



UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE MATEMÁTICA, FÍSICA Y COMPUTACIÓN

**Diseño de un sistema de recomendación de recursos educativos basado
en las emociones reflejadas por los estudiantes**

Trabajo de Diploma

Licenciatura en Ciencia de la Computación

Autor: Karen Afonso Echevarría

Tutor: Roberto Vicente Rodríguez

Santa Clara, Cuba, 2017

Dedicatoria

***A mi madre, a mi padre, a mis tíos y primos, a todos mis amigos y personas
que me acompañaron e influyeron en mi vida hasta este día.***

Agradecimientos

Primeramente a mis padres por el gran sacrificio que hicieron para que mi sueño de poder graduarme se cumpliera. Agradecer sobre todo a mi madre que hizo un gran esfuerzo y muchas veces sin poder, siguió luchando para que pudiera terminar la carrera.

A mis tíos y primos por incentivarme cada día a seguir esforzándome en los estudios.

A la persona que influenció en mí grandemente y fue mi ejemplo a seguir a mi tutor Roberto Vicente Rodríguez, le agradezco mucho pues gracias a su ayuda y comprensión logré cumplir mis objetivos.

A mis amigos de la carrera por ayudarme incondicionalmente estos años que para mí han sido una experiencia inolvidable ya que compartir con ellos en todo momento fue una motivación para seguir adelante en la carrera.

Resumen.

Actualmente existen diversos repositorios de recursos educativos los cuales brindan apoyo a los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. No obstante uno de los problemas que se les presentan a los estudiantes, al hacer búsquedas específicas de recursos en diferentes repositorios, es que se encuentran con un gran número de resultados y en ocasiones pierden demasiado tiempo para seleccionar un recurso o no encuentran lo que necesitan. En este trabajo se presenta el diseño de un sistema de recomendación de recursos educativos basado en técnicas de computación afectiva, con base en un análisis emocional del estudiante haciéndolo adaptable a las necesidades del mismo. Se describe a detalle el proceso de recomendación basado en filtrado colaborativo y el proceso de obtención de la emoción.

Palabras-clave: filtrado colaborativo, sistemas de recomendación, computación afectiva

Abstract.

Currently there are several repositories of educational resources that provide support to students in the teaching-learning process. However, one of the problems students face when searching for specific resources in different repositories is that they find a large number of results and sometimes lose too much time to select a resource or find what they need. In this work we present the design of a system of recommendation of educational resources based on affective computing techniques that will allow to locate educational resources based on an emotional analysis of the student that makes it adaptable to the needs of the user. The recommendation process based on collaborative filtering and the process of obtaining emotion is described in detail.

Keywords: Filtrate Collaborative, Recommender Systems, Affective Computing.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	1
I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO .5	
I.1. Emociones.....	5
I.1.1. Funciones de las emociones.	6
I.1.2. Tipos de emociones.	8
I.1.2.1. Descripción de algunas emociones.	10
I.1.3. Emociones en el Aprendizaje.	13
I.2. Expresiones Faciales.....	15
I.2.1. Detección de la cara.....	15
I.2.2. Reconocimiento de emociones en expresiones faciales.	16
I.3. Computación Afectiva.	17
I.3.1. Aplicaciones de la Computación Afectiva.	18
I.3.2. Uso de la Computación Afectiva en la Educación.	19
I.4. Sistemas de Recomendación.....	21
I.4.1. Clasificación general.	22
I.4.2. Problemas generales de los sistemas de recomendación.	23
I.4.3. Sistemas de Filtrado Colaborativo.....	25
I.4.3.1. Funcionamiento de los filtros colaborativos.	25
I.4.3.2. Clasificación.....	26
I.4.3.3. Dominios afines del sistema.....	29
I.4.3.4. Problemas usuales en los sistemas con filtrado colaborativo.....	31
I.4.4. Tendencias generales en los sistemas de recomendaciones.	32
I.5. Conclusiones parciales.....	33
II. FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.	35
II.1. Lenguajes propuestos en el diseño.....	35
II.1.1. Java Script.	36

TABLA DE CONTENIDO

II.1.2.	CSS3.....	37
II.1.3.	HTML5.....	37
II.1.4.	Python.....	39
II.2.	Propuestas de bibliotecas a utilizar en la programación del Sistema de Recomendación.....	40
II.2.1.	Dlib.....	41
II.2.2.	OpenCV.....	42
II.2.3.	Scikit-learn.	43
II.2.4.	Mahout.....	44
II.3.	Conclusiones parciales.....	44
III.	DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.....	46
III.1.	Casos de Usos.	46
III.1.1.	Actores.	47
III.1.2.	Diagrama de Casos de Usos.....	48
III.1.3.	Descripción de los Casos de Usos.	48
III.2.	Descripción del Diseño	50
III.3.	Proceso de obtención de la emoción	54
III.3.1.	Proceso de Entrenamiento	54
III.3.2.	Proceso de Clasificación dela Emoción.....	55
III.4.	Proceso de Generación de Recomendaciones	56
	CONCLUSIONES.....	58
	RECOMENDACIONES.....	60
	BIBLIOGRAFÍA.	61

Lista de Figuras

Figura I. 1: Pirámide de las emociones.....	13
Figura I.2: Producción de artículos científicos relacionados con la aplicación de la computación afectiva a la educación	20
Figura I. 3: Esquema general del funcionamiento de un sistema de recomendaciones.....	22
Figura III. 1: Diagrama de casos de usos del diseño del sistema de recomendaciones.....	48
Figura III. 2: Arquitectura del sistema de recomendaciones de recursos educativos..	¡Error! Marcador no definido.
Figura III. 3: Clase clasificador	54
Figura III. 4: Proceso de entrenamiento del clasificador de emociones	54
Figura III. 5: Proceso de clasificación de la emoción.....	55
Figura III. 6: Proceso de generación de recomendaciones	56

Lista de Tablas

Tabla I.1: Relación de países con producción científica en la aplicación de la computación afectiva a la educación. Período 1997 al 2013.....	21
Tabla I. 2: Ejemplo de Filtrado Colaborativo	26
Tabla III. 1: Descripción del caso de uso "Registrarse"	49
Tabla III. 2: Descripción del caso de uso "Buscar Recursos Educativos"	49
Tabla III. 3: Descripción del caso de uso "Seleccionar Recurso"	49
Tabla III. 4: Descripción del caso de uso "dar Clasificación sobre un Recurso"	50

INTRODUCCIÓN

Los entornos virtuales de aprendizaje son ambientes web que buscan simular las componentes metodológicas, didácticas y psicosociales que se presentan en un aula de clases, en un ambiente soportado en la World Wide Web (WWW).

Al hacer esta simulación en Internet se rompen las barreras de espacio y tiempo, permitiendo localizar a los actores del proceso en lugares tan distante como se quiera y desarrollando actividades educativas tanto sincrónicas como asincrónicas (todos interactuando al mismo tiempo, o cada cual interactuando en tiempos diferentes). Lo anterior permite una segmentación de las audiencias, de acuerdo a intereses grupales o individuales; y una atención más personalizada que se centra en los intereses, y dificultades individuales.

Son muchas las ventajas que se pueden señalar al empleo de un entorno virtual de aprendizaje, alguna de ellas son:

- Más centradas en los intereses y posibilidades del estudiante.
- Pueden estimular más el pensamiento crítico.
- Utilizan múltiples medios para presentar información.
- Ofrecen condiciones adecuadas para el aprendizaje cooperativo.
- Permiten que el maestro privilegie su rol como facilitador de aprendizaje y el estudiante gestor de su propio aprendizaje.
- Hacen del estudiante un aprendiz más activo.
- Fomentan un estilo de aprendizaje más libre y autónomo.

Sin embargo la ausencia de presencialidad (coincidencia en espacio y tiempo) en el desarrollo de las actividades educativas afecta significativamente las interacciones emocionales entre los actores, que los profesores manejan intuitivamente. Es complejo tener un acercamiento al estado emocional de los alumnos, de manera que se pueda incidir sobre el mismo mejorando su interés por la actividad o el recurso educativo.

INTRODUCCIÓN

Otro problema que se presenta en los entornos virtuales de aprendizaje tiene que ver con la relación cantidad de estudiantes contra cantidad de profesores o tutores. Estos entornos facilitan la masividad en los procesos educativos. El bajo costo de las tecnologías, sumado al interés individual y social por el conocimiento, estimulan a grandes masas de personas a matricularse en programas educativos, en especial en aquellos soportados en ambientes virtuales de aprendizaje. Esta situación provoca que, en la mayoría de los casos, la atención que se realiza por parte de profesores y/o tutores es poco personalizada y se limita en muchos casos al control más que a la real tutoría del aprendiz.

A lo anterior se suma un asunto todavía más sensible y que se expresa lo mismo para actividades educativas presenciales como aquellas que se desarrollan por medio de Internet. Tiene que ver con el aumento de la información disponible en la red, su calidad y la formación de los alumnos para recuperar aquella que tenga un valor realmente significativo.

El crecimiento exponencial de información en la WWW dificulta la exploración e identificación de recursos que satisfagan las necesidades de un usuario. Desafortunadamente en ocasiones es necesario buscar en diversos repositorios ya que uno solo no es suficiente para encontrar los recursos que el estudiante necesite, este proceso puede tomar demasiado tiempo y no alcanzar el objetivo deseado, que consiste en encontrar diversos recursos que cubran las demandas de una materia o tema en específico que el estudiante necesite.

Ante la falta de una tutoría efectiva, que parta de un intercambio inteligente con el estudiante y permita descubrir cuáles son las necesidades educativas del alumno, para poder ayudarlo en la selección de los recursos que más le motiven y cubran sus necesidades en un momento dado; se hace necesario buscar alternativas tecnológicas que ayuden. Estas alternativas deben considerar las opiniones y estados de ánimos de los estudiantes.

Todo ello constituye una problemática a la cual aún no se le ha dado respuestas definitivas, lo cual justifica el planteamiento del siguiente problema.

Los ambientes virtuales de aprendizaje carecen de facilidades tecnológicas que les permitan sugerir a los estudiantes los recursos educativos (contenidos, actividades, materiales) que se adapten al estado de ánimo de los mismos en un momento determinado.

Del planteamiento anterior se derivan las siguientes **preguntas de investigación:**

INTRODUCCIÓN

- ¿Cuál es el estado del arte en el estudio del reflejo facial de las emociones y su evaluación mediante el empleo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)?
- ¿Qué elementos deben ser considerado en la propuesta de un sistema de recomendación de recursos educativos soportado en la WWW?
- ¿Cómo debe ser el diseño de un sistema de recomendación de recursos educativos que considere los intereses de los estudiantes, incluido su estado emocional, y la experiencia acumulada?

A partir del problema planteado se proponen los siguientes objetivo general y objetivos específicos, a ser alcanzados con el desarrollo del presente trabajo investigativo.

Objetivo General:

Diseñar un sistema que proponga los recursos educativos que requiera un estudiante, tomando en consideración la experiencia acumulada y su estado de ánimo.

Objetivos específicos:

- Estudiar las tendencias actuales sobre clasificación y detección de emociones a partir del rostro humano, así como de las tecnologías que soportan los sistemas de recomendación.
- Fundamentar los recursos informáticos (lenguajes y bibliotecas) que deben ser empleados en la implementación de un sistema de recomendación de recursos educativos.
- Realizar el diseño de la arquitectura de un sistema de recomendación de recursos educativos, tomando en consideración la experiencia acumulada, el estado de ánimo y la opinión del alumno.

Este informe se estructura en tres capítulos. En el primero de los capítulos se hace una revisión del estado del arte con respecto a la clasificación de las emociones humanas, la importancia de estudio en los procesos educativos. Igualmente se introduce los conceptos de sistemas de recomendaciones y filtrado colaborativo. En el segundo capítulo se proponen los recursos de lenguajes de programación y bibliotecas que deben ser

INTRODUCCIÓN

empleados en la implementación de la arquitectura que se propone como resultado final de esta investigación. Por último el tercer capítulo se dedica a la propuesta de arquitectura para un sistema de recomendación de recursos educativos que tome en consideración el estado de ánimo del estudiante.

I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

En este capítulo se presenta una revisión bibliográfica para introducir y facilitar la comprensión de los tópicos emociones, las expresiones faciales, la computación afectiva, sistemas de recomendación y filtrado colaborativo. En el caso de la emoción se profundiza en sus funciones, los tipos que existen y el papel que juega la misma en el aprendizaje. De las expresiones faciales se analizan varios aspectos como la detección y representación de la cara y el reconocimiento de las emociones en las mismas.

Se finaliza el capítulo con una explicación sobre los sistemas de recomendación y el filtrado colaborativo, fundamental para entender los objetivos pretendidos con la propuesta de diseño que resulta de la investigación. Los autores prefirieron que estos aspectos terminaran el presente capítulo, en lugar de tratarlos en uno independiente.

I.1. Emociones.

Las emociones son expresiones psicofisiológicas, biológicas y de estados mentales, también se pueden definir como adaptaciones del individuo a estímulos provocados por el entorno, se ha demostrado que las emociones afectan en la mayoría de las actividades humanas entre las cuales están la creatividad, la toma de decisiones y la comunicación (Barrón Estrada et al. 2014).

No existe una definición completa y ampliamente aceptada sobre el concepto de emoción. En esta investigación se ha preferido la dada por Bisquerra (2000) que expresa "...Las emociones son reacciones a las informaciones (conocimiento) que recibimos en nuestras relaciones con el entorno. La intensidad de la reacción está en función de las evaluaciones subjetivas que realizamos sobre cómo la información recibida va a afectar nuestro bienestar. En estas evaluaciones subjetivas intervienen conocimientos previos, creencias, objetivos personales, percepción de ambiente provocativo, etc. Una emoción depende de lo que es

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

importante para nosotros. Si la emoción es muy intensa puede producir disfunciones intelectuales o trastornos emocionales (fobia, estrés, depresión)...”

Por su parte Vivas et al.(2007) define los siguientes elementos constitutivos de las emociones:

- Una situación o estímulo que reúne ciertas características, o cierto potencial, para generar tal emoción.
- Un sujeto capaz de percibir esa situación, procesarla correctamente y reaccionar ante ella.
- El significado que el sujeto concede a dicha situación, lo que permite etiquetar una emoción, en función del dominio del lenguaje con términos como alegría, tristeza, enfado, entre otros.
- La experiencia emocional que el sujeto siente ante esa situación.
- La reacción corporal o fisiológica: respuestas involuntarias: cambios en el ritmo cardíaco o respiratorio, aumento de sudoración, cambios en la tensión muscular, sudoración, sequedad en la boca, presión sanguínea.
- La expresión motora-observable: expresiones faciales de alegría, ira, miedo, entre otras; tono y volumen de voz, movimientos del cuerpo, sonrisa, llanto y otros.

I.1.1. Funciones de las emociones.

Todas las emociones tienen alguna función que les confiere utilidad y permite que el sujeto ejecute con eficacia las reacciones conductuales apropiadas. Incluso las emociones más desagradables tienen funciones importantes en la adaptación social y el ajuste personal. Según Reeve (1994) la emoción tiene tres funciones principales:

- Funciones adaptativas
- Funciones sociales
- Funciones motivacionales

Funciones adaptativas.

Las funciones adaptativas preparan al organismo (lo activan) para hacer frente a las demandas o exigencias del entorno y lo dirige hacia un objetivo (aproximación - evitación). En este sentido, se afirma que cada conducta emocional tiene un objetivo: el miedo está relacionado con la protección, la rabia con la destrucción, la tristeza con la reintegración, la aceptación con la afiliación, el asco con el rechazo, la anticipación con la exploración y la sorpresa con la orientación. Todas estas emociones y sus funciones representan patrones de conducta adaptativa relacionados con la supervivencia.

Funciones sociales.

La función social de las emociones, hacen referencia al papel que las mismas ejercen en la adaptación del individuo a su entorno social, y los principales medios de comunicación del estado emocional a los demás son la expresión facial y los movimientos de la postura, junto con la expresión verbal. De esta forma se indican los estados e intenciones del sujeto a los otros (tanto si son miembros de una misma especie como de otra diferente), con lo cual afectan de esta manera el comportamiento o las acciones de los otros. En otras palabras, las reacciones emocionales expresan nuestro estado afectivo, pero también regulan la manera en que los demás reaccionan ante nosotros.

Las expresiones emocionales facilitan la interacción social. Un claro ejemplo de esta función es el sonreír que se manifiesta de manera espontánea cuando estamos alegres o felices, pero que en muchas ocasiones esta expresión emocional está motivada socialmente y no emocionalmente. Es decir, sonreímos cuando nos presentan a alguien, y la sonrisa es una expresión social de aceptación, reconocimiento, o simplemente buena educación. Otro ejemplo ilustrativo de la facilitación de la relación social lo podemos observar en la pérdida de un ser querido; su muerte produce sufrimiento, aflicción, tristeza y pena, entre otros estados emocionales.

Los estados emocionales positivos (felicidad, alegría) también facilitan la interacción social porque promueven conductas prosociales. Las personas que están bajo la influencia de un estado afectivo positivo tienen más probabilidad de ser sociables, cooperadores y más proclives a ayudar a los demás. Por el contrario, los estados emocionales negativos (tristeza,

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

rabia, aburrimiento) suelen dificultar la comunicación y la puesta en práctica de actitudes prosociales. Se dice que a una persona feliz le resulta más fácil ser buena persona que a una que está triste o desesperada. Naturalmente que esta última afirmación puede ser matizada conforme a las circunstancias específicas de cada caso.

Funciones motivacionales.

La relación entre emoción y motivación es íntima. La emoción energiza la conducta motivada. Una conducta "cargada" emocionalmente se realiza de forma más vigorosa. La emoción tiene la función adaptativa de facilitar la ejecución eficaz de la conducta necesaria en cada exigencia. Así, la cólera facilita las reacciones defensivas, la alegría la atracción interpersonal, la sorpresa la atención ante estímulos novedosos, etc. Por otro lado, dirige la conducta, en el sentido que facilita el acercamiento o la evitación del objetivo de la conducta motivada.

La relación entre motivación y emoción no se limitan al hecho de que en toda conducta motivada producen reacciones emocionales, sino que una emoción puede determinar la aparición de la propia conducta motivada, dirigirla hacia determinado objetivo y hacer que se ejecute con intensidad. Podemos decir que toda conducta motivada produce una reacción emocional y a su vez la emoción facilita la aparición de unas conductas motivadas y no otras.

I.1.2. Tipos de emociones.

Una de las clasificaciones más empleadas es la de distinguir entre emociones básicas y emociones complejas o secundarias. Las emociones básicas, también denominadas primarias, puras o elementales, se reconocen por una expresión facial característica. El argumento sobre la existencia de al menos algunas emociones que no son aprendidas sino universales e innatas se debe, en cierta medida, a Ekman (1992) de la Universidad de California, quien descubrió que las expresiones faciales de estas emociones son reconocidas por personas de distintas culturas, lo cual les otorga un carácter universal.

Las emociones básicas se inician con rapidez y duran unos segundos cada vez. Los investigadores discrepan en lo que concierne al número de ellas, pero en general se reconocen como: la alegría, la aflicción o tristeza, la ira, el miedo, la sorpresa y el asco. No existe cultura

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

alguna en la que estén ausentes estas emociones. No son aprendidas sino que forman parte de la configuración del ser humano. Esto se evidencia en la presencia de las mismas expresiones faciales, en los ciegos congénitos. Se pueden usar palabras o conceptos distintos para describir una determinada emoción, pero la expresión facial es la misma.

EVANS (2002) propone un cambio de perspectiva en la discusión acerca de los tipos de emociones. Argumenta que más que pensar en las emociones básicas y las culturalmente específicas (también llamadas secundarias) como dos clases completamente diferentes, deberíamos concebirlas como los extremos de un mismo espectro. De tal manera que: “...Dependiendo de cuántas condiciones específicas se precisen para el desarrollo de una emoción determinada, y dependiendo asimismo de su grado de especificidad, la emoción se aproximará más al extremo “básico” o al polo “culturalmente específico” del espectro...”. Esto significa que la distinción entre emociones básicas y emociones culturalmente específicas es una discusión de grado más que de clase. Por consiguiente, existiría todo un espectro de las emociones básicas ubicadas en el polo de lo muy innato y las emociones culturalmente específicas en el extremo de lo menos innato.

El propio investigador también apoya la propuesta de incluir una tercera categoría denominada emociones cognoscitivas superiores, las cuales serían menos innatas que las emociones básicas, pero más innatas que las culturalmente específicas. Las emociones cognoscitivas superiores difieren de las emociones básicas en que no son tan rápidas y automáticas ni se hallan asociadas universalmente a una única expresión facial. Se cree que estas emociones se procesan en áreas del neocórtex, por lo que estarían más expuestas a la influencia de los pensamientos conscientes y por lo tanto, más susceptibles de variación cultural. Esta propuesta considera que esas emociones son universales porque forman parte de la naturaleza humana, presentan una mayor variabilidad cultural, su desarrollo y extinción toman más tiempo que en las emociones básicas. Entre las emociones cognoscitivas superiores se incluyen las siguientes: amor, culpabilidad, vergüenza, desconcierto, orgullo, envidia y celos.

Por su parte, autores como García Fernández-Abascal (2009) clasifican las emociones en primarias, secundarias, positivas, negativas y neutras. Las describen de la siguiente manera:

Emociones primarias: parecen poseer una alta carga genética, en el sentido que presentan respuestas emocionales preorganizadas que, aunque son modeladas por el aprendizaje y la experiencia, están presentes en todas las personas y culturas.

Emociones secundarias: emanan de las primarias, se deben en gran grado al desarrollo individual y sus respuestas difieren ampliamente de unas personas a otras.

Emociones negativas: implican sentimientos desagradables, valoración de la situación como dañina y la movilización de muchos recursos para su afrontamiento. Ej.: el miedo, la ira, la tristeza y el asco.

Emociones positivas: son aquellas que implican sentimientos agradables, valoración de la situación como beneficiosa, tienen una duración temporal muy corta y movilizan escasos recursos para afrontarlas. Ej.: felicidad.

Emociones neutras: son las que no producen intrínsecamente reacciones ni agradables ni desagradables, es decir que no pueden considerarse ni como positivas ni como negativas, y tienen como finalidad el facilitar la aparición de posteriores estados emocionales. Ej.: la sorpresa.

La figura I.1 muestra una pirámide de emociones, propuesta por estos autores.

I.1.2.1. Descripción de algunas emociones.

El miedo.

Es una emoción primaria negativa que se activa por la percepción de un peligro presente e inminente, por lo cual se encuentra muy ligada al estímulo que la genera. Es una señal emocional de advertencia que se aproxima a un daño físico o psicológico. El miedo también implica una inseguridad respecto a la propia capacidad para soportar o manejar una situación de amenaza. El miedo es una de las emociones más intensas y desagradables. Genera aprensión, desasosiego y malestar. Su característica principal es la sensación de tensión nerviosa, de preocupación y recelo por la propia seguridad o por la salud, habitualmente acompañada por la sensación de pérdida de control. Otro de sus efectos subjetivos más típicos

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

es la sensación de cierta tendencia a evitarlo. Se asocia al miedo los siguientes términos: alarma, terror, nerviosismo, pánico, tensión, pavor, desasosiego, susto, temor, preocupación, horror, ansiedad.

La ira.

Es una emoción primaria negativa que se desencadena ante situaciones que son valoradas como injustas o que atentan contra los valores morales y la libertad personal; situaciones que ejercen un control externo o coacción sobre nuestro comportamiento, personas que nos afectan con abusos verbales o físicos, y situaciones en las cuales consideramos que se producen tratamientos injustos.

La ira produce efectos subjetivos o sentimientos de irritación, enojo, furia y rabia. La ira a su vez produce una sensación de energía o impulsividad, de necesidad subjetiva de actuar física o verbalmente de forma intensa e inmediata, para solucionar de forma activa la situación problemática. Se aprecia como una experiencia aversiva, desagradable e intensa. Es la emoción potencialmente más peligrosa ya que su propósito funcional es el de destruir las barreras que se perciben. Se asocian a ella los siguientes términos: enfado, enojo, malhumor, indignación, amargura, venganza, desprecio, irritación, exasperación, furia, odio, desagrado, cólera, aversión, resentimiento, celos, hostilidad, menosprecio, violencia, rencor.

La tristeza.

Es una emoción que se produce en respuesta a sucesos que son considerados como no placenteros. La tristeza se produce por la frustración de un deseo apremiante, cuya satisfacción se sabe que resulta imposible. Los desencadenantes de la tristeza son la separación física o psicológica, la pérdida o el fracaso; la decepción, especialmente si se han desvanecido esperanzas puestas en algo. Los efectos subjetivos se caracterizan por sentimientos de desánimo, melancolía, desaliento y pérdida de energía. Se asocian a la tristeza los siguientes términos: pesimismo, pesar, decepción, remordimiento, rechazo, bochorno, sufrimiento, añoranza, depresión, aislamiento, melancolía, vergüenza, abandono, desánimo, infelicidad, desaliento, condolencia.

El asco.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

Es la respuesta emocional causada por la repugnancia que se tiene a alguna cosa o por una impresión desagradable causada por algo. Es una emoción compleja que implica una respuesta de rechazo a un objeto deteriorado, a un acontecimiento psicológico o a valores morales repugnantes. Los desencadenantes del asco son los estímulos desagradables, fundamentalmente los químicos, los potencialmente peligrosos o los molestos como, por ejemplo, comida descompuesta, los olores corporales o la contaminación ambiental. El suceso es valorado como muy desagradable. Los efectos subjetivos del asco se caracterizan por la necesidad de evitar o alejarse del estímulo desencadenante.

La sorpresa.

Es la más breve de las emociones. Es una reacción causada por algo imprevisto o extraño, como un trueno o una celebración no anunciada. Los acontecimientos cognitivos también provocan sorpresa. La sorpresa también se da cuando se producen consecuencias o resultados inesperados o interrupciones de la actividad en curso. El significado funcional de la sorpresa es preparar al individuo para afrontar de forma eficaz los acontecimientos repentinos e inesperados y sus consecuencias. La sorpresa suele convertirse rápidamente en otra emoción. Se asocian a la sorpresa los siguientes términos: asombro, pasmo, estupefacción, extrañeza.

La felicidad.

Es el estado de ánimo que se complace en la posesión de algún bien. La felicidad facilita la empatía, lo que promueve la aparición de conductas altruistas. Asimismo, contribuye al rendimiento cognitivo, la solución de problemas, la creatividad, el aprendizaje y la memorización. Los desencadenantes de la felicidad son los éxitos o los logros, la consecución de los objetivos que se pretenden. Igualmente se produce por la congruencia entre lo que se desea y lo que se posee, entre las expectativas y las condiciones actuales, y en la comparación con las demás personas. Se asocia a la felicidad los siguientes términos: jovialidad, contento, triunfo, dicha, alegría, júbilo, entusiasmo, alborozo, deleite, regocijo, buen humor, gozo, embeleso.



Figura I. 1: Pirámide de las emociones

I.1.3. Emociones en el Aprendizaje.

Es bien conocido que las emociones tienen efectos en el aprendizaje (Bruton 2003). El aprendizaje está asociado no sólo con nuestras habilidades cognitivas, sino también con nuestras emociones, expectativas, prejuicios, eficacia personal y nuestras necesidades sociales. La emoción sirve como un potente vehículo para aumentar o inhibir el aprendizaje (Greenleaf 2003). Las emociones pueden iniciar, terminar, o interrumpir el procesamiento de la información y dar lugar a un procesamiento selectivo de la información o pueden organizar la memoria. Emociones distintas pueden influenciar estos mecanismos de maneras diferentes (Pekrun et al. 2002). Las emociones tienen también un efecto en el aprendizaje y en el éxito, mediado por la atención, auto-regulación y motivación. Ellas dirigen a la persona hacia cuestiones de aprendizaje o la apartan de ellas en algunas situaciones.

Las emociones positivas se consideran usualmente como estados «placenteros» de emociones que se distinguen de las emociones negativas consideradas como estados «desagradables» de emociones (Gadanhó & Hallam 2001). Las emociones positivas facilitan el aprendizaje autorregulado (Boekaerts et al. 2005), tienen gran impacto en el aprendizaje, curiosidad y pensamiento creativo.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

La autorregulación percibida en los estudiantes se correlaciona positivamente con emociones positivas, mientras que la regulación que se percibe como externa se correlaciona con emociones negativas (Pekrun et al. 2002). Sin embargo, por otro lado, las emociones negativas pueden llevar al inicio de la respuesta al estrés que afecta negativamente la habilidad del estudiante a rendir. La emoción es, por tanto, una espada de doble filo con la capacidad para realzar el aprendizaje o de impedirlo.

Los investigadores Meyer y Turner (2006) hicieron una serie de observaciones en las aulas y codificaron conversaciones en el aula. Ellos analizaron cuándo las emociones aparecían e interpretaron el significado de una interacción profesor-alumno basándose, en parte, en si la emoción apoyaba la actividad de aprendizaje o la apartaba. Concluyeron que las emociones son omnipresentes en las aulas y son importantes en la comprensión de las interacciones instructivas.

Para reducir la complejidad conceptual, la investigación experimental sobre los estados de ánimo y los efectos en el rendimiento de las emociones se ha centrado en las diferencias relacionadas con la dimensión de la valencia de las emociones, estados de ánimo positivos frente a los negativos. En su modelo, Pekrun, Goetz y Titz (2002) añadieron una segunda dimensión, actividad, a esta representación. Haciendo uso de estas dos dimensiones agruparon las emociones, en particular las académicas, en emociones de activación positiva (tales como disfrute en el aprendizaje, esperanza de éxito u orgullo); emociones de desactivación positiva (p. ej., alivio, relajamiento después del éxito, satisfacción); emociones de activación negativa (tales como enfado, ansiedad y vergüenza); y emociones de desactivación negativa (p. ej., aburrimiento, desesperación). También explicaron cómo los mecanismos mediadores y el éxito académico obtenido están influenciados por estas cuatro categorías de emociones como sigue:

Motivación: Las emociones pueden desencadenar, mantener o disminuir la motivación académica. Las emociones de activación positiva, tales como el disfrute en el aprendizaje, pueden generalmente realzar la motivación académica, mientras que las emociones de desactivación negativa pueden ser dañinas. Las otras dos categorías de emociones, sin embargo, pueden mostrar efectos más complejos. Los efectos de las emociones de activación negativa pueden ser incluso más ambivalentes. Se puede asumir que enfado, ansiedad y

vergüenza reducen la motivación intrínseca, porque las emociones negativas tienden a ser incompatibles con el placer por el interés y la motivación. Por otro lado, estas emociones pueden inducir una fuerte motivación para poder con los acontecimientos negativos que los causan.

Estrategias para aprender: Las emociones académicas positivas facilitan el uso de estrategias flexibles, creativas para el aprendizaje, tales como elaboración, organización, evaluación crítica y supervisión meta cognitiva. Las emociones negativas, por otro lado, pueden provocar el uso de estrategias más rígidas, tales como un ensayo sencillo y confianza en los procedimientos algorítmicos.

Recursos cognitivos: Las emociones sirven en las funciones de dirigir la atención hacia el objeto emoción, implicando que usan recursos cognitivos y pueden distraer la atención de sus tareas. Emociones, tales como placer, orgullo, admiración, ansiedad, enfado o envidia, pueden relacionarse con el entorno, otras personas o uno mismo, produciendo, por tanto, un pensamiento en tareas irrelevantes, reduciendo los recursos cognitivos disponibles para la realización de tareas y afectando el éxito académico.

Autorregulación frente a la regulación externa de aprendizaje: Como el aprendizaje autorregulado presupone flexibilidad cognitiva, se puede especular que se facilita mediante las emociones positivas. Puede asumirse que las emociones negativas, por otro lado, motivan a los estudiantes a confiar en orientación externa.

I.2. Expresiones Faciales.

Los gestos faciales tienen un claro significado emocional. La cara es la parte más expresiva del cuerpo humano, el canal más importante de comunicación no verbal, es una buena interfaz para comunicar porque las personas tienen capacidad de reconocer expresiones e inferir de ellas estados emocionales.

I.2.1. Detección de la cara.

La gran cantidad de información geométrica disponible en una imagen hace posible la estimación de la posición de la cara y su posterior normalización, pero las diferencias entre

los individuos, los cambios de expresión facial, las oclusiones o áreas con datos no adquiridos, etc. contribuyen a aumentar la complejidad de esta tarea. Estos factores hacen necesario que todo sistema de reconocimiento emocional a través del rostro incluya en primer lugar una etapa de normalización de la posición facial. Esta tarea ha sido a menudo realizada manualmente, pero el incremento del tamaño de las bases de datos, y la necesidad de un alto grado de precisión, han provocado que actualmente exista un gran interés en esta área.

Existen diferentes tipos de representación de la cara, por ejemplo: imagen en color (2D), imagen de rango (2.5D) y mallado tridimensional (3D). La gran mayoría de los sistemas de verificación facial tanto a nivel comercial como de investigación usan imágenes de color o de intensidad. Estas imágenes son referenciadas como imágenes 2D o de textura, en contraposición a las representaciones faciales tridimensionales, a las que se denomina modelos o imágenes 3D.

Son varias las maneras de representar la información tridimensional. Por un lado simplemente pueden representarse como una nube de puntos en el espacio. Estos puntos pueden mostrarse también en forma de mallado, donde cada uno es un vértice que se unen por artistas. El polígono o geometría a utilizar para realizar esta unión es habitualmente un triángulo, ya que es la manera más simple de aproximar una nube de puntos a una superficie.

Otra aproximación diferente muy utilizada son los mapas de profundidad o imágenes de rango. Son imágenes en escala de grises donde el nivel de intensidad de cada píxel está relacionado con la coordenada de profundidad z de un punto tridimensional. Como se trata de una representación bidimensional de información tridimensional se denomina a menudo imagen 2.5D. También es muy habitual disponer de información tridimensional registrada con la imagen de textura.

I.2.2. Reconocimiento de emociones en expresiones faciales.

P. Ekman (1982) fue uno de los pioneros del reconocimiento de emociones mediante el análisis de expresiones faciales, encontrando evidencias que soportan la universalidad de este tipo de expresiones, definiendo las seis grandes emociones básicas previamente definidas. Los sistemas de reconocimiento de emociones pueden verse como complemento de los

métodos de reconocimiento de caras, ignorándose en este caso la personalidad de la persona y centrándose en la expresión de su rostro.

La mayor parte del análisis de emociones basado en expresiones faciales se realiza a partir de imágenes estáticas. Sin embargo, esto no suele ser suficiente. La razón fundamental radica en la naturaleza dinámica de las emociones faciales, que pueden ser obtenidas a partir de una secuencia de imágenes. Los sistemas dinámicos han producido resultados prometedores. Estos sistemas se dividen en tres clases fundamentales: aproximaciones basadas en el flujo óptico, rastreo de características y aproximaciones basadas en el alineamiento del modelo. La aproximación basada en el flujo óptico usa campos de movimiento densos calculados en áreas específicas de la cara tales como la boca y los ojos. Intenta relacionar los vectores de movimiento con las emociones faciales usando plantillas de movimiento extraídas sobre un conjunto de campos de movimiento de entrenamiento (Tsapatsoulis et al. 1999). En la segunda aproximación la estimación de la emoción se obtiene a partir de un conjunto pequeño de características relevantes en la escena. El análisis se realiza en dos etapas: en primer lugar se procesa el video para la detección de las características necesarias, (los ojos, la nariz, la boca...), posteriormente se analiza el movimiento de dichos elementos (Lien et al. 1998). La tercera aproximación alinea un modelo 3D de la cara para estimar tanto el movimiento del objeto como la orientación.

I.3. Computación Afectiva.

La Computación Afectiva (Affective Computing) es una disciplina de la Inteligencia Artificial que intenta desarrollar métodos computacionales orientados a reconocer emociones humanas y generar emociones sintéticas. Esta disciplina surge frente a la necesidad de optimizar la interacción entre personas y computadoras, pero también se inscribe en la investigación de los procesos inteligentes (Picard & Klein 2002).

La Computación Afectiva es de gran importancia ya que se ocupa de:

- El reconocimiento de emociones (y de expresiones emotivas) humanas por parte de una computadora.
- La simulación (o generación) de estados y expresiones emocionales con computadoras.

En la primera, el objetivo es captar aquellos signos relacionados con la expresión de emociones y lograr interpretar estados emocionales en función de dichos signos.

En la segunda, se intenta que las computadoras puedan simular procesos emocionales en base a ciertos modelos. Aquí se puede reflexionar respecto a si una computadora puede realmente tener emociones, pero, esta disciplina sólo intenta simular dichos procesos de forma tal que resulten verosímiles, dejando de lado estas controversias. Si bien el fin último es desarrollar ambas líneas para lograr la mejor interacción humano-computadora posible, estas problemáticas pueden ser abordadas de forma aislada.

I.3.1. Aplicaciones de la Computación Afectiva.

El rápido crecimiento de la Computación Afectiva se ve reflejado en la cantidad de aplicaciones y trabajos realizados hasta el momento. Estos trabajos abarcan áreas muy diferentes entre sí, desde seguridad, salud, educación, entretenimiento, robótica o marketing. La evaluación en tiempo real de emociones como el estrés, el aburrimiento o la distracción puede ser de gran valor en trabajos en los que se realizan tareas repetitivas, pero en los cuales la atención es crucial, como por ejemplo en control de tráfico aéreo o la supervisión de una planta nuclear.

Existen numerosas aplicaciones terapéuticas para ayudar a personas con problemas emocionales. Por ejemplo, se utilizan sensores fisiológicos para monitorizar el cuerpo y proporcionar información visual a personas con autismo para que sean capaces de reconocer su propio estado emocional y el de otras personas.

A pesar del gran potencial que ofrece la computación afectiva y la interacción emocional, especialmente en campos en los que es complicado detectar cómo se siente el usuario (por ejemplo en el caso de una persona autista) hay que tener en cuenta que actualmente el mayor esfuerzo en desarrollar esta tecnología viene dado por grandes compañías, para aplicarlo a

sus campañas de marketing. Por lo tanto hay que reflexionar y considerar las implicaciones éticas, ¿no estamos manipulando sus emociones para provocar ciertas reacciones? ¿No estamos invadiendo su privacidad? Aunque todo el software que recoge datos de emociones requiere autorización explícita del usuario, en muchos casos los consumidores no son conscientes de haber dado su consentimiento. Por lo tanto, al diseñar sistemas interactivos afectivos hay que informar de forma clara si se monitoriza o registra información emocional o privada.

I.3.2. Uso de la Computación Afectiva en la Educación.

La utilización efectiva de las computadoras con fines docentes es un fenómeno complejo, de amplias perspectivas y cuyos resultados serán más favorables a largo plazo, en la medida en que se tenga en cuenta la respuesta a la pregunta ¿Cómo utilizar la computadora ante cada tipo de situación educativa? Para lograr que el aprovechamiento de las computadoras en el proceso docente, tenga un papel relevante, se hace necesario dotarlas de programas educativos de calidad, lo que debe medirse en términos del conocimiento que sean capaces de representar y transmitir. Previo al proceso de elaboración de un software educativo, es imprescindible:

- Determinar la existencia de un problema educativo a resolver.
- Asegurar que la computadora efectivamente tiene ventajas cualitativas sobre otros medios educativos para resolver el problema.

Aunque la informática afectiva es un área prometedora, de momento se ha prestado poca atención a las causas afectivas y a las consecuencias del comportamiento de los usuarios en entornos basados en los ordenadores o asistidos por ellos. A pesar de que hay un creciente interés en investigar las emociones en la educación, la informática afectiva y las emociones del estudiante no han llegado a tener un serio interés en investigación entre los tecnólogos educativos. Una de las razones de esta falta de interés puede ser que los diseñadores de la instrucción han estado demasiado ocupados con objetivos cognitivos y de motivación. Otra razón puede ser las dificultades de investigación ante los investigadores. Las emociones no son un tópico confortable para investigar (AKBIYIK 2010).

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

Un computador emocional debería poder actuar como un profesor humano y reconocer la expresión de un alumno, identificando qué emociones está sintiendo: si está frustrado, aburrido, concentrado, etc. Tras identificar la emoción debería actuar en consecuencia (Cuevas Peñaranda 2015) (Calvo et al. 2014).

En los años más recientes se han incrementado las investigaciones relacionadas con la aplicación de la computación afectiva a la educación, aunque todavía no en una cantidad significativa.

En la figura I.2 se muestra cómo se han comportado las publicaciones científicas en este campo entre los años 1997 y 2013. Los países que más contribuyeron a esa producción científica, en igual período, se muestran en la tabla I.1 (Wu et al. 2016).

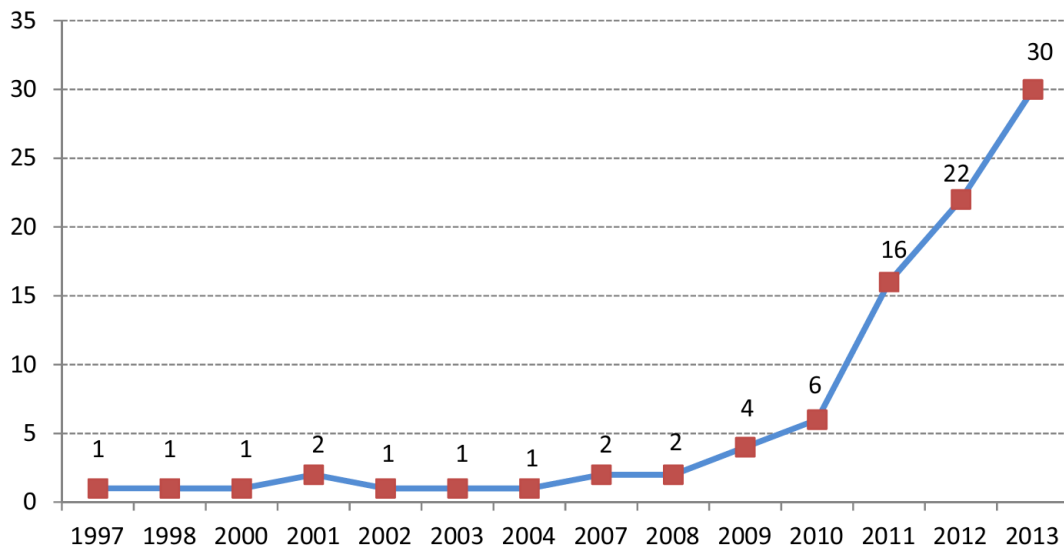


Figura I.2: Producción de artículos científicos relacionados con la aplicación de la computación afectiva a la educación

Tabla I.1: Relación de países con producción científica en la aplicación de la computación afectiva a la educación. Período 1997 al 2013.

País	1997	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	total
Australia			1	2							1		1	1	6
Bélgica					1										1
Canadá														1	1
China										1		1	2		4
Chipre														1	1
Dinamarca									1						1
Finlandia														1	1
Francia											1		3		4
Alemania											1		2	2	5
Grecia												1	2		3
India														1	1
Israel												1			1
Japón									1						1
Líbano											1				1
P. Bajos													2		2
N. Zelanda										1					1
Filipinas													1	1	2
Rumanía														1	1
España													1	2	3
Suiza														1	1
Taiwan												3	4	9	16
Turquía												2	1	4	7
Reino Unido												3			3
EUA						1	1	2	1	1	2	5	3	4	22

I.4. Sistemas de Recomendación.

Un sistema de recomendación es un **sistema inteligente** que proporciona a los usuarios una serie de sugerencias personalizadas sobre un determinado tipo de elementos (items). Estos sistemas tienen como objetivo ayudar al usuario, realizando una serie de recomendaciones de forma que se simplifique al máximo la búsqueda que este debe realizar, estudiando las características de los usuarios y mediante el procesamiento de estos datos son capaces de brindar a cada usuario su criterio personalizado sobre un tema determinado (Figura I.3). Son usados por sitios web de comercio electrónico como herramientas de mercadeo para incrementar ventas al presentar al usuario aquellos productos que desea (o desearía) comprar, es así como se construye una base de entendimiento de necesidades concretas respecto a lo que gusta o no a los clientes (RESNICK & VARIAN 1997).

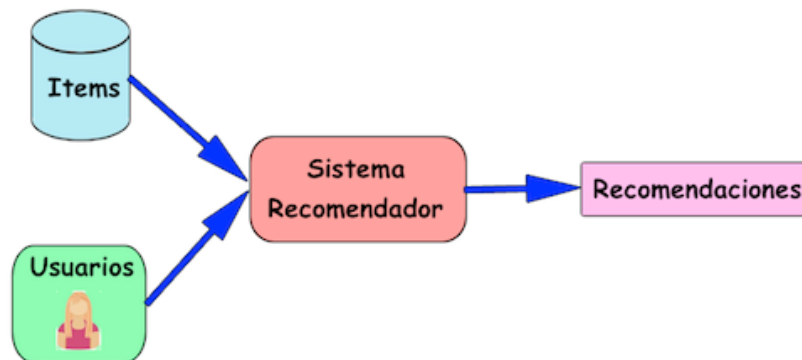


Figura I. 3: Esquema general del funcionamiento de un sistema de recomendaciones

En un principio este tipo de sistemas fue adoptado con el nombre de filtro colaborativo (Collaborative Filter) dado que permite que los usuarios creen filtros a través de sus ítems de interés, y colaborativo pues los usuarios añaden las anotaciones con las opiniones sobre los documentos. Las opiniones añadidas pueden ser utilizadas para las búsquedas que realizan otros usuarios.

Ya en el 1997 se propone llamar a estos sistemas con el nombre de “sistemas de recomendación” (recommender systems), dado que por esa fecha estos sistemas no sólo se limitaban al filtro de información.

I.4.1. Clasificación general.

Los sistemas de recomendación se pueden clasificar, dependiendo del tipo de información que utilizan para realizar sus recomendaciones. Tradicionalmente existen dos paradigmas

para la selección de elementos o filtrado de acuerdo con la manera de realizar las recomendaciones (Font & Farré 2009):

- **Basados en contenido (Content Based):** Los Sistemas de Recomendación con filtrado basado en contenido muestran las sugerencias al usuario según sus elementos de preferencia, este proceso de filtrado realiza una comparación entre estos elementos para así mostrar la recomendación lo más cercana posible a sus gustos, es decir, recomienda al usuario un elemento similar a otro que ya haya elegido antes. Estudia el perfil del usuario basándose en las características de los elementos que él mismo ha solicitado y ofrece las recomendaciones de acuerdo a su perfil.
- **Filtrado colaborativo (Collaborative filter):** También llamados sistemas de recomendación sociales. Son un tipo de sistemas de recomendación para los que se crea un conjunto de usuarios que tienen características o gustos similares entre sí. Si a un conjunto del grupo de usuarios les gusta un determinado ítem, es de suponer que ese mismo ítem guste al resto de usuarios de ese grupo. En otras palabras, se le recomendará al usuario un ítem que a las personas con mismos gustos y preferencias les haya gustado en el pasado (Malone et al. 1987).

I.4.2. Problemas generales de los sistemas de recomendación.

Existen una serie de problemas que son de ámbito general e independiente del sistema de recomendación que se utilice (Richard 2007):

- **Carencia de información (Lack of data):** Los sistemas de recomendación necesitan de mucha información para hacer efectivas sus recomendaciones. Así pues, para el funcionamiento de los algoritmos de recomendación, se necesita información de los factores que intervienen en las recomendaciones, es decir, productos (ítems) y usuarios. No siempre es necesario saber de ambos componentes, pero sí como mínimo de uno de ellos. Cuanta más información, más precisa será la recomendación. Este aspecto evoca al concepto de economía de escala, es decir, cuanto más grande sea el conjunto de

usuarios o ítems con información, más probabilidades habrá de encontrar coincidencias entre perfiles o gustos de un usuario en concreto.

- Información cambiante (Changing data): Hace referencia a los contenidos que su uso, modo o costumbre, están en alza durante algún tiempo, o en una determinada región, es decir, productos “de moda”. Estos productos representan preferencias de usuarios en espacios de tiempo muy puntuales. El problema de este tipo de ítems radica en que cuando está “de moda”, recibe gran cantidad de valoraciones muy positivas. Por otro lado, cuando se termina el período de tiempo en que el ítem está “de moda”, los usuarios no desean recomendaciones del mismo; no obstante, el sistema de recomendación los sigue recomendado ya que tiene una gran cantidad de votos positivos (que fueron realizados en el periodo de tiempo en que el ítem estaba “de moda”).
- Cambio de preferencias de usuario (Changing user preferences): Usualmente los usuarios buscan recomendaciones para ellos mismos, pero eventualmente, estos mismos usuarios pueden buscar recomendaciones para otros usuarios de diferente perfil. Por ejemplo: Un usuario determinado “A”, del cual se tiene establecido un perfil con sus preferencias y gustos, le puede interesar buscar un cierto ítem para una persona “B” (por ejemplo para hacer un regalo de cumpleaños) con unas preferencias y gustos totalmente diferentes a los suyos.
- Ítems impredecibles (Unpredictable items): Existen una serie de ítems que es difícil recomendarlos ya que la reacción del usuario hacia ellos puede ser diversa e impredecible.
- Voto pronto y a menudo (Vote early and often): Según comenta RESNICK y VARIAN (1997), si cualquiera puede hacer recomendaciones, los propietarios de un ítem pueden hacer recomendaciones positivas de ese ítem y recomendaciones negativas para los ítems de sus competidores. Este aspecto se puede considerar como un ataque a los sistemas de recomendación ya que se intenta sesgar las recomendaciones de cierto(s) ítem(s).
- Complejidad computacional (Computer complexity): Los sistemas de recomendación tienen una mayor exactitud de sus predicciones cuando cuentan con una mayor cantidad de información disponible. No obstante, a mayor cantidad de información en el sistema, más costosos (en tiempo) son los cálculos para obtener los resultados. Una de las formas

más habituales para reducir estos cálculos es el proceso asíncrono (off-line) de los datos, es decir, en el momento de realizar una recomendación, ya se tienen datos que han sido calculados previamente (de forma off-line). Otra manera de abordar el problema consiste en la creación de grupos o “clusters” de elementos parecidos de tal forma que los elementos similares se agrupan y se computan como si fueran el mismo.

I.4.3. Sistemas de Filtrado Colaborativo.

Los sistemas de filtrado colaborativo son sistemas de recomendación que utilizan la información que los usuarios aportan sobre los ítems para realizar las recomendaciones. Así pues, tratan de predecir las valoraciones de un (varios) ítem(s) para un usuario en particular (llamado usuario activo) mediante el uso de ítems valorados por otros usuarios, es decir, teniendo en cuenta la opinión de los otros usuarios. Como consecuencia, estos sistemas se basan en las tendencias marcadas por grupos de personas, con los mismos gustos o preferencias que el usuario activo, para realizar las recomendaciones o sugerencias. Para un individuo o usuario cuyos gustos o tendencias son similares a los de un grupo de personas determinado, se establece que este usuario pasa a formar parte de este grupo; por consiguiente, si una o varias persona del grupo valoran un nuevo ítem de forma positiva, el sistema de filtrado colaborativo establece que es muy probable que los demás miembros del grupo al que pertenece(n), también valoren positivamente el nuevo ítem (Font & Farré 2009).

I.4.3.1. Funcionamiento de los filtros colaborativos.

Los sistemas de filtrado colaborativo, por lo general, se adaptan al siguiente funcionamiento:

- Los usuarios elaboran valoraciones sobre ítems.
- Se analizan las valoraciones realizadas por los usuarios con tal de establecer grupos o vecinos cercanos de usuarios con preferencias similares.
- Una vez obtenidos los grupos de vecinos para un usuario, se realizan las recomendaciones al usuario activo teniendo en cuenta sus vecinos más cercanos y sus correspondientes valoraciones.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

Por ejemplo, la Tabla II.5 muestra la valoración (preferencia) de diferentes usuarios para diferentes ítems (sabores de helado). Las valoraciones se comprenden entre los valores uno al diez, siendo diez la máxima puntuación que puede percibir un ítem. Además, en la tabla aparece el símbolo nulo “Ø” para poder indicar la ausencia de valoraciones del ítem correspondiente por parte del usuario (Adaptado de Font & Farré (2009)).

Tabla I. 2: Ejemplo de Filtrado Colaborativo

	Sabores de helados					
	Vainilla	Chocolate	Fresa	Maní	Almendra	Guayaba
Pedro	2	6	Ø	10	8	Ø
Juan	7	4	9	Ø	Ø	2
Maria	3	5	5	9	8	9
Andres	Ø	9	Ø	Ø	2	6
Raul	9	8	2	2	1	5

Teniendo en cuenta la tabla anterior, se fija como usuario activo a Pedro. Se quiere establecer si fresa (ítem que no ha sido valorado) es un sabor candidato a recomendar. Para ello, se buscan usuarios de la tabla que se asemejen en preferencias a Pedro, es decir, tengan las mismas valoraciones para los mismos ítems, en este caso, sabores de helados. En el ejemplo, se observa que María muestra una gran coincidencia con Pedro, el usuario activo (por lo que ambos pasan a formar parte de un grupo de vecinos cercanos), además de que María ha valorado el sabor fresa. Con la siguiente información se puede establecer que si se le recomienda a Pedro el sabor fresa, existe una gran probabilidad de que la fresa sea valorada (por parte del usuario activo, es decir, Pedro) con una puntuación que ronda el valor de cinco (valoración del usuario vecino, María). Por lo tanto, la fresa no sería una opción a recomendar a Pedro ya que presenta una valoración de su grupo de vecinos cercanos muy pobre. No obstante, el efecto es el contrario si se toma como posible candidato a recomendar la guayaba.

I.4.3.2. Clasificación.

Típicamente los sistemas de filtrado colaborativo se han clasificado en dos tipos (Herlocker et al. 2004):

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

- Basados en la memoria (o heurísticos): Son algoritmos que realizan sus predicciones teniendo en cuenta todos los elementos evaluados, es decir, utilizan toda la información disponible en el sistema.
- Basado en el modelo: Son un tipo de sistemas que usa un conjunto de valoraciones para crear un “modelo”. Este modelo es utilizado a posteriori para crear predicciones de valoraciones.

El principal problema de los métodos heurísticos es la escalabilidad debido a la gran cantidad de información a procesar. Como solución a este problema, se utilizan técnicas para reducir el tiempo de proceso de la información como es el cálculo con anterioridad (off-line) de diferentes variables o constantes. Por otra parte, los algoritmos basados en el modelo utilizan conceptos probabilísticos que simulan la información presente en el sistema, pero que no es utilizada directamente. A continuación se describen diferentes técnicas usadas en los dos sistemas para alcanzar su objetivo.

Basados en la memoria.

La predicción de votos de usuario activo en los sistemas de filtrado colaborativo basados en memoria se fundamenta en la medida de un conjunto de pesos calculado mediante el uso de la base de datos de votaciones. Los pesos pueden representar distancia, correlación o similitud entre el usuario activo y los diferentes usuarios de la base de datos. La distinción entre los diferentes sistemas de filtrado colaborativo basado en memoria viene determinada por la forma de calcular estos pesos.

En los casos más simples se utilizan conjuntos cuya medida es representada por un promedio o promedio ponderado. Estas metodologías asumen que las valoraciones de los ítems utilizan la misma escala, en caso contrario, sería necesario utilizar medidas correctoras antes de aplicar las técnicas mencionadas anteriormente. Otra medida utilizada para establecer la fuerza y/o la dirección de una relación lineal entre dos valoraciones de un ítem es la de correlación de dos variables. Para finalizar, el uso de vectores de similitud está también presente en el contexto de sistemas de filtro colaborativo.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

Por otro lado, se han propuesto y analizado diferentes ampliaciones o mejoras que incrementan la calidad de los resultados obtenidos por los resultados de los algoritmos anteriormente expuestos. A destacar:

- Voto por defecto (default voting): Se aplica en el caso de los algoritmos de correlación en donde existen pocos votos, tanto por parte del usuario activo, como de los otros usuarios. Se ha demostrado empíricamente que la precisión de los resultados (en los algoritmos de correlación) es mejorada si se asumen valoraciones por defecto en los ítems no valorados.
- Frecuencia inversa del usuario (inverse user frequency): La idea es aplicar el mismo principio que “inverse document frequency” (IDF) a los usuarios de la base de datos. Es decir, reducir los pesos para las valoraciones de los ítems actualizados más frecuentemente con el fin de identificar los ítems más relevantes.
- Amplificación de casos (case amplification): Se trata de enfatizar los pesos que están más cerca los unos de los otros y al mismo tiempo castigar los pesos menores. Para ello, se aumentan de forma proporcional los pesos de las valoraciones próximas y se les resta valor a las valoraciones que se encuentran alejadas.

Basados en el modelo.

Los algoritmos, basados en el modelo, tienen un enfoque probabilístico. Los diferentes algoritmos empleados son (Schafer et al. 2007):

- “Redes Bayesianas”: Una red Bayesiana se basa en la creación de un grafo el cual relaciona los diferentes nodos de éste de forma probabilística. En el contexto del filtro colaborativo basado en el modelo, cada nodo corresponde a un ítem y su estado es determinado por la posibilidad de que ese nodo/ítem sea votado por los otros ítems del grafo. A este grafo se le aplican algoritmos para encontrar dependencias entre nodos y así poder obtener para cada ítem, un conjunto de ítems padres que corresponden a las mejores predicciones de sus votos.
- “Clustering”: Se trata el problema colaborativo como si fuera un problema de clasificación por lo que crea grupos de usuarios similares (o “cluster”) y en lugar de

procesar usuarios, procesa “clusters”. Los algoritmos, en lugar de comparar el usuario activo con todos los usuarios del sistema, comparan el usuario activo con grupos de usuarios, es decir, los clústeres.

- Redes neuronales artificiales (Artificial neural network): Al igual que en los sistemas de recomendación basados en el contenido, las redes neuronales, también tienen cabida en los sistemas de recomendación de filtrado colaborativo.
- Redes basadas en grafos (graph-theoretic approach): La idea del método es la formación de un grafo dirigido cuyos nodos corresponden a los usuarios y a sus relaciones se les asigna un peso y dirección. Cuando un usuario predice a otro usuario, se crea una transformación lineal que es construida con las valoraciones "trasladadas" de un usuario a otro. De este modo, la predicción de recomendación de un ítem para un usuario se realiza mediante la media de pesos de las direcciones de las relaciones, antes mencionadas, de los diferentes usuarios.
- Popularidad del impacto de proximidad (Proximity Impact Popularity): El enfoque, propuesto intenta solventar el problema del arranque en frío. La popularidad del impacto de proximidad es una medida heurística que se basa en tres factores: (A) La proximidad: Se refiere a la distancia entre las valoraciones y representa la diferencia aritmética entre dos valoraciones. (B) El impacto: Representa la fuerza con la que las valoraciones son del agrado o desagrado de los usuarios y (C) la popularidad que incrementa el valor de las similitudes entre valoraciones que estén lejos de la media (de los ítems ya valorados).

I.4.3.3. Dominios afines del sistema.

Debido a la naturaleza de los filtros colaborativos, no siempre es posible la aplicación de éstos para realizar recomendaciones. Así como sin la existencia de un grupo de usuarios vecinos al usuario activo no es posible realizar recomendaciones precisas, existen dominios donde estos sistemas se muestran más propensos para el trabajo con la información ya que presentan mayor efectividad en la precisión de los resultados. A continuación se muestra una clasificación de los diferentes dominios y las características que permiten una mayor (o

menor) influencia en la precisión de los resultados para los sistemas de filtrado colaborativo(Schafer et al. 2007):

1. Distribución de la información: Se refiere al número y forma que toma la información. Obsérvese que existe una relación directa entre el enfoque del dominio y el problema general “Carencia de información” de los sistemas de recomendación. Los diferentes aspectos que se pueden valorar de la distribución de la información son:
 - Hay muchos ítems: Si hubieran pocos ítems en el sistema, el usuario no tendría la necesidad de utilización de este sistema ya que él mismo podría conocerlos todos y valorar por sí mismo el grado de utilidad que éstos le aportan.
 - Hay muchas valoraciones por ítem: Si no hubieran suficientes valoraciones de un ítem, el sistema sería incapaz de proporcionar recomendaciones precisas pues estaríamos ante un problema de falta de información.
 - Hay más usuarios valorando que ítems: A menudo es necesario que haya más usuarios que número de ítems para así el sistema ser capaz de realizar recomendaciones a los usuarios. Por otra parte, normalmente la mayoría de usuarios de los sistemas suelen realizar pocas valoraciones en comparación a los ítems del sistema. Por consiguiente es deseable que existan, en proporción, muchos más usuarios que ítems en el sistema.
2. Secreto del significado (underlying Meaning): Se refiere a las propiedades que se esconden debajo del significado de la información:
 - Para cada usuario de la comunidad, hay otros usuarios con necesidades o gustos similares: Este sistema de recomendación es factible porque la gente tiene preferencias o gustos parecidos .Como consecuencia, las recomendaciones a usuarios con preferencias poco comunes serán difíciles de realizar.
 - La valoración de los ítems requiere que éste haya sido probado: Los filtros colaborativos añaden valor a las apreciaciones de ítems de naturaleza subjetiva. Los ítems que no necesitan de la opinión de las personas, pueden ser procesados computacionalmente sin la intervención de los usuarios. Por lo tanto, los dominios en

que sus ítems tengan una posible valoración más subjetiva son más afines a ser utilizados en los sistemas de filtrado colaborativo.

- Los ítems son homogéneos: Si los ítems son similares y la diferencia viene marcada por el criterio subjetivo, los sistemas de recomendación son apropiados porque mediante la subjetividad de los usuarios, permiten la diferenciación de ítems semejantes. Por ejemplo, los álbumes de música tienen precios y duraciones similares. Además dentro de un mismo estilo musical, los ritmos y sonidos son muy semejantes. En este contexto, las opiniones subjetivas aportan un valor añadido que permite la distinción de ítems semejantes.
3. Precisión de la información: Se refiere a cuan relevantes son las propiedades de los ítems.
- Persistencia de los ítems: Existen ítems donde su recomendación, además de por sus características, también viene determinada por otros aspectos como puede ser el tiempo. Por ejemplo, las noticias en los periódicos son recomendables en un espacio de tiempo relativamente reciente. Pasados unos días u horas, estas carecen de importancia. En los contextos en donde el tiempo en que un ítem es susceptible a ser recomendado, es relativamente corto o escaso, los filtros colaborativos se topan con un requerimiento difícil de solventar.
 - Persistencia del gusto: Al igual que el caso anterior, si las preferencias de los usuarios cambian rápidamente, las valoraciones antiguas pierden valor proporcionalmente a la velocidad del cambio. El entorno de la moda, en el mundo de la ropa, es un ejemplo donde las tendencias o preferencias de un año no son válidas para el año siguiente. Los filtros colaborativos trabajan mejor en entornos donde los gustos de los usuarios son persistentes a lo largo del tiempo.

I.4.3.4. Problemas usuales en los sistemas con filtrado colaborativo.

Los sistemas de filtrado colaborativo presentan los siguientes problemas:

Nuevo usuario: Cuando un usuario llega al sistema, no es posible hacerle recomendaciones hasta que su perfil sea lo suficientemente completo para encontrarle a su grupo de vecinos

cercanos. Existen diferentes técnicas que buscan paliar el problema intentando determinar el mejor ítem para los nuevos usuarios que estos deben valorar.

El arranque en frío: se suele dar en la etapa inicial de la utilización del sistema, cuando la mayoría de los ítems aún no han sido calificados y, por lo tanto, no son utilizados para los cálculos de similitud. El mismo problema puede manifestarse, aun cuando el sistema ha sido extensamente utilizado, cuando se agregan nuevos ítems o con aquellos ítems que representan gustos selectos de usuarios particulares.

Problema de Matriz dispersa: Surge debido a que cada usuario sólo califica a un número relativamente reducido de ítems. Por tanto la matriz de calificaciones usuario-ítems es una matriz dispersa, con numerosos valores nulos. Como resultado de lo anterior, la probabilidad de encontrar perfiles similares es habitualmente baja.

Confianza entre usuarios: En las recomendaciones del tipo colaborativo, se puede dar el caso de que existan usuarios mal intencionados que intentan corromper el sistema de recomendación. Massa y Avesani (2004) proponen la creación de una “red de confianza” para solventar el problema. La idea es que un usuario, además de puntuar los ítems del sistema, también exprese su confianza en las valoraciones que han hecho otros usuarios. El enfoque propuesto permite basar las recomendaciones únicamente con las valoraciones de usuarios en los que se confía. La red de confianza es asimétrica, es decir, si un usuario A confía en las valoraciones de un usuario B, no implica que el usuario B confíe en las valoraciones del usuario A. El sistema permite, mediante los valores bajos de confianza, una rápida detección de usuarios malintencionados.

I.4.4. Tendencias generales en los sistemas de recomendaciones.

Al tratar con información de carácter personal, es inevitable entrar en temas relacionados con la seguridad y privacidad de la información. Los usuarios, de forma implícita, confían en que los sistemas de recomendación sólo utilizarán sus preferencias para realizar recomendaciones y que sus datos permanecerán en el anonimato. Según comenta Canny (2002), en el futuro, los usuarios querrán obtener recomendaciones sobre diferentes aspectos

de sus actividades diarias, como pueden ser, comidas en restaurantes, sesiones de cine, o visitas a lugares cercanos de su lugar de residencia. Aunque en este sentido la ley tiene presente aspectos de privacidad, se puede dar el caso de que empresas que se dedican al comercio electrónico recojan información sobre sus usuarios y hagan el esfuerzo de mantenerla de forma privada hasta el momento que por ejemplo, entran en banca rota y aprovechan para vender este tipo de información, de carácter privado, a terceros. Por ello, los usuarios deben poder tener control exclusivo a toda la información relacionada con él.

Otro aspecto en el que se trabaja es la confianza. Diferentes estudios demuestran la importancia de la confianza entre los usuarios en las recomendaciones. Sinha & Swearingen (2001) muestran que las personas, si tienen que elegir entre recomendaciones de amigos o de sistemas de recomendación, prefieren a los amigos que a los sistemas de recomendación, incluso sabiendo que los sistemas de recomendación presenten un exitoso factor de recomendación. Por estos motivos, existe una tendencia hacia la creación de modelos arquitectónicos de sistemas de recomendación de filtro colaborativo, en donde no sólo el parentesco o similitud entre usuarios es importante, sino que el factor “confianza” va adquiriendo mayor presencia. O’Donovan & Smyth (2005) han demostrado que teniendo en cuenta este aspecto, ha reducido el impacto de los errores de predicción en las recomendaciones.

I.5. Conclusiones Parciales.

Los sistemas de recomendación constituyen una importante herramienta tecnológica, al ayudar a las personas en la toma de decisiones. En los procesos educativos estos sistemas pueden ser muy útiles para la búsqueda de recursos dentro de Internet. La cantidad de recursos disponibles y la dificultad para encontrar aquellos con un valor significativo es quizás uno de los grandes problemas de contemporaneidad.

Las investigaciones actuales sobre los sistemas de recomendación sugieren el filtrado colaborativo como la mejor de las opciones, considerando las ventajas que brinda Internet al permitir que la comunidad de “expertos”, o personas con intereses similares, pueda crecer significativamente.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE JUSTIFICAN LA PROPUESTA DE DISEÑO

La detección automática de las emociones reflejadas por el rostro humano forma parte de la “computación afectiva”, disciplina que está cobrando importancia creciente en la actualidad.

Las emociones expresan un estado de ánimo, una reacción del ser humano ante un desencadenante (que puede ser una acción externa). Su estudio no tiene solamente un valor en el campo de la medicina y la psicología sino que sirve para la toma de decisiones en sistemas que interactúen con el ser humano.

El estudio y el trabajo de las emociones en el campo de la educación es sumamente importante. Los procesos educativos influyen en el comportamiento emocional de los estudiantes, y el trabajo con las emociones puede ayudar a mejorar estos procesos.

II. FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.

En el presente capítulo se fundamentan los lenguajes y bibliotecas que se proponen sean empleados en la implementación de la arquitectura cuyo diseño es el objetivo de esta investigación.

II.1. Lenguajes propuestos en el diseño.

En este trabajo se propone el uso de los siguientes superlenguajes para la programación del diseño que se presenta, ellos son: Javascript, HTML 5, CSS3, y Python.

Javascript es claramente un lenguaje que permite a los desarrolladores innovar y hacer cosas que nadie había podido hacer antes en la web. En los últimos años, programadores y diseñadores web alrededor del mundo surgieron con los más increíbles trucos para superar las limitaciones de esta tecnología y sus iniciales deficiencias en portabilidad. Gracias a estas nuevas implementaciones, Javascript, HTML y CSS se convirtieron pronto en la más perfecta combinación para la necesaria evolución de la web.

HTML5 es, de hecho, una mejora de esta combinación, el pegamento que une todo. HTML5 propone estándares para cada aspecto de la web y también un propósito claro para cada una de las tecnologías involucradas. A partir de ahora, HTML provee los elementos estructurales, CSS se encuentra concentrado en cómo volver esa estructura utilizable y atractiva a la vista, y Javascript tiene todo el poder necesario para proveer dinamismo y construir aplicaciones web completamente funcionales. Las barreras entre sitios webs y aplicaciones finalmente han desaparecido. Las tecnologías requeridas para el proceso de integración están listas. El futuro de la web es prometedor y la evolución y combinación de estas tres tecnologías (HTML, CSS

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.

y Javascript) en una poderosa especificación que está volviendo a Internet la plataforma líder de desarrollo.

Para el procesamiento de las imágenes del rostro de los estudiantes, la extracción de los rasgos y la determinación de las emociones se propone trabajar con los lenguajes C++ y Python.

A continuación se realiza una breve descripción de estos lenguajes.

II.1.1. Java Script.

Javascript es un lenguaje con muchas posibilidades, utilizado para crear pequeños programas que luego son insertados en una página web y en programas más grandes, orientados a objetos mucho más complejos. Con Javascript podemos crear diferentes efectos e interactuar con nuestros usuarios.

Este lenguaje es un lenguaje basado en acciones que posee menos restricciones. Además, es un lenguaje que utiliza Windows y sistemas X-Windows, gran parte de la programación en este lenguaje está centrada en describir objetos, escribir funciones que respondan a movimientos del mouse, aperturas, utilización de teclas, cargas de páginas entre otros.

Es necesario resaltar que hay dos tipos de JavaScript: por un lado está el que se ejecuta en el cliente, este es el Javascript propiamente dicho, aunque técnicamente se denomina Navigator JavaScript. Pero también existe un Javascript que se ejecuta en el servidor, es más reciente y se denomina LiveWire Javascript.

Javascript nació con la necesidad de permitir a los autores de sitio web crear páginas que permitan intercambiar con los usuarios, ya que se necesitaba crear webs de mayor complejidad. El HTML solo permitía crear páginas estáticas donde se podía mostrar textos con estilos, pero se necesitaba interactuar con los usuarios.

El Javascript es una tecnología que ha sobrevivido por más de 10 años, es fundamental en la web, junto con la estandarización de la European Computer Manufacturers Association

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.

(ECMA) (adoptada luego por la ISO) y W3C DOM, es considerado por muchos desarrolladores web como la fundación para la próxima generación de aplicaciones web dinámicas del lado del cliente (Flanagan 2006).

II.1.2. CSS3.

CSS3 es la última evolución del lenguaje de las *Hojas de Estilo en Cascada* (Cascading Style Sheets), y pretende ampliar la versión CSS2.1. Trae consigo muchas novedades altamente esperadas, como las esquinas redondeadas, sombras, gradientes, transiciones o animaciones, y nuevos layouts como multi-columnas, cajas flexibles o maquetas de diseño en cuadrícula (grid layouts). Es un lenguaje usado para definir la presentación de un documento estructurado escrito en HTML o XML (y por extensión en XHTML). El W3C (World Wide Web Consortium) es el encargado de formular la especificación de las hojas de estilo que servirán de estándar para los agentes de usuario o navegadores.

CSS3 es un lenguaje utilizado para dar estética a un documento HTML (colores, tamaños de las fuentes, tamaños de elemento, con CSS podemos establecer diferentes reglas que indicarán como debe presentarse un documento. Podemos indicar propiedades como el color, el tamaño de la letra, el tipo de letra, si es negrita, si es itálica, también se puede dar forma a otras cosas que no sean letras, como colores de fondo de una página, tamaños de un elemento (por ejemplo el alto y el ancho de una tabla (Cederholm & Zeldman 2010).

Todos los navegadores importantes soportan la mayoría de las características de CSS3 que están disponibles. Al igual que el HTML5, el Consorcio considera que el CSS3 todavía está en continuo desarrollo y tener una versión final pronto es muy poco probable. Con los requerimientos de la web, y la industria en general, cambiando rápidamente, la programación necesita seguir adelante con los mismos pasos.

II.1.3. HTML5.

HTML5 (HyperText Markup Language, versión 5) es la quinta revisión importante del lenguaje básico de la World Wide Web Consortium (W3C). El primer borrador fue publicado

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.

en el año 2008, pero no ocurrió nada grande hasta el 2011. En el año 2011, el HTML5 fue publicado y la gente empezó a utilizarlo y escribir acerca de él, pero su soporte en los diferentes navegadores todavía era mediocre. Hoy en día, todos los grandes navegadores web (Chrome, Mozilla Firefox, Safari, Opera, Internet Explorer) ofrecen compatibilidad con HTML5, por lo tanto, la tecnología HTML más reciente está en su auge.

El HTML5 funciona en conjunto con CSS3 y todavía sigue en desarrollo. La W3C planea publicar una versión estable lo más pronto posible, pero parece que va a ser un largo camino. Desde su publicación, el HTML5 ha estado en desarrollo continuo, con la adición de más y más características impresionantes, el desarrollo de este lenguaje no parece tener un fin, pero eso no es necesariamente malo.

El HTML5 es el sucesor del HTML 4.01, publicado por primera vez en el año 1999. El Internet ha cambiado significativamente desde entonces y la creación del HTML5 parecía ser necesaria. El nuevo “lenguaje de etiquetas” fue desarrollado en base a estándares preestablecidos:

- Las nuevas características deben estar basadas en HTML, CSS, DOM y JavaScript.
- La necesidad de plugins externos (como Flash) debe ser mínima.
- El manejo de errores debe ser más fácil que en las versiones anteriores.
- El Scripting tiene que ser sustituido por más de “etiquetas” o Markup.
- El HTML5 debe ser independiente del dispositivo.
- El proceso de desarrollo debe ser público.

Entre las características principales de HTML5 encontramos cambios drásticos en el marcado y la estructura de los sitios, se incluye nuevos elementos que aumentan el valor semántico de nuestro código, los formularios son optimizados y su validación se vuelve más sencilla, se incluye el soporte a elementos de tipo audio y video sin tener que recurrir a plugins o flash. Es en este grupo donde se encuentran las características que más soporte tienen en los navegadores actuales.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.

También existen otras características que son parte del estándar. Necesitan de la implementación de otros lenguajes como JavaScript para un correcto funcionamiento, tal es el caso del almacenaje local, funcionamiento offline de las aplicaciones y mensajería (Gauchat 2012).

II.1.4. Python.

Es uno de los lenguajes de programación dinámicos más populares que existen entre los que se encuentran Perl, Tcl, PHP y Ruby. Aunque es considerado a menudo como un lenguaje "scripting", es realmente un lenguaje de propósito general. En la actualidad, Python es usado para todo, desde simples "scripts", hasta grandes servidores web que proveen servicio ininterrumpido. Es utilizado para la programación de interfaces gráficas y bases de datos, programación web tanto en el cliente como en el servidor. Además tiene una amplia aceptación por científicos que hacen aplicaciones para las arquitecturas de computadoras paralelas.

La historia del lenguaje de programación Python se remonta hacia finales de los 80s principio de los 90 y su implementación comenzó en diciembre de 1989 cuando en **Guido Van Rossum** que trabajaba en el CWI (un centro de investigación holandés de carácter oficial que, entre otras cosas, actualmente alberga la oficina central del W3C) decidió empezar el proyecto como un pasatiempo dándole continuidad al lenguaje de programación **ABC** del que había formado parte del equipo de desarrollo en el CWI, dicho lenguaje se enfocaba en ser fácil de usar y aprender, manteniendo potencia en su desempeño; pero el hardware disponible en la época de su creación hacía difícil su uso y el proyecto no trascendió como se esperaba. Van Rossum es por tanto el autor principal de Python y continúa ejerciendo un rol central decidiendo la dirección del lenguaje. El nombre "Python" viene dado por la afición de Van Rossum al grupo Monty Python (Van Rossum & Drake 2011).

Python permite dividir el programa en módulos reutilizables desde otros programas. Viene con una gran colección de módulos estándares que se pueden utilizar como base de los programas (o como ejemplos para empezar a aprender Python).

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.

Python se utiliza como lenguaje de programación interpretado, lo que ahorra un tiempo considerable en el desarrollo de las aplicaciones, pues no es necesario compilar ni enlazar. El intérprete se puede utilizar de modo interactivo, lo que facilita experimentar con las características del lenguaje, escribir programas desechables o probar funciones durante el desarrollo del programa.

En la actualidad este lenguaje ha cobrado mucha importancia para el trabajo con imágenes (filtrado, mejora, extracción de rasgos, etc.) y en inteligencia artificial, en especial en el campo del aprendizaje automático. Lo anterior es debido a simplicidad del lenguaje, y su adaptación para el trabajo en arquitecturas paralelas y distribuidas.

II.2. Propuestas de bibliotecas a utilizar en la programación del Sistema de Recomendación.

En el mundo de la computación, una **biblioteca** (en inglés *library*) es un conjunto de implementaciones funcionales, codificadas en un lenguaje de programación, que ofrece una interfaz bien definida para la funcionalidad que se invoca.

A diferencia de un programa ejecutable, el comportamiento que implementa una biblioteca no espera ser utilizada de forma autónoma (un programa sí: tiene un punto de entrada principal), sino que su fin es ser utilizada por otros programas, independientes y de forma simultánea. Por otra parte, el comportamiento de una biblioteca no tiene por qué diferenciarse en demasía del que pudiera especificarse en un programa. Es más, unas bibliotecas pueden requerir de otras para funcionar, pues el comportamiento que definen refina, o altera, el comportamiento de la biblioteca original; o bien la hace disponible para otra tecnología o lenguaje de programación.

Las bibliotecas pueden vincularse a un programa (o a otra biblioteca) en distintos puntos del desarrollo o la ejecución, según el tipo de vínculo que se quiera establecer.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.

La mayoría de los sistemas operativos modernos proporcionan bibliotecas que implementan los servicios del sistema. De esta manera, estos servicios se han convertido en una "*materia prima*" que cualquier aplicación moderna espera que el sistema operativo ofrezca. Como tal, la mayor parte del código utilizado por las aplicaciones modernas se ofrece en estas bibliotecas.

En el diseño que se presenta en este trabajo de investigación se propone el uso de las siguientes bibliotecas:

II.2.1. Dlib.

Dlib es una biblioteca de software multiplataforma de uso general escrita en el lenguaje de programación C ++. Su diseño está fuertemente influenciado por las ideas del diseño por contrato y la ingeniería de software basada en componentes. Por lo tanto, es, ante todo, un conjunto de componentes de software independientes. Es un software de código abierto lanzado bajo una licencia Boost Software.

Desde que el desarrollo comenzó en 2002, dlib ha crecido para incluir una amplia variedad de herramientas. A partir de 2016, contiene componentes de software para tratar con redes, hilos, interfaces gráficas de usuario, estructuras de datos, álgebra lineal, aprendizaje de máquinas, procesamiento de imágenes, minería de datos, XML y análisis de texto, optimización numérica, redes bayesianas y muchas otras tareas. En los últimos años, gran parte del desarrollo se ha centrado en la creación de un amplio conjunto de herramientas estadísticas de aprendizaje automático y en 2009 dlib se publicó en el Journal of Machine Learning Research, desde entonces se ha utilizado en una amplia gama de dominios (King 2009).

En este trabajo se propone el empleo de la biblioteca Dlib para la extracción de los rasgos del rostro humano que permitan la determinación de las emociones.

II.2.2. OpenCV.

OpenCV es una biblioteca libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel. Desde que apareció su primera versión alfa en el mes de enero de 1999, se ha utilizado en infinidad de aplicaciones; desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicaciones de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos. Esto se debe a que su publicación se da bajo licencia BSD, que permite que sea usada libremente para propósitos comerciales y de investigación con las condiciones en ella expresadas.

Open CV es multiplataforma, existiendo versiones para GNU/Linux, Mac OS X y Windows. Contiene más de 500 funciones que abarcan una gran gama de áreas en el proceso de visión, como reconocimiento de objetos (reconocimiento facial), calibración de cámaras, visión estérea y visión robótica.

El proyecto pretende proporcionar un entorno de desarrollo fácil de utilizar y altamente eficiente. Esto se ha logrado realizando su programación en código C y C++ optimizados, aprovechando además las capacidades que proveen los procesadores multinúcleo.

OpenCV puede además utilizar el sistema de primitivas de rendimiento integradas de Intel, un conjunto de rutinas de bajo nivel específicas para procesadores Intel (IPP) (Laganière 2014).

Aplicaciones conocidas:

- OpenCV ha sido usada en el sistema de visión del vehículo no tripulado Stanley de la Universidad de Stanford, el ganador en el año 2005 del Gran desafío DARPA.
- OpenCV se usa en sistemas de vigilancia de vídeo.
- OpenCV es la clave en el programa Swistrack, una herramienta de seguimiento distribuida.

La biblioteca fue originalmente escrita en C siendo portable para algunas plataformas específicas, tales como procesadores de señal digital.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.

OpenCV incluye tanto la interfaz de C tradicionales, así como una nueva interfaz C ++, que busca reducir el número de líneas de código necesarias al código de la funcionalidad de la visión, así como reducir los errores comunes de programación, tales como la memoria fugas que pueden surgir al utilizar OpenCV en la mayoría de los nuevos desarrollos y algoritmos.

Esta biblioteca se usa, en la propuesta de diseño presentada en esta investigación, para el procesamiento de las imágenes del rostro humano; filtrado, y mejora de la misma.

II.2.3. Scikit-learn.

SciKit-Learn es librería que proporciona un amplio conjunto de algoritmos de aprendizaje supervisado y no supervisado a través de una consistente interfaz en python. Publicado bajo licencia BSD y distribuido en muchos sistemas Linux, favorece el uso comercial y educacional. Esta librería se ha construido sobre SciPy (*Scientific Python*), que debe ser instalada antes de utilizarse (Garreta & Moncecchi 2013).

Esta librería se centra en el modelado de datos y no en cargar y manipular los datos, para lo que utilizaríamos NumPy y Pandas.

Las principales ventajas de scikit-learn son las siguientes (Buitinck et al. n.d.):

- Interfaz consistente ante modelos de aprendizaje automático.
- Proporciona muchos parámetros de configuración.
- Documentación excepcional.
- Desarrollo muy activo.
- Comunidad.

En este trabajo se propone el empleo de la biblioteca scikit-learn para la clasificación de las emociones a partir de los rasgos determinados en el rostro de los estudiantes. En las pruebas realizadas ha sido la biblioteca que brinda funciones con una efectividad cercana al 95%.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.

II.2.4. Mahout.

Mahout es una biblioteca de aprendizaje automático en código abierto. Los algoritmos implementados realizan en lo fundamental las funciones de motores de recomendación (filtraje colaborativo), agrupamiento y clasificación. Tiene la finalidad de ser una herramienta de aprendizaje automático a seleccionar cuando la colección de los datos a ser procesados es muy grande, posiblemente demasiado grande para una sola máquina. Esta implementación está escrita en Java y algunas de sus partes están construidas en el proyecto de computación distribuida Hadoop (Kumar, Thangavel Senthil Pandey 2015).

Mahout dispone de los siguientes algoritmos:

- Regresión Logística
- Naïve Bayes
- Máquinas de Vectores Soporte
- Perceptron
- Redes neuronales
- Bosques aleatorios
- Boosting

II.3. Conclusiones Parciales.

La arquitectura cuyo diseño se propone en este trabajo de investigación presenta una gran complejidad desde el punto de vista de su futura implementación, es por ello necesario el empleo de diferentes lenguajes para su programación y de diferentes bibliotecas.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS.

Los recursos propuestos en este capítulo son aquellos que en la bibliografía consultada han sido los más recomendados.

Aunque este trabajo se queda en el diseño de la propuesta, muchos de los recursos propuestos han sido probados con el objetivo de asegurar su utilidad para la implementación final del diseño. Esto ha sido realizado por otros miembros del grupo de investigación. Así se han realizado ya aplicaciones empleando el lenguaje Python y las bibliotecas OpenCV, dlib y scikit-learn, con el objetivo de reconocer rostros humanos y clasificar emociones.

De la misma manera se ha trabajado con la biblioteca Mahout, realizándose pruebas y adaptaciones que respondan a las exigencias planteadas por la propuesta que se hace en este trabajo investigativo.

Para el intercambio de datos entre los procesos se proponen los estándares SOAP (Simple Object Access Protocol) y JSON (JavaScript Object Notation).

III. DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOMENDACIÓN DE RECURSOS EDUCATIVOS

En este capítulo se presenta el diseño de un sistema de recomendación de recursos educativos, especificándose su arquitectura organizada por niveles o capas, sus componentes y la forma en estos interactúan.

Igualmente se describen los procesos de obtención de emociones y de generación de recomendaciones y los algoritmos que se utilizarán en el filtrado colaborativo.

El sistema de recomendación está basado en filtrado colaborativo y computación afectiva. El objetivo de este sistema es realizar recomendaciones de recursos educativos permitiendo al usuario ahorrarse tiempo en la búsqueda de material que sea de ayuda para cubrir sus necesidades.

El diseño que se propone se basa en un artículo publicado en la Revista Ibérica de Sistemas y tecnologías de Información, escrito por investigadores de los institutos tecnológicos de Orizaba y Culiacán en México (Bustos López et al. 2016).

III.1. Casos de Usos.

Un **caso de uso** es una descripción de los pasos o las actividades que deberán realizarse para llevar a cabo algún proceso. Los personajes o entidades que participarán en un caso de uso se denominan actores.

En el contexto de ingeniería del software, un caso de uso es una secuencia de interacciones que se desarrollarán entre un sistema y sus actores en respuesta a un evento que inicia un actor principal sobre el propio sistema.

Los diagramas de casos de uso sirven para especificar la comunicación y el comportamiento de un sistema mediante su interacción con los usuarios y/u otros sistemas. O lo que es igual, un diagrama que muestra la relación entre los actores y los casos de uso en un sistema.

Una relación es una conexión entre los elementos del modelo, por ejemplo la especialización y la generalización son relaciones. Los diagramas de casos de uso se utilizan para ilustrar los requerimientos del sistema al mostrar cómo reacciona a eventos que se producen en su ámbito o en él mismo (Sommerville 2005).

III.1.1. Actores.

Se le llama actor a toda entidad externa al sistema que guarda una relación con éste y que le demanda una funcionalidad. Esto incluye a los operadores humanos pero también incluye a todos los sistemas externos, además de entidades abstractas, como el tiempo (López et al. 2004).

III.1.2. Diagrama de Casos de Usos.

A continuación, se realiza el análisis de los casos de uso para el diseño que se propone en esta investigación y su respectiva descripción.

Se define como un único Actor al *Estudiante*, el cual puede registrarse, hacer búsquedas de los recursos, seleccionarlo y dar una clasificación del mismo (Figura II.1).

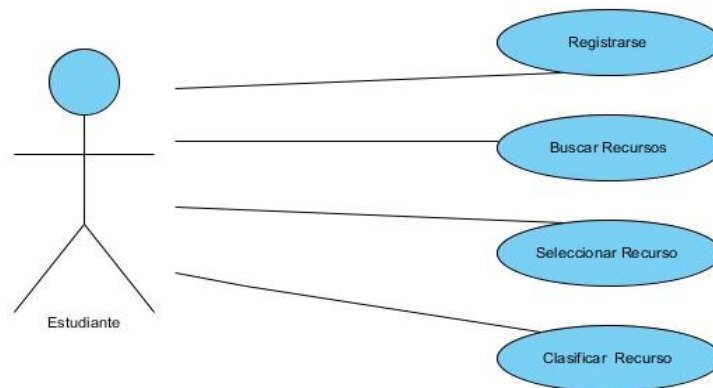


Figura III. 1: Diagrama de casos de usos del diseño del sistema de recomendaciones

III.1.3. Descripción de los Casos de Usos.

Se describirán mediante las siguientes tablas en qué consisten cada uno de los casos de uso del diseño (Moreno 2010). Estas descripciones se presentan en las Tablas II.1, II.2, II.3, y II.4.

Tabla III. 1: Descripción del caso de uso "Registrarse"

Caso de uso	Registrarse
Propósito	Le permite al usuario una vez que accede al sistema poder introducir sus datos
Actor	Estudiante
Precondiciones	Acceder al sistema
Resumen	El caso de uso Registrarse se inicia cuando el estudiante accede al sistema, este debe introducir su nombre.

Tabla III. 2: Descripción del caso de uso "Buscar Recursos Educativos"

Caso de uso	Buscar Recursos Educativos
Propósito	Le permite al estudiante hacer una búsqueda de los recursos educativos q se encuentran en los repositorios de sistema
Actor	Estudiante
Precondiciones	Acceder al sistema
Resumen	El caso de uso Buscar Recursos Educativos inicia cuando el usuario accede al sistema y escribe el recurso que desea buscar.

Tabla III. 3: Descripción del caso de uso "Seleccionar Recurso"

Caso de uso	Seleccionar Recurso
Propósito	Le permite al estudiante una vez encontrado los recurso poder seleccionar uno
Actor	Estudiante
Precondiciones	Acceder al sistema
Resumen	El caso de uso Seleccionar Recurso inicia cuando el usuario accede al sistema y escribe el recurso que desea buscar. De los

	resultados obtenidos selecciona el recurso educativo que se adapte más a lo que necesite.
--	---

Tabla III. 4: Descripción del caso de uso "dar Clasificación sobre un Recurso"

Caso de uso	Dar Clasificación sobre un Recurso
Propósito	Le permite al estudiante una vez encontrado el recurso y seleccionado poder darle una clasificación.
Actor	Estudiante
Precondiciones	Acceder al sistema
Resumen	El caso de uso Dar Clasificación sobre un Recurso inicia cuando el usuario accede al sistema y escribe el recurso que desea buscar. De los resultados obtenidos selecciona el recurso educativo que se adapte más a lo que necesite y le da una clasificación al mismo.

III.2. Descripción del Diseño

El diseño del sistema está concebido en 3 capas para organizar los componentes y distribuir las tareas y funcionalidades, los componentes están desarrollados a partir de las necesidades que se identificaron a lo largo del desarrollo de la investigación.

La arquitectura propuesta se muestra en la figura III.1. Cada capa contiene componentes que tienen funciones específicas las cuales se explican a continuación:

Capa de presentación: Es la capa que implementa los interfaces de usuario. Su función es recibir las demandas del usuario en la forma de solicitud de recursos y presentarle a este la

información del resultado de la búsqueda. Para la programación de esta capa se propone el empleo de los lenguajes JavaScript, HTML5, y CSS3.

En la capa de presentación también se implementan parte de las funciones correspondientes a los casos de usos analizados en el capítulo III. Inicialmente se valoró la propuesta de una capa para estas funciones (capa de sesión).

Igualmente es este el nivel encargado de garantizar la conectividad y el acceso seguro a Internet.

Capa de servicios: Esta capa está formada por 2 módulos, el primer módulo llamado de análisis emocional, que contiene las bibliotecas OpenCV, Dlib, SciKit-Learn, permite obtener datos sobre la imagen de un rostro, clasificando el estado de ánimo del estudiante. El segundo módulo llamado recomendaciones es donde se encuentra la biblioteca Mahout que se ocupará de procesar los datos obtenidos por el módulo de análisis emocional y aplicar los algoritmos necesarios para hacer las recomendaciones.

Capa de datos: Esta capa contiene los diversos repositorios en donde estarán contenidos los recursos educativos con los cuales trabajará el Sistema de Recomendación.

A continuación se describen cada uno de los componentes que conforman el diseño.

Analizador de peticiones: Este componente se encargará de capturar el resultado del usuario en cuanto a permitir el uso de su cámara Web para que le sean tomadas fotografías o la declinación del usuario a dicha petición. Una vez que se obtenga el resultado este redirigirá a la página que muestra el recurso educativo con o sin uso de la cámara dependiendo de la decisión del estudiante.

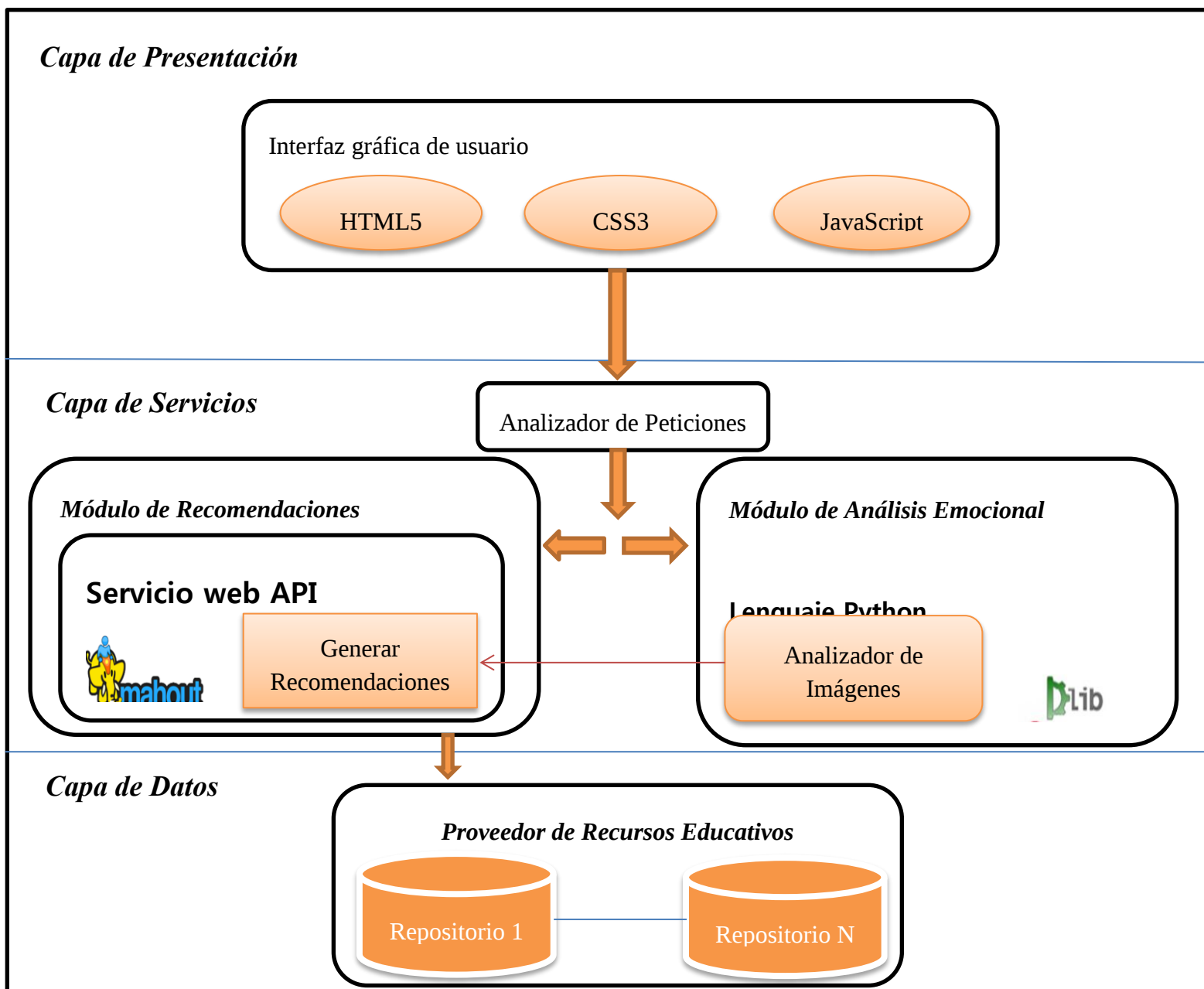


Figura III. 2: Arquitectura del sistema de recomendaciones de recursos educativos

Analizador de imágenes: Es un componente el cuál, utilizando el lenguaje Python, hará uso de las bibliotecas OpenCV para la captación de las imágenes y su procesamiento, Dlib será utilizada en sus potencialidades de aprendizaje automático para la extracción de los rasgos del rostro de los estudiantes y SciKit-Learn para determinar las emociones reflejadas por este. La emoción identificada se envía al módulo de recomendaciones.

Generar Recomendaciones: Este componente estará encapsulado en un servicio Web, dicho componente contendrá la API de Apache Mahout la cual realizará las recomendaciones del filtrado colaborativo mediante los siguientes pasos:

1. Se insertará en un conjunto de datos que contendrá el sistema de recomendación, el identificador del estudiante, el identificador del recurso y la calificación que el estudiante le da al recurso.
2. Calcular la similitud entre usuarios, esto se hará ocupando una métrica de similitud, la API de Apache Mahout brinda varias métricas (Tanimoto coefficient similarity, Pearson correlation similarity, uncentered cosine similarity, Euclidean distance similarity), con las mismas se calculará la similitud entre parejas de usuarios. La métrica propuesta a emplear el sistema es el coeficiente de similitud Pearson.
3. Una vez calculada la similitud entre usuarios Apache Mahout presentará una serie de algoritmos para para calcular los vecinos más cercanos del usuario activo. En este trabajo se escoge el algoritmo: NearestN User Neighborhood (Vecinos más cercanos) con un umbral para evitar que recursos de baja valoración sean recomendados.
4. Una vez determinada las recomendaciones, se elegirá los N recursos más adecuados para ser recomendados al usuario.

III.3. Proceso de obtención de la emoción

Se programó en python una clase llamada “clasificador” con el objetivo de clasificar la emoción del estudiante a partir de la imagen de su rostro, esta clase cuenta con dos proceso el primero entrenar al clasificador y el segundo clasificar, devolviendo la emoción del estudiante como se muestra en la figura 4.

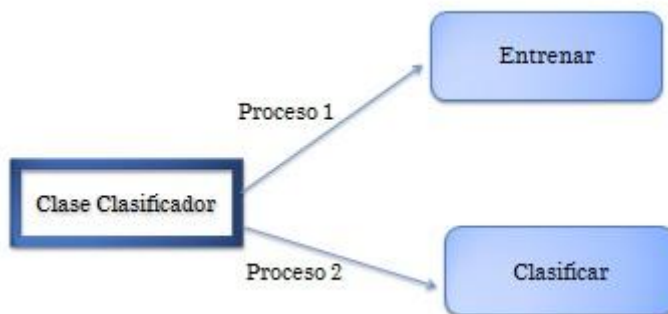


Figura III. 3: Clase clasificador

III.3.1. Proceso de Entrenamiento

En la figura III.3 se muestra el proceso de entrenamiento del clasificador y una explicación del mismo:

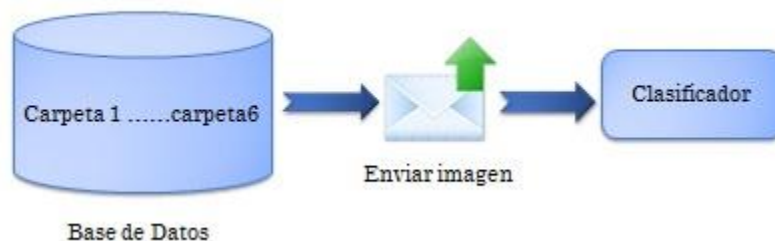


Figura III. 4: Proceso de entrenamiento del clasificador de emociones

Se va tener una base de datos con 6 carpetas con el nombre de las emociones con que trabajara el sistema (miedo, ira, tristeza, asco, sorpresa, felicidad). Cada carpeta tendrá un conjunto de imágenes y estas imágenes se inviaran al clasificador y una red neuronal perceptron de 5 capas se entrenará al sistema. Una vez entrenado el clasificador estará listo para recibir una imagen y poder clasificarla utilizando el mismos algoritmo.

III.3.2. Proceso de Clasificación de la Emoción.

En la figura III.4 se muestra el proceso de clasificación de la emoción.

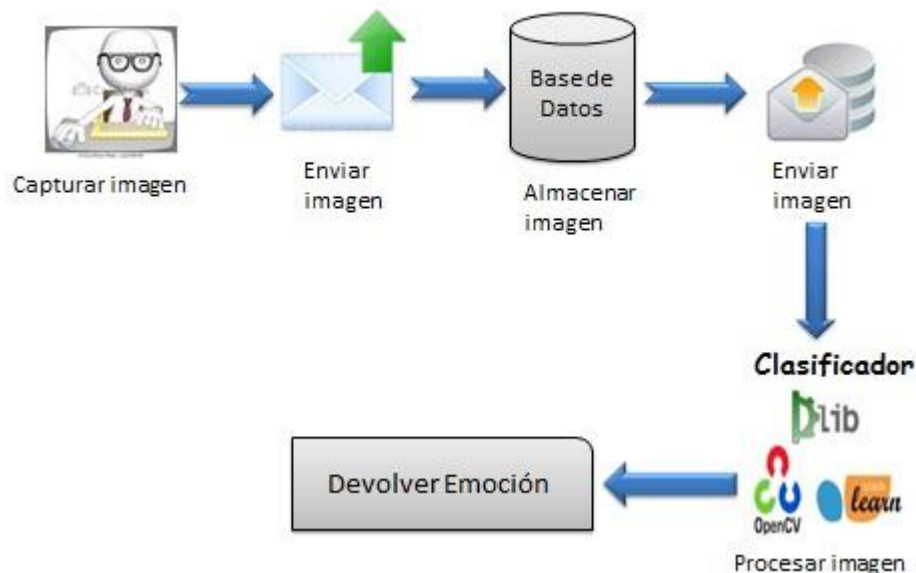


Figura III. 5: Proceso de clasificación de la emoción

Pasos para obtención de la emoción:

- El Usuario interactúa con el sistema y selecciona la opción de usar cámara. Esto permite que el sistema tome fotos mientras el usuario interactúa con un recurso educativo
- La imagen se almacena en una base de datos

- Esta imagen se almacena directamente en una carpeta propia del usuario y quedará vigente en la carpeta hasta que se reemplace por otra imagen del usuario en futuras sesiones que inicie en el sistema.
- La imagen es enviada al clasificador que tiene dentro de sus características, detectar el rostro del usuario en varios ángulos, encontrar la ubicación de los ojos, la nariz, la boca y muchos otros puntos en el rostro plasmado en la foto. Se comprueba si la persona está sonriendo, tiene los ojos abiertos, los labios cerrados o si usa gafas. Todos estos datos en conjunto se analizan para obtener el sentimiento del usuario.

III.4. Proceso de Generación de Recomendaciones

En la figura III.5 se presenta el proceso de generación de recomendaciones y se explican cada uno de los pasos involucrados.

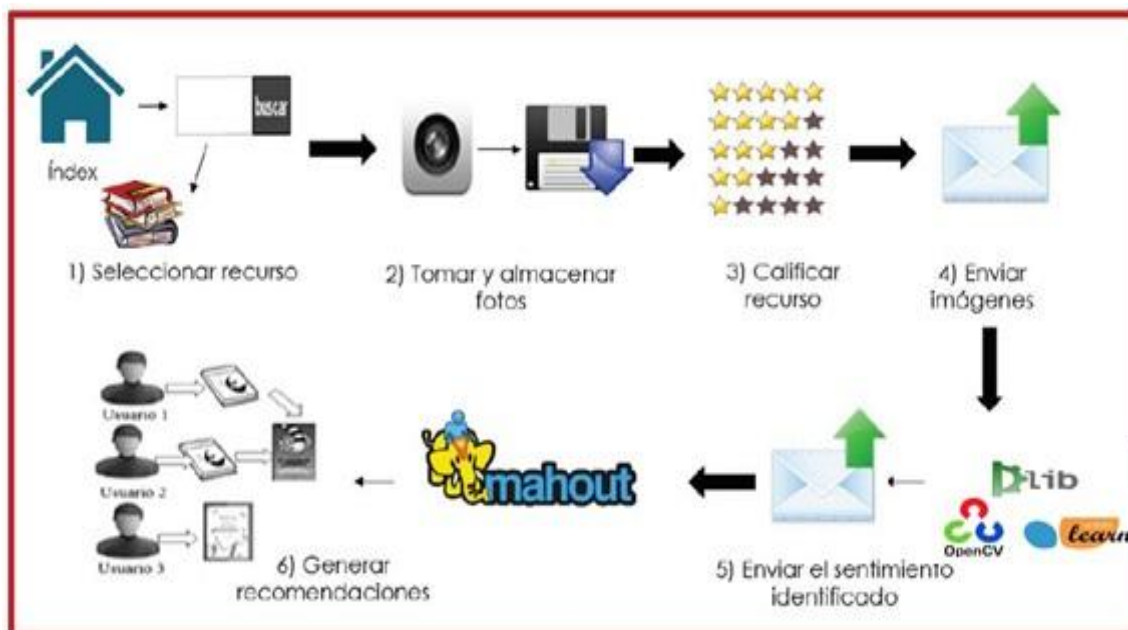


Figura III. 6: Proceso de generación de recomendaciones

1. El usuario accederá a la interfaz del sistema de recomendaciones para hacer una búsqueda de un recurso introduciendo un criterio. De los resultados obtenidos seleccionará el recurso educativo que se adapte más a lo que necesite
2. En el transcurso del tiempo en el que observará el recurso hasta el cierre de la ventana donde se encuentra, se tomarán diversas fotos de la cara del usuario con la Webcam y se almacenarán para enviarse al módulo de análisis. En el caso de que el usuario no disponga de una Webcam se omitirá este paso.
3. El usuario realizará la calificación del recurso que utilizará de acuerdo a su criterio.
4. Las imágenes se enviarán al módulo de análisis emocional.
5. Se analizarán las fotografías del usuario mediante las bibliotecas OpenCV, Dlib y SKlearn las cuales permitirán conocer el estado de ánimo del usuario y se enviará los resultados al módulo de recomendaciones.
6. En el módulo de recomendaciones se procesará la información obtenida por el módulo de análisis emocional y por la calificación que el usuario otorgará al recurso educativo. Mediante el uso de la API de Mahout el filtrado colaborativo ocupará la técnica basada en memoria ya que se emplearán métricas de similitud para saber la semejanza entre un conjunto de usuarios y realizar las recomendaciones.

Para las pruebas de los algoritmos de filtrado colaborativo implementados por la biblioteca Mahout se utilizó el repositorio Book-Crossing el cual cuenta con 1149780 calificaciones dadas por 278858 usuarios a 271379. Estas pruebas sirvieron para entender el trabajo de la referida API y determinar los mejores algoritmos concluyéndose que los mejores resultados se obtienen con la correlación de Pearson. Estas pruebas fueron realizadas por otros miembros del grupo de investigación.

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

- Uno de los problemas más significativo de la contemporaneidad es la búsqueda de recursos significativos dentro de Internet. Este problema es más crítico en los procesos educativos cuando los estudiantes se pierden en la búsqueda de información dentro de la gran masa de recursos existentes, mucho de ellos sin valor significativo (o importancia). Una solución a este problema es el uso de sistemas inteligentes que recomienden a los estudiantes cuáles son los mejores recursos, basado fundamentalmente en la experiencia de otros usuarios. El Filtrado colaborativo son un tipo de sistemas de recomendación para los que se crea un conjunto de usuarios que tienen características o gustos similares entre sí.
- El empleo del estado de ánimo del estudiante añadido a las componentes clásicas de un sistema de recomendación refuerza la efectividad de este último, no solamente se toma en consideración la valoración dada por otros, sino que se valora a la disposición del usuario frente al recurso en cuestión.
- Python resulta ser el mejor lenguaje, en la actualidad, para el procesamiento de imágenes y el trabajo con algoritmos de aprendizaje automático.
- Entre las muchas bibliotecas, OpenCV, Dlib y scikit-learn, resultan las más recomendadas para el procesamiento de imágenes, la extracción de rasgos y la clasificación de emociones. Mahout es una biblioteca muy bien valorada internacionalmente para la realización de filtrado colaborativo. Su mayor dificultad, para nuestro contexto, es que la misma se encuentra en línea.
- La arquitectura de un sistema de recomendación en tres capas o niveles se ajusta a las necesidades planteadas en el presente trabajo de investigación. Se respeta las tendencias actuales de diseño de productos informáticos organizados en capas con protocolos específicos para el paso de información entre las mismas.
- El sistema debe ser sencillo en el empleo por parte de los estudiantes, es decir no exigirle habilidades extras para su empleo. El alumno se concentra en el trabajo con los recursos educativos.
- La detección de las emociones a partir de imágenes fijas (fotos) y no mediante videos ayuda a la velocidad de procesamiento y simplificación de los algoritmos.
- El sistema propuesto es un primer acercamiento al empleo de la computación afectiva y el filtrado colaborativo en el contexto de la educación superior cubana. Los resultados aquí alcanzados y su posterior implementación abre las posibilidades al desarrollo de investigaciones futuras que exploten el empleo de la computación afectiva para la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES.

- Implementar el sistema cuya arquitectura es el resultado de este trabajo.
- Trabajar en una versión de esta arquitectura que se pueda enlazar con el entorno MOODLE.
- Realizar un estudio de los repositorios educativos disponibles y la posibilidad de ser empleados por el sistema propuesta.
- Valorar otras alternativas a la biblioteca Mahout, con el objetivo de que el sistema propuesto pueda contar con versiones más robustas desde el punto de vista del filtrado colaborativo y a su vez sea más portable, ya que Mahout es una biblioteca en línea.
- Usar la experiencia adquirida para el desarrollo de otras aplicaciones que usen la computación afectiva en la educación.

BIBLIOGRAFÍA.

- AKBIYIK, C., 2010. ¿Puede la informática afectiva llevar a un uso más efectivo de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) en la Educación? *Revista de Educación*, 352, pp.179–202.
- Barrón Estrada, M.L. et al., 2014. Un tutor inteligente , afectivo y configurable para el aprendizaje de números naturales de 3er grado. *Research in Computing Science*, 77(2014), pp.45–54. Available at: [http://www.rcs.cic.ipn.mx/2014_77/Un tutor inteligente_ afectivo y configurable para el aprendizaje de numeros naturales de 3er grado.pdf](http://www.rcs.cic.ipn.mx/2014_77/Un_tutor_inteligente_afectivo_y_configurable_para_el_aprendizaje_de_numeros_naturales_de_3er_grado.pdf).
- Bisquerra, R., 2000. Educación emocional y bienestar. In *Educación emocional y bienestar*. Barcelona: Praxis, p. 63.
- Boekaerts, M., Pintrich, P.R. & Zeidner, M. eds., 2005. *Handbook of Self-Regulation*, Academic Press.
- Bruton, L., 2003. *No Title*. University of La Verne, California.
- Buitinck, L. et al., API design for machine learning software: experiences from the scikit-learn project. *arXiv preprint arXiv:1309.0238*.
- Bustos López, M. et al., 2016. EmoRemSys: Sistema de recomendación de recursos educativos basado en detección de emociones. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, (17), pp.80–95.
- Calvo, R.A. et al., 2014. *The Oxford handbook of affective computing*, Oxford University Press.
- Canny, J., 2002. Collaborative filtering with privacy. In *IEEE Symposium on Security and Privacy*. pp. 45–57.
- Cederholm, D. & Zeldman, J., 2010. *CSS3 for web designers*, New York: A Book Apart New York.
- Cuevas Peñaranda, J., 2015. *Emociones: calculemos. Las promesas de la computación afectiva*. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España).
- Ekman, P., 1992. Are There Basic Emotions? *Psychological Review*, 99(3), pp.550–553.

BIBLIOGRAFÍA

- Available at: http://www.emotional.economics.uni-mainz.de/Dateien/Ekman_1992_Psy_Review_Basic_Emotions.pdf.
- Ekman, P., 1982. No Title. In P. Ekman & K. R. Scherer, eds. *Handbook of heyhods in nonverbal behavior research*. New York: Cambridge University Press, pp. 45–135.
- EVANS, D., 2002. *EMOCIÓN, LA CIENCIA DEL SENTIMIENTO*, Madrid, España: SANTILLANA.
- Flanagan, D., 2006. *JavaScript: the definitive guide*, O'Reilly Media, Inc.
- Font, M.S. & Farré, C., 2009. *Sistemas de recomendación para webs de información sobre la salud*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Gadanhó, S.C. & Hallam, J., 2001. Robot Learning Driven by Emotions. *Adaptive Behavior*, 9(1), pp.42 – 64.
- García Fernández-Abascal, E., 2009. *Emociones positivas*, Madrid, España: Pirámide.
- Garreta, R. & Moncecchi, G., 2013. *Learning scikit-learn: machine learning in python*, Packt Publishing Ltd.
- Gauchat, J.D., 2012. *El gran libro de HTML5, CSS3 y Javascript*, Marcombo.
- Greenleaf, R., 2003. Motion and Emotion in Student Learning. *Principal Leadership*, 2(8), pp.24–28.
- Herlocker, J.L. et al., 2004. Evaluating collaborative filtering recommender systems. *ACM Transactions on Information Systems*, 22, pp.5–53.
- King, D.E., 2009. Dlib-ml: A machine learning toolkit. *Journal of Machine Learning Research*, 10(Jul), pp.1755–1758.
- Kumar, Thangavel Senthil Pandey, S., 2015. Customization of recommendation system using collaborative filtering algorithm on cloud using Mahout. In *Intelligent Distributed Computing*. Springer, pp. 1–10.
- Laganière, R., 2014. *OpenCV Computer Vision Application Programming Cookbook Second Edition*, Packt Publishing Ltd.
- Lien, J.-J. et al., 1998. Subtly different facial expression recognition and expression intensity estimation. In *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 853–859.
- López, E.T., Costa, D.C. & Samsó, M.R.S., 2004. *Especificación de sistemas software en UML*, Universitat Politecnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politecnica.

BIBLIOGRAFÍA

- Malone, T.W. et al., 1987. *Intelligent information-sharing systems*,
- Massa, P. & Avesani, P., 2004. Trust-aware collaborative filtering for recommender systems. *Lecture Notes in Computer Science*, pp.492–508.
- Meyer, D.K. & Turner, J.C., 2006. Re-conceptualizing emotion and motivation to learn in classroom contexts. *Educational Psychology Review*, 18(4), pp.377–390.
- Moreno, G.V., 2010. *Sistema de reconocimiento gestual para una unidad de medición inercial*. Universidad Politécnica de Valencia.
- O'Donovan, J. & Smyth, B., 2005. Trust in recommender systems. In ACM, ed. *Proceedings of the 10th international conference on Intelligent user interfaces*. New York, pp. 167–174.
- Pekrun, R. et al., 2002. Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: a program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37(2), pp.91–105.
- Picard, R.W. & Klein, J., 2002. Computers that recognise and respond to user emotion: theoretical and practical implications. *Interacting with computers*, 14(2), pp.141–169. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/6688/8fd51aacc773096c9c73723807280906dc73.pdf>.
- Reeve, J.M., 1994. *Motivación y Emoción*, Madrid, España: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA.
- RESNICK, P. & VARIAN, H.R., 1997. Recommender systems. *Communications of the ACM*, 40(3), pp.56–58.
- Richard, M., 2007. 5 Problems of Recommender Systems. *Lecture Notes in Computer Science*, 4321, p.325.
- Van Rossum, G. & Drake, F.L., 2011. *The python language reference manual*, Network Theory Ltd.
- Schafer, J.B. et al., 2007. Collaborative filtering recommender systems. *Lecture Notes in Computer Science*, 4321, p.291.
- Sinha, R. & Swearingen, K., 2001. Comparing recommendations made by online systems and friends. In *Proceedings of the DELOS-NSF Workshop on Personalization and Recommender Systems in Digital Libraries*.
- Sommerville, I., 2005. *Ingenierías de Software*, Pearson Educación.
- Tsapatsoulis, N. et al., 1999. Comparing Template-based, Feature-based and Supervised

BIBLIOGRAFÍA

Classification of Facial Expressions from Static Images. In *Computational Intelligence and Applications, World Scientific and Engineering*. Society Press.

Vivas, M., Gallego, D. & González, B., 2007. *Educación las Emociones* 2da ed., Mérida, Venezuela: Dickinson.

Wu, C.-H., Huang, Y.-M. & Hwang, J.-P., 2016. Review of affective computing in education/learning: Trends and challenges. *British Journal of Educational Technology*, 47(6), pp.1304–1323.