



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

¿PODEMOS VISIBILIZAR EL CLIMA EMOCIONAL DE UN AULA VIRTUAL?

Una aproximación a través de machine learning

Pousada, Modesta
Universitat Oberta de Catalunya
Estudis de Psicologia i Ciències de l'Educació
Rambla Poblenou, 156. 08018 Barcelona. España
mpousada@uoc.edu

Caballé, Santi
Universitat Oberta de Catalunya
Estudis de Informàtica, Multimèdia i Telecomunicació
Rambla Poblenou, 156. 08018 Barcelona. España
scaballe@uoc.edu

Hernández Encuentra
Universitat Oberta de Catalunya
Estudis de Psicologia i Ciències de l'Educació
Rambla Poblenou, 156. 08018 Barcelona. España
ehernandez@uoc.edu

Conesa, Jordi
Universitat Oberta de Catalunya
Estudis de Informàtica, Multimèdia i Telecomunicació
Rambla Poblenou, 156. 08018 Barcelona. España
jconesac@uoc.edu

Gómez-Zúñiga, Beni
Universitat Oberta de Catalunya
Estudis de Psicologia i Ciències de l'Educació
Rambla Poblenou, 156. 08018 Barcelona. España
bgomezz@uoc.edu

Armayones, Manuel
Universitat Oberta de Catalunya
Estudis de Psicologia i Ciències de l'Educació
Rambla Poblenou, 156. 08018 Barcelona. España
marmayones@uoc.edu



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

1. RESUM:

Este trabajo presenta los primeros resultados de un proyecto de innovación docente llevado a cabo en la Universitat Oberta de Catalunya. El proyecto consiste en el desarrollo de una herramienta para medir y representar el clima emocional de un aula virtual, a lo largo del curso.

Esta representación permitiría a los profesores detectar momentos críticos (como ansiedad justo antes de una fecha límite o confusión frente a una nueva tarea), para realizar intervenciones oportunas y efectivas.

2. ABSTRACT:

This paper presents the first results of a teaching innovation project carried out at the Universitat Oberta de Catalunya. Analyzing students' messages, the project developed a learning machine tool to measure and represent the classroom emotional climate, as the course went by.

This representation would allow lecturers to detect critical moments (such as anxiety just before a deadline or confusion in front of a new task) for timely and effective interventions in their classrooms.

3. PARAULES CLAU: 4-6

espacios virtuales de aprendizaje, emoción, aprendizaje automático, experiencia de aprendizaje

4. KEYWORDS: 4-6

online learning environments, emotion, machine learning, learning experience



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

5. DESENVOLUPAMENT:

1. Introducción

Cuando aprendemos, ponemos en juego no sólo nuestras habilidades cognitivas, sino también nuestras emociones. La literatura científica así lo pone de manifiesto, incidiendo en que las emociones están relacionadas con la motivación, la autorregulación y, en definitiva, con el rendimiento académico de los estudiantes (Boekaerts, 2010; Hasher, 2010, entre otros). En este sentido, la identificación de las emociones de los estudiantes es un aspecto clave para promover una mejor experiencia de aprendizaje y para regular las relaciones entre los que aprenden y los que enseñan.

De hecho, los últimos informes del Centre for Educational Research and Innovation de la OCDE indican que la atención a las emociones es uno de los siete principios que han de orientar el desarrollo de los contextos de aprendizaje en el siglo XXI (Dumond, Istance & Benavides, 2010). En el caso del aprendizaje *on line*, cuando estudiante y profesor no comparten espacio ni tiempo, cuando lo que se produce es una relación no presencial y asíncrona, basada en el texto escrito y no en la comunicación cara a cara, es todavía más importante ser capaz de detectar y de responder de manera adecuada a las emociones del otro.

A pesar de que hay en el mercado productos y sistemas *on line* que permiten detectar las emociones de los usuarios en los campos del marketing, el ocio o la seguridad, su aplicación al ámbito del aprendizaje y, específicamente, del aprendizaje en contextos virtuales es todavía muy reducida (Feidakis, Daradoumis, Caballé & Conesa, 2014).

El que presentamos es, precisamente, un proyecto que hemos desarrollado para hacer un análisis de las emociones de los estudiantes de la Universitat Oberta de Catalunya (Pousada et al., 2017).

En nuestra Universidad, contamos con dos elementos diferenciales que la hacen un espacio privilegiado para poder extraer beneficios de un análisis de las emociones de los estudiantes:

1. Disponemos de aulas virtuales con foros, unos espacios de comunicación que registran las intervenciones de los estudiantes, lo que constituye un banco de datos muy útil.
2. No sólo tenemos registradas las intervenciones de los estudiantes, sino que éstas van más allá de los contenidos estrictamente académicos. A menudo dan pie a una manifestación explícita o implícita de sus emociones, de forma que permiten un análisis que supera el contexto de interacción formal.



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

Estas dos ventajas diferenciales en relación con otros contextos de aprendizaje nos permiten hacer un análisis de polaridad sobre las emociones manifestadas por los estudiantes a través de sus mensajes en los foros para conseguir representaciones gráficas de las mismas, es decir, un "termómetro emocional" que representa el clima emocional positivo o negativo de cada una de nuestras aulas.

Con este proyecto hemos querido, pues, visibilizar las emociones implicadas en la experiencia de aprendizaje online de nuestros estudiantes, como un mecanismo para monitorizarla, apoyarla y poderla mejorar. Para conseguirlo, hemos diseñado un instrumento que informa al profesor del estado emocional de su aula a partir del análisis de sentimiento del contenido de los mensajes que escriben los estudiantes y a través de su representación gráfica.

2. Método

2.1. Categorías para las emociones

En el contexto de las aulas virtuales de la UOC, los estudiantes comparten y discuten sus ideas en el espacio de foro, enviando mensajes de texto. Estos mensajes, acostumbran a incluir información de carácter cognitivo (preguntas, argumentaciones, explicaciones, etc.) pero también información de carácter emocional y social.

Nuestro objetivo era, pues, diseñar y poner en marcha de forma experimental una herramienta que automáticamente analizara cada uno de los mensajes enviados por los estudiantes, que llevara a cabo una clasificación emocional de los mismos y, a partir del conjunto de mensajes, ofreciera al profesor del aula una visualización del clima emocional y de cómo éste iba evolucionando a lo largo del tiempo.

Para poder clasificar los mensajes de texto en función del estado emocional que expresaban, hemos tenido en consideración diversas teorías y clasificaciones de las emociones, utilizando como referente el modelo de Russell (1980) y decantándonos finalmente por los siguientes componentes de las emociones (ver los detalles del modelo en Pousada et al., 2017):

-La valencia de una emoción, categorizándola como positiva, negativa o neutra. Esta categorización nos ha permitido situar la emoción en una polaridad reconocible y fácilmente analizable. Estas tres categorías son, a priori, sencillas, exhaustivas y suficientemente descriptivas para el objetivo que nos planteábamos.



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

- El nivel de activación. En el caso de emociones individuales, el nivel de activación hace referencia a la intensidad con que la persona manifiesta la emoción (sea cual sea ésta). En nuestro caso, al querer obtener el clima emocional del aula en su conjunto y no de uno de los estudiantes en particular, hemos tomado como medida de activación el nivel de participación del aula. Hemos considerado que una alta o baja activación del aula puede acabar de definir a una emoción e incluso contextualizarla de una manera más precisa. Por ejemplo, el envío de dos mensajes categorizados como negativos a un aula que tiene un nivel de participación mucho más alto, seguramente no puede interpretarse de la misma forma que estos dos mensajes negativos enviados a un aula con una participación muy reducida. Así pues, el nivel de activación de una emoción individual, en nuestro caso, queda recogido o contemplado al contextualizar cada mensaje en función del nivel de participación de cada aula.

2.2. Diseño y prototipo de la herramienta

La herramienta que diera respuesta a nuestra necesidad debía cumplir, como decimos, dos requerimientos funcionales indispensables:

- La clasificación de los mensajes enviados por los estudiantes en las tres categorías indicadas (mensajes positivos, negativos o neutros).
- La visualización de esta clasificación a través de una representación gráfica que mostrara este clima emocional del aula y su evolución a lo largo del tiempo.

Para conseguir el primero de estos requisitos, la clasificación de los mensajes, utilizamos técnicas de *machine learning* y de *sentiment analysis* en dos pasos sucesivos. El primero de estos pasos supuso obtener un conjunto de ítems de entrenamiento, que construimos a partir de mensajes enviados por los estudiantes durante el semestre inmediatamente anterior; estos mensajes (un total de 700) fueron clasificados manualmente por un grupo de profesores en las tres categorías que queríamos definir (positivos, negativos o neutros, desde el punto de vista emocional). El procedimiento para su categorización fue el de considerar el texto completo del mensaje y etiquetarlo en una de las tres categorías establecidas; esta tarea la realizaron cinco profesores a partir de su experiencia docente y de forma independiente unos de otros; posteriormente, esta categorización fue discutida, ítem a ítem, de manera conjunta, a fin de obtener un acuerdo para cada mensaje y, así, poder utilizarlo como elemento de entrenamiento de la herramienta.

Para poder implementar el algoritmo de clasificación, el segundo paso consistió en extraer, a partir de técnicas de *sentiment analysis*, una serie de indicadores de este conjunto de entrenamiento que, por sí mismos, podían ser elementos informativos clave para el algoritmo. Así pues, se tuvieron en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

- La relevancia de las palabras utilizadas en los mensajes de entrenamiento (eliminando artículos y adverbios, por ejemplo, y considerando sólo nombres, adjetivos y verbos).
- La frecuencia de las mismas.
- Su valor emocional a partir de la categorización realizada por los expertos.
- Ciertos elementos indicadores de alguna emoción (como podrían ser los puntos suspensivos, varios signos de interrogación también sucesivos, etc.).

La validación de la herramienta final se realizó utilizando la técnica *k-fold cross validation*, en un proceso en que k=10 (Powers, 2011):

- Dividimos el conjunto de entrenamiento en 10 partes iguales.
- Cada parte se utilizó nueve veces como fuente de entrenamiento y una vez para testear el algoritmo.
- Se obtuvieron puntuaciones de ajuste de cada prueba.

Este proceso se repitió para diferentes métodos de *learning machine* y con diferentes algoritmos para cada método. Una comparación de las puntuaciones de ajuste en cada caso nos permitió obtener el algoritmo que mejores resultados ofrecía cuando era testeado.

El segundo requerimiento implicaba la obtención de un prototipo que proporcionara una representación gráfica del clima emocional del aula y su evolución a lo largo del tiempo. En las figuras 1 y 2 mostramos cómo se concretó esta representación gráfica.

(Insertar figuras 1 y 2)

La figura 1 muestra cómo se visualizaban los datos diarios; es decir, para cada día del semestre, la herramienta ofrecía la información de cuántos mensajes positivos, negativos o neutros se habían recibido en el foro de un aula. La línea horizontal es la que mostraba el nivel de participación del aula, puesto que indicaba la media (hasta ese momento puntual) de mensajes diarios que se recibían en el foro. Como decíamos, esta medida nos permitía obtener el “nivel de activación” del aula.

Esta información se podía visualizar también agrupada por semanas (figura 2). Y, por otro lado, desde la propia representación gráfica, el docente y cualquiera que estuviera registrado podía acceder al contenido de los mensajes que habían sido categorizados, para comprobar de forma directa qué es lo que estaban diciendo los estudiantes y para, en caso de no estar de acuerdo con la categorización automática, hacer una recategorización del mensaje. De este modo, se disponía



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

de un sistema continuado de corrección y de alimentación de la propia herramienta.

(Insertar figura 3)

Desde nuestro punto de vista, disponer de estos datos, podría permitir al docente identificar momentos que pueden ser significativos emocionalmente y desarrollar acciones para darles respuesta.

3. Evaluación

Para propósitos de evaluación, se llevó a cabo un experimento limitado con una instancia del prototipo descrito en el apartado anterior en las aulas virtuales de la UOC. Un total de 10 aulas de 6 asignaturas de Grado pertenecientes a los departamentos de Psicología y de Informática participaron en un estudio exploratorio durante el semestre de primavera de 2017. Como fuente de información, se consideró únicamente la participación de los estudiantes en los foros de estas aulas, de la que se han extraído estadísticos descriptivos del número de mensajes y su polarización emocional (apartado 3.1).

Por otra parte, los profesores participantes tuvieron acceso a la información sobre el estado emocional de sus aulas a partir de informes diarios consistentes en un mensaje a buzón privado notificando el número de mensajes recibidos por categoría (figura 4) y una información explicativa de esos mensajes consultable en la herramienta (figuras 1 y 2). Estos profesores participaron además en una evaluación cualitativa mediante una encuesta (apartado 3.2).

(Insertar figura 4)

3.1. Evaluación cuantitativa

En la siguiente tabla observamos que se categorizaron un total de 2.139 mensajes, que durante el curso fueron enviados a los foros de las diferentes aulas que participaron en el estudio. La media diaria durante los 134 días naturales del curso (entre el 22 de febrero y el 6 de julio de 2017) fue de $M=3,71$, pero con una alta dispersión en la participación ($DE=4,15$); este dato confirma que los estudiantes tienen necesidad puntual pero intensa de ayuda en forma de dudas y resolución de problemas.

(Insertar figura 5)

Por otra parte, en la figura 4 se observa un porcentaje relativamente bajo de mensajes que no



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

pudieron ser clasificados por razones técnicas (11,2%) y que fueron categorizados como 'Unknown' (descartados). A efectos de polarización, del total de mensajes útiles, casi la mitad de ellos (49,2%) son emocionalmente neutros, mientras que un 31,1% expresan una emoción positiva y el 19,7% restante expresan una emoción negativa. Por lo tanto, podemos concluir que la polarización emocional es relativamente baja.

En cuanto a la fiabilidad de la herramienta, en la figura 6 podemos ver cuántos mensajes, en función de las distintas categorías, fueron recalificados por los investigadores. Comprobamos que los mensajes que el sistema automático consideraba negativos fueron los que recibieron más recalificaciones (un 18,44% de estos mensajes fue recalificado), mientras que los errores en el caso de mensajes considerados positivos fueron mínimos (sólo se recalificó un 0,84% de los mismos).

(Insertar figura 6)

Finalmente, respecto a la relación entre participación y polarización emocional, se observa en todas las asignaturas picos de participación durante el curso que coincide con una actividad de aprendizaje compleja que conlleva una polarización más alta de la media. A modo de ejemplo, la siguiente tabla (figura 5) muestra dos momentos problemáticos durante el curso de una asignatura, cuando se genera una polarización negativa relativamente alta en el foro que se va diluyendo con los días por la acción del profesor quien, en parte gracias al conocimiento del clima emocionalmente negativo del aula, actúa y revierte la situación emocional.

(Insertar figura 7)

3.2. Evaluación cualitativa

Una vez finalizado el curso, se pidió a los profesores participantes en la experiencia que cumplimentaran una encuesta online sobre diferentes aspectos de la herramienta. Sólo 5 de los 10 profesores enviaron la encuesta (50% de participación). Ésta consistió en 25 preguntas que podían ser evaluadas en una escala Likert del 1 al 7. Las preguntas hacían referencia a distintos aspectos, como: la importancia de las emociones en los procesos de enseñanza-aprendizaje; la utilidad del Termómetro emocional para la detección de emociones en el aula y para la toma de decisiones; su usabilidad y la satisfacción con su funcionamiento.

(Insertar figura 8)



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

Los resultados promedio de todas las preguntas se encuentra en la media ($M=4$; $DE=0,7$), con algunas excepciones por encima de la media, como las preguntas F2 ($M=4,6$; $DE=2,2$) y T2 ($M=5$; $DE=2,5$) que consideran que la información emocional que la herramienta proporciona al profesor es clara y actualizada. Por otra parte, la satisfacción general con la herramienta obtiene un resultado medio ($M=3,8$; $DE=2,9$), lo que se considera aceptable teniendo en cuenta el carácter exploratorio e incipiente de la herramienta. La fuerte dispersión de las opiniones ($DE=2,9$) confirma este aspecto exploratorio de la experiencia. Por último, se confirma la importancia de la dimensión emocional en el aprendizaje (pregunta M1) con unos resultados muy por encima de la media y con todas las opiniones alineadas ($M=6,8$; $DE=0,4$).

4. Conclusiones

La principal conclusión de nuestro estudio es que ha sido posible generar una herramienta que evalúa el estado emocional de nuestras aulas y que permite representar este estado de una manera sencilla y fácil de consultar.

Por los datos que tenemos, esta herramienta tiene una elevada fiabilidad cuando se trata de etiquetar mensajes que manifiestan un estado emocional positivo o neutro, pero esta fiabilidad disminuye en el caso de mensajes calificados como emocionalmente negativos.

Este último aspecto es, a nuestro juicio, muy relevante, puesto que una de las principales virtudes de un buen docente es ser sensible a situaciones que puedan generar estrés, disconformidad o apatía entre sus estudiantes, a fin de poner en marcha aquellas acciones que puedan modificar ese clima emocional y evitar futuros conflictos.

El objetivo de inicial de nuestro proyecto era que el docente de una asignatura específica, pero también los responsables académicos de los programas, pudieran disponer de una herramienta útil para realizar un seguimiento de distintos aspectos de la docencia y su efecto en las emociones de los alumnos. Las evaluaciones realizadas por los docentes sobre la usabilidad de la herramienta, la información que aporta y su utilidad final, no nos permiten asegurar que hayamos alcanzado este objetivo. Así, por un lado, sólo la mitad de los docentes han respondido nuestro cuestionario; por otro, los datos de sus evaluaciones no son en absoluto concluyentes, puesto que presentan una enorme dispersión.

Sin embargo, hay un aspecto en el que todos los docentes coinciden, y es en señalar la gran influencia de los aspectos emocionales en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Si esto es así, probablemente es en los entornos virtuales, que progresivamente se van



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

implantando tanto en la enseñanza reglada como en la no reglada, donde este hecho adquiere mayor importancia. Por ello, en los próximos años, deberemos ver nuevos proyectos en los que la tecnología (es decir, herramientas de inteligencia artificial, de *sentiment analysis*, etc.) se utilice para monitorizar no únicamente de los aspectos relacionados con el estado emocional del aula, sino, y sobre todo, las implicaciones que el estado emocional pueden tener en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Muy probablemente, en este contexto futuro será necesaria la utilización conjunta de diversos sistemas de evaluación de las emociones (fisiológicos, conductuales, autoinformes, etc.). La convergencia de estas distintas fuentes de información convertirá los datos aportados en una información fiable para la toma de decisiones.

En este sentido, nuestro trabajo es una modesta aportación en el análisis de la dimensión emocional de la enseñanza virtual; línea que sin duda va a mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje y la atención a las necesidades, también emocionales, de los estudiantes en nuestras aulas.



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

FIGURA O IMAGEN 1

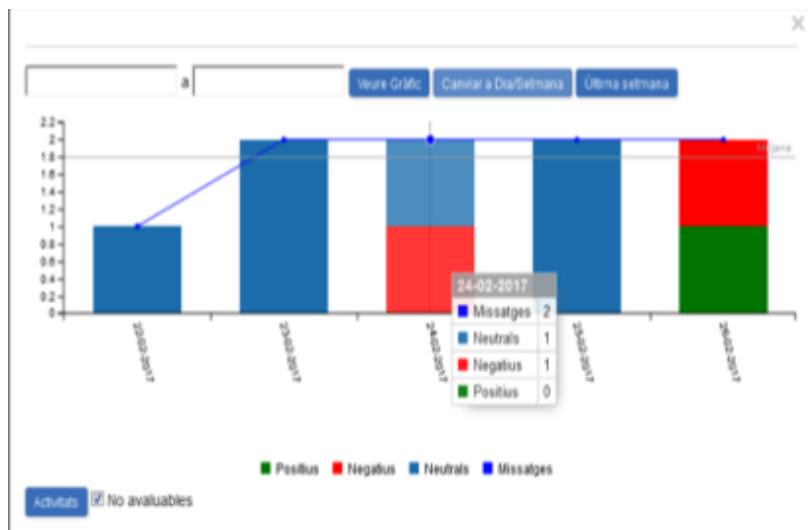
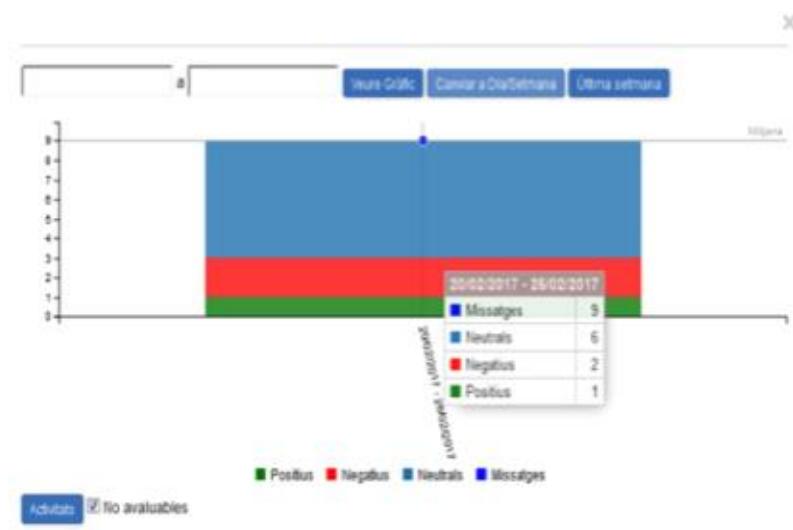


FIGURA O IMAGEN 2





ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

FIGURA O IMAGEN 3

UOC Universitat Oberta de Catalunya

TERMÓMETRE EMOCIONAL

Change system category

Hola. He estado revisando las soluciones del ejercicio 2 de la pac que indico en el asunto del mensaje y no entiendo como puede funcionar la sentencia taquillera(P) :- pelicula(P), actua(PA), actor(A), famos(A) ya que no recibe como parámetro la variable A. Como sabe de qué actor hablamos, si del a o del b? ¿Acaso hace un recorrido por todas las definiciones de actua(), actor() y famos() y las combina hasta encontrar o no un valor true? Gracias!! Hello world! David Carmona. Estudiante de Ingeniería informática. www.davidcarmonamaroto.com Twitter: @Davidwalker2235 LinkedIn: es.linkedin.com/pub/david-carmona-maroto/27/478/708/

1. The system category is negative:

2. Observations:

Send to experts evaluation

Other experts opinions

User:	Category	Observations:	Last Update
fgeva	negative	Per quin motiu és negatiu? vol dir que com està fent prenentes i té	March 6, 2017, 2:47 p.m.
ehernandez	neutral		March 6, 2017, 2:47 p.m.

FIGURA O IMAGEN 4

----- Missatge reenviat -----
De: **TEPLD <elearnlab@uoc.edu>**
Data: 16 de juny de 2017 a les 8:50
Assumpte: Resum diari
Per a: ehernandez@uoc.edu

A continuació es mostra el detalls dels nous missatges analitzats

Assignatura	Missatges	Positius	Neutrals	Negatius	No categoritzats
T62_10_501_01 (Psicologia del desenvolupament i aula 1)	3	1	0	1	1

Recorda que pots accedir al termometre emocional des d'aquest enllaç: <http://data.elearnlab.org:8081/TEPLD/classrooms/>



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

FIGURA O IMAGEN 5

	TOTAL	%	TOTAL útil	% útil	Media diaria (M)	Desv Est diaria (DE)
Mensajes	2139	100	1899	100	3,71	4,15
Positivos	591	27,6	591	31,1	1,02	1,95
Negativos	374	17,5	374	19,7	0,65	1,05
Neutral	934	43,7	934	49,2	1,62	2,22
Unknown	240	11,2	NA	NA	NA	NA

FIGURA O IMAGEN 6

	TOTAL	%	Recalificados	% Recalificados	Recalificados por más de una persona
Mensajes	2139	100	125	5.84	123
Positivos	591	27,6	5	0.84	5
Negativos	374	17,5	64	18.44	62
Neutral	934	43,7	34	3.74	35
Unknown	240	11,2	21	8.75	21

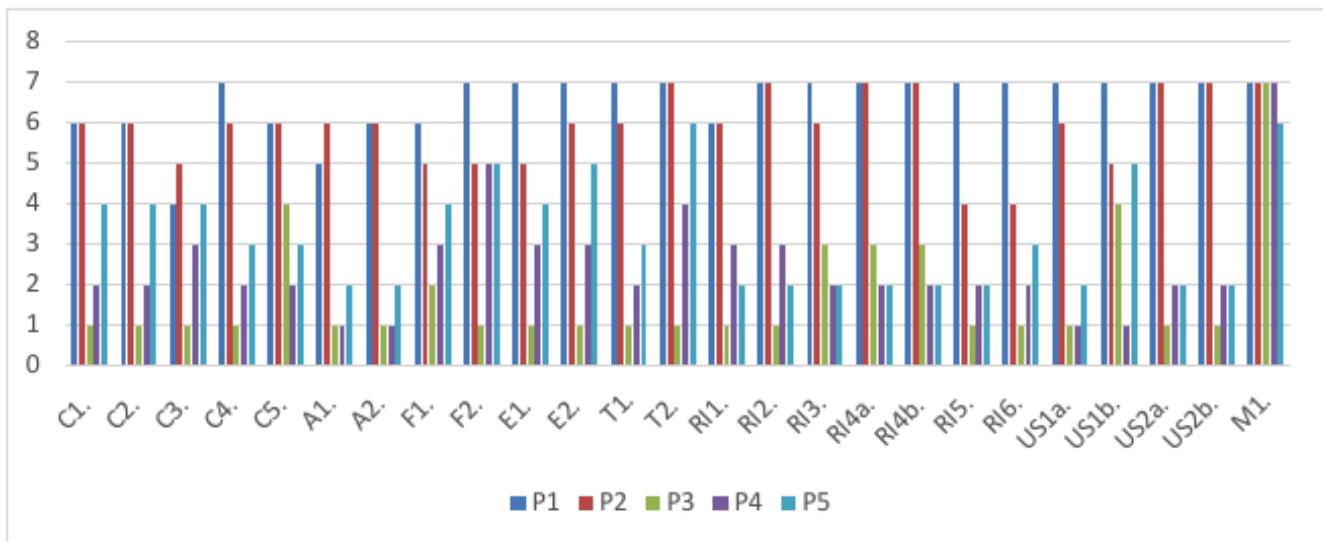
FIGURA O IMAGEN 7

Asignatura	Fecha	Mensajes	Positivos	Negativos	Neutral
162_05_585_01	2017-03-17	18	1	7	10
162_05_585_01	2017-03-18	36	9	4	23
162_05_585_01	2017-03-19	11	4	3	4
162_05_585_01	2017-03-20	18	3	2	13
162_05_585_01	2017-04-16	11	1	8	2
162_05_585_01	2017-04-17	2	0	0	2
162_05_585_01	2017-04-18	7	1	1	5



ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

FIGURA O IMAGEN 8





ESPAIS D'APRENENTATGE: AGENTS DE CANVI A LA UNIVERSITAT

6. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES (segons normativa APA)

- Boekaerts, M. (2010). The crucial role of motivation and emotion in classroom learning. In H. Dumont, D. Istance & F. Benavides (Eds.). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. OECD Publishing. DOI: 10.1787/9789264086487-en
- Dumont, H., Istance, D. & Benavides, F. (2010) (Eds.). *The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice*. OECD Publications.
- Feidakis, M., Daradoumis, Th., Caballé, S. & Conesa, J. (2014). Embedding Emotion Awareness into E-Learning Environments. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 9 (7), 39-46.
- Hasher, T. (2010). Learning and motivation: perspectives for theory and research. *European Educational Research Journal*, 9 (1), 13-18.
- Pousada, M., Caballé, S., Conesa, J., Bertrán, A., Gómez-Zúñiga, B., Hernández, E., Armayones, M., Moré, J. (2017). Towards a Web-based Teaching Tool to Measure and Represent the Emotional Climate of Virtual Classrooms. *Proceedings of the 5th International Conference on Emerging Intelligent Data and Web Technologies*, pp. 314-327. Springer.
- Powers, D.M.W. (2011). Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness & Correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*. 2 (1), 37–63.
- Russell, J.A. (1980). A Circumplex Model of Affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39 (6), 1161-1178