocional. Basándose en diferentes teorías neurológicas y los hallazgos relacionados con experimentos de resonancia magnética (*fMRI*), simulan el mecanismo cognitivo que existe detrás de la elección de las estrategias de regulación emocional, específicamente, en las siguientes estrategias: *modificación de la situación*; *revaloración cognitiva*; *modulación de la respuesta*.

El modelo computacional se diseñó y desarrolló en el entorno de programación *LEADSTO*, representando cada variable correspondiente a las estrategias de regulación emocional como nodos en una red temporal-causal. Además, en este trabajo se integra un nodo específico *P*, que, al variar su valor, es posible representar diferentes rasgos de personalidad en los agentes virtuales, por ejemplo, un valor negativo en el nodo *P*, se interpretaría como un rasgo de personalidad neurótico o una personalidad negativa, que tendería a interpretar los acontecimientos de su entorno de forma negativa. Los nodos o estados definidos en este modelo se pueden clasificar en seis grupos: *el entorno*; *la generación de emociones*; *la regulación de las emociones*; y, *la integración del mecanismo interno de seguimiento y selección para la toma de decisiones*. Este último nodo se refiere a la decisión que un agente ejecutará para implementar una estrategia de regulación emocional específica.

El proceso de monitoreo y seguimiento para la toma de decisiones es modelado mediante las conexiones entre los nodos que representan un estado de sensación, y una serie de nodos encargados de monitorear el valor del nodo de sensación. Con base en los diferentes estudios y hallazgos reportados en la literatura neurológica, los autores modelan el proceso de selección de una estrategia de regulación emocional a través de las conexiones entre los nodos de monitoreo, y los estados o nodos de control. Las conexiones ascendentes (unidireccionales positivas), en el diagrama temporal-causal, representan las conexiones de la amígdala hacia la corteza prefrontal del cerebro humano, las cuales, de acuerdo con las ciencias neurológicas, son utilizadas para monitorear los procesos neurofisiológicos del cerebro. La selección de una estrategia de regulación emocional por parte del agente se lleva a cabo si la intensidad de una emoción (que en principio puede ser cualquier emoción) alcanza un cierto umbral, lo que pone en marcha el sistema que simula el proceso de monitoreo (la activación de diferentes nodos en la red temporal-causal). El valor del umbral necesario para activar el proceso de regulación emocional, está en función a los tipos de personalidad previamente definidos para cada agente, es decir, el valor configurado para el nodo *P*.

Además, los autores también simulan la función de las neuronas inhibitoras presentes en el cerebro humano, mediante la desconexión entre los nodos de monitoreo (un peso de ponderación con un valor 0 asociado a cada conexión en la red). Cuando los estados de monitoreo se excluyen mutuamente, es decir, cuando el valor de los pesos asociados a cada conexión presentan un valor

idéntico, pero con signo contrario, se puede simular el reconocimiento de diferentes de situaciones estresantes por parte del agente, de manera que, los nodos de monitoreo son capaces de identificar un bajo, alto, moderado o negativo nivel de intensidad emocional. La combinación de estos estados de monitoreo son la base para que el agente sea capaz de tomar la decisión sobre qué estrategia de regulación emocional implementará. Al seleccionar una estrategia específica, se activa el nodo de control correspondiente a dicha estrategia. Esto a su vez depende de la situación actual del agente y de la personalidad configurada para él (el valor del nodo  $P$ ).

Si bien en este trabajo se representa la influencia de los rasgos de personalidad que definen a un agente virtual, los autores no definen explícitamente una división para representar los diferentes tipos de personalidad existentes, sólo se representa por el valor numérico de una variable (nodo), si el tipo rasgo de personalidad corresponde a una personalidad negativa (muy similar al rasgo de personalidad neurótico), o una personalidad positiva (algo parecido a un tipo de personalidad de apertura a la experiencia). Ésta es una característica significativa en el modelo computacional de regulación emocional propuesto en este trabajo de tesis, ya que cada rasgo de personalidad está claramente definido y basados en un modelo ampliamente aceptado de la personalidad.

Para validar el funcionamiento del modelo, los autores realizaron una serie de experimentos de simulación para verificar que los agentes desarrollados con este modelo sean capaces de seleccionar una u otra estrategia de regulación emocional en función al valor definido para el nodo que representa la personalidad (nodo  $P$ ). Para esto se representaron diferentes escenarios en los que se describen varios escenarios con diferentes valores en el nodo  $P$ , representando así las diferentes características de personalidad, y representando entornos variantes para el agente. Con base en sus resultados positivos, proponen que su modelo computacional para la toma de decisiones sobre la regulación de las emociones podría ayudar a las personas con problemas relacionados con el estrés utilizando diversas aplicaciones de software.

### 3.2.2. Modelos computacionales que implementan diferencias individuales

En el trabajo presentado por Xiaolan et al. (2013), se presenta un modelo matemático para representar el proceso de generación y regulación de emociones en términos computacionales. Xiaolan y colegas implementan la máquina de estados finitos para representar el proceso de transición entre diferentes estados emocionales que ocurren en un agente virtual. Este modelo computacional se enfoca en la regulación emocional centrada en los antecedentes, específicamente, en la estrategia de *revaloración cognitiva*, la cual es representada mediante el parámetro  $\alpha$  y que refleja los valores positivos y negativos de la interpretación que un agente hace respecto a un evento externo o interno de su entorno. Cuanto mayor sea el valor de este parámetro, más positiva será la valoración de un evento emocional por parte del agente, controlando mejor las emociones negativas e incluso logrando transformarlas en emociones positivas. Por el contrario, cuanto menor es el parámetro  $\alpha$ , más negativa se vuelve la comprensión de un evento emocional, lo que agrava las emociones negativas y desencadena una percepción cada vez más pesimista sobre el evento. Por último, cuando  $\alpha = 0$  significa que el agente tiene poca comprensión emocional del evento en curso.

Este trabajo es uno de los pocos en los que se toman en cuenta diferencias individuales tales como los rasgos de personalidad, específicamente, los autores asocian la estrategia de *revaloración cognitiva* con el tipo de personalidad de un agente en función a los valores preestablecidos para el parámetro  $\alpha$ , esto es, clasifican siete tipos de personalidad de acuerdo a los valores de  $\alpha$ , como se presenta a continuación: [ $\alpha = -8, \alpha = -5, \alpha = -2, \alpha = -0, \alpha = 2, \alpha = 5, \alpha = 8$ ]. Según sea el valor preestablecido de  $\alpha$ , se correlacionará a una de las tres categorías de estado emocional: (1.- *emociones positivas*; 2.- *emociones neutrales*; 3.- *emociones negativas*). La transición de los estados

emocionales se representa utilizando una ecuación matricial. Su modelo matemático discreto está constituido de un conjunto de entrada  $I$ , un conjunto de salida  $O$ , y un mapeado de transición de estados  $\delta$ .

En todas las ecuaciones matemáticas utilizadas en el desarrollo de este modelo computacional es implementado un factor  $\alpha$ , para corregir el proceso de transición de una emoción debido a la influencia que tiene la estrategia implementada por el agente (revaloración cognitiva). En este modelo computacional los estímulos de entrada son fijos y únicos, esto es, al producirse otro estímulo en el agente, se considera como un nuevo proceso de regulación emocional. Cuando  $\alpha = 0$ , se significa que el agente no ha implementado la estrategia de regulación emocional para un determinado estímulo de entrada  $I_n$ . Para representar de mejor manera el proceso de regulación emocional a través del parámetro  $\alpha$ , los autores definen un factor  $\tau$  (ver ecuación 3.5). De esta forma, cuando  $\alpha > 0$ , las emociones negativas se transferirán a emociones neutrales y las emociones neutrales se transferirán a emociones positivas, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{2}{\pi} * \arctan\left(\frac{1}{2} |\alpha|\right), \tau \in [0, 1] \quad (3.5)$$

Claramente, a pesar de que en este trabajo se introduce lo que correspondería a un rasgo de personalidad, los autores no especifican explícitamente a que rasgo de personalidad hacen referencia, ni basan su implementación en algún fundamento teórico o teoría de la personalidad para fundamentar la implementación de los tipos de personalidad, que es una diferencia significativa entre este trabajo y el trabajo desarrollado para esta tesis.

Para validar el modelo propuesto, los autores utilizan el software de *MATLAB*, en el que realizan distintas pruebas de simulación en las que se representan diferentes estímulos de entrada a través de diferentes valores numéricos. Los resultados de estas simulaciones son graficados para su análisis y validación. Con base en estos resultados experimentales, los autores exponen que el algoritmo puede efectivamente representar la relación que existe entre la estrategia de revaloración cognitiva y los eventos emocionales experimentados por un agente mediante la regulación de la emoción experimentada.

Una extensión del trabajo descrito anteriormente se propone en (Han et al. (2014)). En este trabajo los autores definen una función matemática para representar la atenuación en la intensidad emocional causada por estímulos externos del entorno. De acuerdo con los autores, la razón fundamental detrás del concepto de atenuación y la razón principal por la que se agregó esta característica al modelo previo, es porque la emoción es un proceso reactivo y cambiante, que depende de los estímulos externos y que se debilita gradualmente con el tiempo, afectándose a su vez por el tipo de emoción, la intensidad del estímulo externo y el tipo de personalidad de un individuo.

Los autores proponen siete tipos diferentes en la velocidad de atenuación con la que se degrada una emoción. Las emociones utilizadas en este modelo son clasificadas de pequeñas a grandes, seguidas de la emoción en sí: *tristeza, miedo, felicidad, disgusto, ira, sorpresa y calma*. Las velocidades de atenuación se asignan mediante una jerarquía de valores, como la siguiente:  $[c = [0.15, 0.43, 0.08, 0.26, 0.05, 0.03, 0]]$ . Mediante la manipulación de tres parámetros variables ( $\epsilon, \tau, c$ ), la velocidad de atenuación en la intensidad de una emoción puede volverse más rápida o más lenta, dependiendo de los valores configurados en estos tres parámetros.

En las simulaciones realizadas para validar la funcionalidad del modelo, los autores demostraron que la probabilidad de transición emocional positiva aumentó gradualmente y la probabilidad de

transición negativa se reduce con el aumento del parámetro  $\alpha$ , el cual representa el tipo de personalidad en un agente. Sin embargo, al ser este trabajo una ampliación del trabajo presentado por Xiaolan et al. (2013), el tipo de enfoque para representar las diferencias individuales en el nuevo modelo sigue siendo el mismo.

En (Ab Aziz et al. (2011)) se propone un modelo basado en agentes virtuales que simula el contagio del estado de ánimo y el proceso de regulación emocional. Los autores exponen que el proceso de contagio del estado de ánimo sucede siempre dentro de un grupo social, además mencionan que este proceso está influenciado por el tipo y nivel de estado emocional de un individuo hacia el grupo social y viceversa. Por otra parte, también mencionan que la fuerza de contagio entre los individuos es una característica importante, que implica al tipo de personalidad de cada individuo, por ejemplo, la expresividad de un individuo emisor y la tolerancia del individuo receptor. De acuerdo con lo expuesto en este trabajo, estas características se pueden presentar a través de un canal fuerte o débil de comunicación, lo cual representa la intensidad en la interacción social. Por último, mencionan que las características del entorno y el tipo de personalidad afectan o contribuyen a la fuerza del contagio del estado de ánimo, por ejemplo, un individuo con tendencias neuróticas dentro de un grupo tiende a percibir un estado de ánimo (de otro individuo) en forma negativa, agravando el estado de ánimo a nivel grupal.

El modelo computacional presentado en este trabajo encapsula los mecanismos de regulación emocional y propagación de los estados de ánimo, para describir el proceso de homeostasis emocional (tendencia natural de mantener un nivel óptimo y equilibrado del estado de ánimo) de un agente, mediante el proceso de regulación emocional. Los autores argumentan que, dentro de una interacción social, existe una tendencia habitual de un individuo en percibir el estado de ánimo negativo de los demás y regular sus propios estados de ánimo para no verse afectado.

El modelo es formalizado matemáticamente para simular los escenarios e interacciones sociales entre un grupo de agentes virtuales. A modo de ejemplo, una relación social entre dos agentes virtuales se representa de la siguiente forma:

$$C_{normal}(t) = \alpha * PI_{AB}(t) + (1 - \alpha) * VI_{AB}(t) \quad (3.6)$$

El valor de  $C_{normal}$  representa la cercanía social (relación personal) entre un agente  $A$  y un agente  $B$ , y que a su vez puede estar relacionado con la cantidad de interacciones físicas ( $PI_{AB}$ ) como, conversaciones cara a cara, saludo de mano, contacto visual directo, entre otros, y virtuales ( $VI_{AB}$ ), tales como una llamada telefónica, un mensaje de texto, un correo electrónico, etc. Un valor 0 en cualquiera de estas variables corresponde a una interacción física o virtual inexistente entre los agentes, mientras que, un valor igual 1 significa que existe mucha interacción física y virtual entre los dos agentes. En este último caso, se interpreta que la relación social entre ambos agentes es muy cercana). La interacción social se regula mediante el parámetro  $\alpha$ . Por ejemplo, si  $\alpha = 0.5$ , ambos tipos de interacciones tienen el mismo efecto sobre ambos agentes.

El proceso de regulación emocional, junto con el tipo de personalidad, es representado matemáticamente como se muestra a continuación:

$$Y_A * (t + \delta t) = y_A(t) + \tau (change\_expression) * \delta t \quad (3.7)$$

En la expresión anterior, el cambio de un estado emocional en un agente  $A$  se representa dentro de un intervalo de tiempo  $t$ , el parámetro  $\tau$  representa la flexibilidad individual (tipo de personalidad) que tendrá el agente para ajustarse a los diferentes procesos de regulación emocional, por último, la variable  $change\_expression$  representa al proceso de regulación emocional en general.



El modelo computacional de regulación emocional propuesto en este trabajo, si bien tiene en cuenta los rasgos de personalidad para modelar el proceso de regulación emocional, no especifica qué rasgos de personalidad se están implementando y, como se mencionó anteriormente, los cambios en los tipos de personalidad que representan se expresan matemáticamente con el parámetro  $\tau$  en la fórmula 3.7. Al igual que con los trabajos antes mencionados, la diferencia entre este trabajo y el presentado en este documento de tesis es que los distintos rasgos de personalidad están claramente definidos para modelar la relación entre la regulación emocional y los tipos de personalidad.

El desarrollo de este modelo se realizó dentro del entorno de *MATLAB*, donde se simularon diferentes escenarios para representar diversos grupos sociales de agentes inteligentes virtuales. A través de estos escenarios simulados, los autores validan que el comportamiento emocional de los agentes desarrollados en este modelo computacional está en línea con los hallazgos presentados en las diferentes teorías sociales y psicológicas de la emoción y del contagio emocional dentro de un grupo social.

*EMIA* (*Emotional Model for Intelligent Agent*), es otro modelo computacional de generación y regulación emocional desarrollado por *Shikha J. y Krishna A.* en (Jain & Asawa (2015)). Este modelo integra tres diferentes enfoques teóricos: el modelo de valoración cognitiva presentado en el modelo *OCC* (mencionado en 4.1.1); la teoría de generación emocional propuesta por *Scherer* (consultar: Scherer et al. (2000)); y, la teoría de las emociones básicas presentada por *Ekman* (ver, Ekman (1992)). La combinación de los tres enfoques teóricos es la base fundamental de este trabajo, en el que se implementan dos de las cinco estrategias de regulación emocional, *revaloración cognitiva* y *modulación de la respuesta*. En cuanto a las emociones, en este trabajo sólo se implementan cuatro de las 22 emociones definidas en el modelo *OCC*, estas son: felicidad, tristeza, ira y miedo, junto con sus respectivas variables de evaluación. Por otra parte, a partir del modelo básico de emociones *Ekman*, los autores utilizaron dos emociones: sorpresa y disgusto. Para este último par de emociones, los autores adoptaron las variables de valoración del modelo propuesto por *Scherer*.

Para formalizar e implementar computacionalmente las teorías psicológicas antes mencionadas, los autores argumentan que el enfoque de lógica difusa es el que mejor representa la naturaleza incierta de las emociones, y que además brinda una solución aceptable a los problemas que surgen cuando se pretende representar fielmente el tipo y nivel de una emoción. En este modelo computacional son utilizados diferentes conjuntos difusos para representar las creencias, los objetivos y las acciones, para generar el estado emocional y representar el proceso de regulación emocional en un agente virtual. Estos tres conjuntos son representados mediante la definición de tres diferentes capas dentro del modelo computacional. En la primera capa es donde se representa el entorno del agente, es decir, esta capa es donde se representan los eventos y tienen lugar las acciones y repuestas emocionales de un agente; en la segunda capa se procesan los datos extraídos del entorno para que el agente sea capaz de realizar una acción específica en función a la información procesada por parte del agente; y por último, en la tercera capa, es en donde se genera, gestiona, y regula una emoción de acuerdo con la información procesada del entorno.

*EMIA* utiliza tres tipos diferentes de memoria para simular el comportamiento emocional de los agentes virtuales lo más fielmente posible. Éstas son: la *memoria perceptiva*, la *memoria de trabajo* y la *memoria a largo plazo*. En la memoria perceptiva, la información relacionada con los eventos que ocurren en el entorno del agente se almacena para su posterior acceso. La memoria de trabajo se utiliza para realizar cálculos e inferir tipos y niveles emocionales derivados de la valoración de los eventos, mientras almacena temporalmente los resultados obtenidos de la inferencia difusa. Finalmente, en la memoria a largo plazo se almacena toda la información relacionada con las creencias, los eventos y las acciones.

Para comprobar la funcionalidad del modelo propuesto, los autores desarrollan un escenario

sencillo en el que se representa a un agente conduciendo un vehículo para trasladarse desde un lugar de origen hasta su lugar de trabajo. En el escenario, la carga emocional se presenta cuando el agente llega a un semáforo, el cual cambia durante 40 segundos. Cuando el agente se encuentra a cierta distancia del cruce, el semáforo cambia y se pone en alto. Este evento genera en el agente una emoción negativa, por lo que tendrá que decidir entre esperar a que el semáforo vuelva a cambiar, o saltarse el alto. Cuando el evento de *llegar tarde al trabajo* es etiquetado como “*indeseable*”, y la estrategia de regulación emocional no ha tenido éxito, el agente tomará la decisión de saltarse el semáforo, con el objetivo de mantener su meta principal, la cual es, *llegar a tiempo al trabajo*, por el contrario, cuando la estrategia tienen éxito, el agente esperará a que el señalamiento del semáforo cambie, y no saltará el alto, a pesar de que el evento “*llegar tarde al trabajo*” esté etiquetado como “*indeseable*”.

Con base en esta simulación, los autores exponen que su modelo representa de manera adecuada la estrategia de regulación emocional implementada, resaltando que, con estos primeros resultados, se considera viable seguir trabajando en el modelo computacional para perfeccionar aún más el proceso de regulación emocional, implementando las estrategias faltantes para conocer el impacto emocional que tienen las nuevas estrategias, así como la influencia en la toma de decisiones y la selección de acciones.

Jain & Asawa (2016) presentan una extensión del trabajo anterior, en el cual la arquitectura computacional *EMIA* se integra en un lenguaje de programación de agentes llamado *2APL* (ver: Dastani (2008)). *2APL* es un lenguaje de programación basado en reglas de razonamiento práctico, desarrollado para modelar agentes inteligentes en un entorno virtual controlado. Este es un lenguaje relativamente completo, el cual tiene características que facilitan modelar el comportamiento racional de un agente virtual. Una de estas características es el estilo de programación declarativo e imperativo ampliamente conocido en el mundo de la informática. Similar a *EMIA*, en este nuevo trabajo se representan los agentes virtuales en términos de sus creencias y objetivos, a la vez que se toma en cuenta los objetivos a largo plazo (planes), y los eventos del entorno.

La integración del modelo computacional *EMIA* en el lenguaje *2APL* se logra redefiniendo la sintaxis y la semántica del software *2APL*. Los autores denominaron el resultado de esta combinación como *E-2APL*. En este nuevo modelo computacional fueron redefinidas tres bases de datos, al igual que en *EMIA*, con el objetivo de mantener actualizados los conjuntos de metas, creencias, emociones y objetivos, añadiendo además dos bases de datos extras. Cada base de datos realiza una función específica, por ejemplo, existe una base de datos encargada sólo de almacenar las creencias de un agente, otra para almacenar los objetivos, otra para almacenar las emociones presentes en el agente, y por último, se define una base de datos extra, la cual se encarga de almacenar los eventos y toda la información relevante de las otras base de datos.

En este nuevo modelo sólo se implementa una estrategia de regulación emocional, a saber, la estrategia de *modulación de la respuesta*. Esta estrategia se representa mediante la definición de reglas de valoración de eventos dentro de *E-2APL*, estas reglas de valoración se definen mediante el uso de variables que interaccionan entre sí para reproducir el funcionamiento de la estrategia de regulación emocional, por ejemplo, en el modelo se define una variable encargada de calcular la intensidad de una emoción y realiza un seguimiento continuo durante todo el proceso de simulación. Si el valor de esta variable es etiquetado como “*indeseable*”, al suceder este evento en el entorno del agente, entra en función la estrategia de regulación emocional, reduciendo la intensidad de la emoción experimentada por el agente. Esta reducción se realiza restando un valor proporcional al valor relacionado con el evento en curso, y en función a que tan deseable es para el agente dicho evento. Este proceso se repite un número limitado de veces, si después de este proceso, el evento no se vuelve “*deseable*” para el agente, es decir, si la etiqueta de la variable no cambia después de haber realizado estas iteraciones, se considera que el proceso de regulación emocional ha fallado,

entonces, el agente experimentará una emoción negativa con una intensidad alta. Por el contrario, si el valor de la variable cambia, y la etiqueta se vuelve con un valor “*deseable*”, las emociones correspondientes junto con sus intensidades se utilizan como parámetro para decidir la selección del plan final y la expresión de la emoción que tendrá el agente.

Para demostrar la funcionalidad del modelo propuesto, los autores realizaron una serie de simulaciones representando diferentes escenarios. Presentan como ejemplo una secuencia de eventos relacionados y percibidos por un agente. En este ejemplo, el agente es configurado con las siguientes creencias:

- *Tener un auto y saber conducir.*
- *Conocer la señalización de los semáforos.*
- *Gusto por las películas de acción.*
- *El estreno de una película “z” en los cines de la ciudad.*

Del mismo modo, son definidos objetivos tales como:

- *Ver la nueva película llegando a tiempo para el estreno.*
- *Regular cualquier emoción.*

De esta forma, los autores indican que los resultados de las simulaciones tienen una alta credibilidad en las emociones expresadas por el agente, mientras que éste responde adecuadamente a los escenarios simulados de la vida real.

En el trabajo presentado por Dias & Paiva (2013) se propone un modelo computacional para el desarrollo de agentes virtuales capaces de establecer y fortalecer, conscientemente, las relaciones sociales con otros agentes (humanos o virtuales). Los autores exponen que, un agente debe ser capaz de “*razonar*” sobre las emociones que experimentan otros agentes y a la vez, ser capaz de regular sus propias emociones. De acuerdo con los autores, a la acción de regular sus propias emociones y razonar sobre las emociones de los demás, se le conoce como: “*Regulación Emocional Interpersonal.*”<sup>o</sup> *IER*, por sus siglas del inglés (“*Interpersonal Emotion Regulation*”).

Para representar el proceso de generación emocional, los autores utilizan diversas teorías psicológicas de valoración cognitiva, pero sin enfocarse exclusivamente a una, además dividen el proceso de generación emocional en dos subprocesos, en el primer subproceso se realiza la inferencia del valor emocional en función a la valoración de los eventos, es decir, en este subproceso es donde se evalúa la relevancia de un evento para los objetivos de un agente y se determinan el conjunto de las variables de valoración, algo muy parecido a lo establecido en el *OCC*. En el segundo subproceso, es en donde se lleva a cabo la generación de las emociones, esto es, se toman las variables de valoración como una entrada, y las emociones resultantes del proceso de derivación como una salida.

La representación del proceso de regulación emocional se aborda desde las perspectivas de cómo y cuándo implementar cada una de las estrategias de regulación emocional disponibles en el modelo, ya que estas estrategias deben de estar en función a establecer o consolidar las relaciones sociales con otros agentes. La activación y selección de las diferentes estrategias de regulación emocional por parte del agente se realiza mediante la identificación y establecimiento de las metas necesarias para generar y mantener estas relaciones sociales. En el modelo propuesto, se plantean dos objetivos principales para regular las emociones interpersonales, éstas son: *Regulación Positiva Proactiva (PPR)* y *Regulación Positiva Reactiva (RPR)*.

La *Regulación Positiva Reactiva (PPR)*, se activa cuando un agente *A* toma la iniciativa de regular sus propias emociones con el fin de “agradar” a otro agente. En este caso, “agradar” se convierte en la meta a alcanzar para el agente *A*. De esta forma, el objetivo es que el agente *B* tenga una emoción positiva con una intensidad correspondiente a la diferencia entre el valor de atracción del agente *A* por el agente *B* y la atracción del agente *B* por el agente *A*. Entonces, si la diferencia en la relación entre el agente *A* y el agente *B* es alta, el agente *A* deberá hacer una acción altamente agradable para aumentar el valor de la atracción del agente *B*. Por el contrario, si la diferencia es baja, el agente *A* podrá alcanzar su meta (“agradar”) con una acción simple.

Para la *Regulación Positiva Reactiva (RPR)*, el agente *A* no toma por sí mismo la iniciativa de regular su propia emoción, sino que la meta se activará en función a la respuesta emocional del agente *B*. Por ejemplo, en una situación en la que el agente *B* siente una emoción negativa y su la relación con el agente *A* es positiva, entonces el agente *A* intentará realizar una acción para regular su emoción y no verse alterado por la emoción negativa del agente *B*. De acuerdo con lo expresado por los autores, las acciones que se pueden utilizar para que un agente pueda realizar la regulación de una emoción dependerá de su objetivo principal, y del nivel de relación con el otro agente.

La validación de la funcionalidad del modelo computacional se realizó integrando la arquitectura de regulación emocional en un reconocido juego de rol (*NeverWinter Nights 2*), esto con el objetivo de proporcionar un entorno en el que los usuarios tuvieran la oportunidad de interactuar con los agentes desarrollados con este modelo. Para esto, los autores diseñaron un escenario dentro del videojuego que les permitió evaluar el uso de las estrategias de regulación emocional. Con ese fin, se creó una misión simple en el videojuego, la cual consistió en un grupo de tres guerreros que debían completar varias misiones secundarias, luchando contra numerosos enemigos, para encontrar diferentes tesoros. En esta misión, el usuario controla al héroe principal del juego, mientras que los otros personajes son controlados por agentes virtuales inteligentes. Los autores señalaron que los resultados obtenidos sugieren que el uso de estrategias de regulación emocional hace que los agentes virtuales sean percibidos como más amigables dentro del videojuego. Además, los autores aplicaron un cuestionario estandarizado (*McGill (MFQ)*) para medir el nivel de amistad en los participantes. El cuestionario se aplicó a 22 participantes que utilizaron el videojuego *NeverWinter Nights 2*, demostrando así que cuando los agentes empleaban estrategias de regulación emocional, estos eran percibidos por los participantes como más amigables, obteniendo un mayor puntaje en el cuestionario en comparación a cuando los agentes no empleaban ninguna estrategia de regulación emocional.

Con el objetivo de ayudar en el tratamiento de personas diagnosticadas con trastorno depresivo mayor, en el trabajo propuesto por Martínez-Miranda et al. (2014), se desarrolla un modelo computacional de regulación emocional que proporciona a los agentes virtuales la capacidad de regular las respuestas emocionales. El objetivo principal de este trabajo es generar comportamientos empáticos adecuados en los agentes virtuales que son empleados en las sesiones de seguimiento interactivo de pacientes con depresión mayor. Estas sesiones interactivas tienen lugar a través de una aplicación móvil donde los usuarios pueden interactuar con diferentes agentes que actúan como terapeutas para ayudarlos en diferentes momentos del tratamiento contra la depresión. Los autores exponen que los agentes puramente empáticos, es decir, aquellos en lo que no se ha implementado alguna forma de regulación emocional, pueden llegar a adoptar el mismo estado emocional negativo del usuario, llegando incluso a generar resultados contraproducentes en el usuario. Mientras que, los agentes capaces de regular sus emociones, no imitan el comportamiento emocional negativo del usuario y pueden mostrar una empatía benéfica desde el punto de vista clínico (*empatía terapéutica*), proporcionando así una retroalimentación útil para los usuarios y ayudando en diferentes situaciones asociadas al tratamiento de la depresión.

Los agentes virtuales que incorporan este modelo de regulación emocional, se constituyen prin-

principalmente de un módulo *cognitivo-emocional*, en el cual se reciben todos los eventos que suceden durante la interacción con el paciente, y se generan las emociones correspondientes. En el desarrollo de este modelo computacional se implementó la arquitectura *FAtiMA* (ver, Dias et al. (2014)) la cual es una arquitectura computacional para la creación de agentes virtuales emocionalmente inteligentes. Con ayuda de *FAtiMA* se crean todos los objetivos y acciones de un agente, para enfrentar y reaccionar a los eventos detectados durante la interacción con el usuario. Este modelo computacional emplea dos de las cinco estrategias de regulación emocional propuestas por Gross: *cambio cognitivo*, y *modulación de la respuesta*.

De acuerdo con los autores, la estrategia de *cambio cognitivo* se activará cuando el paciente informe al agente virtual sobre una "*mala situación*", por ejemplo: cuando el usuario le comunique al agente virtual que se siente muy triste. En un caso como el expuesto anteriormente, el agente virtual valorará (mediante las reglas de valoración de la arquitectura *FAtiMA*) dicha situación y expresará una emoción negativa, pero con una intensidad menor o incluso otro tipo de emoción, es decir, una emoción negativa pero terapéuticamente empática. Además, una vez activada la estrategia de cambio cognitivo, el agente buscará información adicional en su memoria de trabajo que pueda cambiar positivamente el significado de esta situación y responder al usuario con información terapéuticamente útil. Por otro lado, la estrategia de modulación de la respuesta, se utiliza para regular aquellas emociones negativas en el agente cuando la primera estrategia no ha tenido éxito, eliminando cualquier emoción negativa en el agente virtual para no transmitir una sensación de condolencia al paciente, lo cual sería contraproducente debido a la condición emocional de éste.

Los conjuntos de reglas que definen a cada estrategia de regulación de emocional se integran a *FAtiMA* como componente adicional, a través de diferentes archivos de configuración *XML* lo que, según los autores, facilita la implementación de modelo computacional en diferentes agentes virtuales desarrollados en *FAtiMA* y su integración en diferentes escenarios.

Los autores evalúan la funcionalidad de su modelo, presentando una aplicación móvil a diferentes participantes que sufre de algún tipo de depresión, es decir, no necesariamente pacientes con depresión mayor, con el objetivo de que los participantes utilicen la aplicación durante un periodo considerable de tiempo, y así poder evaluar la satisfacción/utilidad, y sobre todo la aceptabilidad de esta aplicación, y poder así identificar como es percibido el comportamiento emocional de los agentes utilizados. De acuerdo con los resultados obtenidos de haber realizado varias encuestas de satisfacción a diferentes usuarios, los autores exponen que su modelo computacional es capaz de producir respuestas emocionales más adecuadas, mejorando las reacciones de los agentes virtuales ante situaciones adversas y facilitando la retroalimentación empática hacia el usuario de acuerdo con los eventos generados.

Una extensión del trabajo descrito anteriormente es propuesto en Martínez-Miranda (2017). En este nuevo trabajo se presenta un modelo computacional en el que se analiza la correlación existente entre las estrategias de regulación emocional y los cinco diferentes tipos de personalidad propuestos en el modelo *Big-Five* (mencionado en el capítulo 2.3). Este modelo computacional tiene como base teórica el trabajo presentado por Gross y Oliver P. en Gross & John (2003), así como el modelo de la personalidad conocido como el modelo *Big-Five*. La representación computacional de los hallazgos presentados por Gross y Oliver P. se realiza mediante la definición de reglas y conjuntos difusos. Con base en valores lingüísticos definidos para los conjuntos difusos, se expresan las principales variables de este modelo computacional. Este modelo es implantado en *Java* como un módulo de software mediante la utilización de diferentes herramientas que facilitan la implementación de conjuntos y reglas difusas.

En este trabajo, los autores señalan que, en general, la mayoría de los modelos computacionales que representan computacionalmente la teoría de revaloración cognitiva, se pueden dividir en cuatro

componentes principales. A modo de explicación simple y de acuerdo con lo expuesto por los autores, los cuatro componentes principales son:

- Componente de *valoración*. Éste se encarga de evaluar que tan deseable o indeseable puede ser un evento para un agente, en función a sus mentas y preferencias.
- Componente de *derivación emocional*. Este componente es el encargado de generar la emoción en un agente, de acuerdo a la evaluación realizada en el componente anterior.
- Componente de *intensidad de emocional*. A este componente se podría considerar como una extensión del componente anterior, ya que éste se enfoca en que tan fuerte o débil será la respuesta emocional de un agente.
- Componente *consecuencias de la emoción*. En este componente se mapea la emoción producida en una respuesta emocional, la cual está en función al tipo y nivel emocional que está experimentando actualmente el agente.

De los cuatro componentes descritos anteriormente, los autores exponen que su modelo podría considerarse como la combinación de los componentes de *derivación emocional* e *intensidad emocional*, ya que en estos dos componentes es en donde se produce la emoción en un agente artificial con su intensidad correspondiente.

Un total de tres diferentes conjuntos difusos son utilizados para representar: los tipos de *Personalidad* de un agente (*escrupulosidad, extraversión, neuroticismo, apertura a la experiencia, amabilidad*); los *Eventos* que suceden en el entorno del agente; y las cinco *Estrategias* de regulación emocional definida por *Gross*. Para cada conjunto difuso cuenta con variables lingüísticas del tipo: *bajo, medio, alto* para los rangos de personalidad; *muy malo, neutral, muy bueno* para los eventos del entorno; y *débil, medio, fuerte* para las estrategias de regulación emocional.

La principal diferencia del modelo descrito anteriormente con el modelo presentado en este trabajo de tesis, es como se representan los eventos en el entorno de un agente, ya que en su modelo, la representación de los eventos se realiza a partir de definir un valor aleatorio que define la deseabilidad de este evento por parte del agente. En el modelo desarrollado en esta tesis, el entorno de un agente es representado con base al conjunto de objetivos y creencias de un agente, mismos que son claramente especificados con base en la teoría del modelo de generación emocional *OCC*, y simulados dentro de un entorno de simulación de la arquitectura *FAtiMA*.

Para evaluar el funcionamiento del modelo, los autores realizaron un total de 5000 simulaciones, en las que fueron generados diferentes valores aleatorios para representar los diferentes rasgos de personalidad definidos en el modelo *Big-Five*, así como los valores para representar los eventos del entorno. Estos valores fueron utilizados como entrada al sistema de inferencia difuso para conocer el grado de uso de cada estrategia de regulación emocional en función al tipo de personalidad. Los resultados de estas simulaciones se presentaron mediante diferentes gráficos de dispersión, en los que se puede observar, por ejemplo, que las estrategias *selección de la situación* y *modificación de la situación* son las más implementadas por los el tipo de personalidad *extraversión*. Con base estas simulaciones, los autores mencionan que su modelo representa, de manera aceptable, los hallazgos presentados en el trabajo de *Gross y Oliver P.*, y que la generación de diferentes intensidades de una emoción basadas en los diferentes tipos de personalidad contribuye a crear agentes virtuales más creíbles, con respuestas emocionales más naturales y parecidas con la realidad.

*Bouazza* y colegas (*Bouazza & Bendella (2017)*) presentan un trabajo en el que se implementa una función matemática para mejorar el comportamiento emocional de los agentes virtuales desarrollado a través de la arquitectura *FAtiMA* (*Dias et al. (2014)*). Según los autores de este trabajo,

la implementación de esta función matemática durante el proceso de inferencia emocional de *FAtiMA*, permite simular y analizar cómo los procesos de regulación emocional afectan la intensidad de las emociones generadas en los agentes virtuales.

La función matemática utilizada en este trabajo se tomó del trabajo propuesto por Bosse et al. (2010) (ver ecuación: 3.8) la cual se modificó agregando nuevos parámetros para poder implementarla en *FAtiMA*, así como para representar el uso de estrategias de regulación emocional por parte del agente. Estos parámetros incluyen: un límite de intensidad emocional permisible (establecido en 1), un peso asociado a cada estrategia de regulación emocional con valor fijo de 0.35 para la estrategia de selección de la situación, y 0.30, 0.20, 0.15 para las estrategias modificación de la situación, enfoque de la atención y cambio cognitivo, respectivamente. Además de estos parámetros, los autores establecen una nueva función de decaimiento emocional, diferente a la ya incorporada en la arquitectura *FAtiMA*, la nueva función de decaimiento incluye un factor de persistencia  $\beta$ , el cual representa el tipo de personalidad de un agente en función de la duración de su estado de ánimo, es decir, si el parámetro  $\beta$  es configurado con un valor negativo, el estado de ánimo negativo del agente durará más en comparación a cuando el valor de  $\beta$  sea positivo, con lo cual se representan dos tipos de personalidad, el tipo de personalidad positiva, y el tipo de personalidad negativa.

$$New\_intensity = (1 - \beta) * \sum_n (wn * vn) + \beta * intensity \quad (3.8)$$

Esta función matemática se integran en la arquitectura *FAtiMA* utilizando archivos de configuración *XML* y mediante diferentes funcionalidades desarrolladas en el lenguaje *JAVA*. Por otro lado, a cada estrategia de regulación emocional está asociado un peso de ponderación específico, por ejemplo, para la estrategia de *Selección de la Situación* el peso asociado es 0.35. Para el resto de estrategias, los pesos asociados fueron los siguientes:

- *Modificación de la Situación: 0.30*
- *Enfoque de la Atención: 0.20*
- *Cambio Cognitivo: 0.15*

Para validar el modelo, los autores realizaron varias pruebas de simulación donde se analizan las diferentes reacciones emocionales generadas en el agente durante la evaluación de eventos negativos. Los autores reportan que existe una diferencia significativa entre las funciones de decaimiento original (la propia de *FAtiMA*), y la propuesta por ellos, además de que la ecuación 3.8 y la ecuación 3.7 reproducen adecuadamente el proceso de regulación emocional. De los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas, resaltan que, los agentes configurados con una personalidad negativa, tienden a experimentar más emociones negativas, en comparación con aquellos agentes configurados con una personalidad positiva.

Una de las principales diferencias entre este trabajo y el presentado en esta tesis es la forma en que se implementan las estrategias de regulación emocional, ya que en este trabajo las estrategias se representan numéricamente y, por lo tanto, se pierde mucha información relevante. Así mismo, los tipos de personalidad presentados en este modelo se implementan mediante la polaridad de un parámetro, es decir, si este valor es definido como positivo o definido como negativo. Además de esto, sólo representan dos tipos de personalidad (personalidad positiva y negativa), y no se mencionan valores intermedios, o diferentes características individuales que pueden existir en un individuo.

Hasta aquí, han sido revisados en detalle los diversos trabajos seleccionados sistemáticamente para su análisis. Esta revisión proporciona la información necesaria para conocer el estado del arte

acerca de los diferentes trabajos propuestos para representar computacionalmente al proceso de regulación emocional, estos trabajos aportan sus respectivos enfoques y estrategias para modelar computacionalmente el proceso de regulación emocional. De este análisis se desprenden las siguientes diferencias significativas entre los trabajos descritos en este capítulo y el trabajo propuesto en este documento de tesis:

- **Modelado de las cinco estrategias de regulación emocional propuestas en el modelo de Gross.** La mayoría de los trabajos descritos en este capítulo modelan computacionalmente sólo algunas de las cinco estrategias de regulación emocional, por lo general, sólo son modeladas aquellas estrategias que en principio son fáciles de representar computacionalmente debido a su amplia y clara descripción, dejando de lado aquellas que, de alguna manera, representan un poco más de reto al quererlas implementar computacionalmente. En el trabajo propuesto son representadas las cinco estrategias de regulación emocional, siendo esto un aporte significativo a la literatura actual relacionada con el tema del modelado computacional del proceso de regulación emocional.
- **Representación computacional de diferencias individuales:** Otra diferencia significativa entre los trabajos descritos en este capítulo y el desarrollado en este trabajo de tesis, es la presentación computacional de diferencias individuales, y específicamente los rasgos de personalidad. Como fue posible verificar en la revisión de la literatura actual, pocos trabajos existentes relacionan los tipos de personalidad en el proceso de regulación emocional, siendo que ésta es una característica importante a tomar en cuenta cuando se pretende representar fielmente este proceso. Por otra parte, en aquellos trabajos que toman en cuenta las diferencias individuales, los autores no fundamentan teóricamente la implementación de éstas, es decir, su implementación se base en el sentido común más que en teorías psicológicas o sociales reconocidas. Por el contrario, en el trabajo presentado en esta tesis sé tomo como base teórica el modelo *Big-Five* para representar los rasgos de personalidad.

De lo anterior podemos concluir que los modelos computacionales que existen en la literatura actual para modelar los procesos de regulación emocional no implementan colectivamente las cinco estrategias de regulación emocional y los distintos tipos de personalidad propuestos en el *Big-Five*. Por lo tanto, desarrollar un modelo computacional en el que se modelen todas las estrategias de regulación emocional junto con diferentes tipos de personalidad puede considerarse una contribución significativa al estado del arte. El siguiente capítulo detalla la implementación y modelado de cada estrategia de regulación emocional, así como la implementación de diferentes rasgos de personalidad para la arquitectura computacional propuesta.



# Capítulo 4

## Metodología

En los capítulos anteriores se han descrito los fundamentos teóricos del proceso de regulación emocional y los modelos computacionales que lo han implementado. En el capítulo actual se presenta el desarrollo de la arquitectura de regulación emocional propuesta en este trabajo de tesis y las partes que la integran.

En general, los modelos computacionales presentados en el capítulo 3 tienen dos componentes principales, el primero es el encargado de simular la generación de emociones en los agentes artificiales, y el segundo es en donde se lleva a cabo el proceso de regulación emocional. La razón de incluir el proceso de Regulación Emocional (*RE*) en un Modelo Computacional de Emociones (*MCEs*) es crear agentes artificiales con comportamientos más parecidos a los humanos. Con este objetivo, el modelo propuesto contempla un tercer componente, cuya función principal será dotar a los agentes artificiales (que hagan uso de la arquitectura de regulación emocional propuesta) de diferencias individuales que permitan generar diferentes comportamientos emocionales ante los mismos eventos o situaciones. Específicamente, estas diferencias individuales se representan a través de los diferentes tipos de personalidad.

El Modelo de Regulación Emocional (*MRE*) propuesto incluye específicamente tres componentes:

### *Proceso de generación de emociones*

Simular el proceso de generación emocional es indispensable para la arquitectura computacional propuesta, pues son estas emociones potenciales sobre las cuales se aplicará el proceso de regulación emocional. Habitualmente se puede entender por emoción una experiencia multidimensional que engloba aspectos cognitivos/subjetivos, conductuales/expresivos y fisiológicos/adaptativos (Hugdahl (1981)). Ortony et al. (1990) establecieron criterios de valoración para relacionar tres grandes clases de emociones a partir de los aspectos cognitivos y subjetivos de la emoción, las cuales parten de tres aspectos principales del entorno: eventos y sus consecuencias, agentes y sus acciones, y el aspecto de los objetos (consultar capítulo 2).

Considerando esto, las emociones en un agente pueden pensarse como el resultado de valorar la importancia de los eventos, acciones u objetos que se encuentran en su entorno respecto a sus metas, deseos y creencias internas. Una de las arquitecturas existentes que utiliza este enfoque para crear agentes artificiales con un comportamiento social, y emocionalmente inteligentes es la arquitectura modular *FAtiMA* (Dias et al. (2014)). Con el objetivo de concentrar los esfuerzos en el proceso de regulación de emociones, la arquitectura *FAtiMA* se ha elegido como el mecanismo de base para la generación de emociones en el modelo de regulación emocional propuesto.

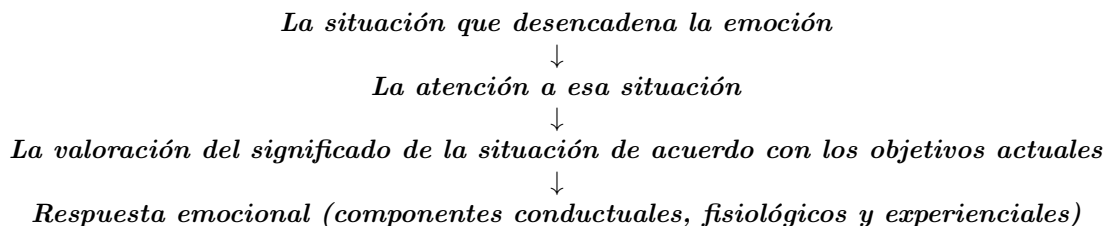
### ***Modelado de rasgos de personalidad***

Para *Simine Vazire*, uno de los aspectos importantes de conocer el rasgo de personalidad en un individuo es la predictibilidad de su comportamiento (Brown et al. (2014)). A través de la personalidad es posible predecir cómo se comportará, de manera general, un individuo ante diferentes eventos. Diversas investigaciones de las áreas de psicología y ciencias cognitivas han producido diferentes teorías y modelos para identificar y clasificar los rasgos de personalidad. Una de las teorías más popular e influyente sobre tipos de personalidad es el conocido como Modelo de los Cinco Factores (*Big-Five*) o de los Cinco Grandes (John & Gross (2007)), que establece que los rasgos de personalidad de un individuo pueden describirse mediante cinco características principales.

Los rasgos de personalidad en un agente virtual se incorporarán mediante el componente desarrollado para inferir los tipos y poder representar las diferencias individuales en el proceso de regulación emocional. Este componente se fundamenta en el modelo de los Cinco Factores (*Big-Five*), y su elección se basó principalmente en la evidencia de estudios previos que permiten asociar cada uno de los 5 tipos de personalidad con la selección de diferentes estrategias de regulación emocional.

### ***Modelo de regulación emocional***

Existen diferentes enfoques psicológicos que definen la estructura del proceso de regulación emocional. Dentro de estos enfoques, existen dos grupos de modelos teóricos prominentes que involucran estructuras plausibles: los modelos de procesos temporales y los modelos basados en estrategias (Naragon-Gainey et al. (2017)). Los modelos basados en estrategias conceptualizan el proceso de regulación emocional en términos de sus características formales y su relación con los síntomas psicológicos. Por ejemplo, Aldao et al. (2010) clasificaron las estrategias de regulación emocional que se relacionan negativamente con las enfermedades y trastornos psicológicos como “*estrategias adaptativas*” y las que se relacionan positivamente con las enfermedades y trastornos psicológicos como “*estrategias mal-adaptativas*”. Ahora bien, los modelos de procesos temporales son aquellos en los que se define una estructura temporal en el proceso de generación de emociones, generalmente esta estructura se divide las siguientes etapas:



De acuerdo con *Naragon-Gainey*, los modelos de procesos temporales, y específicamente, el modelo modal propuesto por *JJ Gross* (Gross & Feldman Barrett (2011)) es el más utilizado para representar computacionalmente este proceso, principalmente porque el autor define una estructura clara y concreta, lo que permite tener una mejor comprensión de dicho proceso y facilita su implementación en un lenguaje formal para su representación computacional.

*Gross* divide el proceso de regulación de emociones en cuatro fases: *Situación* → *Atención* → *Valoración* → *Respuesta*. Para cada una de éstas, estableció un grupo de estrategias que se dividen en dos grandes grupos: *regulación centrada en los antecedentes de la emoción*, y *regulación centrada en la respuesta emocional*. En el modelo de regulación de emociones propuesto se modelan computacionalmente estos grupos de estrategias.

En las secciones siguientes se describen los detalles de implementación del modelo propuesto, desde la generación de emociones hasta la regulación emocional, tomando en cuenta las diferencias individuales a partir de los tipos de personalidad.

## 4.1. Generación de emociones

Desde la perspectiva psicológica y cognitiva de la emoción, el enfoque de valoración cognitiva asume que la activación de una respuesta emocional está asociada a los procesos de valoración, es decir, las emociones se generan y establecen a partir de valoraciones subjetivas de eventos u objetos. La aplicación de este enfoque en arquitecturas computacionales ha demostrado ser una respuesta prometedora cuando se quiere proveer a un agente artificial con cierta capacidad emocional. *FAtiMA* (*Fearnot AffecTIve Mind Architecture*) es una de estas arquitecturas computacionales que utiliza este enfoque para crear agentes artificiales con habilidades afectivas, permitiendo simular relaciones empáticas con los usuarios o con otros agentes virtuales.

### 4.1.1. Arquitectura computacional FAtiMA (*Fearnot AffecTIve Mind Architecture*)

La arquitectura *FAtiMA* proporciona un conjunto de herramientas (módulos), que funcionan como librerías independientes para la creación de agentes virtuales con habilidades socioemocionales capaces de generar respuestas empáticas (Mascarenhas et al. (2021)). Estas respuestas emocionales se derivan del modelo *OCC* propuesto por *Ortony, Clore & Collins* (consultar, Ortony et al. (1990)), el cual a su vez está fundamentado en la teoría de valoración cognitiva. Como se menciona en el capítulo 2, el modelo *OCC* proporciona una estructura clara para identificar las condiciones y variables que provocan el desencadenamiento de una emoción. En *FAtiMA*, este enfoque se utiliza para generar el tipo e intensidad de una emoción a partir de los eventos que suceden en el entorno de un agente.

### 4.1.2. Componentes principales de FAtiMA

La arquitectura *FAtiMA* se integra de un núcleo principal más un conjunto de módulos que agregan o eliminan funciones particulares, haciendo que la arquitectura sea más flexible y fácil de extender (Dias et al. (2014)). El núcleo de *FAtiMA* por sí sólo no agrega funcionalidad a un agente virtual, para esto deben de incluirse el conjunto de componentes adicionales. Los componentes de la arquitectura *FAtiMA* que se describen a continuación fueron los componentes utilizados en la implementación del modelo de regulación emocional desarrollado en este trabajo de tesis.

#### *Events (eventos)*

Un evento puede hacer referencia a un suceso, o al cambio de propiedad de un objeto en el entorno de un agente, así como también a una acción realizada por otro agente que tenga lugar dentro del mismo entorno. Para representar esto, *FAtiMA* integra una estructura de datos (“*Well-Formed-Name*”, *WFN*) que gestiona la información introducida a través de cadenas de caracteres para declarar eventos y creencias en los agentes. Las estructuras creadas mediante este componente se basan en un sistema de reglas de lógica de primer orden, y se definen como se presenta a continuación:

$$Events = \text{“}Event(\textit{Type-of-Actions}, \textit{Subject}, \textit{Event-Name}, \textit{Target}\text{”} \quad (4.1)$$

Donde *Type-of-Actions* (tipo de acción) indica el tipo de acción que se ejecutará en tiempo de simulación, *Subject* (sujeto), es el nombre del agente quién realiza la acción, *Event-Name* (nombre del evento) corresponde al identificador o nombre del evento a ejecutar y, por último, *Target*, es el objetivo (agente/objeto) quién estará recibiendo la acción. Para ilustrar lo anterior, la siguiente declaración corresponde a un evento en donde el agente Sam finaliza la acción de hablar con otro agente llamado Peter.

$$Event\_x = "Event(Action-End, Sam, Talk-to, Peter)" \quad (4.2)$$

En 4.2, *Event\_x* es el identificador que se asigna a la variable de tipo *WFN*, *Action-End* corresponde a finalizar la acción, *Sam* es el nombre del agente quien realiza la acción, *Talk-To* es el nombre de la acción que será realizada por el agente Sam, y Peter es el agente objetivo quién estará recibiendo la acción.

### ***Role Play Character (Rol que desempeña el agente dentro de un escenario)***

Los agentes afectivos creados en *FAtiMA* se inicializan a través del componente *Role-Play-Character*. Este componente es responsable de administrar las estructuras que constituyen el estado interno de un agente: sus creencias, memoria y estado emocional. Estas estructuras corresponden a los componentes que integran a la arquitectura *FAtiMA*: *Knowledge-Base*, *Emotional-Appraisal*, *Emotional-Decision-Making*, *Autobiographical-Memory* *Autobiographical-*, *Concrete-Emotional-State*.

El componente *Role-Play-Character* también es responsable de gestionar los eventos y las acciones que realizará el agente, así como la percepción de los eventos y acciones realizadas por los demás miembros del escenario. Su funcionamiento se puede describir de la siguiente manera: si el evento indica realizar una acción, el agente revisará si existe la definición de la acción en el componente *Emotional-Decision-Making*, si existe, el agente la realizará. Posteriormente, el evento será procesado por el componente *Emotional-Appraisal*, y se actualizará el estado emocional del agente con la nueva emoción que el evento podría haber generado. Por último, el evento es almacenado en el componente *Autobiographical-Memory* donde se registra el nombre del evento, el tiempo actual de la simulación, y la emoción causada.

La estructura del componente *Role-Play-Character* es la siguiente:

$$Sam = < Nombre\ del\ agente : Sam, [inicializacion\ de\ los\ componentes] > \quad (4.3)$$

Donde *Sam* es el identificador asignado al componente *Role-Play-Character*, e *[inicialización de los componentes]* corresponde a *instanciar* las clases pertenecientes de las estructuras arriba mencionadas. Mismas que se describen a continuación:

### ***Knowledge-Base (base de conocimientos)***

Este módulo está basado en el modelo Belief-Desire-Intention (Georgeff et al. (1998), *BDI*) y es mediante el cual es posible almacenar las creencias de un agente sobre su entorno, sobre otro agente o alguna propiedad específica. Un aspecto importante de las creencias almacenadas en los agentes a través de este módulo es que las creencias o atributos se les puede asignar un valor de "certeza", con el fin de ponderar la utilidad percibida de cada decisión que el agente podrá tomar con base en esa creencia. El módulo *Knowledge-Base* emplea al módulo *Well-Formed-Name* para declarar las creencias de un agente. La estructura de una creencia (*belief*) se presenta de la siguiente forma:

$$Belief = < [agent], [belief] > \quad (4.4)$$

Esta declaración indicará que la creencia ( $[belief]$ ) se tomará desde la perspectiva del agente ( $[agent]$ ). Por ejemplo:

$$Belief\_x = Sam(IsAgent), True \quad (4.5)$$

La variable  $Belief\_x$  indica que el  $Sam$  “cree” o tiene “conocimiento” de qué él es un agente.

### ***Emotional-Appraisal (proceso de valoración)***

El objetivo principal de este componente es generar nuevas emociones en el agente a través de valorar los eventos percibidos. Como se menciona en el apartado 4.1, las emociones son generadas tomando como base el modelo  $OCC$  e incorporando un conjunto de reglas de valoración que permiten simular el proceso cognitivo de la apreciación subjetiva de un evento. Una regla de valoración tiene la siguiente estructura:

$$Appraisal\_Rule = \langle event, target, app-Variables, conditions \rangle \quad (4.6)$$

El parámetro  $event$  se utiliza para hacer coincidir las variables de valoración con el nombre de un evento específico;  $target$  es el nombre asignado al agente u objeto al que se le aplicarán las reglas de valoración;  $appVariables$  son el conjunto de variables de valoración propuestas en el modelo  $OCC$  con su respectivo valor numérico. Por último,  $conditions$  es una lista de condiciones lógicas que, de coincidir con las creencias del agente, desencadenan las emociones correspondientes a las reglas de valoración definidas para el evento. Para ilustrar la implementación de este componente, supóngase que desea generar una emoción negativa en el agente  $Sam$  cada vez ocurra el evento  $Event\_x$  en su entorno. Para esto se deberá utilizar el componente  $Emotional-Appraisal$  como se explica a continuación.

Siguiendo la estructura de una regla de valoración, primero se debe de asignar un evento al parámetro  $event$ , luego el nombre del agente que experimentará la emoción se asigna al parámetro  $Target$ , por último, se asignan la variable de valoración y su valor numérico al parámetro  $app-Variables$ . En este ejemplo, el agente  $Sam$  será quién experimentará la emoción debido al evento  $Event\_x$ :

---

```

1
2 Appraisal_Rule()
3 {
4     event = "Event(Action-End, Sam, Talk-to, Peter)",
5     target = Sam,
6     appVariables = Desirability = -5
7 }
```

---

Código fuente 4.1: *Inicialización de una regla de valoración en FAtiMA.*

De acuerdo con el modelo  $OCC$  y con el método de inferencia utilizado en  $FAtiMA$ , la variable de valoración asignada a este evento ( $Desirability$ ) indica que el agente valora como no deseable (valor negativo) dicho evento y deberá provocar en el agente una emoción de aflicción ( $distress$ ) con una intensidad de 5 siempre que el evento sea percibido por el agente.

El parámetro  $conditions$  fue omitido en la declaración anterior, esta omisión le indica a  $FAtiMA$ , que el valor de la variable de valoración no dependerá de ninguna condición, es decir, el valor numérico de la variable de valoración será constante. Cuando se quiere definir un valor numérico

que dependa de alguna expresión matemática, la regla de valoración deberá ser declarada como se muestra a continuación:

---

```

1
2 // Nueva regla de valoracion:
3
4 new Appraisal_Rule()
5 {
6     event = "Event(Action_End, Sam, Talk_to([x],[y]), Peter)",
7     target = Sam,
8     appVariables = Desirability: [z],
9     conditions = (x + y) / (-x) = z
10 }
```

---

Código fuente 4.2: Inicialización de una nueva regla de valoración.

Aquí, el parámetro *conditions* indica que el valor numérico de la variable *desirability* dependerá del resultado de la expresión:  $(x+y)/(-x) = z$ . Las variables  $x$  y  $y$  se deben definir junto al nombre del evento de la siguiente manera: (*Event*([ $x$ ], [ $y$ ])). Por ejemplo, si estas variables son inicializadas con  $x = 2$  y  $y = 3$ , el valor final de la variable de valoración será: -2.5. El objetivo de este parámetro es representar el valor de la variable de valoración en función a una expresión matemática que el usuario decida definir para condicionar el valor final. En otras palabras, y siguiendo con el escenario de ejemplo, si en el evento *event* del código fuente 4.2, se define la acción:

$$Talk\_to([2], [3]) \quad (4.7)$$

Sólo se está indicando a *FAtiMA* que la variable de valoración para este evento no tendrá un valor constante (como en el código fuente 4.1), sino que, el valor final de la variable de valoración será el resultado de evaluar la función definida en este parámetro. Por ejemplo, si el valor de la variable  $x$ , fuera el valor actual del estado de ánimo del agente *Sam*, entonces el valor de la variable de valoración estará en función a un valor definido por el usuario (el valor del parámetro  $y$ ) y a la vez estará en función al estado de ánimo del *Sam*. Una ventaja al implementar este parámetro para asignar el valor a las variables de valoración, es que estos valores pueden modificarse en tiempo de simulación, permitiendo tener diferentes niveles de intensidad emocional en un agente durante la simulación de un escenario.

### ***Emotional-Decision-Making (acciones)***

La función principal de este módulo es decidir qué acciones realizará el agente a partir de una lista de reglas de decisión previamente especificadas y condicionadas por el estado emocional del agente. Esta lista de reglas contiene las siguientes propiedades:

$$Emotional\_Decision\_Making = \langle action, target, conditions, priority, layer \rangle \quad (4.8)$$

El parámetro *action* corresponde al nombre de la acción que el agente ejecutará, el *target* es el nombre del agente u objeto al que la acción va dirigida, *conditions* son el conjunto de condiciones lógicas que se usan para revisar si la acción puede ser ejecutada, la *priority* es un valor numérico que indica la importancia que tiene realizar esa acción para el agente y, por último, el parámetro *layer* indica cuál acción, dentro de un conjunto de acciones, se considerará primero para ser ejecutada. Para ilustrar la implementación de este componente, suponga que el agente *Sam* realiza la acción de correr si hay un perro cerca de él. Esta acción se definirá mediante el componente *Emotional\_Decision\_Making* de la siguiente manera:

$$Run\_Action = \langle Run, SELF, [Exist(Dog), True], 1 \rangle \quad (4.9)$$

### ***Emotional-State***

En este módulo se almacenan todas las emociones activas en el agente, y tiene la siguiente estructura:

$$Emotional\_state = \langle type, valence, intensity, cause, target \rangle \quad (4.10)$$

El primer parámetro *type*, representa el nombre de la emoción activa en el agente. Como se menciona anteriormente, *FAtiMA* se basa en el modelo *OCC* para representar las emociones, por lo tanto, un ejemplo de estas incluye: *Distress* (aflicción/abatimiento), *Fear* (miedo), *Reproach* (reproche/desaprobación), entre otras (consultar, Ortony et al. (1990)). El segundo parámetro, *valence* indica si la emoción es positiva o negativa. *Intensity* es un valor numérico (mayor que cero) el cual indica la fuerza con la que el agente está experimentado la emoción. El parámetro *Cause* hace referencia al evento que causó que la emoción fuera disparada en el agente. Por último, el parámetro *Target* indica el nombre del agente u objeto al que la emoción va dirigida.

Como se menciona en la descripción del módulo *Emotional Appraisal*, la intensidad de una emoción está directamente relacionada con el valor numérico asociado a la variable de valoración.

### ***Autobiographical-Memory***

En este módulo, los eventos que ocurren en el escenario se almacenan y asignan a la memoria del agente, en él se registra el nombre del evento, el tiempo de simulación en que sucedió el evento, y la emoción generada en el agente. Este registro sirve para almacenar todo lo que ocurre dentro de un escenario usando la perspectiva de cada agente participante. *FAtiMA* gestiona internamente este componente, por lo que no hace falta inicializar o configurar nada de este componente para que realice su función.

Los componentes descritos anteriormente son la parte principal en el proceso de generación de emociones y el consecuente comportamiento en los agentes artificiales creados a través de la arquitectura *FAtiMA*, funcionan en combinación y permiten crear un ciclo completo de percepción-acción en el agente. Estos componentes son los que se han utilizado como base para el proceso de regulación emocional, el cual se describe en la siguiente subsección.

## **4.2. Modelo de regulación emocional**

En esta sección se describe en detalle cada componente que forma parte del modelo de regulación emocional propuesto. Como se explica al inicio de este capítulo, el modelo consta de tres elementos principales: generación de emociones, diferencias individuales (a través del modelado de rasgos de personalidad) y regulación de emociones. En la figura 4.1 se muestra cada uno de estos elementos (resaltados en amarillo) y su interacción con los componentes de la arquitectura *FAtiMA*.

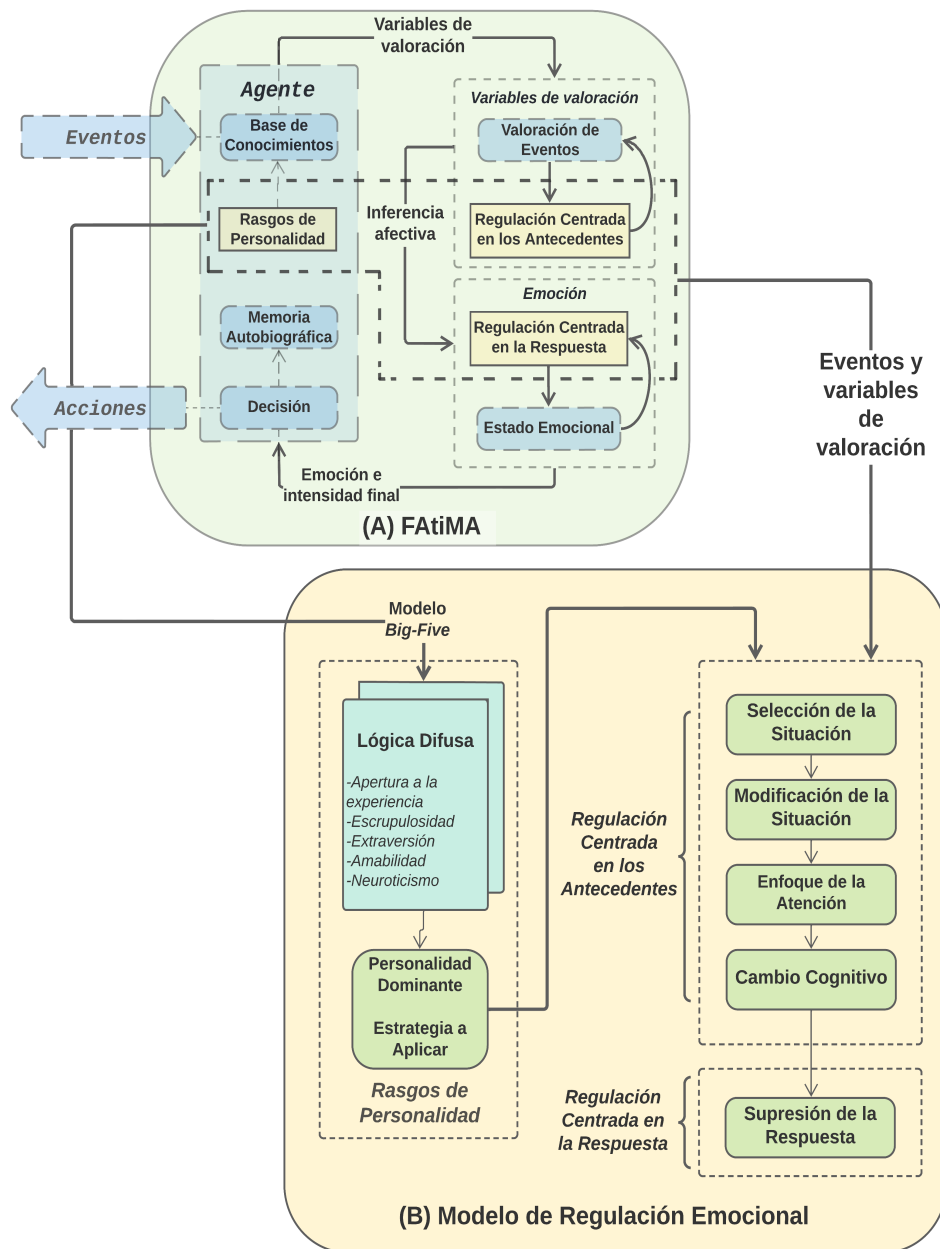


Figura 4.1: Esquema de la arquitectura de regulación emocional. A) Integración del modelo propuesto en FATiMA. B) Componentes del modelo de regulación emocional.

### Rasgos de Personalidad

El objetivo principal de este componente es representar cuál es el tipo de personalidad de un agente, asignando diferentes valores numéricos a los cinco rasgos de personalidad definidos en el modelo *Big-Five*. De estos valores dependerá el rasgo de personalidad dominante que se asignará a un agente (es decir, el rasgo de personalidad con mayor valor numérico) y en función a este rasgo dominante, se determinará qué estrategias de regulación emocional podrán ser aplicadas por el



agente.

Se crearon reglas y conjuntos difusos para representar los cinco tipos de personalidad definidos en el modelo *Big-Five*, así como la implementación de un mecanismo de inferencia para determinar cuáles estrategias de regulación emocional podrán ser aplicadas por un agente virtual. Dependiendo de los valores definidos para cada tipo de personalidad y del resultado del mecanismo de inferencia, se implementarán las diferentes estrategias de regulación emocional definidas en el modelo de Gross.

### ***Regulación Centrada en los Antecedentes***

Este sub-módulo está integrado por las cuatro estrategias de regulación emocional centradas en los antecedentes (consultar capítulo 2.2), y se vincula directamente con el módulo *Valoración de Eventos (Emotional-Appraisal)* perteneciente a la arquitectura *FAtiMA* (ver figura 4.1-A). En este sub-módulo se lleva a cabo la modificación de las variables de valoración asignadas a un evento a través de la arquitectura *FAtiMA*. El nuevo valor de las variables de valoración involucradas dependerá de ciertas condiciones; a saber, el tipo de personalidad asignado al agente, los valores originales de las variables de valoración, las estrategias de regulación emocional por aplicar, entre otros. Una vez se han calculado los nuevos valores de las variables de valoración, éstos se envían de vuelta al módulo *Valoración de Eventos* de la figura 4.1-A para inferir el estado emocional del agente en función a los nuevos valores de las variables de valoración.

### ***Regulación Centrada en la Respuesta***

Si las estrategias de regulación centradas en los antecedentes no logran disminuir la intensidad de la emoción negativa hasta un límite deseado, este último componente se pone en marcha y se activa la última estrategia de regulación: *Modulación de la respuesta*. De acuerdo con el modelo de Gross, esta estrategia actuará directamente sobre la intensidad de una emoción ya generada, modificando el aspecto de la tendencia emocional, pero sin reducir la experiencia emocional en el agente. Una vez se ha modificado la intensidad de la emoción, la información se envía de regreso al módulo *Estado Emocional (Emotional-State)* y se continúa con la simulación del escenario.

## **4.2.1. Diseño del modelo de regulación emocional**

En la sección anterior se describieron los componentes básicos de la arquitectura *FAtiMA*, de los cuales algunos se encargan de generar las emociones en los agentes virtuales. En esta sección se describirán los conceptos básicos de los componentes responsables de representar los tipos de personalidad, y el proceso de regulación emocional, así como las decisiones de diseño tomadas para desarrollar el modelo propuesto.

## **4.2.2. Rasgos de personalidad**

El concepto “*rasgos de personalidad*” se utiliza en psicología para denotar patrones consistentes de comportamiento, pensamientos y emociones. Diversos estudios han enfocado sus esfuerzos en encontrar modelos psicológicos capaces de describir y conocer el número, naturaleza y organización de los rasgos básicos de la personalidad. Uno de los modelos más populares es el modelo *Big-Five*, o conocido también como *OCEAN* por los acrónimos en inglés de cada uno de los factores que lo componen (*Openness, Conscientiousness, Extraversion, Agreeableness, y Neuroticism*).

Como su nombre lo indica, este modelo define el número de rasgos o factores suficientes para describir los diferentes tipos de personalidad presentes en un individuo (John et al. (2010)). De acuerdo con este modelo, los cinco factores forman el núcleo básico de la personalidad en un indi-

viduo y podrían definirse como diferencias individuales en pensamientos, sentimientos y patrones de comportamiento. Existe un notable consenso entre los psicólogos y expertos en personalidad sobre la validez y utilidad de este modelo. Además, es posible conocer el nivel de cada rasgo de personalidad mediante la aplicación de pruebas especializadas.

A continuación, se proporciona una breve descripción de los tipos de personalidad propuestos en el modelo *OCEAN* debido a que es este modelo el utilizado para representar las diferencias individuales en la arquitectura de regulación emocional propuesta en este trabajo:

### ***Openness (Apertura al cambio, factor -O)***

Este rasgo de personalidad se diferencia de los demás en cuanto a habilidad e inteligencia, y que involucra la búsqueda activa de experiencias nuevas para su propio bien. Personas con esta diferencia individual tienden a ser más curiosos, imaginativos y propensos a prestar mucha atención a las nuevas ideas. Esta personalidad experimenta una amplia gama de emociones vividas a diferencia de una personalidad “cerrada al cambio” (polo opuesto al factor -O). Las personas con un bajo nivel de apertura al cambio tienden a ser convencionales en sus creencias y en sus actitudes, es decir, son personas dogmáticas y rígidas con sus ideas y creencias, son conservadores en su forma de ser y emocionalmente indiferentes.

### ***Conscientiousness (Escrupulosidad, factor -C)***

Una personalidad con un nivel alto nivel de Escrupulosidad (*factor -C*) es organizada, persistente, trata de mantener todo bajo control como su comportamiento y motivación con el objetivo de alcanzar sus metas. Las personas con un alto grado de esta personalidad tienden a ser diligentes con sus trabajos, entusiastas, tienen un alto autocontrol, son persistentes y suelen ser moral y éticamente honestos. Por el contrario, las personas con un bajo nivel de este factor suelen ser personas sin objetivos claros, inestables, descuidados, con baja motivación para el trabajo y negligentes.

### ***Extraversion (Extraversión, factor -E)***

Esta personalidad tiende a tener una alta preferencia en interactuar con otros y la capacidad de disfrutar al hacerlo. Personas con un alto nivel en este rasgo son sociables, activos, conversadores, optimistas, y prefieren la diversión. Por el contrario, personas con un bajo nivel de este rasgo de personalidad son reservados, poco amigables, independientes y tímidos. Son personas introvertidas que no gustan de tener experiencias exuberantes, generalmente se encuentran más cómodas en soledad.

### ***Agreeableness (Amabilidad, factor -A)***

Las personas con un alto nivel en este factor de personalidad son confiables, compasivas, buenos por naturaleza, les gusta ayudar a los demás sin esperar recompensa alguna, por ello, son muy serviciales y generosos. Les gusta ser responsables y empáticos, creen que todas las demás personas se comportan de la misma manera con ellos. El polo opuesto a esta personalidad son aquellas personas que tienden al cinismo, son rudas, egocéntricas, no son cooperativas, son irritables, manipuladoras y vengativas.

### ***Neuroticism (neuroticismo, factor -N)***

Este rasgo de personalidad en niveles altos presenta un conjunto de emociones negativas que pueden llevar a la ansiedad o la depresión. Personas con un alto nivel en este tipo de personalidad son propensas a tener un estrés psicológico alto, son personas que suelen presentar un conjunto

de emociones negativas como el enojo, la hostilidad, la depresión, ansiedad, y cambios de humor repentinos. Generalmente, son más vulnerables al estrés, tímidos, impulsivos, tienen dificultades para tolerar la frustración y son temperamentales. Este rasgo representa también la capacidad que tiene una persona para contrarrestar el estrés en situaciones complejas o difíciles. Por otro lado, las personas con un nivel bajo en este tipo de personalidad son más seguras de sí mismas y controlan mejor las adversidades.

Una de las principales ventajas del modelo *OCEAN* es que se trata de un modelo que distingue claramente los tipos de personalidad, dividiéndolos en cinco grandes grupos, lo que facilita su representación en términos computacionales. Adicionalmente, *J. J. Gross* ha realizado varios estudios utilizando este modelo para examinar la relación entre los cinco tipos de personalidad y las estrategias de regulación emocional propuestas en (*Gross & Thomson (2007)*).

### ***Relación de los tipos de personalidad y las estrategias de regulación emocional***

Las personas a menudo usan diferentes estrategias para regular sus emociones consciente o inconscientemente, y estas estrategias tienden a variar de un individuo a otro. *John J. Gross* y *Oliver P.* realizaron un estudio para identificar la correlación entre los rasgos de personalidad y las estrategias de regulación emocional (consultar, *John & Gross (2007)*). Los hallazgos de este estudio se resumen en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: *Correlación, tipos de personalidad y estrategias de regulación emocional (tomada de: John & Gross (2007))*

<i>Personality</i>	<i>Situation Selection</i>	<i>Situation Modification</i>	<i>Attentional Deployment</i>	<i>Cognitive Change</i>	<i>Response Modulation</i>
<i>Conscientiousness</i>	+	+	+	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Extraversion</i>	-	+	<b>0</b>	<b>0</b>	-
<i>Neuroticism</i>	(+)	-	-	-	<b>0</b>
<i>Openness</i>	(-)	(+)	+	+	-
<i>Agreeableness</i>	<b>0</b>	-	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>(0)</b>

En la tabla 4.1 se puede apreciar la relación que existe entre los rasgos de personalidad y las estrategias de regulación emocional, una correlación positiva entre ambas es representada por el signo “+”, mientras que el signo “-” representa una correlación negativa. Por ejemplo, una personalidad altamente responsable (*factor -C*) tiene la habilidad para planear, organizar y pensar sobre las posibles consecuencias de sus acciones, estas características se relacionan fuertemente con las tres primeras estrategias de regulación emocional (selección de la situación, modificación de la situación y despliegue de la atención) como se muestra en 4.1. Por el contrario, aquellas personas que tienden a ser descuidadas, y que no planean sus acciones (personas con un nivel bajo de este rasgo de personalidad) no se relacionan con estas estrategias.

Por otro lado, los signos “+” y “-” que están colocados entre paréntesis indican que la correlación dependerá de otros factores a considerar, por ejemplo, la naturaleza del propio evento o su información contextual. Por último, un “0” indica que no fue posible para los autores encontrar una clara correlación positiva o negativa entre las estrategias de regulación emocional y los rasgos de personalidad.

### ***Openness (Apertura al cambio, factor -O)***

Como se describe en la sección anterior, este rasgo de personalidad se caracteriza por la racionalidad, la voluntad de experimentar nuevas situaciones, la aceptación de los propios sentimientos y emociones como una parte real e importante de ellos, por lo que, se presentarán siempre optimistas al regular sus emociones. Por ser un tipo de personalidad altamente razonable y con una gran imaginación, las personas con este rasgo de personalidad tenderán a utilizar en mayor medida las estrategias de *enfoque de la atención* y el *cambio cognitivo*. Por el contrario, evitará suprimir sus emociones, ya que esto contradice la forma en que percibe y acepta sus sentimientos, por lo que evitará siempre, en la medida de lo posible, implementar la última estrategia, *modulación de la respuesta*, tal como se puede apreciar en la tabla 4.1.

### ***Conscientiousness (Escrupulosidad, factor -C)***

Debido a que este rasgo de personalidad se distingue por presentar características tales como ser diligente en el trabajo, ser responsable y seguir las reglas y normas prescritas por la sociedad, las personas con este tipo de personalidad suelen tener un alto control de su comportamiento para alcanzar sus metas. Estas habilidades de planear, organizar y pensar en las acciones y sus posibles consecuencias hacen que sea muy probable que las personas con este rasgo de personalidad intenten aplicar las estrategias de *selección de la situación*, *modificación de la situación*, y *enfoque de la atención*, como se indica en la tabla 4.1.

### ***Extraversion (Extraversión, factor -E)***

Al contrario que una persona introvertida, una extrovertida lucha y persigue sus metas, busca y alcanza posiciones de liderazgo, expresa con libertad sus emociones, ya sean estas positivas o negativas. Esta última característica hace que sea improbable que este tipo de personalidad aplique la estrategia de *selección de la situación*, ya que no importará si la situación actual (evento o acción) provocará en ellos emociones negativas. Lo contrario pasa con las personas que se caracterizan por ser introvertidas, ellos tratarán siempre de evitar las situaciones que les provoquen incomodidad o emociones negativas. Por último, esta personalidad presenta una correlación positiva para la estrategia de *modificación de la situación*, ya que una persona extrovertida emplea sus energías, sus habilidades sociales y la expresión de sus emociones para cambiar alguna situación que consideren inadecuada para ellos.

### ***Agreeableness (Amabilidad, factor -A)***

Esta personalidad se caracteriza por ser altruista, afectuosa, confiable y modesta. Por esta razón, los autores indican una relación negativa con la estrategia que implica *modificar una situación*, exponiendo que una persona con un alto nivel de amabilidad se preocupa más por el bienestar de otras personas que por el de sí mismo. Por lo tanto, si una situación, evento o acción resulta beneficiosa para alguien más, no intentarán modificar nada para regular sus emociones, sino que preferirán pasar por esa situación para favorecer a la otra persona.

### ***Neuroticism (neuroticismo, factor -N)***

Una personalidad con alto nivel de neuroticismo (*factor -N*), generalmente son personas temperamentales y tienden a mostrar emociones negativas como ansiedad, nerviosismo y tristeza. Son personas que por lo general se muestran siempre tensas ante la mínima perturbación emocional, por lo que son pocas y menos efectivas las ocasiones en que intentan regular sus emociones, por lo general siempre fracasan en regular sus emociones. Por esta razón, como se muestra en la tabla, tienen una correlación negativa con todas las estrategias de regulación, a excepción de una, *selección de la situación*, y esto es debido en parte a que una persona altamente neurótica tratará de evitar

aquellas situaciones que le puedan provocar emociones negativas las cuales si se producen, no podrá regular adecuadamente.

Purnamaningsih (2017) presentó otro estudio similar para relacionar las estrategias de regulación emocional y los tipos de personalidad, utilizando los mismos cuestionarios y escalas utilizadas por J. Gross y Oliver P en (John & Gross (2007)). En la tabla 4.2, los resultados de este autor son presentados de la siguiente forma: una fuerte correlación positiva se indica con “\*\*” seguido de un valor numérico que indica los resultados del análisis de regresión lineal múltiple utilizado, mientras que una fuerte correlación negativa se indica con “-\*\*”, seguido del valor numérico. Para aquellos valores que no representan una correlación significativa, sólo se indicó con el valor numérico.

Tabla 4.2: *Matriz de correlación de tipos de personalidad y estrategias de regulación emocional (tomada de: Purnamaningsih (2017))*

Note. Information: \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$

<i>Personality</i>	<i>SS</i>	<i>SM</i>	<i>AD</i>	<i>CC/ Reappraisal</i>	<i>RM/ Suppresion</i>
<i>Openness</i>	.011	.241**	.046	.173**	-.038
<i>Conscientiousness</i>	.011	.241**	.046	.173**	-.038
<i>Extraversion</i>	.011	.241**	.046	.173**	-.038
<i>Agreeableness</i>	.011	.241**	.046	.173**	-.038
<i>Neuroticism</i>	.011	.241**	.046	.173**	-.038

El autor resalta las posibles limitaciones de su estudio debido al tamaño y tipo de la muestra utilizados, por lo que no es posible generalizar los resultados obtenidos. La muestra consistió en aplicar un cuestionario con 44 ítems a 339 estudiantes (75 hombres y 264 mujeres) jóvenes universitarios con edades entre 17-19 años, de la Facultad de Psicología de la universidad de *Gadjah Mada* en Indonesia. La mayoría de los resultados presentados en su estudio concuerdan con los resultados obtenidos por J. Gross y Oliver P. Debido a esto, se ha tomado como base la información presentada en John & Gross (2007) y se ha utilizado este último estudio para complementar la información en la que no había una clara relación entre los tipos de personalidad y la implementación de las estrategias de regulación.

A partir de esta complementariedad en los resultados reportados en estos dos trabajos, se creó una nueva matriz de correlación en la que se combinan estos resultados. En esta nueva tabla, en donde no fue posible para los autores del primer estudio encontrar una clara correlación entre los tipos de personalidad y las estrategias de regulación emocional (símbolos entre paréntesis y el símbolo "0" en la tabla 4.1) se han tomado los resultados del segundo estudio y creado una nueva tabla de correlación. Esta combinación de resultados se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: *Correlación, tipos de personalidad y estrategias de regulación emocional*

<i>Personalidad</i>	<i>Selección de la Situación</i>	<i>Modificación de la Situación</i>	<i>Enfoque de la Atención</i>	<i>Cambio Cognitivo</i>	<i>Modulación de la Respuesta</i>
<i>Escrupulosidad</i>	+	+	+	+	-
<i>Extraversión</i>	-	+	+	+	-
<i>Neuroticismo</i>	+	-	-	-	-
<i>Apertura a la experiencia</i>	-	+	+	+	-
<i>Amabilidad</i>	-	-	+	+	-

Al igual que en la tabla 4.1, en la tabla 4.3 el signo “+” corresponde una correlación positiva entre la estrategia de regulación y el tipo de personalidad, por ejemplo, un alto nivel de Escrupulosidad (*factor -C*) está relacionado directamente con las cuatro primeras estrategias de regulación emocional tal y como está representado en la tabla 3. Por el contrario, un signo “-” indica una correlación negativa entre las estrategias de regulación y los tipos de personalidad, siguiendo con el mismo ejemplo, un nivel bajo de Escrupulosidad está relacionado con la quinta estrategia.

La información presentada en la tabla 3 se resume a continuación:

- Una personalidad con un alto nivel de *Escrupulosidad (factor -C)* preferirá implementar las estrategias de Selección de la Situación, Modificación de la Situación, Enfoque de la Atención y Cambio Cognitivo, y evitará implementar la estrategia de Modulación de la Respuesta.
- Una personalidad con un alto nivel de *Extroversión (factor -E)* implementará las estrategias de Modificación de la Situación, Enfoque de la Atención y Cambio Cognitivo, y evitará implementar las estrategias de Selección de la Situación y Modulación de la Respuesta.
- Una personalidad con un alto nivel de *Neuroticismo (factor -N)* implementará únicamente la estrategia de Selección de la Situación y evitará implementar el resto de las estrategias.
- Una personalidad *Abierta al cambio (factor -O)* implementará las estrategias de Modificación de la Situación, Enfoque de la Atención y Cambio Cognitivo, y evitará implementar las estrategias de Selección de la Situación y Modulación de la Respuesta.
- Por último, una personalidad con alto nivel de *Amabilidad (factor -A)* implementará las estrategias de Enfoque de la Atención y Cambio Cognitivo, y evitará utilizar las estrategias de Selección de la Situación, Modificación de la Situación y Modulación de la Respuesta.

### 4.3. Implementación del modelo de regulación emocional

En esta sección se describe la implementación del modelo de regulación emocional propuesto y se presentan las herramientas de software utilizadas para su desarrollo. Además, se definen los conceptos y términos aquí utilizados. A continuación, se presentan las siguientes definiciones:

**Rasgos de personalidad:** Se refiere a las características individuales en los patrones del pensamiento, sentimiento y comportamiento que caracteriza a un individuo. En la implementación del modelo de regulación emocional, este término se usará para referirse al conjunto de los cinco tipos de personalidad definidos por el modelo *Big-five*: *Openness*; *Conscientiousness*; *Extraversion*; *Agreeableness*; *Neuroticism*.

**Personalidad dominante:** se refiere al rasgo sobresaliente de personalidad que se identifica por estar más presente en un individuo, explicando su conducta y distinguiéndose de los demás individuos/agentes. Este término se emplea para referirse al rasgo de personalidad que se ha identificado con un mayor grado de pertenencia a una personalidad específica.

**Estrategias por aplicar:** es el conjunto de estrategias que un agente intentará implementar de acuerdo con su tipo de personalidad dominante y de acuerdo con lo presentado en la tabla 4.3 de la sección 4.2.2.

**Emoción:** representa la emoción concreta que forma el estado afectivo de un agente. El rango de valores corresponde a 1 de las 22 emociones definidas en el modelo *OCC*. Intensidad emocional o intensidad de una emoción: es un valor con el que se genera la emoción de un agente en un rango de

$[-10, 10]$ . Es con base en este valor que se utilizan las diferentes estrategias de regulación emocional con el objetivo de reducir su valor en las emociones negativas.

**Valor máximo de intensidad emocional (“MaxLevelEmotion”)**: es un valor numérico real que indica la máxima intensidad “aceptable” de una emoción negativa que se espera que un agente experimente después de haber implementado alguna estrategia de regulación emocional. Este valor se utiliza como límite para determinar si la emoción negativa fue regulada con éxito después de haber implementado alguna estrategia.

**Estado de ánimo (mood)**: este valor representa un estado afectivo general que está influenciado por las emociones que experimenta un agente y que decae con el tiempo. Las emociones positivas aumentan el estado de ánimo en un agente, mientras que las emociones negativas lo disminuyen.

**Variables de valoración**: son las variables definidas por el modelo *OCC*, y se utilizan en el proceso de derivación afectiva utilizado en la arquitectura *FAtiMA* para generar el estado emocional de un agente. Para representar el rango completo de emociones definidas por el modelo *OCC*, *FAtiMA* usa 5 diferentes variables de valoración:

1. **Deseabilidad (Desirability)**: ¿son las consecuencias de un evento deseables para un agente?
2. **Deseabilidad para otros (Desirability for others)**: ¿Las consecuencias de un evento son deseables para otros? Combinada con la variable de valoración “Deseabilidad” describe las emociones relacionadas con la Fortuna de los demás y cuán deseada es esa fortuna para el agente.
3. **Atribución (Praiseworthiness)**: ¿es la acción aceptable dentro de las normas sociales del agente?
4. **Probabilidad de meta (Goal Probability)**: ¿qué tan lejos está el agente de alcanzar una meta en particular?
5. **Atracción (Like)**: ¿es atractiva la acción/objeto/agente?

**Escenario**: es la representación de las interacciones previsible entre los roles de los agentes que participan en él. Forman parte de un escenario los agentes, eventos y acciones que participan dentro de una escena. En un escenario se incluye información sobre las metas, expectativas, motivaciones, acciones y reacciones de cada agente participante.

**Simulación**: es la imitación de las interacciones entre los participantes de un escenario y los eventos que ocurren en él. Una simulación intenta representar los procesos e interacciones del mundo real en un tiempo ficticio.

**Reglas de valoración (appraisal rules)**: es una estructura de datos que se implementa a través del componente *Emotional-Appraisal*, y que se basa en los modelos de valoración cognitiva (ver capítulo 4) para simular en un agente virtual el proceso psicológico de valorar un evento.

### 4.3.1. Arquitectura computacional de regulación de emociones

Una vez que el modelo ha sido diseñado para representar tipos de personalidad y las estrategias de regulación emocional, el siguiente paso es implementarlo a través de una herramienta de software ejecutable para su posterior análisis y validación.

El desarrollo del modelo para la creación de la herramienta de software dio como resultado a la arquitectura computacional para la regulación emocional. La arquitectura fue desarrollada en el

lenguaje de programación *C#* utilizando la plataforma *.NET* bajo el *IDE (Integrated Development Environment) Visual Studio* de *Microsoft*. *Visual Studio* es una herramienta de desarrollo libre para escribir código en diferentes lenguajes de programación, contiene una interfaz de programación de servicios, y *APIs (Application Programming Interface)* para el sistema operativo de *Windows*. Esta herramienta para desarrollo de código fuente, integra una serie de tecnologías derivadas de *Microsoft* (Thai & Lam (2003)), dentro de las cuales se encuentran herramientas de desarrollo como *Visual Studio.NET*, así como de diferentes lenguajes de programación, incluyendo *C#* y *C++*.

Las ventajas de utilizar la plataforma *.NET*, además de las mencionadas, es que responde a las nuevas tendencias de desarrollo dentro de la industria del software actual. Además, existe una gran documentación y guías de uso, ofreciendo una manera rápida y fácil, a la vez que segura y robusta, de desarrollar aplicaciones, lo que permite una integración más rápida y ágil entre los diferentes componentes desarrollados dentro de esta plataforma. El lenguaje de programación por excelencia de *Visual Studio* es *C#*, ya que se trata de un lenguaje de programación diseñado por *Microsoft* específicamente para esta plataforma. *C#* es fruto de una evolución del lenguaje de programación estructurado *C* que engloba lo mejor de diferentes lenguajes de programación como *C++*, *Visual Basic* y *Java* dando como resultado un lenguaje que combina potencia y sencillez. De este modo, facilita la migración de programas desarrollados en otros lenguajes a *C#*. En definitiva, es un lenguaje moderno, intuitivo y muy eficiente que aumenta la productividad del desarrollo de software (Deitel & Deitel (2004)).

Como se describe en la sección 4.2 del presente capítulo, el modelo de regulación emocional propuesto se implementa como un complemento adicional a la arquitectura *FAtiMA*. Cabe resaltar que la arquitectura *FAtiMA* es de libre acceso y además está desarrollada en el lenguaje *C#*, lo que facilita la integración de la arquitectura de regulación emocional en la arquitectura *FAtiMA*. Además, *FAtiMA* cuenta con una amplia documentación y videotutoriales para su utilización, lo que la convierte en una herramienta robusta para la creación de escenarios y agentes virtuales emocionalmente inteligentes.

#### 4.3.2. Componentes principales de la arquitectura de regulación emocional propuesta

La arquitectura de regulación emocional consta de tres componentes principales encargados de administrar la información necesaria a la arquitectura *FAtiMA* para lograr un funcionamiento adecuado y estable en su integración. Cada uno de estos componentes gestiona los datos proporcionados por el usuario y los datos proporcionados por la arquitectura *FAtiMA* para generar el comportamiento esperado en un agente virtual. Estos componentes se describen a continuación.

##### *Componente Regulation-Based-Agent*

Este componente se encarga de gestionar las estructuras internas que componen a la arquitectura de regulación emocional, es decir, gestiona la información necesaria para que los agentes creados a través de la arquitectura *FAtiMA* puedan implementar las estrategias de regulación emocional. A través de este componente se lleva a cabo la integración de la arquitectura de regulación propuesta con la arquitectura *FAtiMA*, enlazando los componentes principales de cada arquitectura. El componente *Regulation-Based-Agent* tiene la siguiente estructura:

$$\textit{Regulation-Based-Agent} = \langle \textit{Role-Play-Character}, \textit{Personalilty}, \textit{Input-Data} \rangle \quad (4.11)$$

El parámetro *Role-Play-Charcter* es uno de los módulos principales de la arquitectura *FAtiMA*, este módulo fue descrito en la sección 4.1.2. Básicamente, el componente *Role-Play-Charcter* es



el que suministra la información (creencias, memoria y estado emocional) de un agente creado en *FAtiMA* a la arquitecta de regulación emocional. El componente *Personality* se encarga de generar los tipos de personalidad en un agente. Es a través de este componente que se infieren los rasgos de personalidad dominante y las estrategias a implementar por un agente. Por último, el componente *Input-Data* es en el que se almacena la información necesaria para que un agente pueda implementar alguna estrategia de regulación emocional específica, por ejemplo, para que un agente pueda implementar la estrategia de selección de la situación (consultar el sección 4.3.4) el usuario debe definir previamente un conjunto de eventos que podrán ser evitados por el agente dentro del escenario, la información de estos eventos es la que se almacena en este componente. De manera similar, se almacena la información necesaria para poder aplicar las demás estrategias de regulación emocional.

### ***Componente Personality (tipos de personalidad)***

Dentro de este módulo se encuentra el mecanismo de inferencia basado en lógica difusa (consultar sección 4.3.3), el cual infiere el tipo de personalidad dominante y las estrategias de regulación emocional que podrá aplicar un agente en función a su personalidad dominante. Este componente tiene la siguiente estructura:

$$\mathbf{Personality} = \langle \mathit{Personality-Values}, \mathit{Big-Five-Model}, \mathit{Max-Level-Emotion} \rangle \quad (4.12)$$

El parámetro *Personality-Values* (valores numéricos de personalidad) se refiere a los valores numéricos asignados a cada rasgo de personalidad que se asocia el agente. Estos valores numéricos se encuentran definidos dentro del rango  $[0, 100]$  de los números reales. El segundo elemento, *Big-Five-Model*, consiste en el conjunto de reglas y funciones de pertenencia basadas en lógica difusa para inferir los tipos de personalidad de acuerdo con el modelo de los *Cinco Grandes Factores*, así como también las estrategias a aplicar por un agente en función a la personalidad dominante inferida. Finalmente, *Max-Level-Emotion* es un valor numérico real que indica la máxima intensidad “aceptable” de una emoción negativa que un agente tendrá como límite y que servirá para indicar si la emoción fue regulada con éxito. Los datos de salida de este sub-módulo tienen la siguiente estructura:

$$\langle \mathit{Personality-Traits}, \mathit{Dominant-Personality}, \mathit{Strategies-For-Apply} \rangle \quad (4.13)$$

El parámetro *Personality-Traits* (rasgos de personalidad) es un arreglo de tipo lista en el que se almacenan las cadenas de caracteres (*strings*) que describen los tipos de personalidad (*openness, conscientiousness, extraversion, agreeableness, neuroticism*). El parámetro *Dominant-Personality* (personalidad dominante) es una cadena de caracteres que identifica la personalidad dominante del agente. Por ejemplo, “ $\langle \mathit{Trait\ neuroticism\ is\ high} \rangle$ ” indica que el agente tiene el tipo de persona-

lidad *neuroticism* como dominante. Por último, el parámetro *Strategies-For-Apply* (estrategias por aplicar) es otro arreglo de tipo lista en el que se almacenan las cadenas de caracteres con los nombres de las estrategias de regulación emocional correspondientes al tipo de personalidad dominante.

### ***Componente Input-Data (información necesaria)***

Este módulo se encarga de almacenar y administrar los datos necesarios para la implementación de cada estrategia de regulación emocional. Básicamente, el componente *Input-Data* suministra la información necesaria para que un agente sea capaz de implementar las estrategias inferidas por el

componente *Personality*. Esta información deberá ser proporcionada por el usuario cuando se esté configurando el escenario. Este módulo se compone de los siguientes elementos:

$$\mathbf{Input-Data} = \langle \textit{Events-To-Avoid}, \textit{Actions-For-Events}, \textit{Events-To-Reappraise} \rangle \quad (4.14)$$

El parámetro *Events-To-Avoid* es una lista en la que se almacenan todas las reglas de valoración de los eventos que un agente podrá evitar en la simulación de un escenario. A través de esta lista se verifica si existen eventos definidos en el escenario que el agente podrá evitar percibir, reaccionar o provocar. El segundo elemento es una estructura de datos que almacena las acciones (definidas mediante el componente *Emotional-Decision-Making*) que un agente podrá ejecutar exclusivamente en un evento específico. Por último, *Events-To-Reappraise* es una lista de eventos creados mediante el componente *Well-Formed-Names* que permitirá al agente revalorar ciertos eventos durante la ejecución del escenario.

### 4.3.3. Implementación de los tipos personalidad

Simular el comportamiento humano es de gran interés en importantes campos de investigación como la robótica, la informática, la animación por ordenador o la psicología social. Uno de los principales desafíos que enfrentan estas disciplinas cuando quieren representar atributos o cualidades humanas, es cómo expresar la medición de estos atributos; ya que asumir que estos pueden ser expresados a través de valores numéricos precisos o formulaciones matemáticas y esperar que estos valores corresponden al comportamiento humano, no se ajusta a su naturaleza imprecisa. En efecto, no es común expresar la esencia del comportamiento humano en términos de valores cuantitativos, es más común expresar, por ejemplo, que una persona es muy agradable, o moderadamente extrovertida, en lugar de expresar que una persona tiene 79 puntos de agradable y 17 puntos de extrovertida.

Cuando se pretende representar este tipo de atributos a través de software o herramientas de desarrollo, una forma natural de representar estas variables cualitativas en modelos computacionales es a través de lógica difusa, la cual fue desarrollada por Zadeh (1973). El concepto de lógica difusa postula, por ejemplo, que los individuos pueden tener un grado de pertenencia a un determinado grupo dentro de un cierto rango de valores continuos, y no necesariamente un valor binario de 0 o 1 para expresar si pertenece o no a uno grupo en concreto, como es habitual en la lógica tradicional.

Esta característica distintiva de la lógica difusa permite y facilita representar de forma más natural los rasgos de personalidad presentes para incorporarlos en un agente virtual, a la vez que facilita relacionar la aplicabilidad de las estrategias de regulación en función a los tipos de personalidad. Tomando en cuenta lo anterior, en el modelo propuesto se han definido tres conjuntos difusos para representar los niveles de personalidad que pueden presentarse en un agente: bajo, medio o alto, así como otros tres conjuntos difusos para representar la relación entre los tipos de personalidad y las estrategias de regulación emocional (*baja relación, media relación, alta relación*).

#### *Conjuntos difusos y funciones de membresía*

Para los rasgos de personalidad se definieron tres conjuntos difusos con dos funciones de membresía polinomial  $Z$  y una función de membresía Gaussiana (ver figura 4.2). Los rangos de valores de estos conjuntos difusos van del 0 al 100 para el eje de las  $x$  y de 0 a 1 para el eje de las  $y$ , donde cada tipo de personalidad se ha representado como una variable lingüística. En el eje  $x$  se representan los diferentes valores que puede tomar un tipo de personalidad y el eje de las  $y$  representa

el grado de pertenencia a cada uno de estos conjuntos. En el primer conjunto (indicado de color azul en la figura 4.2), representa un nivel bajo de personalidad. El segundo conjunto representa un nivel medio de personalidad (indicado de color verde en la figura 4.2). Y, por último, en el tercer conjunto se representan los niveles altos de personalidad (indicado de color rojo en la figura 4.2).

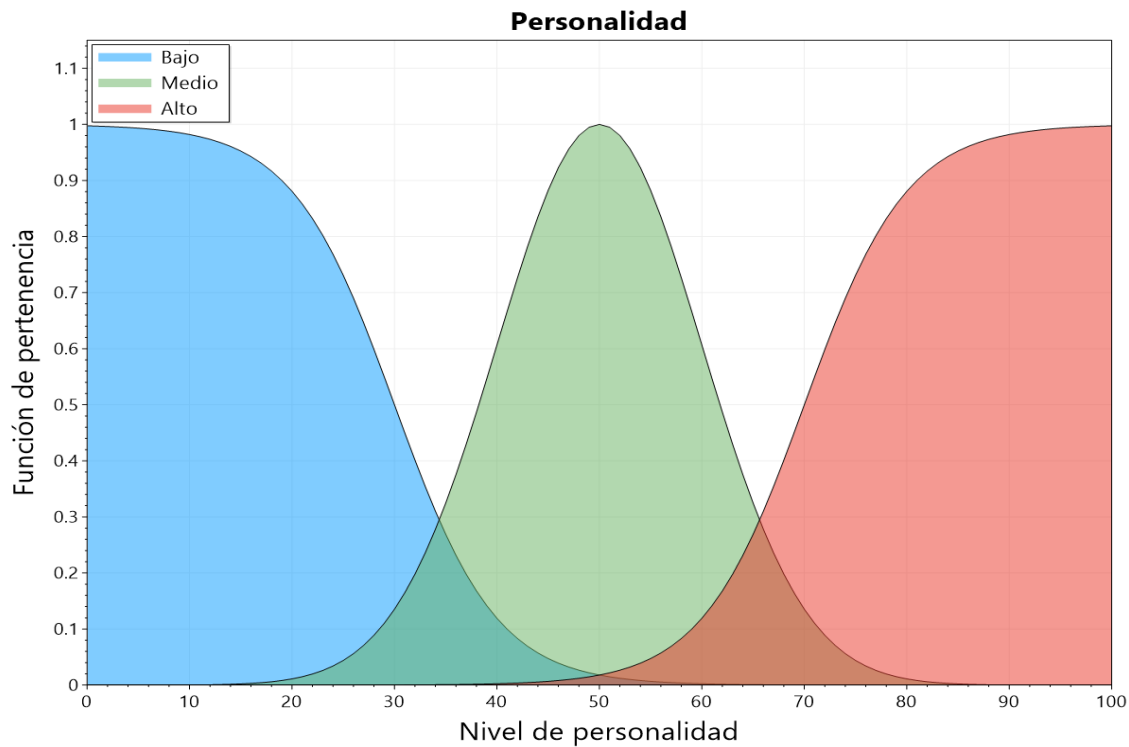


Figura 4.2: *Funciones de membresía para definir los tipos de personalidad.*

La salida de estos conjuntos difusos representa el grado de personalidad en cada agente, por ejemplo, para el rasgo de personalidad extroversión (*Extraversión, factor -E*), un agente podrá tener un nivel *bajo de extroversión*, un nivel *medio de extroversión* o un nivel *alto de extroversión*. Esta misma representación se utiliza para los otros rasgos de personalidad definidos en el modelo del *Big Five*.

De manera similar, se definieron tres conjuntos difusos para establecer las estrategias de regulación emocional que podrán ser aplicadas por un agente en función de su tipo de personalidad dominante. Para estos conjuntos difusos el rango de valores es de 0 a 10 en el eje  $x$ , y de 0 a 1 en el eje  $y$ . El primer conjunto difuso indica un nivel bajo de pertenencia a la estrategia de regulación, lo cual se interpreta como una correlación negativa entre el tipo de personalidad y la estrategia de regulación emocional. El segundo conjunto difuso indica un nivel medio de pertenencia a la estrategia de regulación emocional, y, por último, el tercer conjunto difuso indica un alto nivel de pertenencia, lo que se traduce a una alta correlación positiva entre el tipo de personalidad y la estrategia de regulación emocional. Cada conjunto difuso está representado en la figura 4.3 de color azul, verde, y rojo, respectivamente.

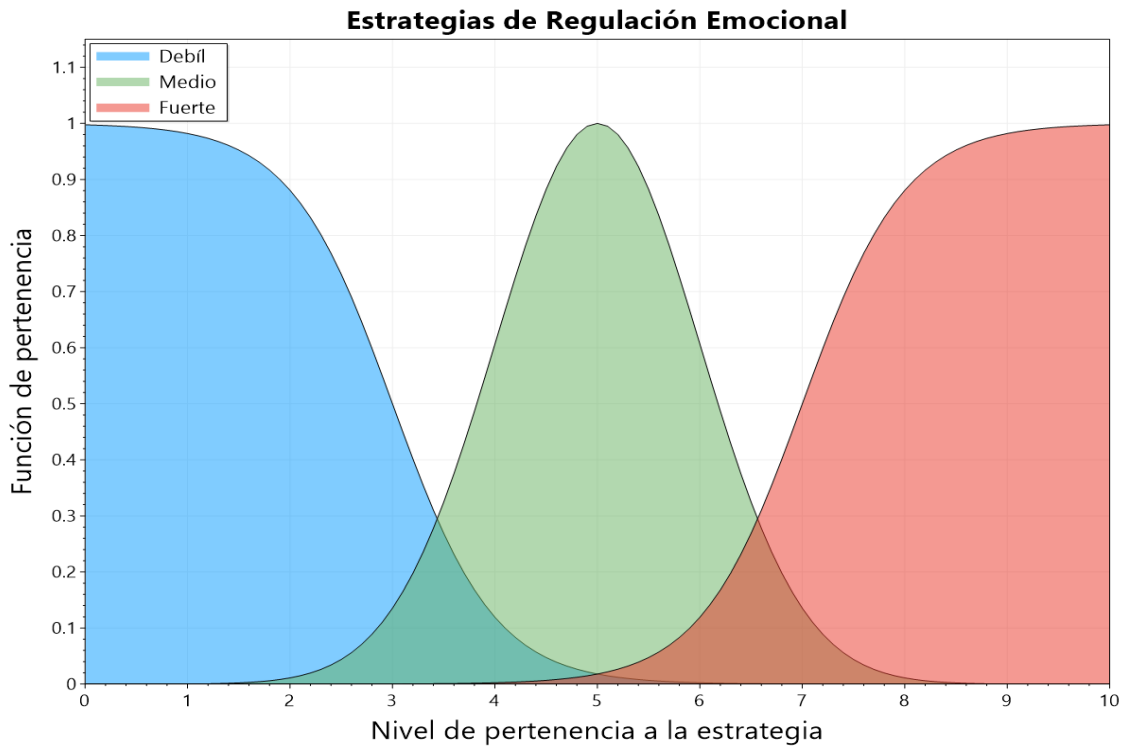


Figura 4.3: Funciones de membresía para definir las estrategias de regulación emocional por aplicar.

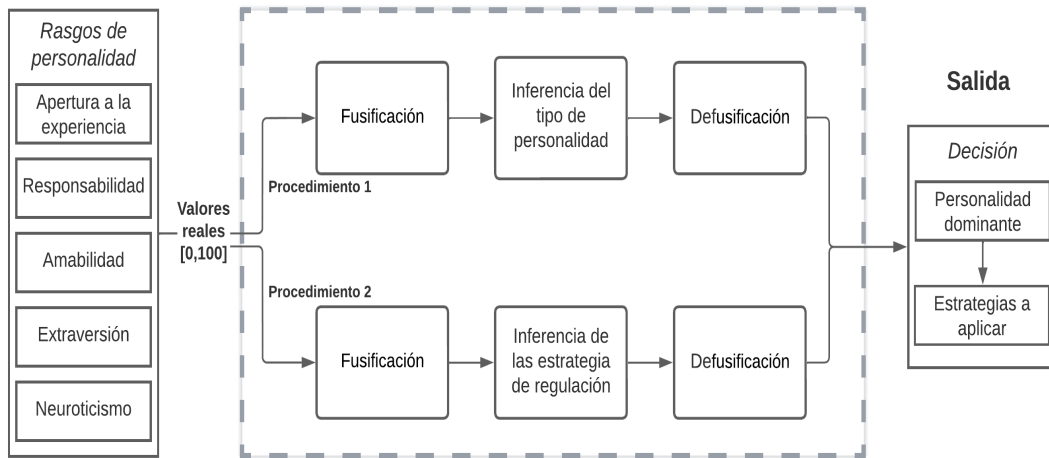


Figura 4.4: Diagrama del Sistema de Inferencia Difuso.

Para determinar los rasgos de personalidad, así como las estrategias por aplicar, los valores numéricos para cada rasgo de personalidad introducidos por el usuario se envían a un sistema de inferencia, dentro del cual se implementan los siguientes dos procedimientos: en el primero, como se aprecia en la figura 4.4, se realiza el proceso de inferencia mediante los conjuntos difusos especificados anteriormente y se asigna un nivel *alto*, *medio* o *bajo* para cada tipo de personalidad

asociado al agente creado. En el segundo procedimiento, se asignan las estrategias de regulación emocional de acuerdo con el tipo de personalidad dominante en el agente.

Dentro del procedimiento número 2 se implementan las reglas para la inferencia difusa de tipo “*SI-ENTONCES*” (*IF-THEN*) las cuales se comparan a través del operador “*Y*” (*AND*) para aplicar la toma de decisiones mediante lógica difusa y realizar su clasificación. En general, las reglas para cada estrategia de regulación emocional por aplicar se pueden expresar como:

---

```

1
2 SI Escrupulosidad ES alta Y Neuroticismo ES alto
3     ENTONCES:
4         Selecccion de la Situacion ES Fuertemente aplicada
5
6 SI Escrupulosidad ES media Y Neuroticismo ES medio
7     ENTONCES:
8         Selecccion de la situacion ES Ligeramente aplicada
9
10 SI Escrupulosidad ES baja Y Neuroticismo ES bajo
11     ENTONCES:
12         Selecccion de la situacion ES Debilmente aplicada
13
14 SI Extraversion ES alta Y Apertura al cambio ES alta Y Amabilidad ES
15 alta
16     ENTONCES:
17         Selecccion de la Situacion ES Debilmente aplicada
18
19 SI Extraversion ES media Y Apertura al cambio ES media Y Amabilidad ES
20 media
21     ENTONCES:
22         Selecccion de la situacion ES Ligeramente aplicada
23
24 SI Extraversion ES baja Y Apertura al cambio ES baja Y Amabilidad ES
25 baja
26     ENTONCES:
27         Selecccion de la situacion ES Fuertemente aplicada
28 ... ..
29     ... ..

```

---

Código fuente 4.3: *Ejemplo de las reglas difusas utilizadas.*

Para las cinco estrategias de regulación emocional se establecieron un total de 27 reglas “*SI-ENTONCES*” (*IF-THEN*) similares a las presentadas anteriormente: 6 reglas para cada estrategia perteneciente al grupo de regulación centrada en los antecedentes ( $6 \times 4 = 24$ ), más 3 reglas para la única estrategia centrada en la respuesta.

Las reglas de inferencia presentadas anteriormente fueron implementadas utilizando la librería *FLS - Fuzzy Logic Sharp* para *.NET* desarrollada también en el lenguaje de programación *C#*. El resultado que se obtiene del sistema de inferencia proporcionado por esta librería son las etiquetas: “*débilmente-aplicada*”, “*ligeramente-aplicada*” y “*fuertemente-aplicada*”, las cuales corresponde al grado de implementación de cada estrategia de regulación emocional. Además, también se obtienen las etiquetas: *bajo*, *medio* y *alto*, que corresponden a los niveles de personalidad presentes en un agente. Los métodos de fusificación y defusificación aplicados fueron el modelo de inferencia de Mamdani (Mamdani & Assilian (1975)), y el método del centroide, respectivamente.

De acuerdo con el diagrama presentado en 4.4, los usuarios podrán asignar un valor real a cada tipo de personalidad, similar a cómo se presentan los valores en un cuestionario de *Big-Five* para identificar los tipos de personalidad presentes en un individuo. El resultado de estas pruebas son

valores numéricos, los cuales se etiquetan en cinco grupos diferentes (*muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto*) en función a la puntuación alcanzada en cada tipo de personalidad.

Con la finalidad de ilustrar lo anterior, a continuación, se muestra un ejemplo de cómo se presentan los resultados después de haber contestado un cuestionario del *Big-Five*. Mediante el puntaje obtenido en cada pregunta de la encuesta *Big-Five* se obtienen los siguientes valores de personalidad: *Openness = 45, Conscientiousness = 30, Extraversion = 15, Agreeableness = 40, Neuroticism = 10*.

Estos valores están representados por etiquetas, las cuales son asignadas por diferentes rangos de los valores determinados para cada rasgo de personalidad. Los resultados del cuestionario *Big-Five* de ejemplo se presentan continuación:

- Primera dimensión. Extraversión: el nivel global de la dimensión es: bajo.
- Segunda dimensión. Amabilidad: el nivel global de la dimensión es: medio.
- Tercera dimensión. Escrupulosidad: el nivel global de la dimensión es: bajo.
- Cuarta dimensión. Neuroticismo: el nivel global de la dimensión es: bajo.
- Quinta dimensión. Apertura al cambio: el nivel global de la dimensión es: medio.

Para verificar los valores de salida del sistema de inferencia difuso implementado en la arquitectura de regulación emocional, los valores numéricos de cada tipo de personalidad del cuestionario *Big-Five* de ejemplo se introdujeron en el sistema de inferencia difuso y los resultados obtenidos son los siguientes:

---

```

1
2     var personality = new Personality()
3     {
4         Openness = 45,
5         Conscientiousness = 30,
6         Extraversion = 15,
7         Agreeableness = 40,
8         Neuroticism = 10
9     };
10
11    foreach(var i in peronality)
12    {
13        Console.WriteLine($"Trait: {i.trait} is {i.level}")
14    };
15
16    // Results:
17    // Trait Conscientiousness is Low
18    // Trait Extraversion      is Low
19    // Trait Neuroticism      is Low
20    // Trait Agreeableness    is Middle
21    // Trait Openness         is Middle

```

---

Código fuente 4.4: *Implementación de los tipos de personalidad en la arquitectura propuesta.*

Se puede ver que los resultados producidos por el sistema de inferencia difuso son consistentes con los producidos por el cuestionario del *Big-Five* de ejemplo. Por lo tanto, se puede suponer que el sistema de inferencia difuso representa correctamente los valores obtenidos del modelo *Big-Five*.

#### 4.3.4. Implementación de las estrategias de regulación emocional

Gross señaló en su *Modelo Modal* de regulación emocional, que las emociones pueden regularse antes, durante o después de que se generen en un individuo, dividiendo el proceso de generación de emociones en cinco puntos potenciales donde las emociones pueden regularse. Estos cinco puntos representan las cinco estrategias de regulación, y se dividen en dos grupos: *estrategias centradas en antecedentes de una emoción* y *estrategias centradas en la respuesta emocional*. Este modelo expone que las emociones puedan regularse a la baja (*down-regulation*) cuando el objetivo es disminuir una respuesta emocional determinada, mantener un cierto nivel de intensidad cuando el objetivo es prolongar una respuesta emocional o regularse al alza (*up-regulation*) cuando el objetivo es aumentar una respuesta emocional.

Con base en lo anterior, el modelo propuesto sólo se ocupará de aquellos casos en donde la regulación a la baja tiene sentido; esto es, en la disminución de las emociones negativas, ya que es en estos casos donde se han centrado la mayoría de los estudios sobre la regulación de las emociones. Por lo tanto, el primer paso para el proceso de modelado es declarar un conjunto de procedimientos o funciones que correspondan a las cinco estrategias de regulación emocional propuestas en el modelo de Gross.

Se plantea entonces el problema de interpretar el modelo de regulación emocional de Gross descrito en lenguaje natural y traducirlo a lenguaje computacional. Para lograr esto, se ha analizado e identificado cuidadosamente cada concepto relevante de cada estrategia de regulación emocional. A partir de este análisis, se creó un diagrama de flujo para cada estrategia de regulación emocional. La figura 4.5 muestra el diagrama de flujo general.

Para cada estrategia de regulación emocional se ha creado un método dentro de una clase implementada en el lenguaje de programación *C#*. Cada método retorna un valor booleano verdadero si la estrategia ha tenido éxito al regular una emoción, o un valor booleano falso si no se logró regular la emoción. Esta clase es el núcleo de la arquitectura propuesta, a través de la cual se puede dotar un agente con la capacidad de regular una determinada emoción. Con relación a cada uno de los métodos de esta clase, un agente podrá aplicar una determinada estrategia; esto es, se podrá implementar un método específico de la clase, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- El rasgo de personalidad dominante en el agente coincide con el tipo de personalidad que típicamente emplea alguna estrategia de acuerdo con lo expuesto en la tabla 4.3.
- Los datos proporcionados por el usuario al diseñar el escenario y crear un agente son los datos mínimos necesarios para ejecutar una estrategia específica de acuerdo con el tipo de personalidad dominante en el agente.

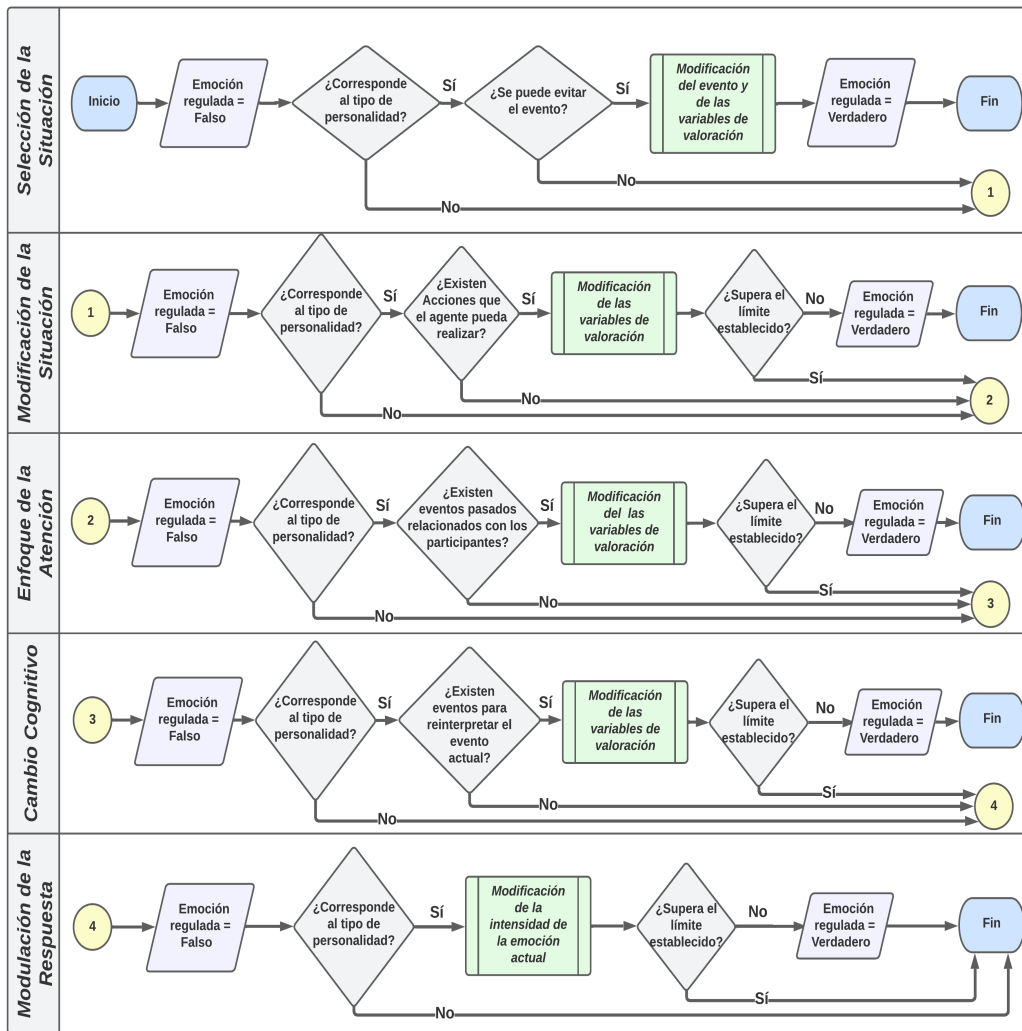


Figura 4.5: Diagrama de flujo para representar la implementación de las estrategias de regulación emocional.

Cuando se cumplen ambas condiciones, el siguiente paso es evaluar otros aspectos específicos de cada estrategia de regulación emocional. Para ilustrar el desarrollo de cada estrategia de regulación emocional y la implementación de la arquitectura propuesta en escenarios, a continuación, se describe un escenario de ejemplo implementado en *FAtiMA*:

### Escenario de ejemplo

Suponga que Sam es un agente que trabaja en una empresa. Después de llegar al lugar de trabajo, otro agente le informa que su jefe le ha pedido que vaya a su oficina para hablar sobre su desempeño laboral. El agente Sam no sabe por qué ha sido citado, tal vez se deba a su buen desempeño o, por el contrario, que su desempeño actual no está a la altura de las expectativas de su jefe. Como se puede inferir del escenario anterior, el agente Sam experimenta emociones negativas de aflicción debido a la incertidumbre de no saber por qué ha sido citado por su jefe de oficina.



El escenario descrito anteriormente se define en *FAtiMA* siguiendo los pasos presentados a continuación:

1. **Crear los agentes que participarán en el escenario.** Para el escenario arriba expuesto, se crearán dos agentes: el agente objetivo, *Sam*, quien recibirá la notificación y experimentará la emoción negativa a causa del evento, y otro agente que llamaremos “*Mark*” quien iniciará la simulación del escenario en el momento que dé la notificación al agente *Sam*. Estos agentes se crean a través del componente *Role-Play-Character* como se explicó en la sección 4.1.2. La inicialización para cada agente mediante este componente corresponde a:

$$\begin{aligned} Agent\_Sam &= < AgentName = Sam, [inicialización de los componentes] > \\ Agent\_Mark &= < AgentName = Mark, [inicialización de los componentes] > \end{aligned} \quad (4.15)$$

Donde *[inicialización de los componentes]* corresponde a instanciar las clases de los componentes a utilizar para cada agente creado a través del componente *Role-Play-Character* (consultar capítulo 4.1.2).

2. **Crear los eventos que sucederán en el escenario.** Como se explicó en la sección 4.1.2, para crear los eventos en la arquitectura *FAtiMA* se debe de utilizar una sintaxis específica mediante el componente *Well-Formed-Name*. Para el escenario de ejemplo se configurarán dos eventos, el primero es el que realizará el agente “*Mark*” para iniciar con la simulación del escenario, y el segundo evento será para indicar que el agente *Sam* realizará la acción de hablar con su jefe. Este último evento es el que disparará la emoción negativa en el agente *Sam*. Este par de eventos se pueden representar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Event1 &= < “Event(Action-End, Mark, Tell-To, Sam)” > \\ Event2 &= < “Event(Action-End, Sam, Go-To, Boss)” > \end{aligned} \quad (4.16)$$

3. **Definir las reglas de valoración para los eventos que desencadenan las emociones en los agentes participantes del escenario.** Una vez se han definido los eventos, lo siguiente es asignar las reglas de valoración que desencadenan las emociones en los agentes siempre que estos eventos aparezcan en el escenario. Para esto se utiliza el componente *Emotional-Appraisal*. A través de este módulo se asignan los eventos específicos que provocarán un estado emocional específico a un determinado agente. Este componente forma parte de la definición de cada agente, por lo tanto, para agregar una nueva regla de valoración se debe inicializar desde el propio agente. En el escenario de ejemplo, sólo se generará una emoción en el agente *Sam* y esta será causada por el evento “*Event1*”. La definición de la regla de valoración para este evento será:

$$\begin{aligned} Agent\_Sam.AddAppraisalRule([nueva regla de valoración]) \\ \text{Donde, [ nueva regla de valoración ] representa :} \\ Rule1 = < Event1, Agent\_Sam, Desirability = -6 > \end{aligned} \quad (4.17)$$

Lo anterior describe lo siguiente: cuando el evento: “*Event1*” ocurra en el escenario; esto es, cuando el agente perciba el evento, se generará en el agente Sam la emoción correspondiente a la variable de valoración  $Desirability = -6$ .

4. **Configurar las acciones para representar los eventos en el escenario.** En *FAtiMA* los eventos se relacionan con los agentes a través de definir las acciones que se podrán ejecutar en el escenario. Estas acciones se configuran como se expuso en la sección 4.1.2.

Al iniciar la simulación, al menos un agente debe de realizar la primera acción para que ésta pueda ser percibida por los demás integrantes del escenario y por el mismo agente. De esta manera es como se inicia la cadena de eventos y acciones predefinidas para cada miembro del escenario. En el escenario expuesto anteriormente, se ha creado una acción para cada evento declarado. Para el evento “*Event1*” se creará una acción inicial (*Initial-Action*) que será ejecutada por el agente “*Mark*” y con la que se iniciará la simulación del escenario. Otra acción se definirá para el evento “*Go-To*” que se ejecutará por el agente *Sam* una vez se haya realizado la primera acción por el agente “*Mark*” La declaración de este par de acciones para cada agente será:

$$\begin{aligned} \mathbf{Initial-Action} &= \langle Action = Tell-To, Target = Sam, Priority = 1 \rangle \\ \mathbf{Action1} &= \langle Action = Go-To, Target = Boss, Priority = 1 \rangle \end{aligned} \quad (4.18)$$

Al igual que en las reglas de valoración, la acción debe de asignarse al agente que la ejecutara dentro del escenario. Para este ejemplo, lo anterior corresponde a:

$$\begin{aligned} \mathbf{Agent\_Mark.AddAction(InitialAction)} \\ \mathbf{Agent\_Sam.AddAction(Action1)} \end{aligned} \quad (4.19)$$

5. **Simular los eventos dentro del escenario.** Como se menciona en el paso anterior, para iniciar con la simulación del escenario de ejemplo, el agente “*Mark*” deberá realizar la acción “*Initial-Action*” que corresponde a notificar al agente Sam sobre el evento “*Event1*”. Lo anterior se representa de la siguiente manera:

$$Mark-Decision = Mark.Decide() \quad (4.20)$$

Donde “*Mark-Decision*” corresponde a un identificador que representa el nombre de la acción realizada por el agente “*Mark*”. Debido a que la única acción definida para este agente es “*Initial-Action*”, será la primera acción que intentará realizar al iniciar la simulación.

6. **Percibir eventos a través de los agentes que participan en el escenario.** La percepción de eventos se lleva a cabo a través del componente *Role-Play-Character*, el cual gestionará todos los datos (eventos, reglas de valoración y acciones) para simular la decisión y percepción de cada agente. Para el escenario que se está usando de ejemplo, la acción del agente “*Mark*” debe de ser percibida por el agente objetivo, que en este caso será el agente Sam. Cuando

el agente Sam perciba la decisión de “*Mark*”, el componente *Role-Play-Character* del agente Sam gestionará para que la siguiente acción a realizar sea la acción: “*Action1*” la cual provocará que el evento “*Event1*” suceda en el escenario, desencadenado las emociones derivadas de valorar este evento por el agente *Sam*. La percepción de este evento por parte del agente Sam se representa de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 & \text{Agent\_Sam.Percive}(\text{Mark\_Decision}) \\
 \text{Sam\_Decision} &= \text{Agent\_Sam.Decide}() \\
 & \text{Agent\_Sam.Percive}(\text{Sam\_Decision})
 \end{aligned}
 \tag{4.21}$$

Conforme al procedimiento de inferencia emocional de la arquitectura *FAtiMA*, la percepción del evento “*Event1*” por parte del agente Sam generará una emoción de aflicción (“*distress*”) con una intensidad de seis unidades (de acuerdo a la variable de valoración *desirability* definida previamente).

#### 4.3.5. Configuración de la arquitectura de regulación emocional

Hasta aquí, el escenario de ejemplo se ha configurado sin hacer uso de la arquitectura de regulación emocional. Por lo tanto, siempre que se inicie la simulación de este escenario, el agente “*Mark*” realizará la acción de dar la notificación al agente *Sam*, quien, al percibir la acción, decidirá ejecutar la acción “*Action1*”, provocando en él la emoción de aflicción.

Con el fin de ilustrar la implementación del modelo de regulación emocional, así como el desarrollo de cada estrategia de regulación, a continuación, se presenta la incorporación de la arquitectura propuesta en el escenario de ejemplo. Siguiendo con los pasos anteriores, ahora se iniciará con los pasos para su configuración:

7. **Configurar los componentes necesarios para la arquitectura de regulación emocional.** Es recomendable realizar esta configuración una vez se haya inicializado el componente *Role-Play-Character*, y antes de que el agente perciba el evento que desencadenará la emoción negativa (paso 6 en el escenario de ejemplo). Los componentes que deben de configurarse son: *Personality*, *Input-Data* y, *Regulation-Based-Agent*. Mismos que fueron explicados al inicio de este capítulo.
8. **Inicializar el componente *Personality*.** Para este ejemplo, se asignará al agente *Sam* los tipos de personalidad que se utilizaron como ejemplo en la sección 4.3.3, con la diferencia de que se aumentará el valor del rasgo “*Conscientiousness*” para que éste sea el dominante en el agente. Su declaración se presenta en el código fuente 4.5:

---

```

1
2     var personality = new Personality()
3     {
4         Openness = 45,
5         Conscientiousness = 89,
6         Extraversion = 15,
7         Agreeableness = 40,
8         Neuroticism = 10
9     };

```

---

Código fuente 4.5: *Inicialización de los tipos de personalidad para el escenario de ejemplo.*

Una vez son procesados los valores numéricos por el sistema de inferencia difuso, los datos de salida de este componente para este escenario de ejemplo corresponden a los que se presentan en el código 4.6:

---

```

1
2 foreach(var i in peronality)
3 {
4     Console.WriteLine($"Trait: {i.trait} is {i.level}");
5 };
6
7 // Results:
8 // Trait Conscientiousness is High
9 // Trait Extraversion         is Low
10 // Trait Neuroticism         is Low
11 // Trait Agreeableness      is Middle
12 // Trait Openness           is Middle
13
14 Console.WriteLine($"Dominant personality = {personality.Dominant});
15 // Dominant personality = "Conscientiousness"
16
17 Console.WriteLine($"Strategies = {personality.Strategies_To_Apply});
18 // Strategies = Situation Selection, Situation Modification,
19 // Attention Deployment, Cognitive Change

```

---

Código fuente 4.6: *Resultados del componente Personality.*

9. **Inicializar el componente *Input-Data*.** Para este ejemplo se asumirá que se han definido todos los datos necesarios para que el agente *Sam* pueda implementar todas las estrategias de regulación emocional, siempre que la personalidad dominante en el agente coincida con alguna estrategia de regulación. La inicialización de este componente se presenta en el código fuente 4.7:

---

```

1
2     new Input_Data ()
3     {
4         EventsToAvoid = Event1,
5         ActionsForEvent = { Reaction },
6         EventsToReappraisal = { Event3, Event4 }
7     };

```

---

Código fuente 4.7: *Inicialización del componente Input-Data*

Donde *Event1* corresponde al evento definido en el paso 2 del escenario de ejemplo, *Reaction* es una nueva acción definida por el usuario que se utilizará para aplicar la estrategia Modificación de la situación, y *Event3*, *Event4*, son los eventos que el usuario definió para que el agente *Sam* pueda reinterpretar el evento “*Event1*” y representar la implementación de la estrategia de *Cambio Cognitivo*.

10. **Inicializar el componente *Regulation-Based-Agent*.** Como se explicó en la sección 4.3.3, este componente integra a los componentes del *Role-Play-Character* de *FAtiMA*. Su inicialización corresponde a la siguiente:

$$\mathbf{Regulation-Based-Agent} = \langle \mathit{Agent\_Sam}, \mathit{Personality}, \mathit{Input-Data} \rangle \quad (4.22)$$

Donde, *Agent\_Sam*, *Personality*, e *Input-Data*, son los componentes inicializados en los pasos 2, 8, y 9 del escenario de ejemplo, respectivamente.

11. ***Percibir los eventos por el agente e iniciar el proceso de regulación emocional para cada evento percibido.*** Una vez configurados los componentes de la arquitectura de regulación emocional, los eventos que sucedan en el escenario deberán ser percibidos por el componente *Regulation-Based-Agent*. En este punto, la percepción del evento por parte del nuevo agente debe de suceder después de que alguno de los participantes del escenario ejecute una acción (paso 5 en el escenario de ejemplo), y justo antes de que el componente *Emotional-Appraisal* inicie con el proceso de generar las emociones (paso 6 en el escenario de ejemplo). Lo anterior se representa de la siguiente manera:

- a) **MarkDecision** = Mark.Decide()
- b) **BaseAgent.Regulates**(MarkDecision)
- c) **AgentSam.Percive**(MarkDecision)

La decisión, y la percepción de ambos agentes, es la siguiente:

- a) El agente “*Mark*” decide realizar la acción “*MarkDecision*”; b) la decisión del agente “*Mark*” (*MarkDecision*), la percibe el agente Sam a través del componente “*Regulation-Based-Agent*” donde se lleva a cabo el proceso de regulación emocional implementando las estrategias de regulación correspondientes al evento y al tipo de personalidad del agente; c) se regresa el control del escenario a la arquitectura *FAtiMA* para que se generen las emociones de acuerdo con las reglas de valoración definidas en el agente y que fueron previamente modificadas a través de implementar alguna de las cinco estrategias de regulación emocional.

El escenario anterior y su configuración se puede representar como pseudocódigo de la siguiente manera. En el pseudocódigo 4.8 todos los componentes que forman parte de la arquitectura *FAtiMA* están resaltados de color *dorado*, mientras que los componentes que conforman a la arquitectura de regulación emocional propuesta están resaltados de color *azul*:

---

```

1
2 ALGORITMO: Escenario de ejemplo;
3
4 VARIABLES:
5
6     AGENT Agent_Sam, Agent_Mark;
7     EVENT Event1, Event2;
8     VALORATION Rule1;
9     ACTION Initial_Action, Action1, Reaction;
10    DECISIONS Mark_Decision, Sam_Decision
11    PERSONALITY Personality;
12    REGULATION_BASED_AGENT NewAgent_Sam;
13    INPUT_DATA Information;
14
15 INICIO:
16
17 -- 1. Crear los agentes que participaran en el escenario.
18
19     Agent_Sam = { name: "Sam", components: Role_Play_Charecter };
20     Agent_Mark = { name: "Mark", components: Role_Play_Charecter };
21
22 -- 2. Crear los eventos que sucedaran en el escenario.
```

```

23
24     Event1 = "Event(Action_End, Mark, Tell-To, Sam)";
25     Event2 = "Event(Action_End, Sam, Go-To, Boss)";
26
27 -- 3. Definir las reglas de valoracion para los eventos.
28
29     Rule1 = { Event1, Agent_Sam, Desirability = -6 };
30     Agent_Sam.AddAppraisalRule(Rule1);
31
32 -- 4. Configurar las acciones para representar los eventos en el escenario.
33
34     Initial_Action = { Action: "Tell-To", Target: "Sam", Priority: 1 };
35     Action1 = { Action: "Go-To", Target: "Boss", Priority: 1 }
36
37     Agent_Mark.AddAction(Initial_Action);
38     Agent_Sam.AddAction(Action1);
39
40 -- 5. Simular los eventos en el escenario de prueba.
41
42     Mark_Desicion = Agent_Mark.Decide();
43
44 -- 6. Percepcion de los eventos en los agentes.
45
46     -- Ambos agentes tienen que percibir el mismo evento, en este caso,
47     -- el evento corresponde a la decision del agente Mark, definida en
48     -- el paso 4.
49
50     Agent_Sam.Percive(Mark_Desicion);
51     Agent_Mark.Percive(Mark_Desicion);
52
53     -- De esta percepcion, y en funcion a la variable de valoracion
54     -- definida en el paso 3, el agente "Sam" experimentara una
55     -- emocion de angustia con una intensidad de 6.
56
57     -- Posterior a percibir el evento "Mark_Desicion", y de haberse
58     -- generado las emociones correspondientes, el agente "Sam"
59     -- podra generar una accion/reaccion en funcion a su estado
60     -- emocional:
61
62     Sam_Desicion = Agent_Sam.Decide();
63     Emotion = Agent_Sam.Emotions[0];
64
65     Print($"The agent {Agent_Sam} decides: {Sam_Desicion}");
66     Print($"The emotion is: {Emotion.type} = {Emotion.intensity}");
67
68     -- El resultado de imprimir la decision del agente "Sam" es la siguiente:
69
70     -- "The agent Sam decides cry" --
71     -- "The emotion is: Distress = 6" --
72
73     -- Ya que aun no se ha integrado la arquitectura de regulacion emocional,
74     -- la decision del agente "sam" supongase que es ponerse a llorar.
75
76     -- De nuevo se tiene que percibir la decision del agente "Sam" por todos
77
78     -- los participantes del escenario. Este ciclo se repite segun sea la
79     -- configuracion del escenario.
80
81     Agent_Sam.Percive(Sam_Desicion);
82     Agent_Mark.Percive(Sam_Desicion);
83
84 -- Integracion de la arquitectura de regulacion emocional en el agente "Sam".
85
86 -- 7. Inicializar el componente "Personality" de la arquitectura de regulacion
87     -- emocional.

```

```

88
89 Personality = new PERSONALITY()
90 {
91     Oppenes = 45,
92     Conscientiousness = 89,
93     Extraversion = 15,
94     Agreeableness = 40,
95     Neuroticism = 10
96 };
97
98 -- Se imprimen en consola los resultados del sistema de inferencia difuso.
99
100 foreach( i in personality )
101 {
102     Print($"Trait: {i.trait} is {i.level}")
103 };
104 -- La salida en consola es:
105 -- Trait Conscientiousness is High
106 -- Trait Extraversion is Low
107 -- Trait Agreeableness is Low
108 -- Trait Neuroticism is Middle
109 -- Trait Oppenes is Middle
110
111
112 -- 8. Inicializar el componente "Input-Data" con los datos requeridos.
113
114 Reaction = { Action: "Go-To", Target: "Boss", Priority: 1 }
115 Event3 = "Event(Action-End, Mark, Tell-To, Sam)";
116 Event4 = "Event(Action-End, Sam, Go-To, Boss)";
117
118 Information = new Input_Data()
119 {
120     EventsToAvoid = Event1,
121     ActionForEvent = {Reaction},
122     EventsToReappraisal = {Event3, Event4}
123 };
124
125 -- 9. Inicializar el componente "Regulation-Based-Agent".
126
127 NewAgent_Sam = RegulationBasedAgent(Agent_Sam, personality, Information);
128
129 -- El rasgo de personalidad dominante inferido por el sistema difuso debera
130 -- ser:
131
132 Print($"Dominant personality: {NewAgent_Sam.DominantTrait}")
133 -- "Dominant personality: Conscientiousness"
134
135 -- 10. Percepcion de los eventos e inicio del proceso de regulacion emocional.
136
137 Mark_Decision = Agent_Mark.Decide();
138 NewAgent_Sam.Regulates(Mark_Decision)
139 Sam_Decision = NewAgent_Sam.Decide();
140 Emotion = NewAgent_Sam.Emotions[0];
141
142 -- Ahora, la arqutectura de regulacion emocional a sido incorporada
143 -- en el agente "Sam" con el identificador "NewAgent_Sam". Si imprimimos
144 -- la decion del agente "Sam", esta estara en funcion a la estrategia
145 -- implementada por el agente, supongase que la estrategia fue
146 -- "modulacion de la respuesta", la intensidad de la emocio experimentada
147 -- sera menor, es decir, en lugar de experimentar una emocio de angustia
148 -- con una intensidad de 6, ahora el agente experimentara la misma emocio,
149 -- pero con una intensidad menor, y por consecuencia, su decision final
150 -- sera difente:
151
152 Print($"The agent {NewAgent_Sam} decide: {Sam_Decision}")

```

```

153     Print($"The emotion is: {Emotion.type} = {Emotion.intensity}")
154
155     -- "The agent Sam decides to-talk-to-other" --
156     -- "The emotion is: Distress = 2" --
157
158 FIN
159 --
160 --

```

---

Código fuente 4.8: *Escenario de ejemplo*.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, cuando el agente *Sam*, que ahora tiene un rasgo de personalidad dominante y un conjunto de estrategias de regulación emocional por aplicar, percibe la decisión del agente “*Mark*” a través del componente “*Regulation-Based-Agent*”, intentará implementar algunas de las estrategias de regulación emocional definidas en la arquitectura propuesta.

### ***Implementación de las estrategias de regulación emocional***

Cuando la decisión del agente “*Mark*” es percibida a través del componente *Regulation-Based-Agent* (paso 11-b del escenario de ejemplo), la arquitectura de regulación emocional toma el control del escenario y procesa la información del evento a través de los componentes *Input-Data*, *Personality*, y *Role-Play-Character*. De acuerdo con el diagrama de flujo presentado en la figura 4.5, lo primero que verifica el componente *Regulation-Based-Agent* es si el evento en curso provocará alguna emoción negativa en el agente, de cumplirse esta condición, lo siguiente es verificar la información de los módulos *Personality*, e *Input-Data*; en caso contrario, se regresa el control del escenario a *FAtiMA* y se continúa con la simulación.

Básicamente, en el primer módulo (*Personality*) se encuentra la información sobre el rasgo de personalidad dominante del agente y las estrategias de regulación emocional, qué podrán ser aplicadas en función a su personalidad. El segundo módulo (*Input-Data*), contiene la información necesaria para que puedan ser implementadas las estrategias correspondientes a la personalidad del agente.

De este modo, una vez se ha verificado que el evento en curso provocará una emoción negativa, el agente sólo podrá implementar las estrategias de regulación que estén definidas dentro del componente *Personality*, y de las que existan los datos necesarios para llevar a cabo su implementación. Como se mencionó en el paso 9 del escenario de ejemplo, se asumirá que el agente cuenta con los datos necesarios para implementar cada estrategia de regulación y que además el tipo de personalidad dominante coincide con la estrategia a implementar.

A continuación, se presenta el desarrollo de las cinco estrategias de regulación emocional utilizando el escenario de ejemplo para ilustrar su implementación:

### ***Selección de la situación***

De acuerdo con la explicación proporcionada por Gross, la estrategia Selección de la situación puede conceptualizarse como la elección de un agente entre permitir o evitar que ciertos eventos sucedan en su entorno. En la arquitectura de regulación emocional, esta elección deberá ser establecida por el usuario al configurar el escenario como se presentó en el paso 9 del escenario de ejemplo.

Debido a que se ha llegado hasta la implementación de esta estrategia, queda implícito que el componente *Regulation-Based-Agent* encontró y proporcionó los datos necesarios para su imple-



mentación. Del escenario de ejemplo se tienen los siguientes datos presentados en el código fuente 4.9:

---

```

1
2   Event1 = {"Event(Action-End, Sam, Go-To, Boss)"};
3
4   new Input_Data =
5   {
6       Events_To_Avoid = Event1:
7       {
8           Rule1 = { Event1, Agent_Sam, Desirability = -6 }
9       }
10  };

```

---

Código fuente 4.9: Configuración de los eventos a evitar por el agente Sam

Para representar que el agente ha decidido evitar el evento en curso, lo primero que se realiza dentro de la *estrategia Selección de la situación* es modificar los parámetros de las reglas de valoración relacionadas con el evento. En el escenario de ejemplo sólo se ha definido una única regla de valoración (*Rule1*), de manera que lo anterior quedaría representado como:

$$\begin{aligned} \mathbf{Rule1} &= \langle \mathit{Event1}, \mathit{Agent\_Sam}, \mathit{Desirability} = -6 \rangle \\ \mathbf{Rule1} &= \langle \mathit{Event1}, \mathit{Agent\_Sam}, \mathit{Desirability} = 0 \rangle \end{aligned} \tag{4.23}$$

Hecho esto, lo siguiente es modificar el nombre del evento para representar en la simulación del escenario que tal evento no se ha presentado. Esto se hace anteponiendo la palabra “*Not-*” al nombre original del evento. En el escenario de ejemplo, lo anterior corresponde a:

$$\begin{aligned} \mathbf{Event1} &= \langle \mathit{Event}(\mathit{Action-End}, \mathit{Sam}, \mathit{Go-To}, \mathit{Boss}) \rangle \\ \mathbf{Event2} &= \langle \mathit{Event}(\mathit{Action-End}, \mathit{Sam}, \mathit{Not-Go-To}, \mathit{Boss}) \rangle \end{aligned} \tag{4.24}$$

Estos cambios en las reglas de valoración evitan que se generen emociones negativas en el agente debido a la valoración que el agente realiza sobre este evento, y representando que la regulación emocional ha tenido lugar en un punto temprano dentro del proceso de la generación de la emoción tal y como describe en el modelo modal de Gross.

Si esta primera estrategia no tuvo éxito, es decir, si el agente no cumple con el tipo de personalidad adecuada para la estrategia, o el componente *Regulation-Based-Agent* no encontró dentro del módulo Input-Data la información necesaria para aplicarla, se retorna un valor booleano falso, indicando que no fue posible regular la emoción mediante esta estrategia, por lo tanto, se continúa con el proceso de regulación emocional y el agente intentará aplicar la siguiente estrategia de regulación emocional.

### ***Modificación de la situación***

Gross explica que modificar una situación se refiere a tratar de cambiar las características externas de una situación o evento para que este cambio pueda alterar la respuesta emocional de un individuo. Por ejemplo, un individuo puede hacer uso de objetos externos en una situación de

miedo con el objetivo de minimizar su ansiedad (Sheppes & Gross (2012)), esto se puede traducir como las acciones que un individuo realiza con el fin de modificar ciertas características del evento que está sucediendo en su entorno para modificar su impacto emocional.

En este sentido, se puede entender que una de las condiciones necesarias para la implementación de esta estrategia de regulación emocional es que el agente tenga la posibilidad de realizar al menos una acción para poder modificar el evento en curso, de allí que deban existir acciones definidas por el usuario para que un agente pueda ejecutarlas a favor de modificar el impacto emocional que podría causar la valoración del evento. De acuerdo con lo anterior, el usuario deberá definir una o más acciones para cada evento que el agente pueda ejecutar a favor de cambiar su respuesta emocional. Como se explicó en la sección 4.3.2, estas acciones se definen mediante el parámetro *Actions-For-Event* del componente *Input-Data*.

Al igual que en la estrategia selección de la situación, y las estrategias restantes, si se ha llegado hasta este punto, queda implícito que el componente *Regulation-Based-Agent* ha encontrado y proporcionado los datos necesarios para la implementación de esta estrategia de regulación emocional.

En el escenario de ejemplo las acciones se definieron como se presenta en el código fuente 4.10:

---

```

1
2     new Input_Data()
3     {
4         EventsToAvoid = Event1,
5         ActionsForEvent = { Reaction },
6         EventsToReappraisal = { Event3, Event4 }
7     };

```

---

Código fuente 4.10: *Inicialización del componente Input-Data para la estrategia de Modificación de la situación.*

Donde el identificador *Reaction* contiene la siguiente acción definida para el evento “*Event1*” (ver código fuente 4.11):

---

```

1
2     var Reaction = ActionsForEvents new ()
3     {
4         EmotionalDecisionMaking =
5             {
6                 Action = MakeAPhoneCall,
7                 Target = Friend,
8                 Conditions = null,
9                 Priority = 1,
10            },
11         Rule1 = { Event1, AgentSam, Desirability = -6 }
12    };

```

---

Código fuente 4.11: *Inicialización del componente Actions-For-Events.*

El primer paso hacia la implementación de la estrategia de regulación es modificar los valores de las variables de valoración relacionadas con el evento. Dentro del parámetro *Actions-For-Events* se encuentran las reglas de valoración del evento que se asignó a la acción, por lo que también se encuentran aquí las variables de valoración del evento, las cuales se modificarán asignándoles un nuevo valor. Este nuevo valor, a diferencia de la estrategia anterior (en la que se asignaba

directamente el valor 0), dependerá de los tipos de personalidad asignados al agente, lo que permite una representación más natural del proceso de regulación emocional debido a que el nuevo valor siempre variará en función a los valores establecidos para cada tipo de personalidad en un agente.

Con respecto al cálculo de este nuevo valor, se ha definido una función matemática que relaciona convenientemente los tipos de personalidad con el valor original de la variable de valoración, permitiendo expresar en términos de la personalidad que tan eficiente será la regulación de una emoción. Esta función se obtuvo a partir de la función tangente hiperbólica:

$$f_1(x) = \left| \frac{AppVariable}{2} \right| * \tanh \left( \frac{2 * x - MaxVal}{\frac{MaxVal}{2}} \right) + \left| \frac{AppVariable}{2} \right| \quad (4.25)$$

En la expresión anterior, el parámetro *AppVariable* de la función  $f_1$  corresponde al valor asignado a la variable de valoración. El parámetro *MaxVal* es el valor máximo que puede tomar el dominio de la función. Por último, la variable  $x$  corresponde al valor de los tipos de personalidad.

Mediante la función,  $f_1$  lo que se pretende es representar el efecto que tienen los rasgos de personalidad en un agente al regular una emoción a través de las diferentes estrategias de regulación emocional. De acuerdo con lo expuesto en la sección 4.3.2 y representado en la tabla 4.3, algunos rasgos de personalidad son favorables para implementar ciertas estrategias de regulación emocional (favoreciendo la regulación de una emoción), mientras que otros no (“*penalizando*” su uso). Debido a que un agente podrá incluir los cinco tipos de personalidad, una forma adecuada y práctica de representar lo expuesto anteriormente es identificar los tipos de personalidad definidos en el agente y separarlos en dos grupos:

1.  $g_1 :=$  Personalidades que desfavorecen la implementación de la estrategia.
2.  $g_2 :=$  Personalidades que favorecen la implementación de la estrategia .

Cada grupo de personalidades diferirá dentro de cada estrategia de regulación emocional, lo que arrojará una amplia gama de resultados posibles según el tipo de personalidad y las estrategias implementadas. Ahora bien, de cada grupo se calcula el promedio de sus valores, por ejemplo, para el agente Sam, cada grupo tendrá los siguientes promedios de acuerdo con la tabla 4.3:

$$\begin{aligned} g_1 &= Agreeableness = 40, Neuroticism = 10, \\ &\rightarrow g_{1\_prom} = 25 \\ g_2 &= Extraversion = 15, Conscientiousness = 75, Openness = 45 \\ &\rightarrow g_{2\_prom} = 45 \end{aligned} \quad (4.26)$$

En el escenario de ejemplo, al evento “*event1*” se le asignó un valor de -6 unidades a la variable de valoración “*desirability*”, mientras que el valor máximo para el dominio de la función corresponderá al valor máximo que puede tomar un rasgo de personalidad, esto es, 100 unidades. Por lo tanto, el nuevo valor para la variable “*desirability*” será el resultado de calcular el promedio de las funciones  $f_1(x)$  para  $g_1$  y  $f_2(x)$  para  $g_2$ .

Donde  $f_2(x)$  es la función reflejada respecto al eje  $y$ , de la función  $f_1(x)$ :

$$f_2(x) = f_1(-x) \quad (4.27)$$

$$f_1(25) = \left| \frac{-6}{2} \right| * \tanh \left( \frac{2 * -100}{\frac{100}{2}} \right) + \left| \frac{-6}{2} \right| \rightarrow f_1(25) = 0.7152 \quad (4.28)$$

$$f_1(45) = \left| \frac{-6}{2} \right| * \tanh \left( \frac{2 * -100}{\frac{100}{2}} \right) + \left| \frac{-6}{2} \right| \rightarrow f_1(45) = 3.5921 \quad (4.29)$$

$$\frac{f_1(x_1) + f_2(x_2)}{2} \rightarrow \frac{0.7152 + 3.5921}{2} = 2.3615 \quad (4.30)$$

Calculando el promedio de los valores de salida de cada función para los dos grupos de personalidades ( $g_1$ ,  $g_2$ ) se consigue mantener el equilibrio del valor final de la variable de valoración. Por ejemplo, de los resultados de las funciones  $f_1$  y  $f_2$  presentados anteriormente, se puede observar que, si no se utiliza este promedio, se toma como valor final sólo el resultado de la función  $f_1$ . Por ejemplo, el valor para la variable de valoración será muy pequeño, lo que resultará en una intensidad emocional muy pequeña. Esto será así siempre que el valor de  $g_1$  sea relativamente bajo. Lo mismo pasaría si se elige sólo el valor de la función  $f_2$ , pero en sentido inverso. Al relacionar los dos valores a través de calcular su promedio se evita que exista un sesgo por omisión de valores, ya que de esta manera se están tomando en cuenta todos los valores de los rasgos de personalidad y no únicamente aquellos que favorecen la regulación (generando siempre una excelente regulación), o aquellos que se contraponen (resultado siempre una mala regulación).

Este par de funciones se estarán utilizando siempre que se requiera calcular un nuevo valor para las variables de valoración o para la intensidad de una emoción (estrategia de modulación de la respuesta) de las estrategias de regulación emocional restantes.

Para ilustrar lo expuesto anteriormente, a continuación, se presentan las gráficas de las funciones  $f_1$  y  $f_2$  respectivamente. En la gráfica de la figura 4.6 es posible ver que cuanto mayor es el valor promedio de personalidad ( $g_1$ ), el valor final de la variable de valoración tiende a su valor original; es decir, cuanto mayor es el tipo de personalidad que desfavorece la implementación de una estrategia específica, la regulación de la emoción es menos efectiva. Lo contrario sucede con la función  $f_2$ , (ver figura 4.7) el valor final de la variable de valoración disminuye conforme el valor promedio de la personalidad que favorece la implementación de la estrategia ( $g_2$ ) aumenta.

Por último, para terminar con la implementación de esta estrategia, se debe de contrastar el valor final obtenido para la variable de valoración con el valor máximo de intensidad emocional (*Max-Level-Emotion*) definido por el usuario. Para el escenario de ejemplo, el nuevo valor de la variable de valoración es de 2.3615, y el valor máximo de intensidad emocional definido fue: 4, lo que indica que la estrategia de modificación de la situación tuvo éxito y se retorna un valor booleano verdadero para terminar con el proceso de regulación emocional y continuar con la simulación del escenario. Para representar que esta estrategia de regulación tuvo éxito, la acción definida para este evento se presentaría en el escenario de *FAtiMA* de la siguiente forma:

$$AGENT [nombre] PERFORMS [acción] TO [objetivo] ON THE EVENT [evento] \quad (4.31)$$

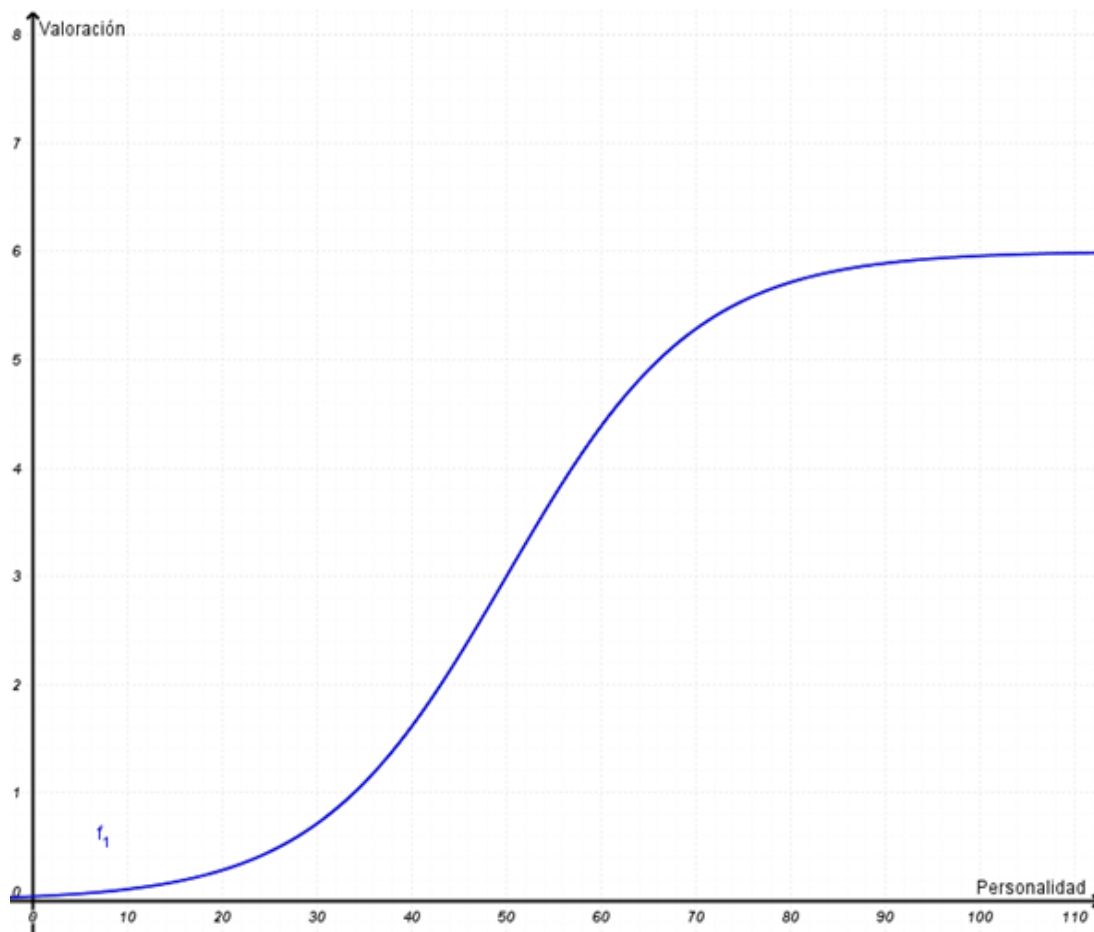


Figura 4.6: Gráfica de la función  $f_1$ . (variable de valoración vs. personalidad).

Lo anterior se representa en el escenario de ejemplo como se muestra en el código fuente 4.12:

---

```

1
2 // Action example
3
4 Console.WriteLine($"AGENT {Agent.Name} PERFORMS {Agent.Performs} TO {Target}
5                     ON THE EVENT {event.EventName}")
6
7
8 // "AGENT Sam PERFORMS Make-A-Phone-Call TO Friend ON THE EVENT Go-To"

```

---

Código fuente 4.12: Código XML implementado en Gebhard et al. (2018)

Esta acción muestra que el agente *Sam* “realizó” la acción de llamar a su amigo antes de ir a hablar con su jefe con el objetivo de minimizar el impacto emocional de tener que ir a la oficina del jefe. Por otro lado, si el nuevo valor para la variable de valoración supera al valor límite establecido por el usuario, el método regresa un valor booleano falso y se continúa con la siguiente estrategia.

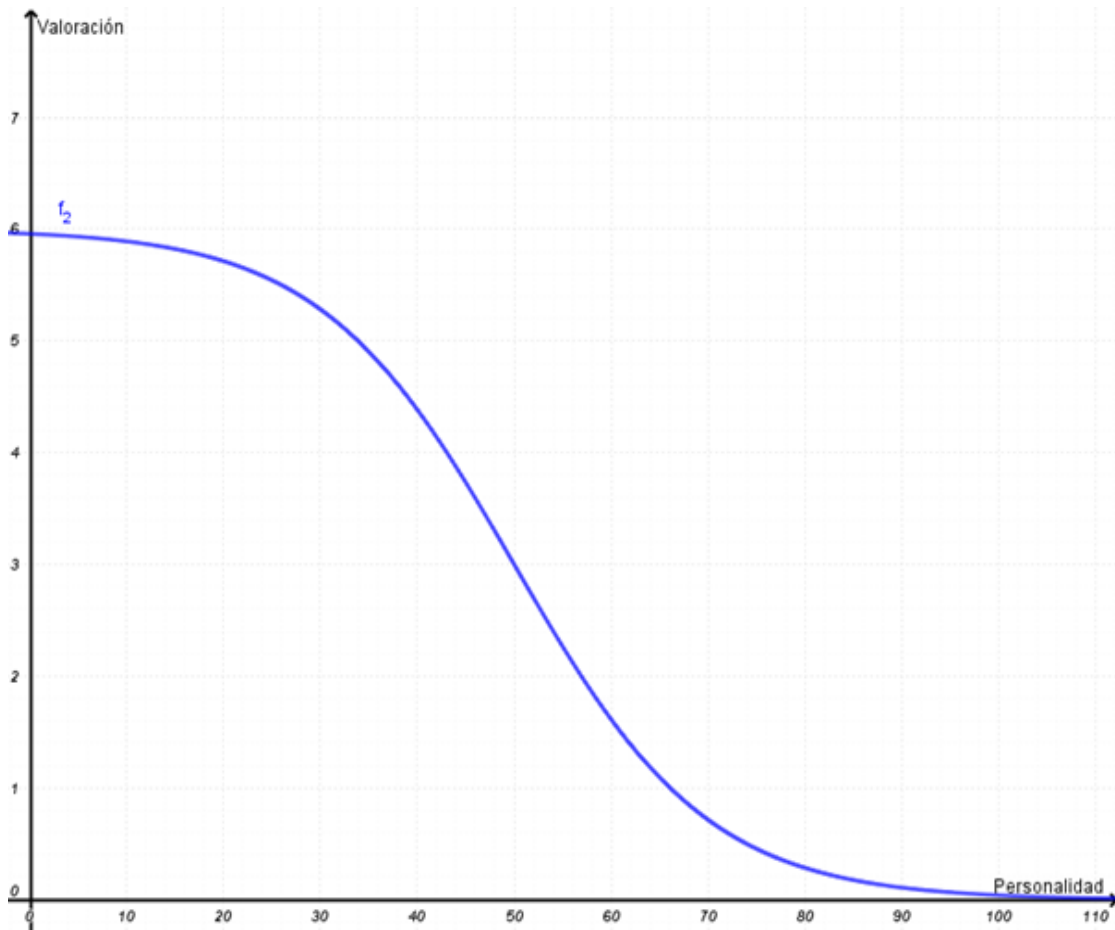


Figura 4.7: Gráfica de la función  $f_2$ . (variable de valoración vs. personalidad).

### ***Enfoque de la atención***

Gross expone que esta estrategia implica un cambio en el proceso interno de la regulación emocional que se desarrolla en la mente de un individuo, específicamente hace referencia a dirigir la atención de tal manera que se altera la respuesta emocional. Gross indica que la forma más común de enfocar la atención es la distracción, y especialmente cuando esta distracción es causada por recuerdos de eventos pasados que pueden generar en el individuo emociones positivas que ayudan a contrarrestar la emoción negativa causada por el evento actual (Gross (2013)).

De acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior, esta estrategia podrá ser aplicada siempre que existan eventos positivos en la memoria del agente que involucren a los participantes del evento actual. Como se describió en la sección 4.1.2, todos los eventos del escenario son registrados en el módulo *Autobiographical-Memory* de cada agente, por lo tanto, para identificar los eventos que han sucedido en la simulación del escenario relacionado con los participantes del evento actual es necesario realizar una búsqueda a través de este módulo. Tal búsqueda es relativamente sencilla, ya que se tiene toda la información de los eventos actuales y pasados dentro de este módulo.

Si no se encuentran eventos relacionados con los participantes del evento actual, el método regresa un valor booleano falso y se seguirá con la siguiente estrategia de regulación. De lo contrario,

el siguiente paso para la implantación de la estrategia Enfoque de la atención consistirá en calcular las intensidades de las emociones generadas por los eventos sucedidos previamente en el escenario. Para calcular estas intensidades es necesario conocer las variables de valoración asignadas a cada evento, esta información se encuentra dentro del componente *Emotional-Appraisal*, por lo tanto, se puede extraer esta información mediante el nombre del evento del que se desea conocer sus variables de valoración. Por ejemplo, supóngase que en el escenario de ejemplo han sucedido previamente los siguientes eventos:

$$\begin{aligned} Event_x &= < \text{“Event( Action-End, Sam, Travel, Boss )”} > \\ Event_y &= < \text{“Event( Action-End, Boss, PayRaise, Sam )”} > \end{aligned} \quad (4.32)$$

El evento  $Event_x$  representa que el agente *Sam* ha viajado a diferentes partes del mundo con su *Jefe* (“Boss”), lo que genera en *Sam* emociones positivas tales como *alegría* (*Joy*), por poner un ejemplo. Por otro lado, el evento  $Event_y$  representa que el *jefe* de *Sam* le ha aumentado el sueldo en diferentes ocasiones, por lo que recordar este tipo de eventos, podrían generar emociones positivas en el agente *Sam*.

En el módulo *Emotional-Appraisal* del agente se encuentran las reglas de valoración para los eventos “ $Event_x$ ” y “ $Event_y$ ” como se presenta a continuación:

$$\begin{aligned} Rule_x &= < event : Event_x, target : Boss, appVariables : Desirability = 6 > \\ Rule_y &= < event : Event_y, target : SELF, appVariables : Like = 7 > \end{aligned} \quad (4.33)$$

Es posible darse cuenta al observar las variables de valoración que los eventos “ $Event_x$ ” y “ $Event_y$ ” provocaron una emoción positiva en el agente. De acuerdo con el método de inferencia emocional implementado en la arquitectura *FAtiMA*, las emociones que se generan debido los eventos “ $Event_x$ ” y “ $Event_y$ ” son *Joy* (alegría) con una intensidad de 6, y *Love*, con una intensidad de 7. Es importante mencionar que las intensidades de las emociones inferidas de estos eventos no es exactamente la misma intensidad que el agente experimentó cuando el evento sucedió por primera vez en el escenario, ya que la arquitectura *FAtiMA* toma en cuenta el estado de ánimo (*Mood*) del agente en el momento en que sucede el evento para inferir la intensidad de una emoción. Sin embargo, esta intensidad emocional inferida es un valor muy cercano a la intensidad emocional que experimentó el agente en el momento que ocurrió por primera vez tal evento.

A través de estas intensidades se calcula el nuevo valor para la variable de valoración del evento en curso. Se obtiene el promedio de estas intensidades y se calcula el nuevo valor de la variable de valoración mediante la fórmula de la función  $f_2$  presentada en la estrategia anterior (Modificación de la situación). Para el escenario de ejemplo, se tiene que:

$$Valor\ promedio = \frac{7 + 6}{2} = 6.5 \text{ (Parametro } x \text{ de } f_2) \quad (4.34)$$

Si el valor máximo posible de una emoción es de 10 unidades (*parámetro MaxVal de  $f_2$* ):

$$f_2(6.5) = \left| \frac{10}{2} \right| * \tanh \left( \frac{-(2 * 6.5 - 10)}{\frac{10}{2}} \right) + \frac{10}{2} \rightarrow f_1(6.5) = 2.3147 \quad (4.35)$$

La gráfica de la figura 4.8, corresponde a la gráfica de la función  $f_2$  con los rangos de las intensidades emocionales permitidos en *FAtiMA*.

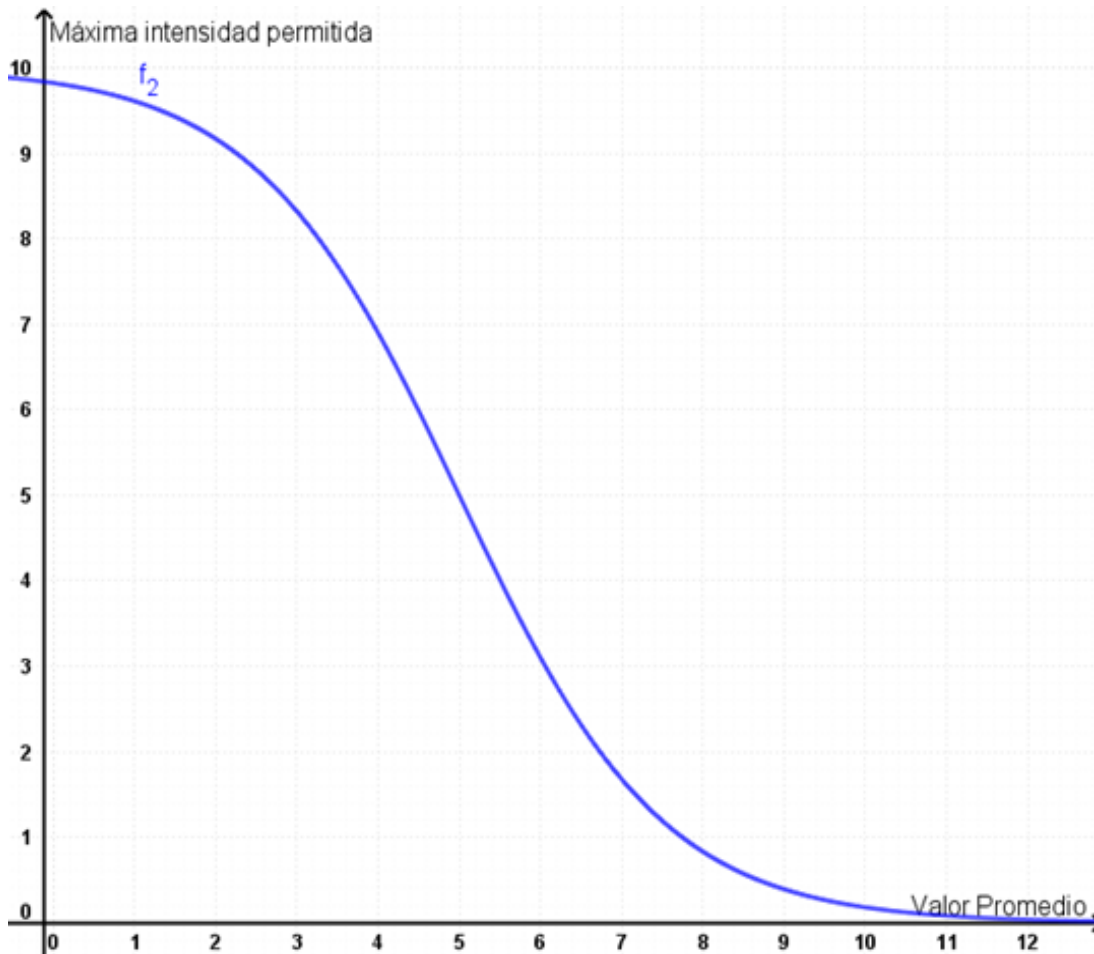


Figura 4.8: Gráfica de la función  $f_2$  (Intensidad emocional permitida vs. valor promedio final de valoración).

Al igual que en la estrategia anterior, el valor calculado por la función  $f_2$  se asigna a la variable de valoración del evento actual, y se verifica si la nueva intensidad de la emoción no supera el límite establecido por el usuario (*Max-Level-Emotion*). En el escenario de ejemplo, el nuevo valor para la variable de valoración es 2.3147, y el valor máximo de intensidad emocional definido por el usuario es 4, por lo tanto, se entiende que la emoción fue regulada exitosamente.

Si no se superó el límite definido por el usuario, como en el escenario de ejemplo, significa que la estrategia tuvo éxito, por lo que se retorna un valor booleano verdadero y termina el proceso de regulación emocional para continuar con la simulación del escenario. De lo contrario, si este valor



es superado aún después de que se ha regulado la emoción, se retorna un valor booleano falso para indicar que la estrategia en curso no tuvo éxito en regular la emoción, por lo que se continúa con la siguiente estrategia.

### *Cambio cognitivo*

Esta estrategia se refiere a alterar el significado de una situación o evento de tal forma que el individuo pueda influir en la emoción que el evento producirá en él (Sheppes & Gross (2012)). El autor describe que esta estrategia involucra crear una nueva situación emocional en términos no emocionales, es decir, redefinir por completo la percepción que se tiene del evento.

En relación con lo expuesto anteriormente, esta estrategia puede representarse a través de generar nuevas perspectivas con una valoración positiva del evento en curso. Esto se representa a través de crear nuevos eventos para el escenario que se relacionen con el evento en curso. Estos eventos deben de configurarse al crear el escenario (ver los pasos para inicializar la arquitectura de regulación emocional en el escenario de ejemplo), y tienen las dos siguientes características:

- Las variables de valoración asignadas a estos eventos deben de ser positivas, es decir, el valor numérico de las variables de valoración asignadas a estos eventos no debe ser negativos, ya que, de serlo, producirá en el agente un efecto contrario al esperado, empeorando su estado emocional en lugar de mejorarlo. Si el usuario agrega una variable de valoración con un valor negativo, se le asignará un valor de cero a esa variable de valoración, por lo que no se generará ninguna emoción en el agente.
- El parámetro *target* de estos eventos (el cuarto parámetro de la estructura de un evento en *FAtiMA*) deberá ser el nombre del evento del que se desea modificar su percepción, de esta forma los eventos quedarán relacionados dentro del parámetro *Events-To-Reappraise* del componente *Input-Data* (ver paso 9 del escenario de ejemplo).

Para que esta estrategia pueda ser implementada, el usuario deberá de crear los nuevos eventos con las características antes mencionadas. En el escenario de ejemplo, se inicializó el componente *Input-Data* como se muestra en el código 4.13:

---

```

1
2   new Input_Data =
3   {
4       Events_To_Avoid = Event1,
5       Actions_For_Event = { Reaction },
6       Events_To_Reappraise = { Event3, Event4 }
7   }
```

---

Código fuente 4.13: *Inicialización del componente Input-Data para la estrategia de Cambio Cognitivo.*

El parámetro *Events-To-Reappraise* contiene las reglas de valoración de los eventos “*Event2*” y “*Event4*”, supóngase que, al iniciar con la configuración del escenario, estos eventos se inicializaron como se presenta en el código 4.14:

---

```

1   Event3 = "Event(Action_End, Sam, Get_Raise, Go_To)"
2   Event4 = "Event(Action_End, Sam, Business_Trip, Go_To)"
3   Rule3 = < Event3, Agent_Sam, Desirability = 3 >
4   Rule4 = < Event4, Agent_Sam, Desirability = 5 >
```

---

Código fuente 4.14: *Inicialización de eventos para la estrategia de Cambio Cognitivo.*

Con relación a la implementación de esta estrategia, se ha tomado en cuenta el estado afectivo del agente (*Mood*) para calcular el nuevo valor de la variable de valoración de evento en curso, ya que, de acuerdo con los hallazgos reportados en el estudio realizado por *Samson y Gross*, el estado de ánimo de un individuo influye en la efectividad en las estrategias de afrontamiento (*coping*) principalmente porque un estado de ánimo positivo es un poderoso antídoto para las emociones negativas (*Samson & Gross (2012)*). En los resultados finales del estudio se menciona que, en comparación con el estado de ánimo negativo, un estado de ánimo positivo mejora los efectos al regular las emociones positivas y las negativas.

Por lo tanto, cuando el agente Sam intenta implementar esta estrategia de regulación emocional, el primer paso consiste en extraer los datos del parámetro “*Events-To-Reappraise*” para obtener las reglas de valoración de los eventos ahí definidos. El paso siguiente es obtener el promedio de los valores de estas variables de valoración. El valor promedio calculado de estos eventos se relaciona con el valor actual del estado de ánimo del agente (*mood*) mediante una suma aritmética, esto se deduce a partir de que los valores máximos para parámetro (*mood* y el valor promedio de los eventos) son los mismos, ambos tienen un rango de valores posibles que va desde  $-10$  hasta el  $+10$ . Debido a esto, cuando los valores de estos parámetros sean opuestos, el resultado final de la suma será cero, representado una situación en la que el estado de ánimo del agente es lo suficientemente negativo como para contrarrestar los valores positivos de los nuevos eventos a valorar, por lo que el agente fallará al implementar esta estrategia debido a su estado de ánimo negativo.

Para ilustrar lo anterior, supóngase que al momento de ocurrir el evento “*Event1*” del escenario de ejemplo, el agente Sam tiene un nivel de estado de ánimo igual a  $-2$ . Sam intentará “*reinterpretar*” el evento actual (“*Event1*”) con ayuda de los eventos “*Event3*” y “*Event4*” definidos por el usuario para la aplicación de esta estrategia. Los valores de las variables de valoración de estos eventos suman un valor promedio de 8 unidades, como el estado de ánimo actual del agente *Sam* es de  $-2$ , la suma aritmética (*ArithSum*) total de valores de las variables de valoración de estos eventos (*Event1 + Event3 + Event4*) será de 6 unidades. Esto representa que, a pesar de que los eventos “*Event3*” y “*Event4*” generan en el agente un valor altamente positivo, su estado de ánimo no ayuda a alcanzar el máximo nivel emocional positivo. Lo contrario pasaría si el agente al momento de aplicar esta estrategia tuviera un nivel de estado de ánimo positivo, de acuerdo con *Samson & Gross*, el estado de ánimo positivo del agente ayudaría al proceso de regulación emocional en la estrategia.

Una vez se ha calculado este valor, el siguiente paso es obtener el nuevo valor de la variable de valoración del evento en curso. Al igual que en las anteriores estrategias de regulación emocional, los tipos de personalidad incluidos en el agente también influyen en el resultado del nuevo valor de la variable de valoración, por ello, también se dividen los tipos de personalidad en los grupos  $G_1$  y  $G_2$  (ver la implementación de la estrategia Modificación de la situación) y se utilizan las funciones  $f_1$  y  $f_2$  para definir el valor de la variable de valoración. Para el escenario de ejemplo, este cálculo se presenta de acuerdo con ecuaciones: 4.36; 4.37; 4.38; 4.39; 4.40; respectivamente, como se presenta a continuación:

*Rasgos de personalidad que desfavorecen a la estrategia:*

$$G_1 = Neuroticism = 10 \rightarrow G_{1\_prom} = 10 \quad (4.36)$$

*Rasgos de personalidad que favorecen a la estrategia:*

$$\begin{aligned} G_2 = Agreeableness = 40, Extraversion = 15, \\ Conscientiousness = 75, Openness = 45 \\ \rightarrow G_{2\_prom} = 175 \end{aligned} \quad (4.37)$$

$$f_1(10) = \left| \frac{-6}{2} \right| * \tanh \left( \frac{2 * 10 - 100}{\frac{100}{2}} \right) + \left| \frac{-6}{2} \right| \rightarrow f_1(10) = 0.7152 \quad (4.38)$$

$$f_1(45) = \left| \frac{-6}{2} \right| * \tanh \left( \frac{-2 * 45 - 100}{\frac{100}{2}} \right) + \left| \frac{-6}{2} \right| \rightarrow f_1(45) = 3.5921 \quad (4.39)$$

$$\frac{f_1(x_1) + f_2(x_2) + ArithSum}{3} \rightarrow \frac{0.7152 + 3.5921 + 6}{3} = 2.3615 \quad (4.40)$$

El resultado de las expresiones anteriores se asigna a la variable de valoración del evento actual como nuevo valor. Por último, al igual que en las estrategias anteriores, se verifica si la nueva intensidad de la emoción no supera el límite establecido por el usuario (*Max-Level-Emotion*). El valor definido como intensidad límite en el escenario de ejemplo fue de 4 y el nuevo valor para la variable de valoración es 2.3615, por lo tanto, la emoción fue regulada exitosamente, se retorna el valor booleano verdadero para dar por terminado el proceso de regulación emocional y continuar con la simulación del escenario.

Si el nuevo valor de la variable de valoración hubiese sido mayor al establecido como valor límite, se retornará un valor booleano falso para indicar que la estrategia en curso no tuvo éxito en regular la emoción, y se continúa con la siguiente estrategia.

### ***Modulación de la respuesta***

Ésta es la última estrategia de regulación emocional, la cual ocurre tarde en el proceso de generación de una emoción, después de que la respuesta emocional ha tenido lugar. De acuerdo con *Gross*, en esta estrategia lo que se intenta es minimizar la expresión de la emoción experimentada, pero no se minimiza la experiencia de la emoción.

De acuerdo con el párrafo anterior, para implementar esta última estrategia se deberá modificar la intensidad de la emoción en lugar de las variables de valoración para representar que la regulación emocional se ha efectuado sobre la emoción ya generada por el evento actual.

El primer paso para modificar la intensidad de una emoción, es obtener la información sobre la última emoción activa en el agente, la cual corresponde a la emoción causada por el evento en curso y la intensidad generada la valoración del mismo. Como se explicó en la sección 4.1.2, todas las emociones activas se encuentran dentro del módulo *Emotional-State* del agente. Una vez se conoce la información de la última emoción activa en el agente (tipo e intensidad de la emoción), el siguiente paso es calcular la nueva intensidad para actualizar el estado afectivo del agente.

Al igual que en las estrategias de regulación emocional anteriores, la efectividad de la estrategia de regulación está en función a los tipos de personalidad definidos en el agente. De acuerdo con la tabla 4.3, para esta estrategia de regulación emocional los cinco tipos de personalidad tienen una correlación negativa, es decir, ningún rasgo de personalidad favorece la implantación de esta estrategia, por lo que los cinco tipos de personalidad se agrupan dentro del grupo  $g_1$ , y la nueva intensidad de la emoción activa se calculará con la función  $f_1$ .

Continuando con el escenario de ejemplo, supóngase ahora que el agente *Sam* ha fallado en regular sus emociones a través de las otras estrategias, por lo que el proceso de generación emocional ha

iniciado. En este punto, la arquitectura *FAtiMA* ya ha realizado la inferencia de la emoción causada por el evento “*Event1*” el código fuente 4.15 muestra como podríamos acceder a la información de ésta emoción.

---

```

1 // Getting all emotions of the agent.
2
3     AllEmotions = AgentSam.EmotionalState.GetAllActiveEmotion()
4     ActiveEmotion = AllEmotions.Last()

```

---

Código fuente 4.15: *Forma de acceder a las emociones activas en el agente.*

Dentro de la variable “*AllEmotions*” se encuentran todas las emociones activas del agente *Sam*, y la última emoción activa es la que corresponde al evento en curso. Esta última emoción corresponde a: “*distress*” con una intensidad de 6 (suponiendo que no existen otras emociones activas que influyan en su estado de ánimo). La nueva intensidad de la emoción activa será el resultado de calcular el promedio de los tipos de personalidad y aplicar la función  $f_1$  con esos valores:

$$\begin{aligned}
 g_1 = \text{Agreeableness} = 40, \text{Neuroticism} = 10, \text{Extraversion} = 15, \\
 \text{Conscientiousness} = 75, \text{Openness} = 45 \\
 \rightarrow g_{1\_prom} = 180
 \end{aligned} \tag{4.41}$$

$$f_1(180) = \left| \frac{6}{2} \right| * \tanh \left( \frac{2 * 180 - 100}{\frac{100}{2}} \right) + \left| \frac{6}{2} \right| \rightarrow f_1(180) = 0.7152 \tag{4.42}$$

Una vez calculada la nueva intensidad de la emoción, se verifica si esta intensidad supera o no el límite establecido por el usuario (*Max-Level-Emotion*), si no se superó este límite significa que la estrategia tuvo éxito al regular la emoción, por lo tanto, en este punto se asigna el valor booleano verdadero para indicar que se ha regulado exitosamente la emoción y continuar con la simulación del escenario. De lo contrario, si este valor es superado aún después de que se ha calculado la nueva intensidad de la emoción, significa que la estrategia no tuvo éxito, por lo que el valor booleano será falso, indicando que ninguna estrategia tuvo éxito en regular la emoción del evento actual por lo que se finaliza el proceso de regulación emocional para este evento y se continúa con los siguientes eventos y con la simulación del escenario.

Si la estrategia tuvo éxito en regular la emoción del agente, antes de pasar el control del escenario a la arquitectura *FAtiMA*, se procede con el último paso, el cual consiste en actualizar la emoción activa. Antes de realizar la actualización de la intensidad de la emoción, es necesario guardar el valor actual del estado de ánimo del agente, debido a que, al actualizar la emoción, el estado de ánimo se vería afectado también, por lo tanto, se realiza el respaldo de esta información, se actualiza la intensidad de la emoción y se calcula en nuevo estado de ánimo, pero con la nueva intensidad de la emoción.

Para el escenario de ejemplo, la actualización de la intensidad de la emoción se representaría como se muestra en el código fuente 4.16:

---

```
1
2 // Intensity emotional update
3
4     Mood = Agent_Sam.Mood
5     Agent_Sam.RemoveEmotion(Active_Emotion)
6     Agent_Sam.AddActiveEmotion(New_Emotion)
7     Agent_Sam.Mood = New_Mood
```

---

Código fuente 4.16: *Atualización del nuevo valor de intensidad emocional.*

Donde *New\_Emotion* corresponde a la misma emoción, pero con una nueva intensidad: “*distress*” = 3, y *New\_Mood* corresponde al estado de ánimo del agente, pero tomando en cuenta el nuevo valor de la intensidad de la emoción.

En este capítulo se expuso la metodología utilizada para la implementación computacional del modelo de regulación emocional propuesto. Parte de la implementación fue integrar el modelo computacional en la arquitectura FATiMA, dando como resultado una arquitectura modular capaz de generar respuestas emocionales de acuerdo con lo expuesto en el *Modelo Modal* de *Gross*. La combinación del modelo propuesto y la arquitectura de *FAtiMA* proporciona una forma sencilla e intuitiva de crear diferentes escenarios en los que se pueden analizar diferentes comportamientos emocionales generados en los agentes virtuales desarrollados en *FAtiMA* y que, a la vez, integran el modelo de regulación emocional. El siguiente capítulo describe cómo se realizó la validación de la arquitectura de regulación emocional propuesta, mediante la simulación de diferentes escenarios desarrollados utilizando la arquitectura *FAtiMA*

# Capítulo 5

## Resultados

En este capítulo se presentan y comparan los primeros resultados obtenidos de realizar diferentes pruebas de simulación en la arquitectura de regulación emocional. En todas las simulaciones se configuró un mismo escenario con diferentes valores en la personalidad de un mismo agente. Para cada tipo de personalidad se obtuvieron gráficas con los valores del estado de ánimo del agente, así como de las diferentes emociones causadas por los eventos del escenario.

### 5.1. Consideraciones preliminares

El escenario definido consta de un total de 11 eventos que representan los acontecimientos que suceden en el entorno de un agente en el transcurso de un día. Cada evento configurado ocurre en una sucesión continua en tiempo de simulación, desencadenando secuencialmente diferentes tipos de emociones (positivas y negativas) con diferentes niveles de intensidad. Esta sucesión de eventos a lo largo de la simulación del escenario permite comparar el estado de ánimo y las emociones generadas entre un agente que utiliza la arquitectura de regulación emocional y otro agente en el que no se utiliza, así como la comparación entre los diferentes tipos de personalidad dominante en el agente que hace uso de la arquitectura de regulación emocional.

El personaje principal en el escenario de prueba será identificado con el nombre de “*Pedro*” y será el único agente creado para verificar los resultados. Los eventos percibidos por el agente *Pedro* se definen a continuación, y siguen la siguiente secuencia:

### 5.2. Definición del escenario de prueba

*“Pedro es un oficinista que trabaja para una empresa desde hace algunos años. A lo largo del día, Pedro experimenta diferentes emociones a causa de los eventos que suceden en su alrededor. Un día normal para Pedro inicia al llegar a su trabajo”:*

- a. **Evento 1: Pedro es notificado para hablar con su jefe (“Talk-To-Boss”).** Al entrar en su oficina, Pedro es notificado por otros compañeros del trabajo que su jefe solicita su presencia antes de que se termine el día laboral. Esta noticia desencadena en Pedro una emoción de aflicción, ya que no sabe con certeza el motivo del porqué su jefe solicita hablar con él.
- b. **Evento 2: Pedro saluda a María (“Hello”).** El tiempo transcurre mientras Pedro realiza diferentes tareas de rutina. De pronto, llega a su oficina María, una compañera de trabajo que le gusta mucho. Al verla y saludarla, Pedro experimenta la emoción de alegría.
- c. **Evento 3: Pedro conversa con María (“Conversation”).** María decide charlar por un momento con Pedro y contarle como va su día, esto desencadena una emoción de orgullo en Pedro, ya que le ha tomado algún tiempo ganarse la aceptación de María.
- d. **Evento 4: María abraza a Pedro (“Hug”).** Al terminar la charla, María le da un abrazo a Pedro como una señal de confianza y aprobación. Este gesto provoca que Pedro experimente una emoción de amor por María.
- e. **Evento 5: Pedro Discute con compañeros de la oficina (“Discussion”).** Después de haber charlado con María, Pedro se dispone a tomar un descanso en su hora de almuerzo. Durante su descanso, Pedro se encuentra con otros compañeros del trabajo, con quienes discute a causa de los partidos de fútbol de sus equipos favoritos. Esta discusión provoca en Pedro una emoción negativa de enfado.
- f. **Evento 6: Pedro es felicitado por su amigo (“Congrat”).** Terminada su hora de almuerzo, Pedro regresa a su oficina para continuar con su trabajo. Mientras se dirigía a su oficina, Pedro se encuentra con su mejor amigo, Javier, quien lo felicita por haber logrado comprar a tiempo las entradas a un partido de fútbol. La felicitación de su amigo Javier provoca en Pedro una emoción de orgullo.
- g. **Evento 7: María le da la noticia sobre su renuncia (“Bye”).** Un poco antes de terminarse la jornada laboral, Pedro vuelve a encontrarse con María, quien ahora le da la mala noticia de que ha renunciado al trabajo por asuntos personales, y que tendrá que mudarse a otra ciudad. Pedro siente aflicción al darse cuenta de que ya no volverá a verla en la oficina.
- h. **Evento 8: Pedro es despedido de su trabajo (“Fired”).** Se ha llegado la hora de salir del trabajo para Pedro, con lo cual, tiene que atender la petición de su jefe e ir a hablar con él. Al llegar a su oficina, el jefe le da la mala noticia de que desafortunadamente ha sido despedido debido a que la empresa está pasando problemas financieros y han tenido que realizar un recorte de personal. Como es de esperarse, este evento genera en el agente Pedro una emoción negativa de aflicción.
- i. **Evento 9: Pedro sufre un percance automovilístico (“Crash”).** Al salir de su trabajo, Pedro se dirige a su casa después de haber pasado por una jornada laboral muy intensa. Mientras conduce a casa, recuerda que al salir por la mañana de su hogar se olvidó de asegurar la puerta principal. Por lo que decide conducir más aprisa y con menos precaución. De pronto, Pedro no ha prestado la atención suficiente y choca con otro automóvil que estaba haciendo stop en una señal de tránsito. Afortunadamente, el accidente sólo provocó algunos daños materiales. Desde luego nada, nada oportuno para la situación actual de Pedro, lo que desencadena una emoción negativa de enfado en el agente.
- j. **Evento 10: Pedro recupera su trabajo (Rehired).** Después del choque, Pedro continúa el viaje a casa, durante el trayecto recibe una llamada de su jefe, quien le da la buena noticia que se ha cometido un error y no es él quien está despedido, sino todo lo contrario, la empresa lo ha promovido de puesto. Tal noticia desencadena en Pedro una emoción de gratificación y alegría.

- k. **Evento 11: Robo en casa de Pedro (Robbery).** Al llegar a su casa, Pedro se dio cuenta de que efectivamente no había asegurado la puerta principal. Cuando entró a su casa, se encontró con que todos sus objetos de valor habían sido robados. Debido a esto, Pedro experimentó una emoción de aflicción.

Siguiendo los pasos que fueron presentados en el capítulo 4.3.4 para configurar un escenario, los eventos para el escenario arriba presentado tiene la siguiente configuración, donde cada etiqueta “Evento#” en la narración del escenario corresponde al identificador “Event\_#” en su definición dentro de la arquitectura *FAtiMA*. En el siguiente código fuente 5.1 se presenta la inicialización de los eventos para el escenario de ejemplo:

---

```

1
2
3      //////////////////////////////////////
4      //          Inicializacion de eventos          //
5      //////////////////////////////////////
6
7
8 // Primer evento en el escenario de prueba.
9
10 Event_1 = "Event( Action-End, Pedro, Talk-To-Boss, Boss )"
11 Rule1 = < event: Event_1, target: SELF, appVariables: Desirability = -6.5 >
12
13
14 // Segundo evento en el escenario de prueba.
15
16 Event_2 = "Event( Action-End, Pedro, Hello, Boss )"
17 Rule2 =< event : Event_2 , target : SELF , appVariables : Desirability = 3 >
18
19
20 // Tercer evento en el escenario de prueba.
21
22 Event_3 = "Event( Action-End, Pedro, Conversation, Boss )"
23 Rule3 =< event : Event_3 , target : SELF , appVariables :
24     Praiseworthiness = 5 >
25
26
27 // Cuarto evento en el escenario de prueba.
28
29 Event_4 = "Event( Action-End, Pedro, Hug, Boss )"
30 Rule4 =< event : Event_4 , target : SELF , appVariables : Like = 6.3 >
31
32
33 // Quinto evento en el escenario de prueba.
34
35 Event_5 = "Event( Action-End, Pedro, Discussion, Boss )"
36 Rule5 =< event : Event_5 , target : SELF , appVariables : Desirability = -6.6 >
37
38
39 // Sexto evento en el escenario de prueba.
40
41 Event_6 = "Event( Action-End, Pedro, Congrat, Boss )"
42 Rule6 =< event : Event_6 , target : SELF , appVariables :
43     Praiseworthiness = 3 >
44
45
46 // Septimo evento en el escenario de prueba.
47
48 Event_7 = "Event( Action-End, Pedro, Bye, Boss )"
49 Rule7 =< event : Event_7 , target : SELF , appVariables : Desirability = -7 >
50

```



```

51
52 // Octavo evento en el escenario de prueba.
53
54 Event_8 = "Event( Action-End, Pedro, Fired, Boss )"
55 Rule8 =< event : Event_8 , target : SELF , appVariables : Like = -9.4 >
56
57
58 // Noveno evento en el escenario de prueba.
59
60 Event_9 = "Event( Action-End, Pedro, Crash, Boss )"
61 Rule9 =< event : Event_9 , target : SELF , appVariables : Desirability = -9,
62         Praiseworthiness = -2>
63
64
65 // Decimo evento en el escenario de prueba.
66
67 Event_10 = "Event( Action-End, Pedro, Rehired, Boss )"
68 Rule10 =< event : Event_10 , target : SELF , appVariables : Desirability = 6 >
69
70
71 // Onceavo evento en el escenario de prueba.
72
73 Event_11 = "Event( Action-End, Pedro, Robbery, Boss )"
74 Rule11 =< event : Event_11 , target : SELF , appVariables : Desirability = -10,
75         Praiseworthiness = -6 >

```

Código fuente 5.1: *Iniciallización de eventos para el escenario de prueba*

### 5.3. Configuración del escenario para las simulaciones

Se realizaron un total de 5 simulaciones del escenario de prueba con las siguientes configuraciones para la arquitectura de regulación emocional:

1. Cada simulación se ejecutó cambiando la personalidad dominante del agente *Pedro*, de acuerdo con los valores presentados en la tablas 5.1 y 5.2.

Tabla 5.1: *Rasgos de personalidad definidos para las simulaciones: 1, 2 y 3.*

Personalidad	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
	<i>Openness</i>	<i>Conscientiousness</i>	<i>Extraversion</i>
<i>Openness</i>	85	45	45
<i>Conscientiousness</i>	30	85	30
<i>Extraversion</i>	15	15	85
<i>Agreeableness</i>	40	40	40
<i>Neuroticism</i>	10	10	10

2. Para todas las simulaciones, el único evento marcado como evitable para el agente *Pedro* fue:

$$\mathbf{Event\_5} = < \text{“Event( Action-End, Pedro, Discussion, OthersAgents )”} > \quad (5.1)$$

3. Se definieron los eventos necesarios para que el agente *Pedro* sea capaz de implementar las estrategias “*Despliegue de la atención*” y “*Cambio cognitivo*” cuando su personalidad dominante sea la indicada para cada estrategia.

Tabla 5.2: Rasgos de personalidad definidos para las simulaciones: 4 y 5.

Personalidad	Simulación 4	Simulación 5
	Agreeableness	Neuroticism
<i>Openness</i>	45	45
<i>Conscientiousness</i>	30	30
<i>Extraversion</i>	15	15
<i>Agreeableness</i>	85	40
<i>Neuroticism</i>	10	85

- a) *Enfoque de la atención*: Eventos que el agente *Pedro* podrá recordar al implementar esta estrategia. Al inicializar estos eventos se indica que el agente *Pedro* ya los ha experimentado en algún momento anterior al tiempo actual de ejecución de escenario, es decir, son los eventos pasados que existirán en la memoria del agente y que pueden ser utilizados para “enfocar su atención en ellos” y mejorar la valoración del evento en curso. Los siguientes eventos se inicializan para que el agente *Pedro* pueda enfocar su atención cuando se presente cada evento, por ejemplo para los siguientes eventos la configuración fue la siguiente:

**Discussion:**

$$\mathbf{PastEvent1} = \text{“Event( Action-End, Pedro, Had-Parties, Workmates )”} \quad (5.2)$$

*Pedro* podrá enfocar su atención en el evento *PastEvent1*, que hace referencia a las fiestas y buenos momentos que *Pedro* ha pasado con sus compañeros de trabajo.

**Fired:**

$$\mathbf{PastEvent2} = \text{“Event( Action-End, Pedro, Other-Jobs, Works)”} \quad (5.3)$$

*Pedro* podrá enfocar su atención en el evento *PastEvent2*, el cual se refiere los otros trabajos en los que *Pedro* ha sido despedido y gracias eso ha encontrado mejores oportunidades de trabajo.

**Bye:**

$$\mathbf{PastEvent3} = \text{“Event( Action-End, Pedro, A-Better-Bye, María)”} \quad (5.4)$$

*Pedro* podrá enfocar su atención en el evento *PastEvent3*, el cual se refiere a las veces en las que se ha despedido de su compañera *María* y se ha reencontrado con ella de nuevo.

**Robbery:**

$$\mathbf{PastEvent4} = \text{“Event( Action-End, Pedro, Could-Be-Worst, House)”} \quad (5.5)$$

*Pedro* podrá enfocar su atención en el evento *PastEvent4*. Este evento hace referencia a las veces en que *Pedro* ha sufrido de un robo y, sin embargo, ha podido recuperar lo que le han robado gracias al buen trabajo de la policía.

Para todos los eventos de esta estrategia se asignó la misma regla de valoración:

$$\langle event : Event , target : SELF , appVariables : Desirability = 3 \rangle \quad (5.6)$$

- b) *Cambio cognitivo*: Eventos con los que el agente *Pedro* podrá reinterpretar el evento en curso al implementar esta estrategia. Estos eventos ayudarán a mejorar la valoración que el agente *Pedro* tiene sobre el evento actual, son eventos alternativos que el agente utilizará para cambiar el significado/percepción original del evento:

***Fired***:

$$\mathbf{Event1} = \text{“Event(Action-End, Pedro, Don't-HaveTo-Work, Fired )”} \quad (5.7)$$

$$\mathbf{Event2} = \text{“Event(Action-End, Pedro, Finding-better-job, Fired)”} \quad (5.8)$$

*Pedro* reinterpretará el evento *Fired* con la ayuda de los eventos *Event1* y *Event2*. El primer evento se refiere a que *Pedro* “pensará/considerará” que ya no tendrá que trabajar, y el segundo qué podrá encontrar un mejor trabajo.

***Robbery***:

$$\mathbf{Event3} = \text{“Event(Action-End, Pedro, Could-Be-Worst, Robbery)”} \quad (5.9)$$

*Pedro* reinterpretará el evento *Robbery* con la ayuda del evento *Event3*, el cual se refiere a “considerar” que el robo podría haber sido peor.

***Crash***:

$$\mathbf{Event4} = \text{“Event(Action-End, Pedro, Buying-New-Car, Crash)”} \quad (5.10)$$

*Pedro* reinterpretará el evento *Crash* con la ayuda del evento *Event4*, el cual se refiere a que *Pedro* “considerará” que, debido al choque, podrá estrenar un nuevo automóvil.

Para todos los eventos de esta estrategia se asignó la misma regla de valoración:

$$\langle event : Event , target : SELF , appVariables : Like = 3.5 \rangle \quad (5.11)$$

## 5.4. Gráficas y resultados

De las simulaciones realizadas en el escenario de prueba para validar el funcionamiento de la arquitectura de regulación emocional se obtuvo el siguiente conjunto de gráficas:

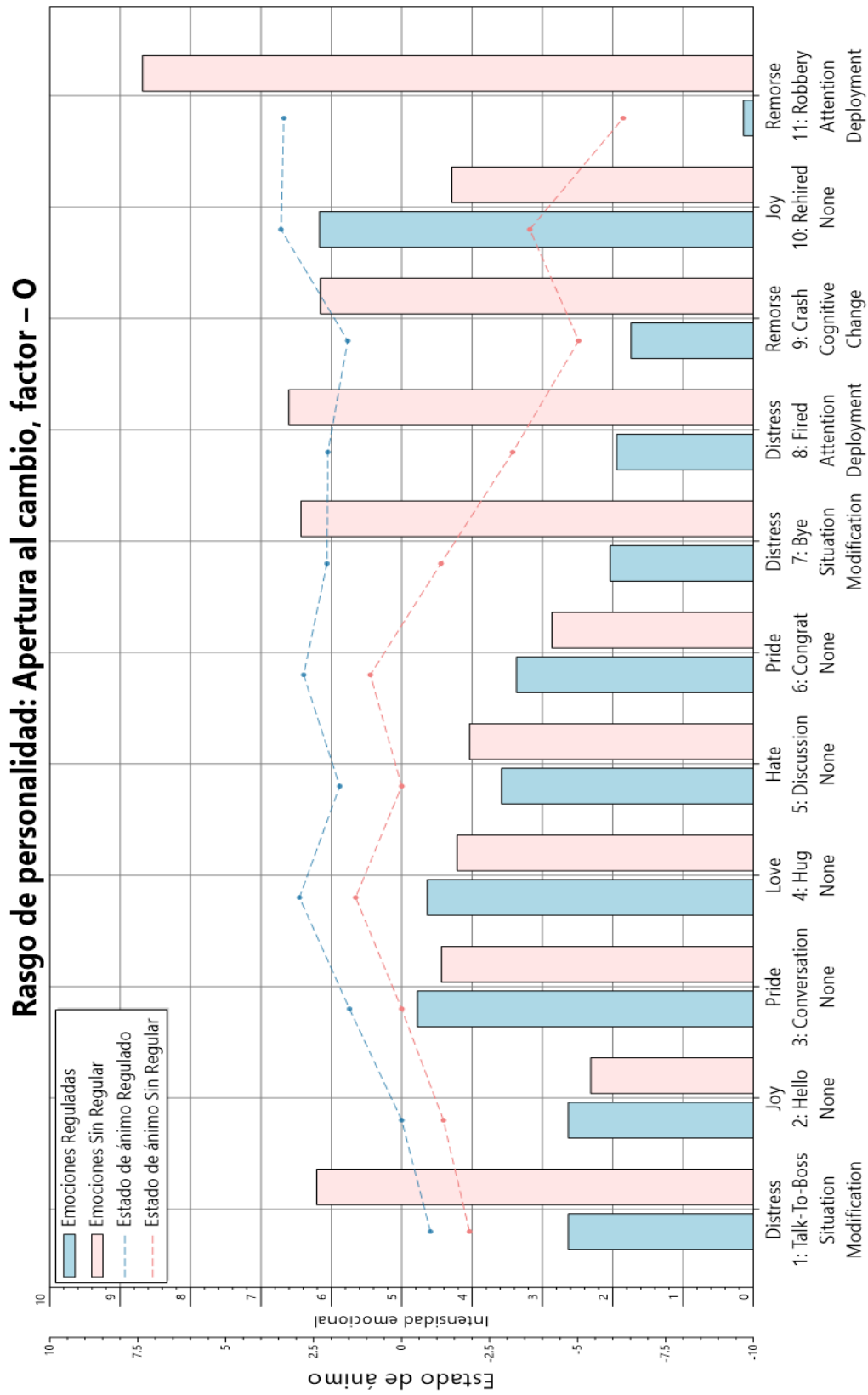


Figura 5.1: Gráfica comparativa para el rasgo de personalidad Openness (factor -O).

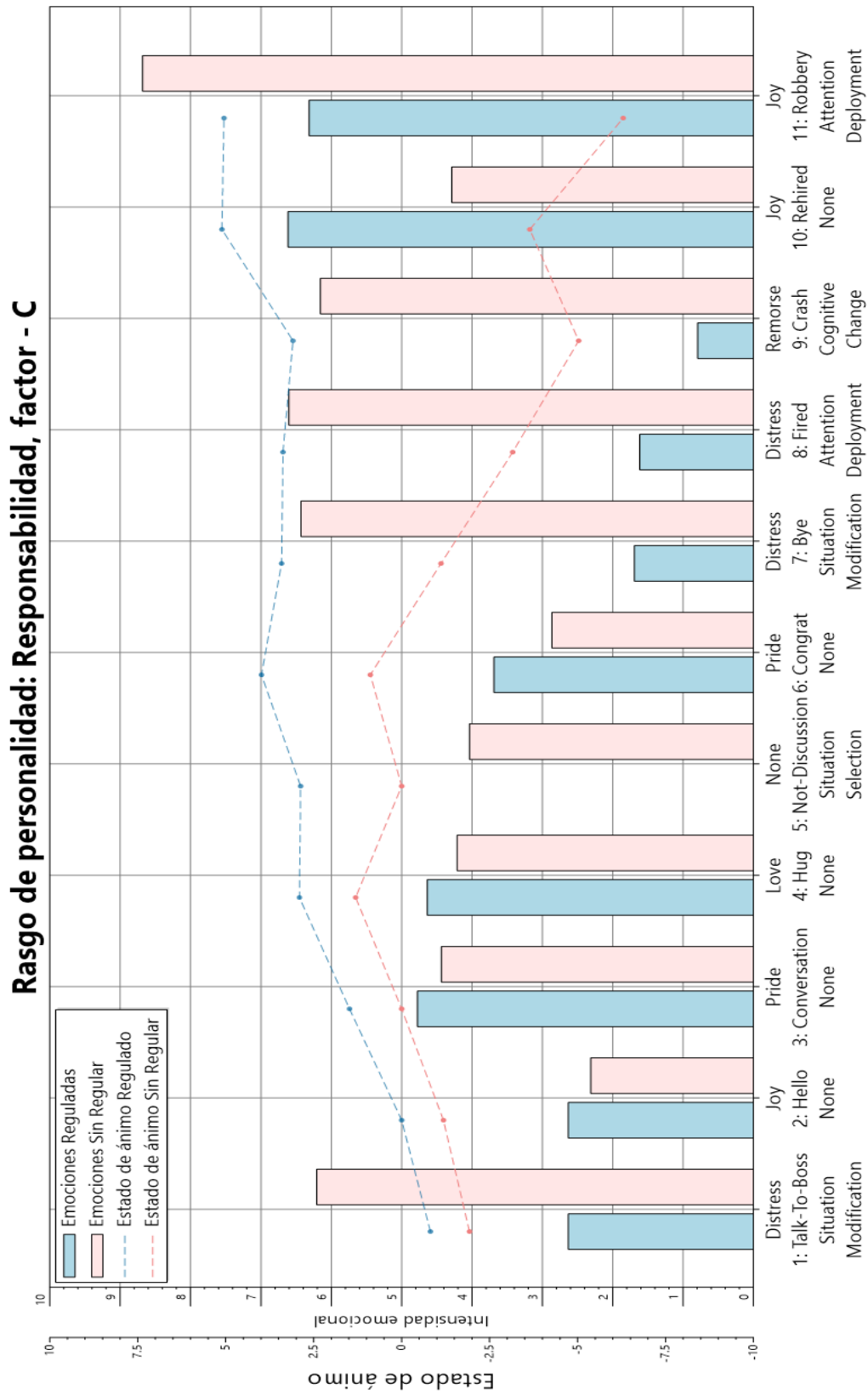


Figura 5.2: Gráfica comparativa para el rasgo de personalidad *Conscientiousness* (factor -C).

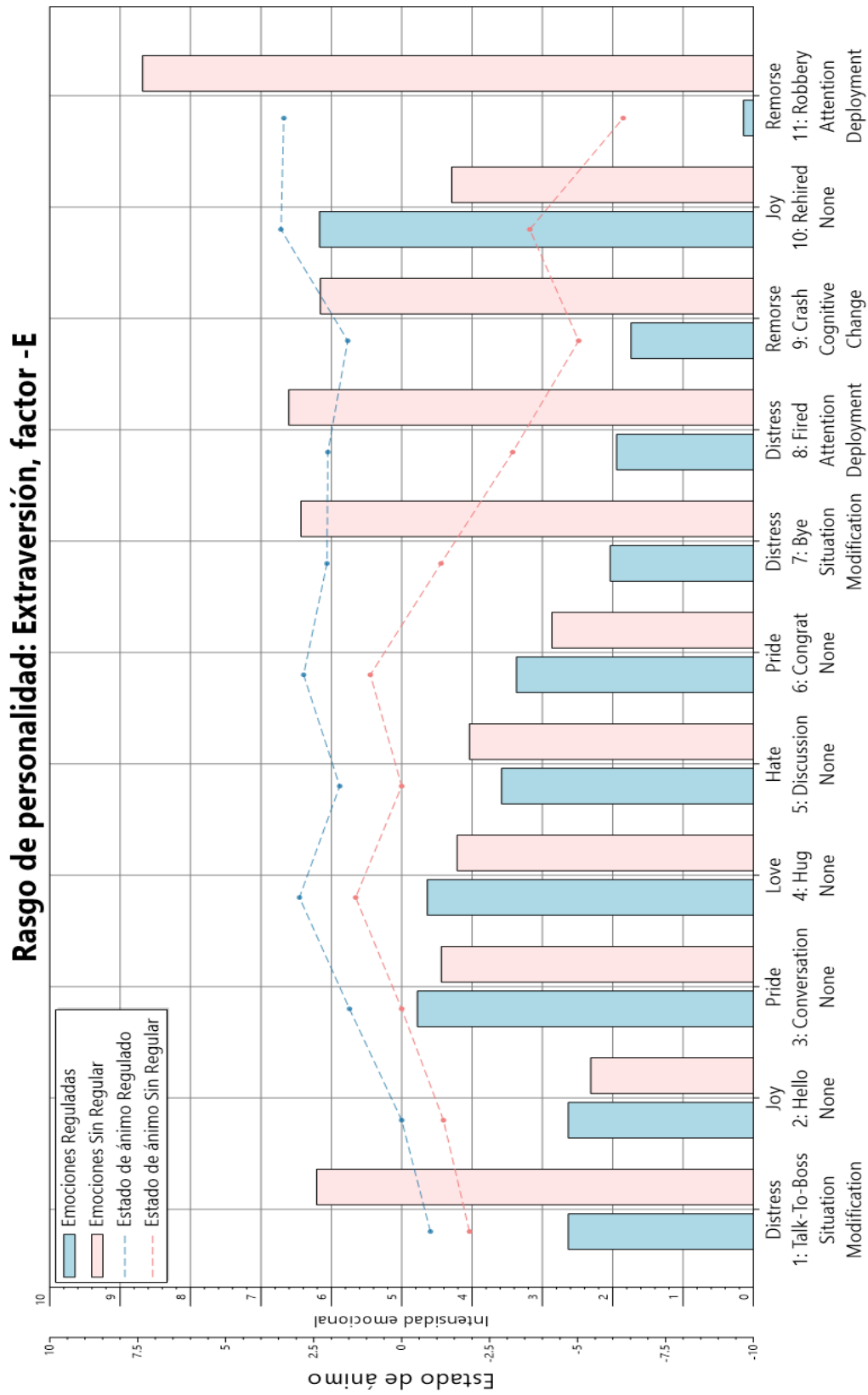


Figura 5.3: Gráfica comparativa para el rasgo de personalidad Extraversión (factor -E).

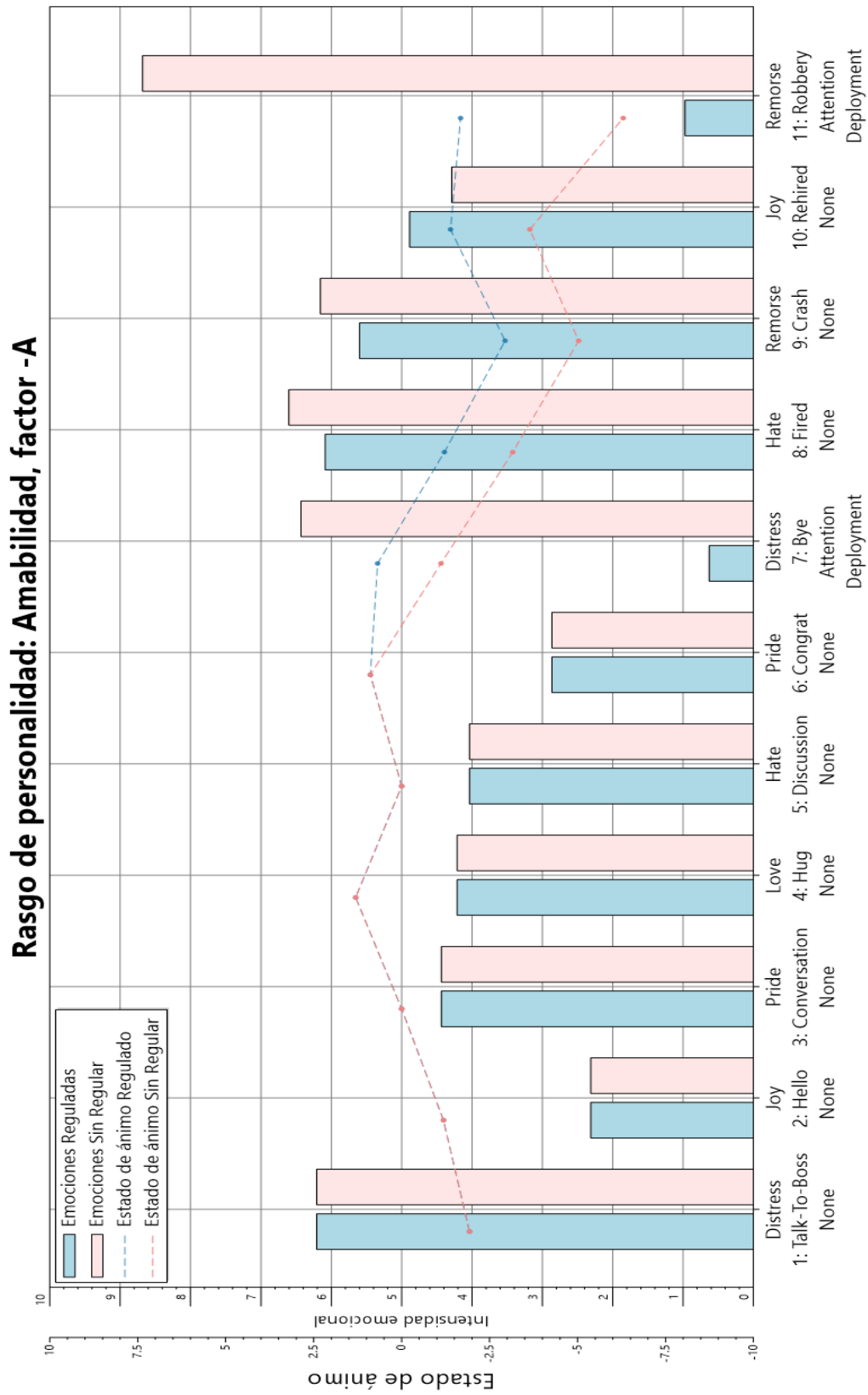


Figura 5.4: Gráfica comparativa para el rasgo de personalidad Amabilidad (factor -A).



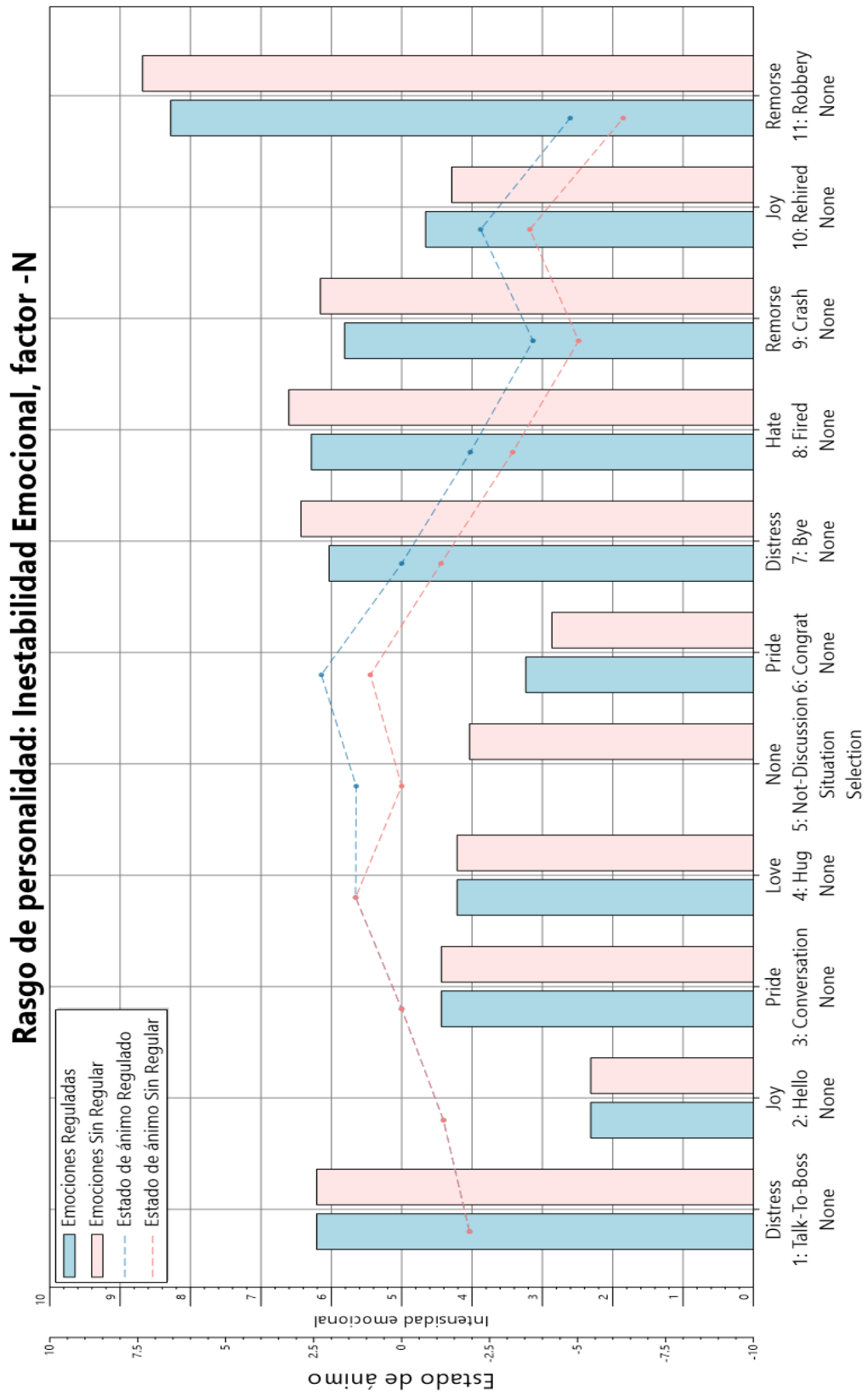


Figura 5.5: Gráfica comparativa para el rasgo de personalidad Neuroticism (factor -N).

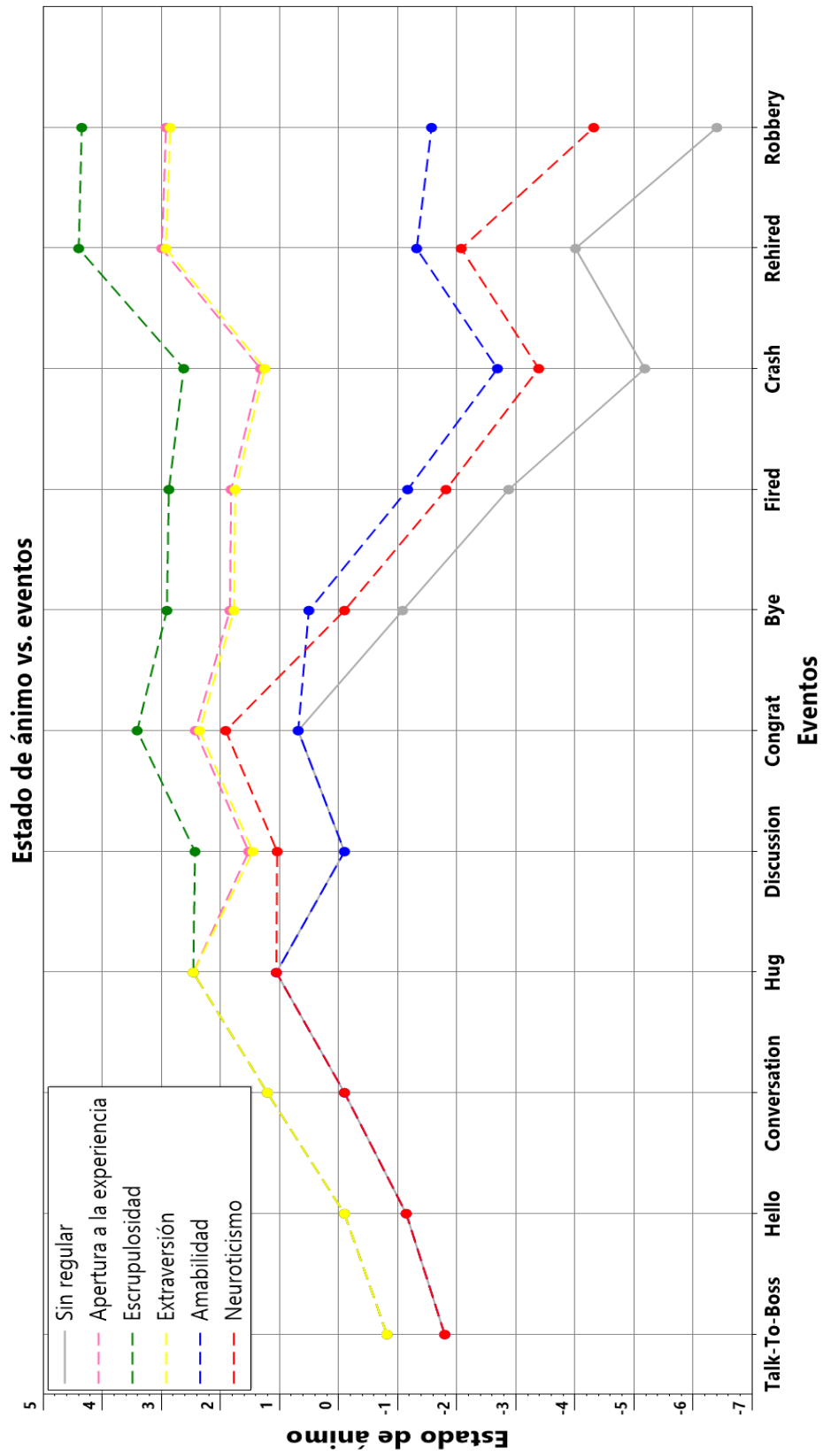


Figura 5.6: Gráfica comparativa para los 5 rasgos de personalidad.

En general, en todas las gráficas presentadas anteriormente se puede apreciar que el estado de ánimo del agente *Pedro* es mejor (con valores más positivos) cuando se utiliza la arquitectura de regulación emocional (línea de color azul en las gráficas) que cuando no se ha implementado (línea de color rojo en las gráficas). Este “mejor” estado de ánimo en el agente se genera al implementar una sola estrategia de regulación emocional en un evento del escenario, provocando que las emociones negativas posteriores a este evento se presenten con una menor intensidad.

Por ejemplo, en el evento 5 (“*Discussion*”) de la figura 5.1 el agente no pudo implementar ninguna estrategia de regulación emocional debido a la configuración del escenario, sin embargo, en el primer evento (“*Talk-To-Boss*”) el agente pudo implementar la estrategia de selección de la situación (*situation selection*), de modo que, cuando ocurre el evento “*Discussion*” el valor de intensidad emocional debido a este evento es menor. Esto es consistente con lo expuesto por *Samson y Gross* (consultar, *Samson & Gross (2012)*) en su estudio sobre la relación entre el estado de ánimo de un individuo y la efectividad de las estrategias de regulación emocional. En el gráfico de la figura 5.1, se puede ver que la intensidad de una emoción debido a los eventos del escenario es menor cuando se utiliza la arquitectura de regulación emocional (barras de color azul), que cuando no se utiliza (barras de color rojo). También se puede ver que ocurre algo similar con las emociones positivas, éstas son más intensas porque el estado de ánimo del agente es más positivo cuando se implementa la arquitectura de regulación emocional, que cuando no se implementa. Esto es debido a la forma en que la arquitectura *FAtiMA* realiza los cálculos para inferir la intensidad de las emociones, dando como resultado emociones positivas más intensas.

Otro punto interesante a destacar de estos resultados es que el valor del estado de ánimo del agente *Pedro*, así como el valor de la intensidad de cada emoción, es diferente para cada tipo de personalidad, tomando en cuenta que el escenario se configuró exactamente igual para cada rasgo dominante. Por ejemplo, cuando el rasgo dominante en el agente *Pedro* es *Conscientiousness* (*factor - C*) el estado de ánimo promedio es generalmente mejor que en cualquier otro rasgo de personalidad (gráfica de la figura 5.6). Esto concuerda con los resultados expuestos por *J. J. Gross y Oliver P.* en (*John & Gross (2007)*), y con la tabla 4.3 del capítulo 4.3.2. Ya que este rasgo de personalidad es el que puede implementar un mayor número de estrategias de regulación emocional para cada evento que se presente en el escenario. Por el contrario, cuando el rasgo de personalidad dominante en el agente *Pedro* es *Neuroticism* (*factor - N*), sólo existe una única estrategia de regulación emocional que puede implementar, lo que reduce la posibilidad de regular una emoción negativa a causa de los eventos simulados en el escenario.

La explicación anterior se representa en la gráfica de la figura 5.6, en la que se comparan los valores de estado de ánimo de los cinco rasgos de personalidad, así como los valores obtenidos del estado de ánimo cuando no se utiliza la arquitectura de regulación emocional (línea gris en el gráfico de la figura 5.6). En esta gráfica también se puede observar que las personalidades *Extraversion* (línea amarilla) y *Openness* (línea magenta) tienen un comportamiento emocional muy similar y que son los dos tipos de personalidad que mejor regulan sus emociones después de la personalidad *Conscientiousness*. El comportamiento emocional de estas dos personalidades es similar, principalmente porque ambas pueden implementar las mismas estrategias de regulación emocional (de acuerdo con la tabla 4.3 del capítulo 4.2.3), pero también porque se trata de la misma configuración del escenario. Sin embargo, el valor promedio del estado de ánimo de estas dos personalidades difiere en 0.05 unidades. Estos resultados son consistentes con lo expuesto por *Gross y Oliver P.* en (*John & Gross (2007)*), quienes explican que, debido a las características individuales en el comportamiento de estas personalidades (*Conscientiousness* y *Openness*), por lo general tienden a utilizar con mayor frecuencia las estrategias de regulación emocional que tienen disponibles.

En este capítulo se presentó la evaluación de la arquitectura de regulación emocional propuesta, desarrollando diferentes eventos en un mismo escenario, se compararon los resultados obtenidos de

varias pruebas de simulación. Estas simulaciones permitieron comparar los diferentes comportamientos, y reacciones emocionales de un mismo agente configurado con diferentes tipos de personalidad. En la figura 5.6, se graficaron los diferentes niveles de intensidad emocional de los cinco tipos de personalidad y se compararon los resultados. Además, se realizaron simulaciones adicionales sin implementar la arquitectura propuesta, con el objetivo de comparar los niveles de intensidad emocional en los agentes. Los resultados que se muestran en el gráfica permiten comprobar que existen diferencias significativas en las respuestas emocionales entre distintos los tipos de personalidad, así como una clara diferencia entre el nivel de intensidad emocional experimentado por el agente que utiliza la arquitectura propuesta y el nivel de intensidad emocional del agente que no la implementa.

Para modelar los eventos, acciones, y procesos cognitivos relacionados con la generación de emociones, una de las mejores estrategias es hacer uso de las herramientas ya existentes. Por ejemplo, para crear un gente, modelar su comportamiento y definir eventos dentro de un escenario, actualmente existen arquitecturas computacionales para la generación de emociones que facilitan la tarea de crear agentes, modelar su entorno, y simular su comportamiento emocional, permitiendo así, centrar esfuerzos en el objetivo principal de este trabajo, el cuál fue el desarrollar una arquitectura de regulación de emociones. Como se menciona en el capítulo 4, la arquitectura computacional utilizada para generar las emociones en los agentes virtuales fue *FAtiMA*, una arquitectura computacional que facilita la creación de agentes emocionalmente inteligentes.

Para modelar el proceso cognitivo de regulación emocional, se identificó que el modelo cognitivo propuesto por *J.J Gross* es el modelo que explica más amplia y detalladamente todo el proceso de regulación emocional, debido a esto, este modelo ha sido implementado en diferentes modelos computacionales para representar el proceso de regulación emocional, y es también uno de los modelos cognitivos más actuales y aceptados por los investigadores de la emoción. Debido a estas características, el modelo de *Gross* se ha utilizado como base para modelar computacionalmente el proceso de regulación emocional. Para representar de una manera más adecuada a este modelo, se identificaron y analizaron cada una de las características más relevantes de este proceso cognitivo. Asimismo, el modelo *Big-Five* también ha resultado ser uno de los modelos más utilizados para representar computacionalmente los diferentes tipos de personalidad que presenta un individuo, y es también uno de los modelos más aceptados por los teóricos de la personalidad. Por lo tanto, este modelo se ha utilizado como base para modelar las diferencias individuales en los agentes virtuales. Además, se determinó que la mejor estrategia computacional para representar los rasgos de personalidad y su relación con cada estrategia de regulación emocional propuestas en el modelo de *Gross*, es a través de reglas y conjuntos difusos, ya que este enfoque permite representar rangos de valores de una forma más natural.

Como resultado de lo anterior y de lo expuesto anteriormente en este capítulo, se puede concluir que sí es posible generar un comportamiento más similar al comportamiento humano en sistemas artificiales en escenarios con una gran carga emocional a partir de modelar computacionalmente los antecedentes y consecuencias relacionadas con el proceso afectivo de la regulación emocional.

## Capítulo 6

# Conclusiones y trabajo futuro

Este capítulo tiene el objetivo de exponer los resultados y conclusiones derivadas del trabajo de investigación realizado, presentar las aportaciones de este trabajo de tesis para la creación de agentes virtuales con un comportamiento empático y acorde a su contexto de aplicación, así como también el brindar recomendaciones y propuestas para trabajo futuro sobre esta misma línea de investigación.

### 6.1. Conclusiones

En este trabajo de tesis se presentó un modelo de regulación emocional y su integración en una arquitectura computacional de emociones. Este tipo de arquitecturas son el componente subyacente para el desarrollo de agentes conversacionales personificados. La generación de reacciones emocionales adecuadas al contexto de aplicación en este tipo de agentes conversacionales contribuyen a mejorar la credibilidad y aceptabilidad por parte de los usuarios.

El modelo de regulación emocional presentado aquí, está basado en las cinco estrategias de regulación propuestas por J.J. Gross tomando en cuenta los tipos de personalidad e influidas por las diferencias individuales en la aplicación de cada estrategia. Los resultados obtenidos a partir de un conjunto de simulaciones son consistentes con los modelos teóricos utilizados como fundamentos del modelo desarrollado, destacando diferentes aspectos mismos que responden a las preguntas de investigación presentadas para este trabajo, éstos son:

- *El nivel de intensidad emocional:* La intensidad de las emociones negativas es menor cuando se implementa el modelo de regulación emocional que cuando no se utiliza. La reducción en la intensidad emocional de las emociones negativas ayudó a producir en el agente un comportamiento emocional más equilibrado al evaluar los diferentes eventos en el escenario de prueba, indicando que el modelo funciona según lo esperado.
- *Diferencias en el comportamiento emocional en función al tipo de personalidad dominante en el agente:* Se observaron diferencias significativas en el comportamiento emocional cuando se utilizaron diferentes tipos de personalidades en el mismo agente bajo la misma configuración en el mismo escenario. Esta diferencia en los valores de intensidad emocional tiene un impacto directo en la toma de decisiones de un agente emocionalmente inteligente, porque, en general, las decisiones de este tipo de agentes están en función del nivel y tipo de emoción que experimenta un agente ante la valoración de un evento. Lo anterior permite inferir que las decisiones de un agente con un determinado rasgo de personalidad serán diferentes a las decisiones de otro agente en las mismas condiciones, pero con otra personalidad. Esta diferencia en la toma de decisiones y la respuesta emocional está más cerca del comportamiento humano natural.
- *Variedad de comportamientos emocionales entre diferentes agentes virtuales:* La implementación de la función matemática deducida a partir de la tangente hiperbólica (ver ecuación 4.25), para relacionar los valores de personalidad con los valores de las variables de valoración de un evento, permite que el valor final de una emoción sea siempre única en función a los valores de personalidad presentes en un agente.

De lo expuesto anteriormente se concluye que la hipótesis y los objetivos planteados en este trabajo de investigación se han cumplido, destacando que: la arquitectura desarrollada en este trabajo modela explícitamente las diferencias individuales que existen en cada persona, en concreto, la arquitectura modela los rasgos de personalidad propuestos en el modelo *Big-Five*, que se utiliza para este fin. Cabe señalar que ésta es una de las características que distingue este trabajo de los trabajos presentados en la sección del estado del arte. Otra característica importante a destacar, como en la anterior, destacando las diferencias entre las arquitecturas computacionales de regulación emocional existentes y la arquitectura propuesta, es la implementación de las cinco estrategias de regulación emocional propuestas en el *Modelo Modal* de *Gross*.

Finalmente, el modelo computacional propuesto integra las características necesarias para hacer que el comportamiento emocional de los agentes virtuales que implementan la arquitectura propuesta sea más razonables y similar al comportamiento emocional humano. Como se mencionó anteriormente, estas características son beneficiosas para mantener los niveles de una emoción dentro de un rango previamente determinado, lo cual favorece en la representación de un estado de ánimo más positivo en el agente.

### ***Publicaciones en congresos***

El trabajo y los resultados de este trabajo fueron presentados en el *Congreso Mexicano de Inteligencia Artificial (COMIA)*, Asimismo, este trabajo se publicará en un volumen futuro de la revista *Research in Computing Science*:

- Solórzano J.J. Martínez-Miranda J. Michel Nava R. M. 2022. *Modelado de estrategias de regulación emocional en una arquitectura computacional de emociones*. *Research in Computing Science* (In press).

## **6.2. Trabajo futuro**

Como trabajo futuro, se pretende implementar un caso de estudio en el cual se desarrollará un par de agentes virtuales en la plataforma Unity, los cuales harán uso de la arquitectura con el modelo de regulación emocional desarrollado. Se propone diseñar diferentes escenarios interactivos con estos agentes virtuales representando diversos tipos de personalidad. Utilizando este caso de estudio e involucrando a un conjunto de usuarios, se evaluará si los comportamientos emocionales generados por los agentes virtuales con diferentes tipos de personalidad son más creíbles de acuerdo al escenario definido en comparación con los mismos agentes conversacionales, pero sin hacer uso del modelo de regulación emocional.

Otras formas de utilizar la arquitectura propuesta para mejorar el comportamiento emocional en los agentes virtuales podrían ser los siguientes: a) implementar el proceso de regulación emocional no sólo para las emociones negativas, sino también para las emociones con una valencia positiva, de esta forma se estaría ampliando la funcionalidad del modelo computacional propuesto; implementar algoritmos de aprendizaje automático para la selección de las estrategias de regulación emocional a implementar por el agente virtual en función de su tipo de personalidad dominante.

Por último, se considera importante también el desarrollar una interfaz gráfica que permita a los usuarios realizar la configuración de la arquitectura de regulación emocional de una manera más intuitiva y amigable. Esta interfaz puede implementarse dentro de la aplicación de *FAtiMA ToolKit* (consultar, Mascarenhas et al. (2021)) o generarse desde la plataforma de *Unity*. Además de brindar un ambiente amigable para la configuración de la arquitectura, la interfaz ayudará al usuario a identificar y definir el comportamiento emocional del agente con base en su contexto de aplicación de acuerdo a los escenarios definidos por el mismo usuario.

# Bibliografía

- Ab Aziz, A., Treur, J., & Wal, C. (2011). An agent-based model for integrated contagion and regulation of negative mood. In *International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems* (pp. 83–96).: Springer.
- Abro, A. H., Klein, M. C., Manzoor, A. R., Tabatabaei, S. A., & Treur, J. (2014). A computational model of the relation between regulation of negative emotions and mood. In *International Conference on Neural Information Processing* (pp. 59–68).: Springer.
- Abro, A. H., Klein, M. C., Manzoor, A. R., Tabatabaei, S. A., & Treur, J. (2015a). Modeling the effect of regulation of negative emotions on mood. *Biologically Inspired Cognitive Architectures*, 13, 35–47.
- Abro, A. H., Manzoor, A., Tabatabaei, S. A., & Treur, J. (2015b). A computational cognitive model integrating different emotion regulation strategies. *Procedia Computer Science*, 71, 157–168.
- Aldao, A., Nolen-Hoeksema, S., & Schweizer, S. (2010). Emotion-regulation strategies across psychopathology: A meta-analytic review. *Clinical psychology review*, 30(2), 217–237.
- Aldao, A., Sheppes, G., & Gross, J. J. (2015). Emotion regulation flexibility. *Cognitive Therapy and Research*, 39(3), 263–278.
- Allport, G. W. & Odbert, H. S. (1936). Trait-names: A psycho-lexical study. *Psychological monographs*, 47(1), i.
- André, E. & Pelachaud, C. (2010). Interacting with embodied conversational agents. In *Speech technology* (pp. 123–149). Springer.
- Barrett, L. F., Mesquita, B., Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2007). The experience of emotion. *Annual review of psychology*, 58, 373.
- Bickmore, T. & Cassell, J. (2000). how about this weather?" social dialogue with embodied conversational agents. In *Proc. AAAI Fall Symposium on Socially Intelligent Agents*.
- Bosse, T. & de Lange, F. P. (2011). On virtual agents that regulate each other's emotions. *Web Intelligence and Agent Systems: An International Journal*, 9(1), 57–67.
- Bosse, T., De Man, J., & Gerritsen, C. (2014). Agent-based simulation as a tool for the design of a virtual training environment. In *2014 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT)*, volume 3 (pp. 40–47).: IEEE.
- Bosse, T., Gerritsen, C., de Man, J., & Treur, J. (2013). Learning emotion regulation strategies: A cognitive agent model. In *2013 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT)*, volume 2 (pp. 245–252).: IEEE.
- Bosse, T., Jonker, C. M., Van Der Meij, L., & Treur, J. (2007). A language and environment for analysis of dynamics by simulation. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 16(03), 435–464.

- Bosse, T., Pontier, M., & Treur, J. (2010). A computational model based on gross' emotion regulation theory. *Cognitive systems research*, 11(3), 211–230.
- Both, F., Hoogendoorn, M., Klein, M. C., & Treur, J. (2008). Modeling the dynamics of mood and depression. In *ECAI* (pp. 266–270).
- Bouazza, H. & Bendella, F. (2017). Adaptation of a model of emotion regulation to modulate the negative emotions based on persistency. *Multiagent and Grid Systems*, 13(1), 19–30.
- Brown, R., Franz, D., Ibarra, B., & Sullivan, M. (2014). Personality: A six-day unit lesson plan for high school psychology teachers. *Washington: American Psychological Association*.
- Cattell, R. B. (1945). The description of personality: Principles and findings in a factor analysis. *The American journal of psychology*, 58(1), 69–90.
- Chatel, B., Visser, A., & Ullah, N. (2020). A computational model for simultaneous employment of multiple emotion regulation strategies. In *International Conference on Brain Informatics* (pp. 217–226): Springer.
- Clark, A. J. (2014). *Empathy in counseling and psychotherapy: Perspectives and practices*. Routledge.
- Core, M., Traum, D., Lane, H. C., Swartout, W., Gratch, J., Van Lent, M., & Marsella, S. (2006). Teaching negotiation skills through practice and reflection with virtual humans. *Simulation*, 82(11), 685–701.
- Dastani, M. (2008). 2apl: a practical agent programming language. *Autonomous agents and multi-agent systems*, 16(3), 214–248.
- Deitel, H. M. & Deitel, P. J. (2004). *Cómo programar en C/C++ y Java*. Pearson educación.
- Dias, J., Mascarenhas, S., & Paiva, A. (2014). Fatima modular: Towards an agent architecture with a generic appraisal framework. In *Emotion modeling* (pp. 44–56). Springer.
- Dias, J. & Paiva, A. (2013). I want to be your friend: Establishing relations with emotionally intelligent agents. In *Proceedings of the 2013 international conference on Autonomous agents and multi-agent systems* (pp. 777–784).
- Dixon-Gordon, K. L., Aldao, A., & De Los Reyes, A. (2015). Emotion regulation in context: Examining the spontaneous use of strategies across emotional intensity and type of emotion. *Personality and Individual Differences*, 86, 271–276.
- D'mello, S. K. & Kory, J. (2015). A review and meta-analysis of multimodal affect detection systems. *ACM computing surveys (CSUR)*, 47(3), 1–36.
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition & emotion*, 6(3-4), 169–200.
- Evans, J. S. B. (2003). In two minds: dual-process accounts of reasoning. *Trends in cognitive sciences*, 7(10), 454–459.
- Gao, Z., Liu, R., & Ullah, N. (2019). A temporal-causal network model for age and gender difference in choice of emotion regulation strategies. In *International Conference on Computational Collective Intelligence* (pp. 106–117): Springer.
- Gebhard, P., Schneeberger, T., Baur, T., & André, E. (2018). Marssi: Model of appraisal, regulation, and social signal interpretation. *ACM*.
- Georgeff, M., Pell, B., Pollack, M., Tambe, M., & Wooldridge, M. (1998). The belief-desire-intention model of agency. In *International workshop on agent theories, architectures, and languages* (pp. 1–10): Springer.



- Gnewuch, U., Morana, S., & Maedche, A. (2017). Towards designing cooperative and social conversational agents for customer service. In *ICIS*.
- Goldberg, L. R. (1990). An alternative" description of personality": the big-five factor structure. *Journal of personality and social psychology*, 59(6), 1216.
- Gross, J. & Thomson, R. (2007). Emotion regulation: Conceptual foundations. handbook of emotion regulation. jj gross. new york. *Guilford Press. S. Gupta et L. Cummings (1984). "Perceived speed of time and task affect." Percept Mot Skills*, 63, 971–980.
- Gross, J. J. (2008). Emotion and emotion regulation: Personality processes and individual differences. *Emotion Review*.
- Gross, J. J. (2013). *Handbook of emotion regulation*. Guilford publications.
- Gross, J. J. & Feldman Barrett, L. (2011). Emotion generation and emotion regulation: One or two depends on your point of view. *Emotion review*, 3(1), 8–16.
- Gross, J. J. & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of personality and social psychology*, 85(2), 348.
- Han, J., Xie, L., Liu, X., & Wang, Z. (2014). Emotional state transfer model based on fsm. In *2014 International Conference on Multisensor Fusion and Information Integration for Intelligent Systems (MFI)* (pp. 1–5).: IEEE.
- Hugdahl, K. (1981). The three-systems-model of fear and emotion—a critical examination. *Behaviour Research and Therapy*, 19(1), 75–83.
- Jain, S. & Asawa, K. (2015). Emia: emotion model for intelligent agent. *Journal of Intelligent Systems*, 24(4), 449–465.
- Jain, S. & Asawa, K. (2016). Programming an expressive autonomous agent. *Expert Systems with Applications*, 43, 131–141.
- James, W. (1948). What is emotion? 1884.
- John, O. P. & Gross, J. J. (2007). Individual differences in emotion regulation. *Handbook of emotion regulation*, (pp. 351–372).
- John, O. P., Robins, R. W., & Pervin, L. A. (2010). *Handbook of personality: Theory and research*. Guilford Press.
- Kopp, S., Gesellensetter, L., Krämer, N. C., & Wachsmuth, I. (2005). A conversational agent as museum guide—design and evaluation of a real-world application. In *International workshop on intelligent virtual agents* (pp. 329–343).: Springer.
- Kougioumtzis, S., Karanikolas, N. N., & Panayiotopoulos, T. (2011). Augmented reality environments for immersive and non linear virtual storytelling. *ACM*.
- Lange, C. G. (1885). The mechanism of the emotions. *The classical psychologists*, (pp. 672–684).
- Lazarus, R. S. (1982). Thoughts on the relations between emotion and cognition. *American psychologist*, 37(9), 1019.
- Lazarus, R. S. (1991). Cognition and motivation in emotion. *American psychologist*, 46(4), 352.
- Mamdani, E. H. & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal of man-machine studies*, 7(1), 1–13.

- Manzoor, A., Abro, A. H., & Treur, J. (2016). Monitoring the impact of negative events and deciding about emotion regulation strategies. In *Multi-Agent Systems and Agreement Technologies* (pp. 350–363). Springer.
- Manzoor, A. & Treur, J. (2013). Modelling the role of emotion regulation and contagion in socially affected decision making. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 97, 73–82.
- Marsella, S. C., Johnson, W. L., & LaBore, C. (2000). Interactive pedagogical drama. In *Proceedings of the fourth international conference on Autonomous agents* (pp. 301–308).
- Martínez-Miranda, J., Bresó, A., & García-Gómez, J. M. (2014). Modelling two emotion regulation strategies as key features of therapeutic empathy. In *Emotion Modeling* (pp. 115–133). Springer.
- Martínez-Miranda, J. (2017). Embodied conversational agents for the detection and prevention of suicidal behaviour: current applications and open challenges. *Journal of medical systems*, 41(9), 1–14.
- Mascarenhas, S., Guimarães, M., Santos, P. A., Dias, J., Prada, R., & Paiva, A. (2021). Fatima toolkit—toward an effective and accessible tool for the development of intelligent virtual agents and social robots. *arXiv preprint arXiv:2103.03020*.
- Mauss, I. B. & Robinson, M. D. (2009). Measures of emotion: A review. *Cognition and emotion*, 23(2), 209–237.
- McCrae, R. R. & John, O. P. (1992). An introduction to the five-factor model and its applications. *Journal of personality*, 60(2), 175–215.
- Naragon-Gainey, K., McMahon, T. P., & Chacko, T. P. (2017). The structure of common emotion regulation strategies: A meta-analytic examination. *Psychological Bulletin*, 143(4), 384.
- Ortony, A., Clore, G. L., & Collins, A. (1990). *The cognitive structure of emotions*. Cambridge university press.
- Packard, M. G., Knowlton, B. J., et al. (2002). Learning and memory functions of the basal ganglia. *Annual review of neuroscience*, 25(1), 563–593.
- Picard, R. W. (2000). Affective computing for future agents. In *International Workshop on Cooperative Information Agents* (pp. 14–14): Springer.
- Purnamaningsih, E. H. (2017). Personality and emotion regulation strategies. *International Journal of Psychological Research*, 10(1), 53–60.
- Reisenzein, R. (2009). Emotional experience in the computational belief–desire theory of emotion. *Emotion Review*, 1(3), 214–222.
- Russell, S. & Norvig, P. (2004). *Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno*. Alhambra, 2nd edition.
- Samson, A. C. & Gross, J. J. (2012). Humour as emotion regulation: The differential consequences of negative versus positive humour. *Cognition & emotion*, 26(2), 375–384.
- Scherer, K. R. (2001). Emotional experience is subject to social and technological change: extrapolating to the future. *Social Science Information*, 40(1), 125–151.
- Scherer, K. R. (2009). Emotions are emergent processes: they require a dynamic computational architecture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3459–3474.
- Scherer, K. R. et al. (2000). Psychological models of emotion. *The neuropsychology of emotion*, 137(3), 137–162.

- Schulkin, J. (2000). Theory of mind and mirroring neurons. *Trends in cognitive sciences*, 4(7), 252–254.
- Sheppes, G. & Gross, J. J. (2012). Emotion regulation effectiveness: What works when. *Handbook of psychology*, 5, 391–406.
- Soleimani, A. & Kobti, Z. (2012). An adaptive computational model of emotion regulation strategies based on gross theory. In *Proceedings of the Fifth International C\* Conference on Computer Science and Software Engineering* (pp. 9–17).
- Soleimani, A. & Kobti, Z. (2013). A fuzzy logic computational model for emotion regulation based on gross. In *The Twenty-Sixth International FLAIRS Conference*.
- Thai, T. & Lam, H. (2003). . *NET framework essentials*. .°Reilly Media, Inc.”.
- Thurstone, L. L. (1934). The vectors of mind. *Psychological review*, 41(1), 1.
- Treur, J. (2016). *Network-oriented modeling*. Springer.
- Tupes, E. C. & Christal, R. E. (1992). Recurrent personality factors based on trait ratings. *Journal of personality*, 60(2), 225–251.
- Ullah, N., Koole, S. L., & Treur, J. (2020). Take it or leave it. In *International Conference on Intelligent Computing* (pp. 175–187): Springer.
- Ullah, N., Treur, J., & Koole, S. L. (2018). A computational model for flexibility in emotion regulation. *Procedia Computer Science*, 145, 572–580.
- van der Ham, W. F., Broekens, J., & Roelofsma, P. H. (2014). The effect of dominance manipulation on the perception and believability of an emotional expression. In *Emotion Modeling* (pp. 101–114). Springer.
- Wiggins, J. S. & Trapnell, P. D. (1997). Personality structure: The return of the big five. In *Handbook of personality psychology* (pp. 737–765). Elsevier.
- Wooldridge, M. & Jennings, N. R. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. *The knowledge engineering review*, 10(2), 115–152.
- Xiaolan, P., Lun, X., Xin, L., & Zhiliang, W. (2013). Emotional state transition model based on stimulus and personality characteristics. *China Communications*, 10(6), 146–155.
- Zadeh, L. A. (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics*, (pp. 28–44).

# Lista de códigos

4.1.	<i>Inicialización de una regla de valoración en FATiMA.</i>	42
4.2.	<i>Inicialización de una nueva regla de valoración.</i>	43
4.3.	<i>Ejemplo de las reglas difusas utilizadas.</i>	58
4.4.	<i>Implentación de los tipos de personalidad en la arquitectura propuesta.</i>	59
4.5.	<i>Inicialización de los tipos de personalidad para el escenario de ejemplo.</i>	64
4.6.	<i>Resultados del componente Personality.</i>	65
4.7.	<i>Inicialización del componente Input-Data</i>	65
4.8.	<i>Escenario de ejemplo.</i>	66
4.9.	<i>Configuración de los eventos a evitar por el agente Sam</i>	70
4.10.	<i>Inicialización del componente Input-Data para la estrategia de Modificación de la situación.</i>	71
4.11.	<i>Inicialización del componente Actions-For-Events.</i>	71
4.12.	<i>Código XML implemtado en Gebhard et al. (2018)</i>	74
4.13.	<i>Inicialización del componente Input-Data para la estrategia de Cambio Cognitivo.</i>	78
4.14.	<i>Inicialización de eventos para la estrategia de Cambio Cognitivo.</i>	78
4.15.	<i>Forma de acceder a las emociones activas en el agente.</i>	81
4.16.	<i>Atualización del nuevo valor de intensidad emocional.</i>	82
5.1.	<i>Inicialización de eventos para el escenario de prueba</i>	85