



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

**Modelado del comportamiento humano  
en el trabajo usando Lógica difusa:  
El reto de la configuración de equipos de  
trabajo**

**Inteligencia Computacional  
2018/2019**

**Adrián de la Torre Rodríguez**

**Sergio Samaniego Martínez**

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b>	<b>2</b>
<b>Resumen</b>	<b>4</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2. Modelando las capacidades humanas en el trabajo</b>	<b>5</b>
<b>3. Lógica difusa para modelar el comportamiento humano</b>	<b>7</b>
<b>4. Identificación de los parámetros difusos</b>	<b>8</b>
4.1 Características internas	9
4.2 Parámetros de tareas	10
4.3 Parámetros de actuación del agente	11
4.4 Conjuntos difusos para modelar el comportamiento humano	12
<b>5. Reglas difusas para modelar el comportamiento humano</b>	<b>13</b>
5.1 Modificando el estado interno del agente	14
5.2 Generación de la actuación del agente	16
5.3 Actualizando el estado interno del agente	17
5.4 Implementación del prototipo	18
<b>6. Caso de estudio</b>	<b>19</b>
6.1 Adaptando el modelo basado en agentes al IMP	20
6.2 Implementación del proyecto GIS/IMP	20
6.3 Resultados iniciales	22
6.4 Discusión	26
<b>7. Conclusiones</b>	<b>27</b>

---

Este trabajo bibliográfico ha sido traducido, resumido y adaptado del artículo **Modelling Human Behaviour at Work using Fuzzy Logic: The Challenge of Work Teams Configuration** escrito por Juan Martinez-Miranda, Matías Alvarado, Arantza Aldea y René Bañares-Alcántara.

---

# Resumen

Uno de los primeros pasos en la planificación de un proyecto de ingeniería en la industria es la partición en subtarear y la configuración del equipo de trabajo para ejecutarlo.

Esta decisión normalmente es ejecutada por el “Project manager” basado en su experiencia pasada y la disponibilidad (aunque frecuentemente escasa, incierta y dinámica) de información sobre las características cognitivas de los miembros disponibles para el equipo. Este paper presenta nuestros primeros resultados en el desarrollo de una herramienta basada en el conocimiento cuyos objetivos son ayudar al “Project manager” en su decisión en este proceso. Los agentes software están usados para modelar el comportamiento humano en el trabajo, donde las características humanas están representadas por una serie de variables difusas, y las reglas difusas modelan la interacción entre el agente para generar posibles actuaciones en el equipo de trabajo. Como primer paso de validación, la comparación de los resultados predichos por el modelo con la actuación de un equipo de ingeniería en una industria real se ha realizado.

## 1. Introducción

La correcta selección de las personas para integrarlas en un equipo de trabajo a fin de ejecutar un proyecto industrial no es una tarea trivial, debido a que no únicamente debes contar con las competencias técnicas y los aspectos de disponibilidad, sino que también es necesario contar con las características personales y sociales de cada miembro potencial. A menudo, un buen ambiente de trabajo depende de las características personales de cada trabajador. Estas son más importantes en un proyecto, donde la interacción y la comunicación entre los miembros del equipo es fundamental para alcanzar el objetivo final. Además de los factores sociales, las emociones juegan un papel crítico en tomar decisiones racionales, percepciones, interacciones humanas e inteligencia humana.

Ya que uno de los objetivos de la inteligencia artificial es diseñar e implementar sistemas que simulen el comportamiento humano, proponemos que algunas de estas técnicas puede ser muy útiles como apoyo para la configuración de los equipos de trabajo. Especialmente, pensamos que los sistemas Multi-Agente pueden ayudar a simular el comportamiento humano dentro de un equipo dada su capacidad de ver características como la autonomía, coordinación y la comunicación.

Hemos propuesto un modelo basado en agentes para simular la interacción de cada miembro del equipo con miembros de otros equipos en la tarea de un proyecto. En nuestro modelo, proponemos que cada agente de software represente una persona real configurando y estableciendo las características más relevantes del humano dentro del trabajo. Muchas simulaciones pueden ser ejecutadas con el hipotético equipo para estimar la actuación de este equipo a cargo de un proyecto específico.

El modelo que proponemos es usar lógica difusa para representar las características internas del agente y algunas características del proyecto. Este paper se centra en las características difusas y cómo el comportamiento del equipo puede ser modelado por los agentes y por las

características del proyecto usando lógica difusa. En la sección 2 describimos el conjunto de características que consideramos importantes de una persona en el trabajo. Sección 3 presenta una breve reseña de otras aproximaciones que usan lógica difusa en el comportamiento humano. Sección 4 presenta los valores difusos usados en nuestros agentes y aquellos usados para representar algunas características de las tareas en un proyecto. Sección 6 describe cómo el comportamiento humano en el trabajo puede ser modelado por reglas difusas. Finalmente la sección 7 presenta un caso de estudio donde una validación inicial de nuestro modelo propuesto fue hecha comparando estos resultados obtenidos con un equipo de trabajo real dentro de la industria de medio ambiente.

## 2. Modelando las capacidades humanas en el trabajo

Modelar el comportamiento humanos es un gran reto debido a la “naturaleza humana”, por ejemplo, los humanos son inestables, impredecibles y capaces de acciones independientes. El desempeño de los individuos fluctuará dependiendo no únicamente de su habilidad, entrenamiento y educación sino también de su fisiología y sus estados psicológicos y rasgos. Sin embargo, modelos y técnicas están emergiendo dentro de los dominios de la ciencia militar o social que claramente indica que algún modelado del comportamiento humano es posible.

Tres principales retos en capturar patrones complejos del comportamiento humano en simulaciones basadas en agentes han sido identificadas en:

- Los humanos no están limitados a una identidad o algún conjunto común de emociones.
- Los humanos no están limitados a actuar de acuerdo a una serie de reglas predeterminadas.
- Los humanos no están limitados a actuar en patrones locales.

A primera vista, estos retos resultan desalentadores. Claramente, es difícil considerar todas las escalas de la conciencia humana simultáneamente, en lugar de eso es posible elegir un círculo de influencias para idear un modelo mental que represente el comportamiento humano en un contexto específico. Además, estos retos pueden ser críticos para simular ciertos colectivos sociales.

Proponemos que es posible simular parte del comportamiento humano en el contexto de un equipo de trabajo a cargo de un proyecto específico. El primer paso es conseguir la simulación de este equipo para identificar el conjunto de características relevantes que consideramos que pueden afectar en la actuación de una persona en este contexto específico. Pueden ser agrupadas dentro de capacidades cognitivas, tendencias personales, estados emocionales y características sociales.

**Capacidades cognitivas.** Las capacidades cognitivas humanas engloban muchos procesos del cerebro como aprendizaje y memoria entre otros. Modelar estos procesos del cerebro y otras interacciones para generar un comportamiento inteligente ha sido uno de los retos principales

de la Inteligencia Artificial pero está fuera del alcance de esta investigación. Sin embargo, en nuestro modelo, las capacidades cognitivas de una persona están definidas por su grado de pericia en un dominio particular. Así, para representar las técnicas de conocimiento de una persona dentro de un equipo, se han deducido seis clases: **Project Manager, Coordinador, Especialista Senior, Especialista Junior, Técnico y Ayudante**. Además, cada miembro del equipo tiene otros dos parámetros: **experiencia y nivel de creatividad**.

**Tendencias personales.** Hemos tenido en cuenta dos aproximaciones psicológicas diferentes para identificar las tendencias personales que influyen en el comportamiento de una persona cuando está en su puesto de trabajo. La primera aproximación está basada en el “test cleaver”, usado para identificar la tendencia personal predominante en una persona. Esta técnica se le aplica a los candidatos mediante muchas preguntas sobre sus acciones al frente de diferentes situaciones de trabajo. El resultado de este cuestionario es un valor numérico entre el 1 y el 99 por cada uno de los parámetros de las siguientes tendencias personales:

- Manejo –liderazgo; Capacidad para conseguir resultados, superar retos y mostrar alta iniciativa.
- Influencia –capacidad para interactuar con personas y motivarlas para mejorar su comportamiento.
- Firmeza –capacidad para seguir rutinas y continuar actividades sin grandes variaciones de comportamiento.
- Conformidad –capacidad para ejecutar trabajo siguiendo los procedimientos y reglas establecidas.

La otra aproximación es de “Schubert”. Schubert propone cuatro tendencias personales generales que influyen en el comportamiento de una persona: Amable, Guía, Expresivo y Analítico. Estas cuatro tendencias personales están estrechamente relacionadas con los parámetros de “Cleaver”: Manejo - Guía, Influencia – Expresivo, Firmeza – Amable, Conformidad – Analítico. Nosotros por lo tanto consideramos que el parámetro con más valor es el de Cleaver ya que este define los tipos de personalidad que nos muestra Schubert.

**Estados emocionales.** Del gran conjunto de emociones básicas, seleccionamos un pequeño conjunto de emociones básicas para el modelo de emociones de los agentes en el trabajo. Dos de ellas son emociones positivas y otras dos son influencias negativas en el acto:

- Emociones positivas: Deseo e interés de una persona para ejecutar una tarea específica en un momento.
- Emociones negativas: Disgusto y ansiedad generado por una tarea específica en un momento.

Adicionalmente de estas cuatro emociones básicas, consideramos también como parámetro el estrés como parte de un estado interno de los agentes. El estrés no es una emoción, pero influye sobre el comportamiento del trabajador. En nuestro modelo, la diferencia entre las emociones básicas y el parámetro del estrés está dado cuando el comportamiento del agente es generado.

**Características sociales.** Las relaciones humanas son importantes para alcanzar una buena comunicación y coordinación entre los miembros del grupo. En un equipo de trabajo en particular, un ambiente con buenas relaciones humanas es crucial para alcanzar las metas comunes. El modelado y el análisis de las relaciones humanas dentro de equipos y grupos (como competitividad, confianza, cooperación, etc) es la meta principal de muchas áreas de investigación como son la psicología, las ciencias sociales y el comportamiento organizativo. La

inclusión de estas características dentro de nuestro modelo está fuera del alcance en esta investigación. Sin embargo, consideramos un conjunto pequeño de características sociales que influyen en el comportamiento del agente. Las características sociales seleccionadas para nuestra agente son: Introvertido/Extrovertido y Prefiere trabajar solo/Trabajar en equipo.

Una vez que se han identificado las características que afectan al agente, el siguiente paso es determinar cómo modelar la interacción entre las características internas de los diferentes miembros del equipo para la generación del comportamiento general. La siguiente sección explica nuestro propósito de afrontar este reto a través de la lógica difusa.

### 3. Lógica difusa para modelar el comportamiento humano

Una vez vistos los parámetros específicos de cada una de las características internas de una persona, el siguiente paso es decidir cómo estas características van a ser representadas y medidas. Todas las características están estrechamente ligadas, así que necesitan ser combinadas para modelar el comportamiento global de una persona. Nuestra meta es construir una herramienta de simulación que sea capaz de:

- Modificar los parámetros (por ejemplo, cambiar el valor dentro de un rango)
- Combinar parámetros
- Medir y evaluar los efectos que un parámetro tiene sobre otros.

El comportamiento de una persona, por ejemplo, la simulación de su actuación dentro de un proyecto individual y como miembro de un equipo, es generado por la combinación de todas las características mencionadas anteriormente. Es difícil aceptar que un valor numérico puede ser usado para medir la intensidad de las emociones humanas, experiencia o nivel de creatividad. Sin embargo, frecuentemente usamos atributos cualitativos para describir las propiedades del estado anímico, características y emociones. Expresiones como “ella es muy experimentada”, “pareces un poco cansado”, “me siento menos estresado hoy” son usadas comúnmente. Siguiendo estos hechos, creemos que es mucho más natural e intuitivo asociar valores cualitativos a los parámetros internos de la persona. Podemos hablar en términos de bajo, medio y altos valores. Por ejemplo, podemos decir que una persona tiene un alto nivel de experiencia, bajo nivel de estrés, un deseo medio de desarrollar su tarea, alto nivel de creatividad, etc.

Es posible expresar la intensidad de estos parámetros gracias al uso de la Lógica Difusa. En la lógica clásica, los estados serían verdadero o falso. Este principio de verdad o falsedad fue formulado por Aristóteles hace unos 2000 años como “El principio del tercero excluido” y ha dominado la lógica matemática desde entonces hasta la primera mitad del siglo XX. La idea de que las cosas sean verdaderas o falsas en muchos casos es incierta. La frase “mi hijo es bueno”, ¿completamente verdadera o completamente falsa? Probablemente ninguna. Como por ejemplo, “¿Soy rico?” o “¿Ella es guapa?” La idea de gradaciones de verdad es familiar para todo el mundo. La lógica difusa ofrece una forma más flexible de representar la realidad. En la lógica difusa, un estado es cierto en varios grados, desde el grado de totalmente verdad, pasando por el de medio-verdad hasta completamente falso.

La lógica difusa ha sido usada en muchas aplicaciones para distintos propósitos, típicamente en dispositivos de control, y otras áreas de investigación como reconocimiento de patrones y complejidad social. En los últimos años ha crecido el interés de usar lógica difusa para modelar ciertas características del comportamiento humano. La lógica difusa es usada para modelar emociones que pueden ser implementadas dentro de agentes inteligentes. Este modelo usa lógica difusa para mapear eventos y observaciones del estado emocional del agente.

La lógica difusa ha sido aplicada a robots móviles. La lógica difusa es usada para extender las capacidades mencionadas de los sistemas basados en comportamiento. El principal objetivo de esta investigación es diseñar una arquitectura de control unificada capaz de combinar las propiedades más interesantes asociadas a la “inteligencia”, como la reactividad, planificación, deliberación y motivación. Otro trabajo presentado describe cómo un robot móvil toma decisiones con un agente emocional difuso. El modelo trata con tres emociones negativas como: miedo, dolor y enfado.

Estos modelos de agentes con lógica difusa, también son conocidos como agentes difusos y han sido usados para simulaciones del comportamiento humano. Los agentes difusos son agentes que pueden realizar un comportamiento de incertidumbre con conocimiento incompleto y difuso en ciertos entornos que contengan variables lingüísticas. Los agentes neuronales difusos son presentados para perfiles de aprendizaje y coincidencia de objetos adaptativa. Otro trabajo interesante es el de agentes difusos con personalidad dinámica para la simulación del comportamiento humano. En esta investigación, los conjuntos difusos están definidos por rasgos y facetas personales y la representación resultante de la personalidad procesada por la lógica difusa.

En las siguientes dos secciones presentamos cómo emplear la lógica difusa para modelar las características humanas en el trabajo. Usamos agentes difusos para simular un conjunto de comportamientos humanos globales plausibles por las personas en el trabajo. Hemos construido un prototipo de software de simulación como una herramienta de soporte para la configuración de equipos de trabajo a cargo de un proyecto específico.

## 4. Identificación de los parámetros difusos

El primer paso en el uso de la lógica difusa dentro de nuestro modelo es identificar los parámetros que serán “fuzzificados” y determinar su rango de valores respectivo. Una intuitiva pero servicial idea de conjunto en matemáticas es simplemente una colección de cosas. Las cosas pertenecen a un conjunto o no, similar a la idea de la lógica con los estados verdaderos o falsos. En 1965, Lofti Zadeh propuso la idea de un conjunto difuso, donde los objetos pueden pertenecer a un conjunto con diferentes grados de pertenencia.

Los conjuntos difusos son usados para parametrizar los principales aspectos del comportamiento humano en el trabajo:

1. **Características internas del agente.** Cada característica interna de los agentes es representada por un valor de parámetro difuso.
2. **Tareas.** Los conjuntos difusos son usados para representar los parámetros de las tareas del proyecto: dificultad y tipo (dos de los once parámetros de tareas).

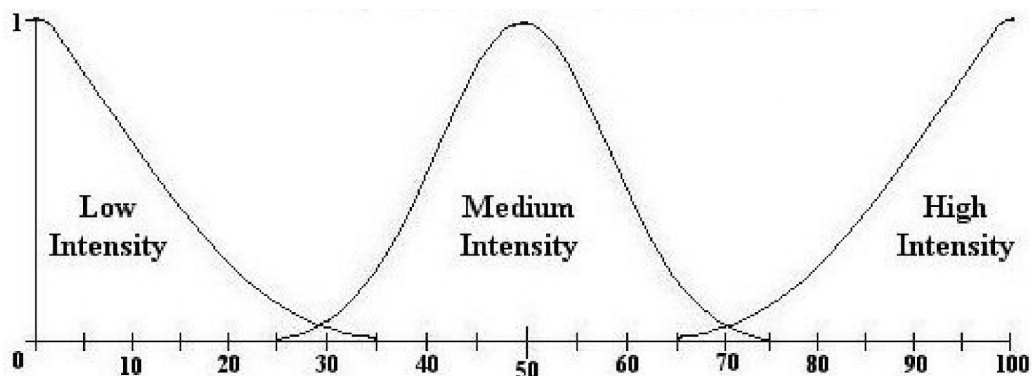


3. **Actuación del agente.** El resultado de actuación de un agente es representado por un conjunto de parámetros difusos asociados a este agente.
4. **Modelado del comportamiento humano.** Los conjuntos difusos son usados para modelar la interacción entre los parámetros internos del agente con la tarea y los parámetros de compañeros de equipo. El resultado final de esta interacción es el valor para cada parámetro de actuación.

Ahora vamos a describir con más detalle estos aspectos del modelo.

## 4.1 Características internas

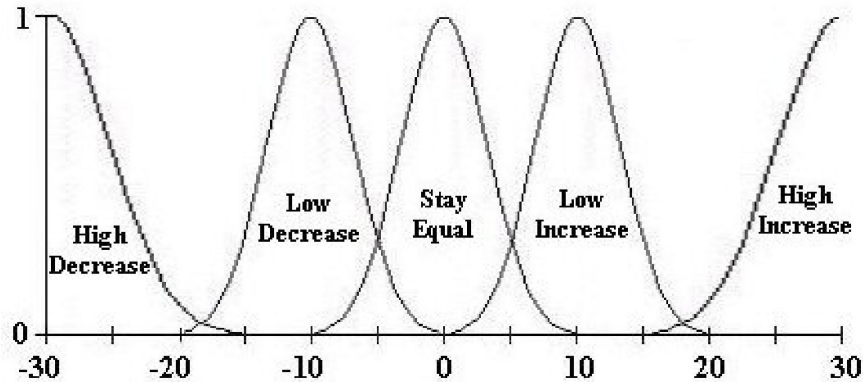
Cada característica interna es “fuzzificada” usando una función Gaussiana de pertenencia para cada conjunto difuso correspondiente. Para las emociones, características cognitivas y sociales, son definidos tres conjuntos difusos de intensidad. El rango de valores para estos conjuntos difusos irá del 0 al 100. El primer valor difuso representa una “baja intensidad” y cubre un rango de valores del 0 al 35. El segundo parámetro difuso cubrirá un rango de valores del 25 al 75 y representa una “intensidad media”. Finalmente, el tercer valor difuso tendrá un rango de 65 a 100 y representará una “intensidad alta”. El rango de valores, como también la forma de la curva difusa está realizado empíricamente, pero puede ser cambiado por el usuario como describimos en la sección 6.



El rango de valores para el parámetro del estrés es un poco diferente: un mayor peso es establecido para el parámetro del estrés sobre las emociones básicas, ya que creemos que el estrés tiene un mayor efecto sobre la actuación de las personas en el trabajo. Así, la baja, media y alta intensidad del conjunto difuso establecida para este parámetro tiene, respectivamente, un rango de valores del 0 al 25, del 20 al 80 y del 65 al 100.

A pesar del hecho de que el “cuestionario Cleaver” (usado para obtener las tendencias personales) nos da una salida con valores numéricos, los conjuntos difusos pueden ser también usados para los parámetros de “Cleaver” debido a la implementación de las reglas difusas para el modelado del comportamiento humano. Las reglas difusas para cada parámetro “Cleaver” tienen el mismo rango de valores del 0 al 100. Los conjuntos difusos para una “baja intensidad” tienen rango del 0 al 40, la “intensidad media” del 20 al 80 y la “alta intensidad” un rango del 60 al 100. El último valor difuso corresponde con la personalidad dominante asociada con cada tendencia personal.

Adicionalmente, hemos definido “incremento/decremento” de conjuntos difusos para la intensidad emocional, calculada como resultado de aplicar reglas de comportamiento en el proceso de simulación. El rango de valores de estos conjuntos irá del -30 al 30. Un “decremento alto” irá del -30 al -15, un “bajo decremento” irá de -20 a 0, el “permanece igual” estará en el rango -10 a 10. El “bajo incremento” estará en el rango 0-20 y finalmente el “gran incremento” tendrá valores del 15 al 30.



Podemos obtener el valor nítido correspondiente a un conjunto de valores difusos aplicando la ecuación 1.1 para obtener el “centro de gravedad”. Mediante el proceso de simulación los valores nítidos de “valores difusos de incremento/decremento” son añadidos a los valores nítidos de los “valores difusos de intensidad” para la emoción correspondiente de acuerdo a las reglas aplicadas. El resultado de esta suma es “fuzzificado” para obtener un nuevo estado emocional del agente (usando los conjuntos difusos de intensidad emocional). El proceso se detallará en la sección 5.

$$u^{crisp} = \frac{\sum_i b_i \int \mu(i)}{\sum_i \int \mu(i)} \quad \text{eq. (1.1)}$$

En la ecuación 1.1,  $u^{crisp}$  es el valor “defuzzificado”;  $b_i$  denota el centro de la función de pertenencia y  $\int \mu(i)$  denota el área bajo la función de pertenencia  $\mu(i)$ .

## 4.2 Parámetros de tareas

El comportamiento del equipo de trabajo es modelado a través de la interacción entre los miembros del equipo y sus tareas asignadas. Las tareas del proyecto deben ser también modeladas por esta razón. Hemos modelado las tareas asignándoles valores a 11 parámetros seleccionados:

1. Número de participantes en la tarea
2. Duración estimada (medida en días)

3. Secuencia (secuencial o paralela)
4. Prioridad dentro del proyecto
5. Fecha límite
6. Coste
7. Calidad
8. Dominio de aplicación
9. Descripción de la tarea
10. Dificultad
11. Tipo (requiere nivel de especialización)

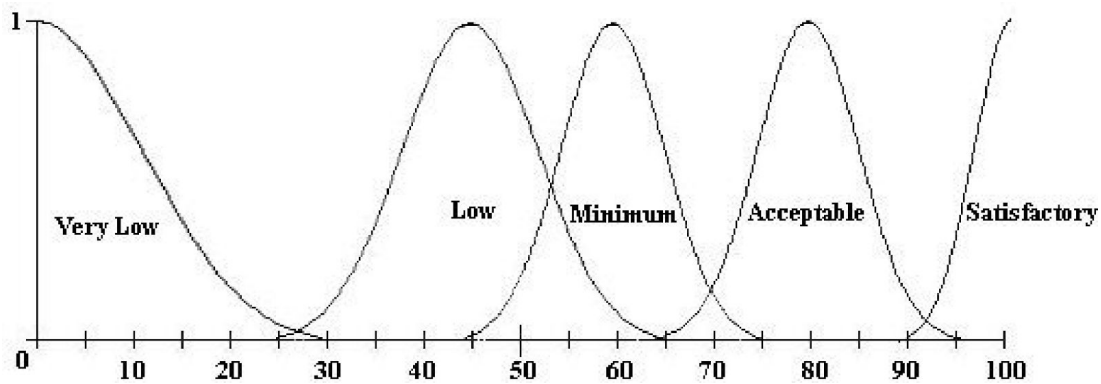
Los dos últimos parámetros son parámetros difusos. El “Tipo” representa el nivel de especialización para alcanzar la tarea. Para ambos parámetros, los valores difusos irán del 0 al 100 divididos en tres conjuntos difusos: bajo(tipo/dificultad) de rango 0-35, medio (tipo/dificultad) de rango 25-75 y alto(tipo/dificultad) de rango 65-100. El gráfico difuso es similar a los conjuntos difusos de intensidad vistos anteriormente. Estos parámetros de tareas difusas serán usados para generar el comportamiento del agente durante la aplicación de las reglas difusas.

## 4.3 Parámetros de actuación del agente

La actuación del agente en el trabajo es evaluada analizando su capacidad de actuación asignando tareas tan bien como su interacción con el resto de miembros del equipo: ambos, la habilidad en la asignación de tareas y las capacidades sociales personales afectan a la actuación del equipo. Los siguientes parámetros han sido propuestos para evaluar la actuación del agente en el trabajo:

1. Objetivos alcanzados
2. Oportunidades
3. Calidad de la tarea realizada
4. Nivel de colaboración del equipo
5. Nivel de contribución individual
6. Nivel de supervisión requerida

Estos seis parámetros fueron cogidos de los formatos usados por los líderes de proyectos del Instituto Mexicano de Petróleo (IMP). El líder de proyecto rellena este formato de actuación para cada miembro del equipo en el proyecto. En nuestro modelo, los conjuntos difusos para estos parámetros correspondientes usan la misma función de pertenencia Gaussiana en cada conjunto difuso. Para los parámetros de actuación de los miembros, los rangos de valores son de 0 a 100, divididos en 5 conjuntos difusos: muy bajo (0-30), bajo (25-65), mínimo(45-75), aceptable(65-95) y satisfactorio(90-100).



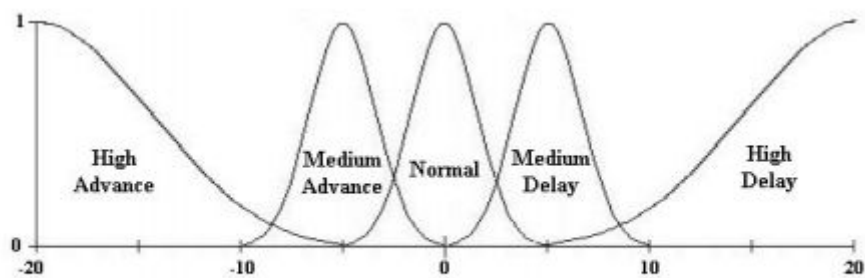
El parámetro de “Fecha límite” está definido con un rango de valores diferente de -30 a 30 con los siguientes valores: excelente(-30 a 10), alto (-15 a 0), aceptable(-5 a 5), regular(0 a 15), bajo(10 a 30). Estos valores nos permiten establecer valores de delay o adelanto de la tarea hecha por el equipo. Así, valores negativos significan que la tarea va adelantada mientras que valores positivos significarían que la tarea va retrasada. Todos estos valores son configurables ya que diferentes proyectos requieren diferentes parámetros para medir su calidad. Dar los mismos valores a estos parámetros puede dar valores difusos diferentes, que para un proyecto pueden ser aceptables y para otro desastrosos.

## 4.4 Conjuntos difusos para modelar el comportamiento humano

Reglas difusas son usadas para simular cómo el participante del proyecto debe actuar en una situación particular. Las reglas difusas requieren una entrada de valores difusos que representan las características internas del agente y algunos de los parámetros de las tareas. Cuando las reglas han desencadenado, los parámetros que evalúa el comportamiento del agente sobre su tarea asignada son modificados. Los valores que modifica estos parámetros de actuación del agente son también valores difusos.

Los valores difusos que modifican los parámetros de puntualidad cuando las correspondientes reglas difusas son activadas tienen un rango de -20 a 20 (ver figura 4) con los siguientes valores difusos: avance\_alto (de -20 a -5), avance\_medio (de -10 a 10), normal (de -5 a 5), retraso\_medio (de 0 a 10) y retraso\_alto (5 a 20).

Se toma como ejemplo el agente A1 en cargo de la tarea T1. Cuando una regla difusa es activada y uno de estos valores difusos ha sido asegurado, entonces un valor nítido es obtenido al defuzzificar ese valor difuso. Como consecuencia, el valor nítido es añadido al parámetro *duración\_estimada* de T1. El resultado de esta suma es fuzzificado en cada uno de los cinco conjuntos difusos presentados en la sección 4.3. Este es el resultado de la ejecución de A1 con respecto a T1 en términos del parámetro puntualidad.



**Figure 4.** Fuzzy sets used for the advance / delay of the timeliness parameter.

Conjuntos difusos similares son definidos para los parámetros de la actuación de otro miembro del equipo (cumplimiento de objetivos, calidad de la tarea asignada, nivel de colaboración en el equipo, nivel de contribución individual y nivel requerido de supervisión) y el mismo método es aplicado para modificar sus valores. El conjunto difuso para cada parámetro tiene el mismo rango de -50 a 50: alto\_decremento (-50 a -25); bajo\_decremento (-30 a 0); normal (-15 a 15); bajo\_incremento (0 a 30) y alto\_incremento (25 a 50).

Cuando todos estos valores son defuzzificados, los valores nítidos calculados son añadidos a los parámetros correspondientes. En cada situación, cuando las reglas difusas son activadas el valor de cada parámetro puede aumentar o disminuir. Al final de todas las simulaciones cada agente tiene valores para cada parámetro de actuación con respecto a cada tarea asignada. La actuación resultante para cada agente es medida por todos los valores, y una actuación global plausible del equipo puede ser recogida al estudiar la actuación de todos los agentes involucrados en el proyecto.

## 5. Reglas difusas para modelar el comportamiento humano

Una vez los parámetros difusos han sido identificados y definidos, el siguiente paso es construir reglas difusas requeridas para simular el comportamiento del agente. Este proceso es descrito en tres pasos como se muestra en la figura 5.

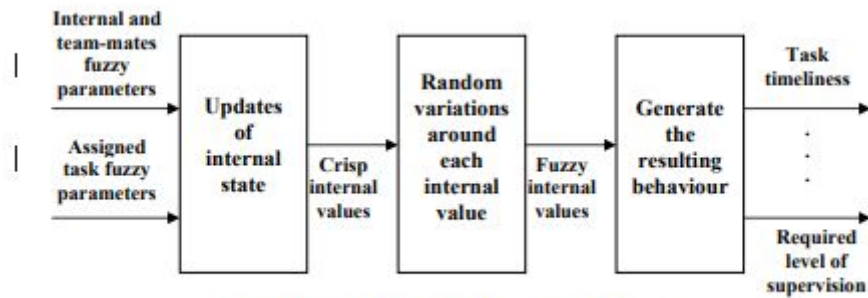


Figure 5. Agent behaviour generation process.

Tres conjuntos de reglas difusas están involucrados en este proceso:

1. Reglas difusas para modificar el estado interno del agente. Parámetros de emoción y estrés son modificados por las interacciones con la tarea asignada y el estado interno de los compañeros de equipo.
2. Reglas difusas para generar la actuación del agente. La actuación de un agente es calculada al evaluar su estado emocional y sus tendencias de personalidad.
3. Reglas difusas para actualizar el estado interno de un agente. Cuando un miembro del equipo termina su tarea asignada, el resultado de su comportamiento es generado. Este resultado es usado para actualizar su estado emocional y los parámetros de estrés del agentex.

## 5.1 Modificando el estado interno del agente

En nuestro modelo el project manager selecciona, de acuerdo con su propia experiencia, un conjunto inicial de posibles miembros del equipo; asigna las tareas a cada miembro del equipo, y entonces, el proceso de simulación comienza.

El primer paso en la generación del comportamiento de un agente es el establecimiento de sus valores de emoción y estrés teniendo en cuenta el estado interno de sus compañeros de equipo y las características de la tarea asignada. La tabla 2 muestra los factores internos y externos que influyen el estado emocional del agente.

<b>External Factors: assigned tasks and team-mates</b>
Advance/delay of the assigned task
Task difficulty
Task specialisation level
Team-mates internal characteristics
<b>Internal Factors: personal characteristics</b>
Cognitive: experience level and role within the team (i.e. project manager, co-ordinator, specialist Sr., specialist Jr., technician and assistant).
Social: (introverted/extroverted, prefers to work alone/prefers to work in a team).
Personality trends (CLEAVER): drive, influence, steadiness and compliance.

Table 1. Internal and external factors that affect the initial emotional state of an agent

En este trabajo de investigación asumimos que todos los miembros del equipo tienen un valor de intensidad medio en todas las emociones al principio de la simulación. Esto significa que el estado emocional inicial de cada miembro del equipo es un estado neutral hasta que la simulación comienza. De acuerdo con ambos, factores internos y externos, las reglas difusas correspondientes son activadas, y como resultado las intensidades de las emociones y estrés

del agente son modificadas -y reflejadas en cambios en los parámetros. Cada modificación en la emoción y estrés es inducida de acuerdo con los conjuntos difusos descritos en la sección 4.1. Ejemplos de estas reglas difusas (parafraseadas en español) se muestran debajo:

Dado un agente A1 en cargo de la tarea T1.

IF T1 presenta un *alto\_retraso* AND A1 tiene un personalidad *conductiva* con *alta\_intensidad*

THEN

La emoción *deseo* tendrá un *incremento\_alto*

La emoción *interés* tendrá un *incremento\_alto*

La emoción *aversión* *permanece\_igual*

La emoción *ansiedad* tendrá un *incremento\_bajo*

El *estrés* tendrá un *incremento\_bajo*

IF A1 es *introvertido* AND en T1 debe interactuar con otras personas

THEN

La emoción *deseo* tendrá un *decremento\_alto*

La emoción *interés* tendrá un *decremento\_bajo*

La emoción *aversión* tendrá un *incremento\_alto*

La emoción *ansiedad* tendrá un *incremento\_bajo*

El *estrés* tendrá un *incremento\_bajo*

Para el emparejamiento de reglas usamos el modelo basado en reglas difusas de Mamdani para representar el operador “AND” en la premisa, y en la implicación.

Cuando todas las reglas difusas son activadas, el resultado de los cambios en la emoción y el estrés es defuzzificado. Entonces, variaciones aleatorias en cada uno de los parámetros emocionales del agente son introducidas. La introducción de variaciones aleatorias tiene la intención de tener en cuenta el comportamiento no determinístico del ser humano. Variaciones aleatorias generan diferentes resultados para cada simulación incluso si el mismo equipo está trabajando en el mismo proyecto. Generamos estas variaciones aleatorias usando una curva de distribución normal (ver figura 6). Después de la aplicación de variaciones aleatorias todos los parámetros de emoción y estrés son fuzzificados para establecer el nuevo estado emocional del agente.

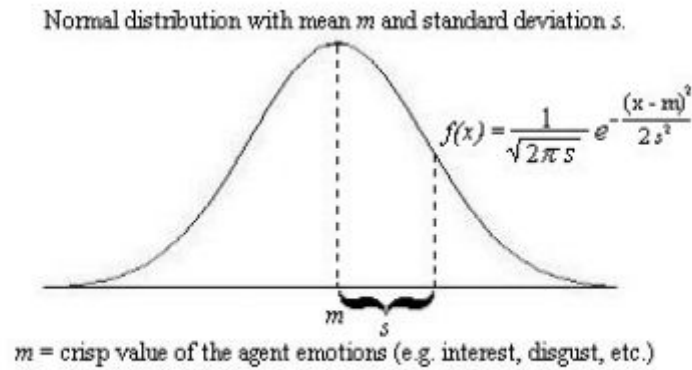


Figure 6. Normal distribution curve to generate random values for internal parameters.

## 5.2 Generación de la actuación del agente

El siguiente conjunto de reglas difusas incluye el modelado de la actuación del agente. Como resultado, se activan las reglas que establecen los parámetros de actuación del agente para cada tarea asignada. Note que incluso si dos personas tienen la misma intensidad para las mismas emociones su comportamiento sobre sus tareas asignadas puede no ser el mismo. En este paso de la simulación las diferentes tendencias de personalidad y las características de cada tarea asignada afectan la actuación del agente. El resultado de este comportamiento es medido a través de los parámetros descritos en la sección 4.3. La tabla 2 muestra las características que influyen la actuación del agente.

<b>Assigned task characteristics</b>
Difficulty level.
Specialisation level.
<b>Personal characteristics</b>
Cognitive: experience and creativity level.
Emotional: desire, interest, disgust and anxiety.
Stress
Personality types (CLEAVER): drive, influence, steadiness and compliance.

Table 2. Factors that influence the agent performance

Similarmente al estado neutral inicial para la intensidad de emociones, asumimos que los parámetros de actuación de cinco de los seis agentes tiene el valor *acceptable* al comienzo de la simulación. El parámetro *puntualidad* es ligeramente diferente, y su valor inicial será *la duración estimada de la tarea*. De acuerdo con el valor de los factores listados en la tabla 2, las reglas difusas son activadas para modificar el valor de los parámetros de actuación. El resultado de las reglas activadas es la asociación de un *decremento\_alto*, *decremento\_bajo*, *normal*, *incremento\_bajo* y/o *incremento\_alto* (conjunto difusos descritos en la sección 4.4) para los valores de los parámetros de la actuación de cada agente. Ejemplos de estas reglas difusas (una vez más, parafraseadas en español) son:

IF A1 tiene un *alto nivel de creatividad*; A1 tiene una personalidad *conductiva* con *alta intensidad* AND T1 requiere un *nivel\_de\_especialización\_alto* THEN

El cumplimiento de objetivos es normal



La puntualidad tiene un avance\_medio  
La calidad tiene un incremento\_medio  
El nivel de colaboración de equipo es normal  
La contribución individual tiene un incremento\_medio  
El nivel de supervisión requerida es normal

IF A1 tiene *bajo nivel de experiencia* AND T1 tiene *alta\_dificultad* THEN

El cumplimiento de objetivos tiene un decremento\_medio  
La puntualidad tiene un retraso\_alto  
La calidad tiene un incremento\_medio  
El nivel de colaboración de equipo tiene un decremento\_medio  
El nivel de contribución individual es normal  
El nivel de supervisión requerida tiene un incremento\_medio

Cuando todas las reglas difusas de actuación son activadas, el valor nítido resultante es añadido al anterior valor nítido del parámetro de actuación. El resultado de esta adición en cada parámetro es posteriormente fuzzificado para establecer su valor difuso actual. Este es el resultado de cada actuación de los miembros del equipo sobre su tarea asignada.

Dos de esos seis parámetros afectan directamente a las actuaciones de los miembros del equipo y por tanto el comportamiento global del equipo. Estos dos parámetros son *calidad* y *puntualidad*. Considere como ejemplo los agentes A1, A2 y A3 trabajando en la tarea T1; y QT1 y TT1 son los valores para *calidad* y *puntualidad* para la tarea T1. Para obtener QT1 tomamos el mínimo valor de los parámetros de calidad de A1, A2 y A3. Por ejemplo: si la calidad de A1 es aceptable, la calidad de A2 es mínima y la calidad de A3 es satisfactoria entonces el valor nítido será cogido del conjunto difuso mínimo. Este valor nítido es el resultado final para la calidad de T1, la cual será después fuzzificada otra vez. Para obtener TT1 usamos un proceso similar, la diferencia es que usamos el valor nítido máximo (representando un retraso de la tarea) la puntualidad de cada persona sobre T1.

## 5.3 Actualizando el estado interno del agente

Una vez el comportamiento de un miembro del equipo es modelado, los parámetros correspondientes son usados para actualizar sus emociones y estrés. Consideramos que la actuación de una persona afecta su estado interno: un éxito será reflejado en un incremento de su seguridad en sí mismo y en su motivación; un fracaso tendrá un impacto negativo en su estrés y motivación. Para modelar esta característica asumimos que la persona conoce (o hace una evaluación interna de) su actuación una vez su tarea asignada se ha terminado (aunque

esta situación exacta casi nunca ocurre en la vida real). La actualización de las emociones y estrés del agente es muy similar al proceso descrito en la sección 5.1. La diferencia reside en los parámetros usados en las premisas de estas reglas difusas como se puede ver en la tabla 3.

<b>Agent performance results</b>
Goals achievement
Timeliness
Individual contribution level
Quality
<b>Internal characteristics</b>
Personality types (CLEAVER): drive, influence, steadiness and compliance.

**Table 3.** Factors that influence the updating of an agent emotions and stress values.

Dado un agente A1 a cargo de la tarea T1,

IF A1 tiene una personalidad *conductiva* con *alta\_intensidad* AND la *calidad* calculada para T1 es *alta* THEN

- La emoción deseo tendrá un incremento\_medio
- La emoción interés tendrá un incremento\_medio
- La emoción aversión permanece\_igual
- La emoción ansiedad permanece\_igual
- El estrés tendrá un decremento\_bajo

IF A1 tiene una personalidad *influyente* con *alta\_intensidad* AND la *puntualidad* calculada para T1 es *baja* THEN

- La emoción interés permanece\_igual
- La emoción aversión tiene un incremento\_medio
- La emoción ansiedad tendrá un incremento\_alto
- El estrés tendrá un incremento\_alto

Las reglas activadas actualizan los parámetros de las emociones y estrés del agente incrementándolas o decrementándolas. Estas nuevas intensidades de emociones y estrés serán parte del nuevo estado interno del agente, y por lo tanto parte de la entrada para la siguiente tarea asignada. El proceso descrito en las secciones 5.1, 5.2 y 5.3 es repetido para todos los miembros del equipo en todas sus tareas asignadas hasta que el proyecto termina y el comportamiento global del equipo es generado.

## 5.4 Implementación del prototipo

Agentes difusos han sido usados para implementar el modelo descrito en las secciones anteriores (descripciones detalladas de plataformas multi-agentes pueden ser encontrada en

[14,15]). El objetivo de cada agente difuso es simular a un miembro real de un equipo de un proyecto estableciendo las características internas de esta persona. Se ha usado el framework JADE para construir el sistema multi-agente; los motores de reglas JESS y FuzzyJess han sido usados para la implementación de los conjuntos difusos y el mecanismo de razonamiento usados para simular la actuación de los agentes. El prototipo ha sido desarrollado con las siguientes asunciones y limitaciones:

- a) Los agentes software no trabajan para resolver ningún proyecto sino para solo simular su interacción con otros agentes y con sus tareas asignadas.
- b) Un conjunto plausible de comportamiento global de un equipo es obtenido haciendo la media de su comportamiento sobre un número estadísticamente significativo de simulaciones.
- c) La configuración más adecuada para el equipo puede ser obtenida comparando los conjuntos de los comportamiento globales para algunas configuraciones de equipos posibles.
- d) No podemos predecir el futuro, así que no podemos garantizar que un equipo tendrá exactamente el mismo comportamiento que la simulación sugiere, pero nuestro objetivo es generar información sobre los posibles patrones de actuación. Esta información puede ser particularmente útil en la identificación de patrones de actuación indeseables y su relación con la configuración del equipo y el asignamiento de tareas.

## 6. Caso de estudio

El siguiente test y validación del modelo ha sido completada en el instituto mexicano del petróleo (IMP), un centro de investigación y desarrollo tecnológico. En IMP como en otras organizaciones, la configuración del equipo del proyecto es fundamental para tener éxito en proyectos grandes y complejos. Además, la configuración del equipo puede ser incluso más importante para proyectos críticos o para trabajar en circunstancias críticas.

Dada la naturaleza interdisciplinar de la institución. los proyectos en el IMP requieren profesionales con trasfondos diferentes, por ejemplo ingenieros de petróleo, químicos o informáticos; psicólogos, sociólogos y economistas entre otros. Las personas pueden estar trabajando en varios proyectos para la exploración, producción, diseño, dirección y entrenamiento entre otros. Hay proyectos en los que solo unas pocas personas son necesitadas (3 hasta 15) y proyectos en los cuales muchos miembros de equipo son necesarios para trabajar juntos (de 10 a 100 o incluso más).

Para probar y validar el modelo, tuvimos que adaptarlo primero a las idiosincrasias y la cultura del IMP, y después comparar los resultados generales obtenidos con los resultados medidos de un equipo real que trabajó en un proyecto reciente en el IMP.

Un proyecto de las tecnologías de la información fue seleccionado para la validación debido a la disponibilidad del project manager, la accesibilidad de los documentos relacionados a la actuación de algunos miembro del equipo, y su reciente fecha de terminación. En particular, el proyecto consistió en el desarrollo e implementación de un Sistema de Información Geográfica (GIS) para el uso interno del IMP.

## 6.1 Adaptando el modelo basado en agentes al IMP

Primeramente entrevistamos a los directores del proyecto para establecer cómo habían seleccionado la gente que trabajaba en el proyecto. Un resultado interesante de esas reuniones fue que las características usadas en nuestro modelo original para representar miembros de un equipo eran muy similares a las características que ellos tuvieron en cuenta para seleccionar personas.

El uso de los parámetros CLEAVER fue añadido porque la mayoría de las personas involucradas en proyectos del IMP habían rellenado cuestionarios CLEAVER como parte de los programas de desarrollos del personal. Esta información era muy valiosa para nosotros, ya que éramos capaces de saber las tendencias de personalidad para el caso de estudio. Los papeles de los agentes fueron los mismos que los usados en el proyecto GIS.

Adicionalmente, un número de nuevas reglas difusas fue configurado. Fuimos capaces de definir 485 reglas difusas divididas en:

- 101 reglas difusas para modificar el estado interno del agente
- 144 reglas difusas para generar la actuación del agente
- 240 reglas difusas para actualizar el estado interno del agente

Todas estas reglas fueron construidas conjunto a un psicólogo del IMP dado su trasfondo y experiencia en el área del comportamiento humano.

## 6.2 Implementación del proyecto GIS/IMP

El agente y las tareas en nuestro modelo han sido configuradas al obtener la información disponible de la gente que trabajaba en las especificaciones del proyecto GIS/IMP. El equipo de trabajo consistió en 23 personas y el proyecto fue dividido (casualmente) en 23 tareas. Las características de las personas son mostradas en la tabla 4 ( los participantes se han hecho anónimos por problemas de confidencialidad). Las tareas del proyecto y sus características se pueden ver en la tabla 5, y su secuencia en la figura 7.

Person	Role	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Agent 1	Project Manager	HE	HT	H	H	H	MH	H	MH
Agent 2	Co-ordinator	M	HT	H	H	H	M	MH	MH
Agent 3	Technician	M	M	ML	M	L	L	L	L
Agent 4	Specialist Jr.	M	M	ML	M	L	L	M	MH
Agent 5	Specialist Sr.	M	M	MH	H	M	L	M	M
Agent 6	Technician	HE	HT	L	M	L	ML	L	L
Agent 7	Specialist Sr.	HI	HA	MH	H	ML	M	M	M
Agent 8	Specialist Jr.	M	M	M	H	L	M	M	M
Agent 9	Specialist Sr.	HE	HT	H	H	ML	H	H	H

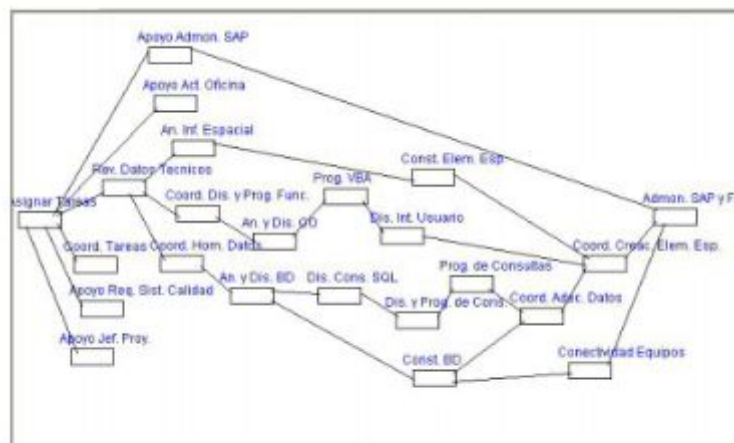
Agent 10	Specialist Jr.	M	M	M	M	L	M	M	M
Agent 11	Technician	M	HA	M	H	L	L	M	M
Agent 12	Specialist Jr.	HE	HT	M	M	L	ML	M	M
Agent 13	Specialist Jr.	HI	M	H	MH	MH	H	H	H
Agent 14	Technician	HE	HT	H	H	MH	H	H	H
Agent 15	Specialist Sr.	M	M	MH	H	M	M	M	MH
Agent 16	Specialist Jr.	M	M	M	M	L	L	M	L
Agent 17	Specialist Sr.	HI	M	MH	H	M	M	MH	MH
Agent 18	Technician	HE	M	ML	ML	L	L	ML	M
Agent 19	Specialist Jr.	M	M	M	M	M	M	M	M
Agent 20	Specialist Jr.	M	HA	M	ML	M	L	M	M
Agent 21	Specialist Jr.	M	M	ML	MH	M	M	MH	M
Agent 22	Technician	M	HT	M	ML	L	M	H	M
Agent 23	Specialist Jr.	HE	HT	H	MH	M	M	H	MH
Parameter				Value					
<b>P1:</b> Introverted/Extroverted				<b>HE:</b> High extroverted					
<b>P2:</b> Prefers to work alone/Prefers to work in a team				<b>HI:</b> High introverted					
<b>P3:</b> Creativity				<b>HT:</b> Highly prefers to work in a team					
<b>P4:</b> Experience				<b>HA:</b> Highly prefers to work alone					
<b>P5:</b> Drive				<b>H:</b> High					
<b>P6:</b> Influence				<b>M:</b> Medium					
<b>P7:</b> Steadiness				<b>L:</b> Low					
<b>P8:</b> Compliance				<b>MH:</b> Medium high					
				<b>ML:</b> Medium low					

**Table 4.** Parameters and initial internal state of the people involved in the GIS/IMP project.

Task	Type	Difficult	Assigned to:
Task Management: <i>Asignar tareas</i>	H	H	Agent 1
Spatial information analysis: <i>Análisis de información espacial</i>	H	H	Agent 4
SAP Administrative Support: <i>Apoyo en la administración SAP</i>	L	L	Agent 19
Personal Assistant: <i>Apoyo en actividades de oficina</i>	L	L	Agent 6
Technical Data Revision: <i>Revisión de datos técnicos</i>	ML	ML	Agent 20
Task Coordination: <i>Coordinación de Tareas</i>	H	H	Agent 14 Agent 17 Agent 21
Support for the Quality Assurance Plan Requirements: <i>Apoyo en la integración de los requerimientos del Sistema Institucional de Calidad</i>	M	M	Agent 11
Project Manager Personal Assistant: <i>Apoyo a la jefatura de proyectos</i>	L	L	Agent 11
Coordination of the design and programming of functions: <i>Coordinación en el diseño y programación de funciones</i>	ML	ML	Agent 2
Data Standards coordination: <i>Coordinación en la homologación de datos</i>	M	M	Agent 2
Object Oriented Analysis and design: <i>Análisis y diseño orientado a objetos</i>	H	H	Agent 3 Agent 5 Agent 10 Agent 12 Agent 13 Agent 14 Agent 16 Agent 21 Agent 22 Agent 23
Data Bases Analysis and Design: <i>Análisis y diseño de bases de datos</i>	H	H	Agent 7 Agent 9 Agent 17
Implementation: <i>Programación en VBA</i>	MH	M	Agent 3 Agent 8 Agent 10 Agent 12 Agent 14 Agent 16 Agent 18 Agent 21 Agent 22 Agent 23

Design of SQL queries: <i>Diseño de consultas en SQL</i>	MH	MH	Agent 14 Agent 21
Design of HCI: <i>Diseño de interfaces de usuario</i>	M	ML	Agent 3 Agent 10 Agent 12 Agent 16 Agent 17 Agent 22 Agent 23
Construction of Spatial elements: <i>Construcción de elementos espaciales</i>	H	M	Agent 4
Implementation of SQL queries (1): <i>Programación de consultas SQL</i>	ML	ML	Agent 8 Agent 18
Implementation of SQL queries (2): <i>Diseño y programación de consultas SQL</i>	M	M	Agent 3 Agent 10 Agent 12 Agent 16 Agent 22 Agent 23
Database implementation: <i>Construcción de bases de datos</i>	M	M	Agent 7 Agent 9 Agent 17
DB Validation: <i>Coordinación en la adecuación de bases de datos</i>	M	M	Agent 2
Spatial Elements validation: <i>Coordinación en la creación de elementos espaciales</i>	M	ML	Agent 2
Software connection: <i>Conectividad entre equipos</i>	M	M	Agent 7 Agent 9
SAP and invoice management: <i>Administración del SAP y facturación del proyecto</i>	M	M	Agent 15
<b>Parameter</b>	<b>Value</b>		
Type: Specialised	H: High		
Difficult: Complexity	MH: Medium High		
	M: Medium		
	ML: Medium Low		
	L: Low		

**Table 5.** Characteristics of the tasks of the GIS/IMP project



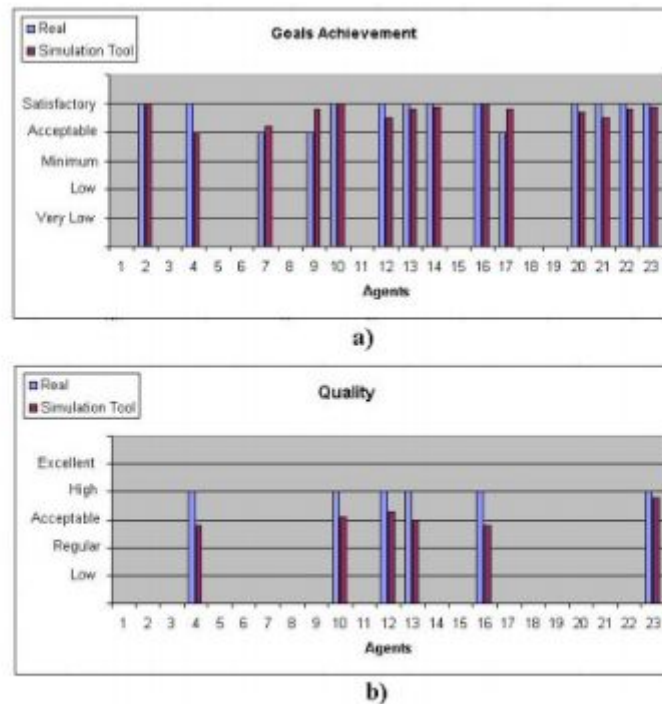
**Figure 7.** Task sequence for the GIS/IMP project

Una vez configurada nuestra herramienta de simulación con la información disponible, comenzamos las simulaciones para observar los resultados. Un parámetro de desviación estándar de 10 fue establecido para el grado de aleatoriedad que afectaba al estado emocional de los miembros del equipo (ver sección 5.1). Con la desviación estándar nos percatamos que después de 35 simulaciones, la variación en los parámetros de actuación para cada persona con respecto a su predicción previa era mínima. Los resultados que se muestran en la siguiente sección se han obtenido después de 40 simulaciones.

## 6.3 Resultados iniciales

Los resultados generados por nuestra herramienta de simulación se compararon con los informes de evaluación proporcionados por el project manager. Desafortunadamente, solo pudimos tener acceso a los informes de 6 de las 23 personas involucradas en el proyecto (con la excepción del parámetro de *cumplimiento de objetivos*, donde los datos de 14 personas

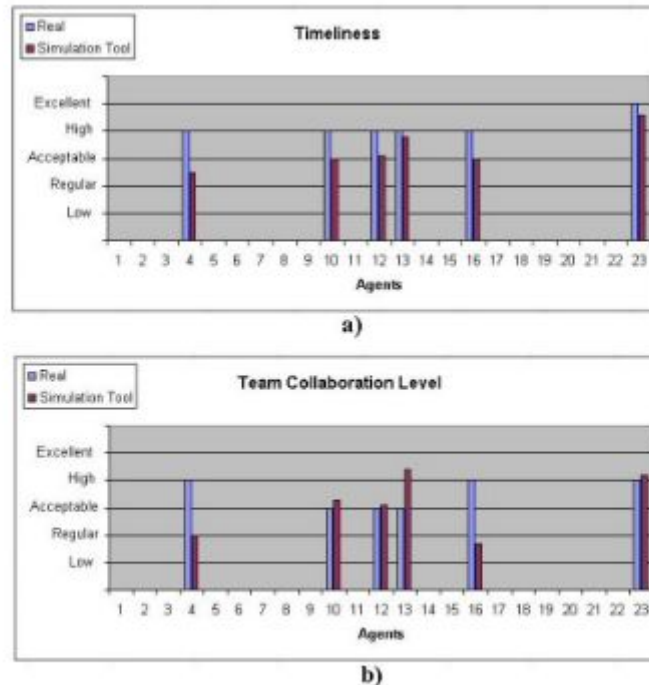
estaban disponibles). Cada uno de los parámetros de las actuaciones predecidas fue comparado con su valor correspondiente obtenido del informe de evaluación. Las figuras 8,9 y 10 muestran esta comparación.



**Figure 8.** Comparison for the "Goals Achievement" and "Quality" parameters among team members and agents performance results

Las barras en azul claro de la figura 8,9 y 10 representan los resultados obtenidos por el equipo real (de acuerdo con los archivos de evaluación de cada miembro del equipo) y las barras de color rojo oscuro representan los resultados predichos por la herramienta software de simulación (por ejemplo la media de las 40 simulaciones para cada agente).

Para el parámetro de "cumplimiento de objetivos" podemos observar que para 11 de las 14 personas el resultados fue muy aproximado; los valores para "Cumplimiento de objetivos" (figura 8a) fueron entre aceptables y satisfactorios para ambos resultados reales y de simulaciones. En el caso de los otro cinco parámetros sólo pudimos obtener los resultados de la evaluación para seis miembros del equipo, e hicimos la comparación con ellos. La evaluación del parámetro de "Calidad" (figura 8b) para las seis personas fue alto, mientras que los resultados generados por la herramienta de simulación presentan diferencias y sólo en dos de los 6 obtuvimos resultados similares (agente 12 y agente 23).



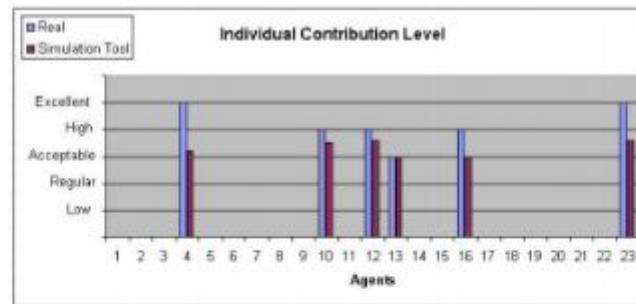
**Figure 9.** Comparison for the “*Timeliness*” and “*Team Collaboration Level*” parameters among team members and agents performance results

Para el parámetro “*puntualidad*” los resultados para dos de las seis personas fue aproximado (agente 13 y agente 23). En los archivos de evaluación, cinco personas presentaron un alto grado de puntualidad y solo una persona presentó resultados excelentes (miembro del equipo 23). Para esta persona los resultados generados por la herramienta de simulación fueron muy similares.

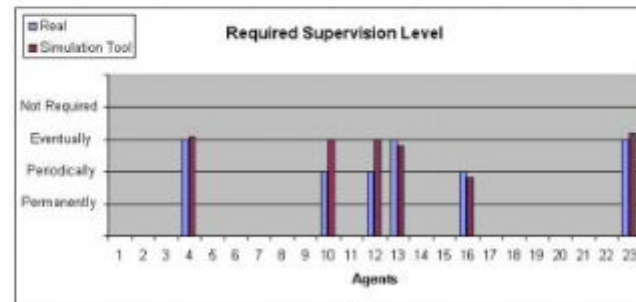
La diferencia entre los datos proporcionados por el project manager y la herramienta de simulación para el parámetro de “*Nivel de colaboración en equipo*” fue más alta que para los otros parámetros, como se puede ver en la figura 9b. Para tres de los seis agentes los resultados fueron aproximados (agente 10,12 y 23). Por otro lado, para tres de los 6 miembros del equipo los resultados para el parámetro de “*Nivel de contribución individual*” fueron bastante similares (agentes 10,12 y 13, figura 10a).

El parámetro “*Nivel de supervisión requerida*” mostró los valores más aproximados entre los reales y los resultados de la simulación. En cuatro de los seis agentes la diferencia entre ellos fue muy pequeña (agentes 4,13 y 23). En ambos casos el rango de valores para este parámetro fue desde “*Periódicamente*” a “*Finalmente*”.





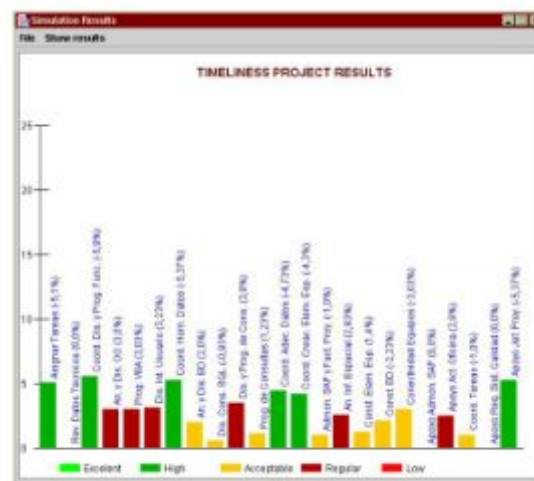
a)



b)

**Figure 10.** Comparison for the “Individual Contribution Level” and “Required Supervision Level” parameters among team members and agents performance results

La figura 11 muestra los resultados globales del equipo mediante los parámetros “puntualidad” y “calidad” para cada una de las 23 tareas. Para esta configuración del equipo la calidad de la actuación tuvo valores entre “Aceptables” y “Altos”. En términos de puntualidad, los valores fueron de “Regular” a “Alto”.



a)

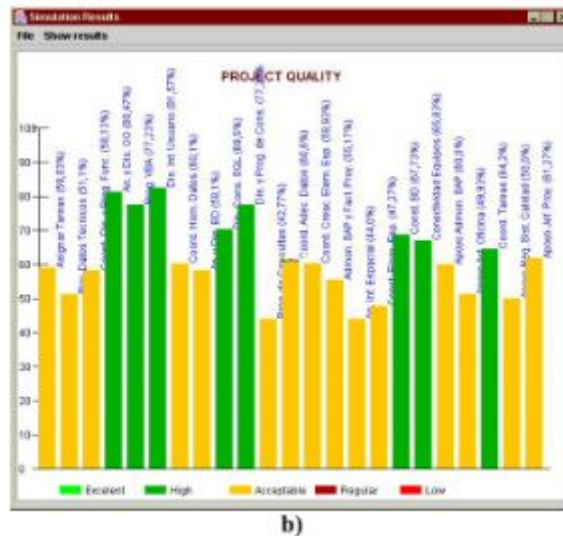


Figure 11. Global results: "Timeliness" and "Quality"

## 6.4 Discusión

La actuación de la gente (y agentes) se ve fuertemente afectada por los valores de los parámetros CLEAVER. Valores bajos para estos parámetros generan valores bajos en la mayoría de los otros parámetros de evaluación (ver, por ejemplo, agente 16). Por otro lado, valores altos para los parámetros CLEAVER y valores altos en parámetros relacionados en características sociales hicieron mejorar la actuación (ver agente 23).

El parámetro *dificultad de la tarea* influencia el comportamiento del miembro del equipo. El agente 11 estuvo a cargo de 2 tareas (sin miembros del equipo en ambas tareas), y una de esas tareas fue de dificultad media. El resultado del comportamiento para cada uno de los seis parámetros fue mejor para tareas de dificultad baja que para tareas de dificultad media (ver figura 12).

Se puede objetar que la mayoría de los resultados depende de las reglas de configuración, a pesar de eso, en la mayoría de los casos, la simulación y los resultados del proyecto GIS/IMP fueron similares. Sin embargo, debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Desafortunadamente, no pudimos tener acceso a la información de todos los trabajadores del proyecto. Sin embargo, el proyecto GIS/IMP fue completado a lo largo del 2003, y tuvimos la oportunidad de hablar con el project manager y algunas de las personas que trabajaron en el proyecto. Sus comentarios fueron que, dadas las limitaciones software (ausencia de algunas políticas de la institución, tales como involucración del cliente y directores de servicios entre otras), las predicciones iniciales pueden ser consideradas útiles y se asemejan a una parte de la realidad.
- El project manager rellenó los documentos de evaluación donde los resultados de los miembros del equipo fueron archivados. Esta evaluación está acorde a la percepción del project manager y, en muchos casos, el/ella no trabajó directamente con algunos de los miembros del equipo. En estos casos, el project leader evaluó a la persona de acuerdo con la satisfacción del cliente sobre la entrega final del proyecto.

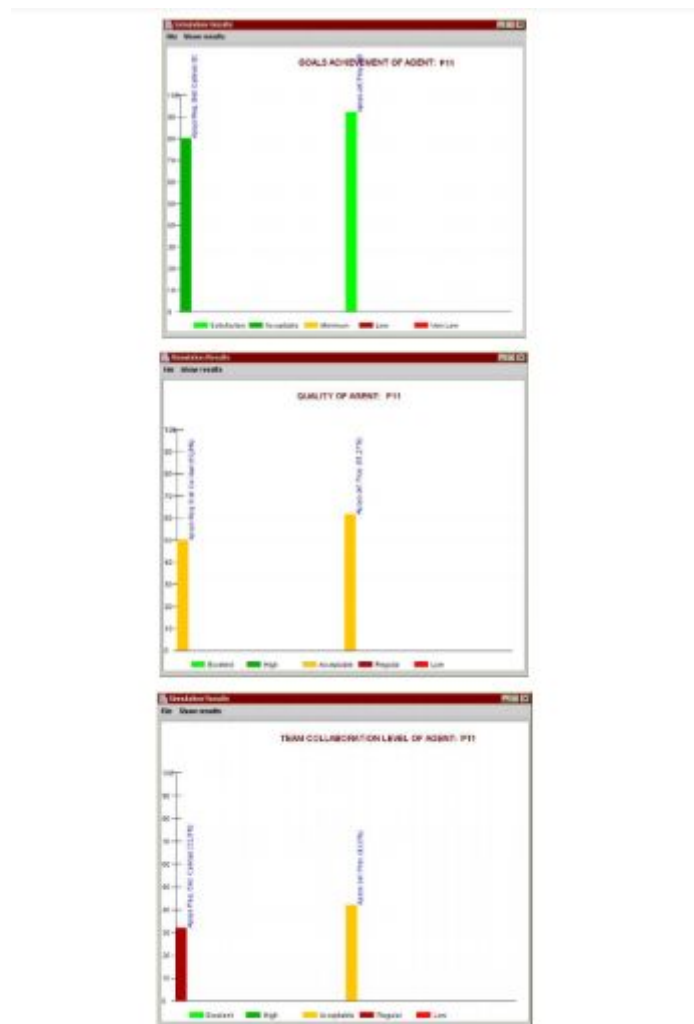


Figure 10. Effect of the type of task on the performance of an agent

- Los tipos de parámetros de personalidad para cada agente fueron establecidos de acuerdo con los resultados de la aplicación de la técnica CLEAVER. Sin embargo, estos valores de parámetros como *creatividad* o *experiencia* fueron configurados conforme a la percepción y experiencia de uno de los coordinadores del proyecto respecto a su interacción con los otros miembros del equipo.

Hemos comparado los resultados para un sólo proyecto. Como resultado de estos resultados iniciales, los directores del IMP han mostrado un gran interés en aplicar este modelo para más proyectos. Una vez la información nueva se vuelva disponible, planeamos usarla para futuras comparaciones y validaciones (el IMP planea finalizar este trabajo en 8 meses).

## 7. Conclusiones

Hemos presentado el uso de la lógica difusa para modelar el comportamiento humano en el trabajo. La lógica difusa es usada para representar un conjunto de características humanas

seleccionadas que influyen la actuación de las personas cuando se les asigna un trabajo. De este conjunto de características humanas, hemos modelado el comportamiento humano como consecuencia de sus interacciones entre los miembros del equipo con sus otras tareas asignadas. Usamos reglas difusas para modelar este comportamiento y predecir la actuación posible para cada persona sobre su tarea asignada y se ha presentado un conjunto de resultados posibles a partir de la actuación de un equipo completo. Se ha presentado una validación inicial de este modelo propuesto y los resultados obtenidos se han discutido.

Incluso con el conjunto alentador de los resultados de la validación inicial, es patente que son necesarios más tests con otros casos de estudio para mejorar la validación general del modelo. En este momento, la institución donde hemos desarrollado el caso inicial de estudio se ha interesado en aplicar este modelo en más proyectos internos e integrarlo como parte de conocimiento del sistema de dirección.