

## **PI161-3-RunayaySoft**

RunayaySoft: sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento en entornos educativos

Juan Camilo González Vargas

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN  
BOGOTÁ, D.C.  
2016

PI161-3-RunayaySoft  
RunayaySoft: sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento en entornos educativos

**Autor:**

Juan Camilo González Vargas

MEMORIA DEL TRABAJO DE GRADO REALIZADO PARA CUMPLIR UNO  
DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

**Directora**

Angela Cristina Carrillo Ramos

**Co-Director**

Ramón Fabregat

**Comité de Evaluación del Trabajo de Grado**

Diana Lancheros

Martha Leonor Sabogal Modera

**Página web del Trabajo de Grado**

<http://pegasus.javeriana.edu.co/~PI161-3-Soft>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRÍA EN INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN  
BOGOTÁ, D.C.  
Mayo, 2016

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**Rector Magnífico**

Jorge Humberto Peláez, S.J.

**Decano Facultad de Ingeniería**

Ingeniero Jorge Luis Sánchez Téllez

**Directora Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación**

Ingeniera Angela Carrillo Ramos

**Director Departamento de Ingeniería de Sistemas**

Ingeniero Efraín Ortíz Pabón

*En esta hoja solía venir la nota de aceptación del director y la firma de los jurados. Ahora, el director puede aprobar a través de correo electrónico. Esta hoja puede ser obviada.*

### **Artículo 23 de la Resolución No. 1 de Junio de 1946**

*“La Universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus alumnos en sus proyectos de grado. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y la moral católica y porque no contengan ataques o polémicas puramente personales. Antes bien, que se vean en ellos el anhelo de buscar la verdad y la Justicia”*

## AGRADECIMIENTOS

Para comenzar, quiero agradecerle a Dios por darme la oportunidad de estudiar, de brindarme la familia que tengo, de apoyarme en los momentos difíciles, de hacer que me encontrara y me cruzara con personas que siempre me han apoyado en mi proceso educativo. De igual forma, agradezco a todos mis familiares, especialmente a mis padres Carlos Arturo González y Luz Carime Vargas y a mis hermanos Daniel Felipe González Vargas y Carlos Augusto González Vargas, que, desde el principio, han sido los que me han acompañado en este proceso, me dieron la oportunidad de poder realizar mis estudios en el exterior y me han dado alientos cuando más los he necesitado.

También, agradezco a mi directora Angela Cristina Carrillo Ramos, porque al igual que mis padres, me ha dado su voto de confianza, me ha guiado en esta investigación, me ofreció y me dio la oportunidad de realizar mis estudios en el exterior y ha sido la que me ha motivado e impulsado en mi proceso de desarrollo como persona y como profesional.

Agradezco a las expertas en Educación María Caridad García Cepero y Lizzeth Camargo quienes fueron de gran ayuda para el desarrollo del trabajo, ya que con ellas se pudo realizar pruebas suficientes en las diferentes instituciones educativas de la ciudad de Bogotá y me apoyaron en la validación de las recomendaciones generadas por el sistema.

Agradezco a los directivos y profesores de los colegios Florentino González, Virginia Gutiérrez de Pineda y el Gimnasio Santa María de Alcázar por permitir que se realizaran las pruebas en sus instalaciones, ya que sin ellos no se hubiera podido validar el sistema Runayay-Soft.

Muchas gracias a mi codirector Ramón Fabregat, que también ha sido un apoyo para realizar esta investigación, ya que fue el que me brindó un espacio en el laboratorio de Comunicacions i Sistemes Distribuïts de la Universitat de Girona y los elementos necesarios para trabajar y desarrollar el sistema.

Finalmente, agradezco a todos mis amigos y compañeros que también han sido los que me han motivado por cumplir mis sueños y son los que me siempre me han acompañado en los logros que he obtenido.

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN GENERAL .....</b>	<b>15</b>
OPORTUNIDAD Y PROBLEMÁTICA.....	15
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>18</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
2.3 FASES DE DESARROLLO .....	19
2.3.1 IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS .....	19
2.3.2 CREACIÓN MODELO DE ADAPTACIÓN .....	20
2.3.3 DISEÑO MÉTODOS DE SELECCIÓN .....	20
2.3.4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....	21
2.3.5 VALIDACIÓN DEL SISTEMA.....	22
<b>3. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>22</b>
3.1. MARCO CONCEPTUAL .....	22
3.1.1 <i>Actividades de enriquecimiento</i> .....	23
3.1.2 <i>Sistemas Adaptativos</i> .....	27
3.1.2.1 <i>Perfil de usuario</i> .....	28
3.1.2.2 <i>Sistemas de recomendación</i> .....	30
3.1.3 <i>Algoritmos de agrupación (clustering)</i> .....	31
3.2. TRABAJOS RELACIONADOS .....	33
3.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE TRABAJOS RELACIONADOS.....	33
3.2.2 FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE TRABAJOS RELACIONADOS .....	35
<b>4. CONTRIBUCIONES .....</b>	<b>37</b>
4.1 DIAGNÓSTICO .....	39
4.1.1 <i>Estilos de aprendizaje</i> .....	41
4.1.2 <i>Intereses</i> .....	42
4.1.3 <i>Aptitudes</i> .....	43
4.1.4 <i>Inteligencias múltiples</i> .....	44

---

4.2 MODELO DE ADAPTACIÓN .....	46
MODELO LÓGICO DE CLASES .....	46
4.2.1 ¿CÓMO FUE ADQUIRIDA LA INFORMACIÓN? .....	48
4.2.2 PERFILES DE ADAPTACIÓN.....	48
4.2.2.1 Perfil de estudiante.....	48
4.2.2.2 Perfil de actividad .....	51
4.2.2.3 Perfil de institución .....	53
4.2.3 CORRESPONDENCIA ENTRE LOS PERFILES .....	55
4.2.4 ¿CÓMO DEBE SER ACTUALIZADA LA INFORMACIÓN?.....	58
4.3 RUNAYAYSOFT .....	58
4.3.1 Planeación.....	59
4.3.2 Ejecución.....	67
4.3.3 Demostración y correcciones.....	69
4.4 EXPERIMENTO .....	70
4.4.1 Pruebas de estrés del sistema.....	70
4.4.2 Evaluación resultados test y recomendaciones .....	70
4.4.2.1 pruebas satisfacción estudiantes .....	71
4.4.2.2 Validación del experto.....	75
4.4.3 Pruebas con y sin adaptación.....	76
4.5 Post-mortem .....	84
<b>5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS .....</b>	<b>86</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	88
5.2. TRABAJO FUTURO .....	90
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>91</b>



## **ABSTRACT**

The enrichment activities have as objective to improve the aptitudes or abilities of a student. However, the problem arises when the educational institutions do not know the kind of activities that they need to propose to these students, neither consider their diversity. Generally, the enrichment activities are assigned depending on what the institutions think that students need, but these proposals not consider the characteristics of the student, neither the characteristics of the institution to develop those activities. Therefore, it emerges the necessity of designing and developing an adaptive system called RunayaySoft that recommends the educational institutions and the students enrichment activities, based on the student's needs and characteristics to enhance their skills.

## **RESUMEN**

Las actividades de enriquecimiento tienen como objetivo potenciar las aptitudes o habilidades del estudiante. Sin embargo, el problema surge cuando las instituciones educativas no saben qué tipo de actividades se les deben proponer a sus estudiantes, ni consideran la diversidad de sus estudiantes. Generalmente, las actividades de enriquecimiento se asignan dependiendo de lo que las instituciones creen que necesitan sus estudiantes, pero esta propuesta no tiene en cuenta las características del estudiante ni de las instituciones para realizar dichas actividades. Por tal motivo, surge la necesidad de diseñar y desarrollar un sistema adaptativo llamado RunayaySoft que recomiende a las instituciones educativas y a los estudiantes actividades de enriquecimiento, basándose en las necesidades del estudiante y sus características para potenciar sus habilidades.

## RESUMEN EJECUTIVO

En la educación es importante que se consideren diferentes procesos educativos para la enseñanza; sin embargo, en la mayoría de casos, las instituciones educativas no tienen en cuenta las necesidades de los estudiantes, ya que se generan programas homogéneos para todos los tipos de estudiantes que se encuentren en un aula de clase. Por tal motivo es importante considerar las necesidades y características, tanto de la institución educativa como de los estudiantes, para recomendar actividades en las cuales cada uno de ellos se sienta identificado.

Para dar solución a la problemática mencionada anteriormente, en este proyecto se genera un sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento orientado a entornos educativos, que a partir de las características del estudiante (intereses, aptitudes, estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples) se recomienden actividades que permitan potenciar algunas de sus habilidades. Además, el sistema apoya a los profesores y directivas de las instituciones educativas sobre las actividades que debe desarrollar dentro de su plantel, basándose en las necesidades y características de sus estudiantes.

Para obtener las características del estudiante, de la institución educativa y de las actividades, se definen y se realizan perfiles que identifican las características que se deben considerar para dar la recomendación de las actividades. A partir de dichos perfiles, se desarrolla el modelo de adaptación, el cual identifica la correspondencia o correlación que existe entre las características del estudiante, de las actividades y de la institución educativa. Una vez se encuentra definido el modelo de adaptación se procede a diseñar y definir los métodos de selección para realizar la recomendación de las actividades de enriquecimiento a los diferentes usuarios del sistema (estudiantes, profesores y directivas). Teniendo definido el modelo de adaptación y los métodos de selección, se procede al desarrollo del sistema de recomendación de actividades denominado RunayaySoft, para luego validarlo a través de un prototipo funcional en un entorno educativo. Runayay en el vocablo quechua significa desarrollar y el término Soft significa software, el cual es el sistema que se describe en este trabajo de investigación.

Para cumplir cada uno de las fases mencionadas anteriormente, se investigó una serie de trabajos relacionados con actividades de enriquecimiento, donde se identifican las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos para evaluar qué aspectos son importantes considerar en la implementación del sistema. Para el desarrollo del sistema se realizó una fase por cada uno de los objetivos que se propusieron para este trabajo.

Como primer punto, se realizó un diagnóstico con una institución educativa con el objetivo de identificar qué características se deben tener en cuenta para dar una recomendación y qué *test* son los que se iban a utilizar en el sistema RunayaySoft. Esta selección de los *test* fue realizada con el apoyo de personas expertas en Educación: la profesora María Caridad García Cepero de la Facultad de Educación y una estudiante de la Maestría en Educación Lizzeth Cargano, ambas de la Pontificia Universidad Javeriana.

Una vez realizada la evaluación de los *test* con las expertas y a partir de los *test* seleccionados, se procedió a realizar los perfiles de adaptación los cuales permiten identificar las características necesarias para generar la recomendación de las disciplinas y actividades a los estudiantes y la recomendación hacia las instituciones sobre qué actividades debe desarrollar en sus instalaciones basados en las necesidades de sus estudiantes.

Para el caso de la recomendación a los estudiantes, el sistema utiliza un motor de inferencia, el cual permite modificar o afinar el sistema según las necesidades de la institución. Para este caso, la prioridad para recomendar las disciplinas y actividades, se encuentra relacionada con los intereses del estudiante, ya que, según la teoría investigada, este tipo de actividades se deben enfocar principalmente en lo que le interesa al estudiante.

Para el caso de la institución educativa, la recomendación se generó según las necesidades de sus estudiantes, ya que a partir de la selección de las disciplinas que seleccionaron sus estudiantes, se le recomienda las actividades que debe desarrollar. Además, el sistema permite que el directivo pueda identificar y generar grupos de enriquecimiento basados en las características de los estudiantes de su plantel educativo. Esta agrupación se puede realizar de dos maneras: la primera de manera institucional (interior del colegio) o de manera interinstitucio-

nal (con otras instituciones con las que tenga convenio). En el segundo caso, puede realizar la agrupación de los estudiantes por el colegio al que pertenecen o realizarlo de manera mezclada, en donde se agrupan a los estudiantes sin considerar como prioridad el colegio al que pertenece. Para realizar la agrupación, se utiliza las mismas prioridades definidas en la recomendación de las disciplinas, donde a partir de la función distancia se puede identificar aquellos estudiantes que tengan características similares.

A las instituciones también se les recomienda qué actividades pueden desarrollar con sus instalaciones. En caso de que no tenga los recursos o instalaciones necesarias, se le recomienda con qué instituciones puede obtener algún convenio o con qué recursos debe contar para desarrollar las actividades.

Además, en el documento se podrán encontrar los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en diferentes instituciones educativas, donde se valida la correspondencia de los diversos perfiles y de las reglas generadas para dar la recomendación de las disciplinas y actividades. Se describirá el proceso de adaptación para generar las recomendaciones y la diferencia del sistema con adaptación y sin adaptación.

Finalmente se concluye que con el experimento realizado se obtuvieron resultados positivos tanto para la recomendación de las disciplinas y actividades, como para cada uno de los *test* que se utilizaron para el desarrollo del sistema. Además, RunayaySoft es un sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento, ya que recomienda actividades a los estudiantes según características tales como sus intereses, aptitudes, estilo de aprendizaje, inteligencias múltiples y preferencias.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las actividades de enriquecimiento son desarrolladas principalmente para las personas que tienen altas capacidades o talentos [1], en donde el objetivo principal de dichas actividades es mejorar y generar nuevas experiencias de aprendizaje, buscando aumentar el interés en los temas que prefiere o que son de su interés. Dichas actividades son talleres desarrollados para los estudiantes, en donde se tienen en cuenta características como sus aspectos cognitivos, su razonamiento, su creatividad, la solución de situaciones, entre otras.

De igual manera, existe una diferencia en lo que se entiende por la extensión curricular y actividad de enriquecimiento [2]. Una extensión curricular se refiere a acelerar el proceso de aprendizaje que se realiza en un aula ordinaria, es decir, sin ofrecer nuevas experiencias de aprendizaje. En cambio, las actividades de enriquecimiento buscan ofrecer nuevas experiencias de aprendizaje, en donde el estudiante se sienta conforme con lo que está aprendiendo y con lo que realiza.

Sin embargo, el problema surge cuando las instituciones generalizan las diferentes actividades que se realizan en un currículo normal [3], ya que muchas de las veces no consideran que para definir las y generarlas deban conocer realmente las necesidades y características de sus estudiantes. Por tal motivo, en la actualidad es importante considerar diferentes procesos educativos donde se generen programas que consideren la diversidad que existen en las aulas de clase y que respondan a las necesidades de los estudiantes [4]. Una solución a esta problemática son las actividades de enriquecimiento, ya que éstas consideran características propias del estudiante como son sus intereses. Actualmente existen diferentes trabajos que se encuentran enfocados al desarrollo de estas actividades; no obstante, brindan una solución parcial de la problemática, ya que no consideran muchas características del estudiante, ni las características de la institución educativa para el desarrollo de estas actividades.

Por tal motivo, con lo que se mencionó anteriormente, el objetivo del sistema RunayaySoft, es generar un sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento que apoye a los estudiantes en potenciar sus talentos basados en sus características y sus necesidades. Lo anterior era el principal objetivo y motivación, ayudar a niños con talentos. No obstante, a lo largo de la investigación, esta motivación se extendió a reconocer las capacidades de todos los niños, recomendándole actividades, basados principalmente en sus intereses.

Además, con dicho sistema se busca ayudar a las instituciones educativas en la identificación de las actividades que deben desarrollar en sus instalaciones, ya que muchas veces, cuando se planifican este tipo de actividades, no se tiene en cuenta las características sus estudiantes. Esta es una nueva tendencia, en la que todo el proceso educativo está enfocado en los estudiantes.

Para identificar estas actividades, el sistema ofrece como servicios principales a la institución educativa la identificación de los recursos con los que cuenta y qué actividades puede desarrollar. En caso de que no cuente con los recursos necesarios, el sistema recomienda con qué otras instituciones educativas pueden realizar convenios para desarrollar las respectivas actividades. En otras palabras, el sistema considera a la institución educativa también como usuario principal para recomendar las actividades e instalaciones con las que debe contar para desarrollar las actividades, pero esta recomendación se encuentra orientado según las necesidades y características de sus estudiantes.

La estructura del documento es la siguiente: en la sección 1 se realiza la descripción general del sistema y se describe la problemática u oportunidad que se encontró con respecto a las actividades de enriquecimiento y se describe la propuesta para solucionarlo. En la sección 2 se describen los objetivos y el proceso que se llevó a cabo para el desarrollo del sistema. En la sección 3 se realiza la descripción de los términos y conceptos que fueron utilizados para este trabajo de grado, al igual que los trabajos relacionados que se encontraron con respecto a las actividades de enriquecimiento. Se describen las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos y cómo se puede aprovechar estas características para implementarlas en el sistema

RunayaySoft. En la sección 4 se describe las contribuciones del trabajo, en donde se definen las fases de desarrollo, los requerimientos, la arquitectura y el proceso que se llevó a cabo para realizar la validación del sistema. Finalmente, en la sección 5 se describen las conclusiones, trabajo futuro y las referencias utilizadas para esta investigación.

## 1. DESCRIPCIÓN GENERAL

En esta sección se ilustran los conceptos fundamentales que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de este trabajo de grado. De igual forma, se realiza una breve descripción y análisis del problema, con el fin de justificar la realización del mismo.

### **Oportunidad y problemática**

Actualmente, los sistemas educativos no tienen en cuenta las necesidades de los estudiantes, ya que se siguen generando programas homogéneos [3] sin tener en cuenta la diversidad en las aulas de clase, haciendo de esta manera, que los estudiantes tengan una barrera para lograr la participación y el pleno aprendizaje [5]. Como se puede apreciar, hay problemáticas del manejo de la diversidad en las aulas de clase en donde se contemplan los diversos actores del proceso educativo: estudiantes, profesores y directivas.

Por el lado de los estudiantes, es importante considerar que según la UNESCO: “cada niño tiene características, intereses, capacidades y necesidades que le son propias; si el derecho a la educación significa algo, se deben diseñar los sistemas educativos y desarrollar los programas de modo que tengan en cuenta toda la gama de esas diferentes características y necesidades” [4].

Por el lado de los profesores, existe una división entre lo que él quiere desarrollar y la rutina que se genera en su profesión dada por la institución educativa. Sin embargo, el problema de generar nuevas formas de enseñanza se ve afectado por regulaciones y requerimientos de otras personas, haciendo que enseñar sea un reto en las aulas de clase. En un estudio realizado por Linda Darling, se puede apreciar que la mayoría de los profesores sentían que sus métodos de enseñanza no eran acordes a lo que querían las instituciones educativas [6].

Con el fin de solucionar al menos de manera parcial la problemática antes planteada, se consideran los clústeres de enriquecimiento, los cuales permiten a un grupo de estudiantes conformar equipos de trabajo con el fin de compartir intereses similares, y en los que estudiantes y profesores pueden participar para generar nuevos conocimientos [6]. En otras palabras, un clúster es un grupo de personas que comparten intereses comunes, en este caso en las actividades que desarrollan. En estos clústeres se desarrollan ciertas actividades que permiten potenciar ciertas habilidades, intereses o incluso competencias de cada uno de sus miembros. Estas actividades son denominadas de enriquecimiento.

En la región de Murcia, España, el Servicio de Atención a la Diversidad de la Consejería de Educación [2], define una actividad de enriquecimiento como talleres diseñados a estudiantes que tengan algún tipo de talento o habilidad en donde se consideran los aspectos cognitivos del estudiante.

Vale la pena resaltar, que ya existen algunos trabajos relacionados con actividades de enriquecimiento [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15] en entornos educativos. No obstante, se evidencia que no consideran características que ayuden al estudiante a seleccionar una actividad y mucho menos a orientar a la institución educativa a tomar una decisión sobre las actividades que más se le ajustan a las características, talentos, aptitudes e intereses de sus estudiantes. Para el caso de los estudiantes, la mayoría de estos trabajos recomiendan las actividades de enriquecimiento basándose solamente en algunas características como los intereses, estilo de aprendizaje, o habilidades, pero no se consideran otros factores importantes que definen a un estudiante (competencias, aptitudes, intereses, fortalezas, inteligencias múltiples, entre otras) cuando se tiene el objetivo de mejorar o refinar la recomendación de tales actividades. Cabe aclarar que, por el lado de recomendación a instituciones educativas, no se ha encontrado nada en la literatura analizada.

Si, además, se desea considerar el aspecto “diversidad” en un entorno educativo, es importante tener en cuenta características tales como estilos de aprendizaje, capacidades, niveles de aprendizaje, conocimientos previos, intereses, motivaciones y expectativas. También es rele-



vante considerar aspectos socio-culturales (es decir, características de su entorno) tales como su origen social y pertenencia cultural [5].

Ya a nivel colombiano, según la Secretaría de Educación del Distrito de Bogotá [16], las instituciones educativas se enfrentan a un nuevo reto que consiste en incluir en sus programas actividades diferentes a los que se realizan en un currículo normal. Esto se conoce como el programa 40x40. No obstante, con esta exigencia de la Secretaría de Educación, se ha convertido en un desafío para las instituciones educativas tanto la selección como la creación de actividades de enriquecimiento. Más aún, si con estas actividades se piensa propiciar la excelencia académica y formación integral del estudiante, es importante tener en cuenta las características propias del estudiante, como por ejemplo las habilidades, aptitudes, estilo de aprendizaje, inteligencias múltiples e intereses con el fin de potenciarlas [17]. Vale la pena destacar que, a nivel colombiano, quizás por el carácter reciente de la exigencia planteada por la Secretaría de Educación, no se ha encontrado ninguna herramienta informática que apoye a las instituciones educativas en la selección de estas actividades con el fin de implementar tal normativa. Tampoco se encontraron políticas o normativas para que se elijan dichas actividades basadas en la situación del plantel y de sus estudiantes, así como en sus particularidades.

Por todo lo anterior, surge la necesidad de generar un sistema de recomendación, con el fin de ayudar al estudiante a seleccionar actividades de enriquecimiento, en donde se potencien sus habilidades, teniendo en cuenta sus diferentes características. Para la creación de tal sistema, es necesario analizar, comparar y en general, investigar, así como contextualizarse de la caracterización del estudiante a la hora de seleccionar y hacer la correspondencia con las actividades de enriquecimiento que más se ajustan a sus necesidades y generar métodos que permitan crear tal recomendación. Este sistema no sólo le recomendaría al estudiante sobre las actividades de enriquecimiento que más se ajustan a sus características, sino que les brindaría a las diversas instituciones educativas, información sobre las actividades que deberían planear para potencializar las habilidades con las que cuentan los estudiantes de su plantel y así cumplir con las normativas que les exigen los entes gubernamentales. Para la recomendación orientada a las instituciones educativas, se piensan generar indicadores y estadísticas de las

necesidades y capacidades de sus estudiantes con el fin de tomar decisiones sobre las actividades que deben promover en su plantel.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En esta sección se definen los objetivos del proyecto, cómo se cumple cada uno de ellos y cuáles son los resultados esperados en el desarrollo de cada una de las fases para cumplir el objetivo principal del trabajo de grado.

Para el desarrollo del proyecto se realizará una fase por cada objetivo específico definido, buscando cumplir el objetivo general del proyecto. En cada una de las fases se propone un conjunto de actividades para cumplir el objetivo específico relacionado.

### 2.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento orientados a entornos educativos.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Identificar las características que deben ser tomadas en cuenta en un entorno educativo para la selección de actividades de enriquecimiento tanto para un estudiante particular como para la institución educativa.
2. Crear el modelo de adaptación, basado en dichas características, que permita realizar la correspondencia entre los estudiantes y las actividades de enriquecimiento que van a ser sugeridas.
3. Diseñar métodos de selección de actividades de enriquecimiento, orientados a un estudiante particular y a una institución educativa.
4. Implementar un sistema, que tome como base los métodos de selección y el modelo de adaptación, para recomendar actividades de enriquecimiento al estudiante, así como a las instituciones educativas.
5. Validar el sistema a través de un prototipo funcional en un entorno educativo.

## 2.3 Fases de desarrollo

En esta sección se describe las fases que se llevan a cabo para el desarrollo del sistema de recomendación de actividades y los entregables esperados en cada una de las fases.

### 2.3.1 Identificación de características

Para esta fase se busca información que identifique las características que son necesarias para recomendar una actividad de enriquecimiento, considerando las actividades que se realizan en el entorno educativo (como institución), las características de las actividades, las que debe tener el estudiante para realizarla y el tipo de actividades. Para conocer el tipo de actividades a recomendar, se debe tener en cuenta las características de los estudiantes que se obtienen a partir de diferentes *test*. Adicionalmente, se trabajó con expertos en educación para identificar las características de los estudiantes a ser consideradas con el fin de detectar talentos o habilidades. Con lo anterior, se definirá qué características debe tener una actividad para su desarrollo, por lo que se debe identificar qué características del estudiante son necesarias para el desarrollo de una actividad específica. Con la información del estudiante (características), se puede analizar a nivel colectivo las actividades más apropiadas que debe desarrollar la institución, con el fin de orientarla sobre lo que debe solicitar a los entes gubernamentales para la generación de dichas actividades. Estas caracterizaciones serán apoyadas por profesionales expertos en Educación. Para esta fase, las actividades planeadas son:

- Identificar los tipos de actividades que se pueden recomendar y que se realicen en el currículo normal.
- Identificación de instrumentos a través de entrevistas con expertos en psicología y educación y de las características del estudiante a través de talleres en ciertos cursos de colegios.
- Definir características que debe tener un estudiante para aprovechar la actividad de enriquecimiento.
- Generar una taxonomía de actividades de enriquecimiento.

### 2.3.2 Creación modelo de adaptación

En la segunda fase, a partir de la información obtenida en la fase uno, se genera el modelo de adaptación basados en las características a tener en cuenta del estudiante, de la institución y de las actividades de enriquecimiento. Las características se obtienen a partir del marco teórico propuesto y de la consulta con el experto. En el momento en que se conocen las características del estudiante y de la institución, se procede a definir el perfil del estudiante, el de la institución y el de actividad. Una vez se desarrollan los perfiles, se busca las relaciones que hay entre las características del estudiante y las características de las actividades para luego generar el modelo de adaptación. También se hace la correlación o correspondencia entre los estudiantes (a nivel de grupo) de una institución con las actividades de enriquecimiento. Para esta fase, las actividades planeadas son:

- Generar perfil del estudiante, de institución y la caracterización de actividades de enriquecimiento.
- Realizar correspondencia entre las características del estudiante con las características de las actividades de enriquecimiento.
- Generar el modelo de adaptación.
- Definir los servicios que apoyan la recomendación de actividades para un estudiante y para la institución educativa.

### 2.3.3 Diseño métodos de selección

En la fase tres, se diseñan los métodos para seleccionar o recomendar una actividad de enriquecimiento a un estudiante. Para esto se tiene en cuenta qué características son prioritarias para recomendar una actividad a un estudiante. Para la recomendación a las directivas de los planteles educativos, se analizarán y seleccionarán algoritmos de agrupación con el fin de detectar o reconocer las actividades que se les pueden ofrecer a los estudiantes ya sea para hacer una solicitud a los entes gubernamentales como para conocer qué se puede recomendar con los recursos con los que cuenta dicho plantel. Estos algoritmos aprovecharán la información que ha sido diligenciada por los estudiantes para conocer las habilidades y fortalezas que éstos tienen (agrupándolos) y así recomendar a estos grupos las actividades que más se ajusten a sus necesidades. Para esta fase, las actividades planeadas son:

- Identificar qué características se deben tener en cuenta para recomendar una actividad, basándose en las características del estudiante.
- Caracterizar la institución educativa (recursos, intereses, planes educativos).
- Generar reglas de negocio.
- Priorizar las características identificadas en la fase anterior.
- Generar los algoritmos que implementarían los métodos de correspondencia y de recomendación entre las actividades y los estudiantes.
- Generar los algoritmos que implementarían los métodos de correspondencia y de recomendación entre las actividades y las instituciones educativas.

### 2.3.4 Implementación del Sistema

A partir de los resultados obtenidos en la segunda y tercera fase, se procede a diseñar y a desarrollar el sistema para recomendar actividades de enriquecimiento.

Para esta fase, se usa una combinación de metodologías ágiles para la construcción del software. Teniendo en cuenta el alcance y el tiempo de entrega del proyecto, se decide utilizar la metodología *XP* [18] y la metodología *Scrum* [18] con algunas adaptaciones. *XP* es utilizada para proyectos con tiempos cortos para su desarrollo (máximo en 1 año de duración). *XP* se combinará con *Scrum* con el fin de realizar demos del sistema y así, tanto el experto en el área de educación como el experto en el área de sistemas darán retroalimentación de lo que se está desarrollando, validando los métodos de selección y las recomendaciones generadas. En el caso de las iteraciones, *Scrum* propone que se realice cada 30 días; en el caso de *XP*, estas iteraciones son más cortas por lo que se realizarán iteraciones como lo propone la metodología *XP*. Al considerar que el desarrollo lo va realizar una sola persona, la programación por parejas no se realizará y la misma persona será la encargada de la revisión del código, no se realizará desarrollo por pruebas. Las actividades planeadas para esta fase son:

- Selección de herramientas y tecnologías requeridas.
- Implementación del modelo de adaptación y de los algoritmos de agrupación.
- Implementación del Sistema.

### 2.3.5 Validación del Sistema

Una vez se tiene desarrollado el sistema, se procede a validarlo en un entorno educativo. La metodología a utilizar para validar el sistema es una metodología experimental, ya que permite realizar deducciones de cómo se comporta el sistema y permite conocer qué tan buenas fueron las sugerencias de actividades sugeridas. En este caso, se desarrollará un prototipo del sistema diseñado en la fase 4 y se validarán las correlaciones o correspondencias entre las características de las instituciones, los estudiantes y las actividades mismas a ser desarrolladas. Para esta fase se tiene en cuenta las siguientes actividades:

- Selección y descripción de un caso de estudio en un colegio.
- Construcción del prototipo con reuniones con expertos.
- Realizar pruebas del sistema con estudiantes de algunos grupos del colegio.
- Analizar resultados obtenidos.
- Comparación entre lo que los profesores recomendarían, versus los resultados del sistema de recomendación.
- Pruebas de satisfacción de los estudiantes.
- Presentación del módulo de directivos, con los resultados de los estudiantes
- Generación del post-mortem.

## 3. ESTADO DEL ARTE

En esta sección se definen los términos y conceptos fundamentales del trabajo de grado, así como los diferentes *test* que se utilizaron para el desarrollo del sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento.

### 3.1. Marco Conceptual

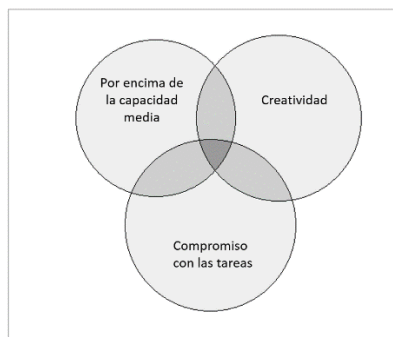
En esta sección, se definen los términos considerados para el desarrollo del sistema. Esto se realiza para que el lector comprenda cada uno de los elementos y características que se necesitan para conocer el funcionamiento y la realización del sistema. A continuación, se explica lo que son las actividades de enriquecimiento, los clústeres de enriquecimiento, a quién va dirigido, las ventajas y las características que utilizan para la realización de actividades de enriquecimiento. De la misma forma, se explica qué son los sistemas adaptativos y qué tipos

de sistemas de recomendación existen actualmente. Una vez se entienda lo que son las actividades de enriquecimiento y los sistemas de recomendación, se explicará qué relación tienen estos dos conceptos.

### 3.1.1 Actividades de enriquecimiento

Según Renzulli [1], el modelo de enriquecimiento escolar (SEM- *Scholar enrichment model*) es un programa implementado para aquellos estudiantes que tienen altas capacidades y talentos, buscando desarrollar sus fortalezas y capacidades. El objetivo principal del modelo SEM, es asegurar el desarrollo creativo para estudiantes que tienen altas capacidades. De igual manera, permite a la institución educativa la flexibilidad de desarrollar programas únicos basándose en los intereses y habilidades del estudiante.

Renzulli [19] clasifica a las personas con habilidades en dos tipos: las personas con habilidades en la escuela y personas creativas-productivas. Se realiza dicha clasificación porque no existe una definición única con respecto a lo que significa inteligencia, pero las actividades que se deben desarrollar para cada uno de ellos deben ser diferentes. Del mismo modo, el autor clasifica tres concepciones de talento [20] (por encima de la capacidad media, creatividad, compromiso con las tareas), ya que tampoco hay un criterio único para medir el talento de un estudiante.



**Figura 1:** Concepciones de altas habilidades y talentos

Tomado y adaptado de [20]

Como se observa en la Figura 1, cada persona puede tener una parte de cada conjunto o grupo, unas personas tienen más de un conjunto o de otro, dependiendo de cómo es la persona. A continuación, se describe cada uno de estos elementos:

- **Por encima de la capacidad media:** esta categoría se divide tomando en cuenta habilidades generales o habilidades específicas. Las habilidades generales se refieren a la capacidad de procesar la información en situaciones de pensamiento abstracto, por ejemplo, las habilidades verbales y numéricas, relación espacial, memoria, entre otras. Estas habilidades se miden a través de pruebas de aptitud general.

En el caso de las habilidades específicas, se refiere a la capacidad de adquirir conocimiento o habilidades en una determinada área. Este tipo de habilidades son definidas como aquellas que se expresan en situaciones de la vida real. Ejemplos de este tipo de habilidad son el ballet, química, composición de música, fotografía, entre otras.

- **Compromiso con las tareas:** el segundo grupo se refiere a aquellas personas productivas/creativas donde se enfocan en la motivación. En otras palabras, son aquellas personas que son perseverantes, tienen autoconfianza, resistentes, entre otras. Los autores Bloom y Sosniak [21], identifican que en el caso de que exista un desarrollo completo por los talentos, el compromiso con estos se encuentra presente, por lo cual hacen que este tipo de estudiantes prefieren dedicarle tiempo a sus talentos que estar haciendo otras cosas como las demás personas, como por ejemplo ver televisión.
- **Creatividad:** el tercer grupo se refiere a aquellas personas que son creativas al realizar alguna tarea. Una persona creativa es aquella que es reconocida por los logros que ha generado a partir del estudio intensivo realizado. De igual manera, no existe una prueba o *test* que mida la creatividad, ya que se considera subjetiva.

La realidad del proceso de identificación asociado a los tres anillos que Renzulli propone es que como primer anillo se seleccionen los alumnos con capacidades generales o específicas por encima de la media. Además, los alumnos no seleccionados en el primero de los anillos que den muestra de un buen potencial creativos, formarían el segundo anillo. Finalmente, como tercer anillo se incluirían a los alumnos que sin haber sido seleccionados previamente, entre los que conforman el primer y segundo anillo, den muestras de unas grandes capacidades de persistencia, implicación, dedicación y pasión por los trabajos que realizan.



Por otra parte, se debe tener en cuenta que, basándose en las características individuales, se pueden generar actividades de enriquecimiento grupales. Esta agrupación se conoce como clústeres de enriquecimiento. Existen varios autores que trabajan sobre los clústeres de enriquecimiento.

Susan Winebrenner y Dina Brulles [22] proponen que las actividades se pueden realizar de manera grupal, esto con el fin de conocer las necesidades de todos los estudiantes de una institución educativa, conocido como el modelo de agrupación de clúster en la escuela (SCGM –*Schoolwide cluster grouping model*). El objetivo del modelo es asegurar el balance de habilidades con respecto al estudiante y reducir la gama de aprendizaje en las aulas de clase, asegurando que los estudiantes se sientan conformes con lo que se les explica y con el fin de recomendar actividades acordes a ellos, teniendo en cuenta que la agrupación se genera a partir de las características iguales o similares.

Las ventajas de utilizar métodos de agrupamiento [23] para la realización de actividades de enriquecimiento, es que el modelo ofrece el gana-gana por cada uno de los integrantes, ya que beneficia a toda la comunidad, como los profesores, estudiantes, padres y administradores generando beneficios académicos, emocionales y sociales hacia los interesados.

El modelo SCGM tiene tres estrategias esenciales: i) identificar y ubicar a los estudiantes en clases heterogéneas, con el objetivo de tener diversos estudiantes con diferentes habilidades en las aulas de clase, ii) proveer desarrollo profesional competente y iii) asegurar la experiencia de los estudiantes permitiendo diferentes métodos de aprendizaje.

Para que el modelo funcione se deben considerar cinco componentes clave:

- **Implementación en toda la escuela:** involucra a todos los miembros de la institución educativa
- **Ubicación de los estudiantes:** todos los estudiantes son agrupados en clústeres basados en las habilidades y potencial de logros, asegurando el balance entre las habilidades y el rango de aprendizaje.

- **Estrategias del aula:** profesores hacen uso de diferentes métodos teniendo en cuenta la diversidad del aula y buscando el beneficio de sus estudiantes basados en las fortalezas de sus estudiantes.
- **Desarrollo profesional:** profesionales expertos en el entrenamiento de profesores que ayuden a identificar aquellas personas con talentos y acomodar la educación a partir de sus necesidades
- **Evaluación:** la colección de datos y evaluación es importante tanto para el estudiante como para el profesor, con el fin de monitorear el progreso y para conocer que clúster o grupo es el más conveniente según el modelo SCGM.

En el caso de Renzulli [24], los clústeres de enriquecimiento son dedicados y centrados hacia el estudiante, teniendo en cuenta su interés y desarrollo, con el fin de que se les propongan retos a los estudiantes para realizar un crecimiento intelectual. Según Renzulli, los clústeres de enriquecimiento permiten soportar diferentes formas de aprendizaje, este método lo denomina *student driver learning*, que permite generar métodos creativos de enseñanza en las instituciones educativas.

Renzulli [24] dice que para tener una buena educación debe existir un balance entre el currículo normal de la institución y las diferentes actividades, en donde se permita a los estudiantes explotar sus habilidades, intereses y estilos de aprendizaje. Esto se genera a partir de los espacios que abren las instituciones educativas, donde se debe tener en cuenta que estos deben ser cómodos y en donde los estudiantes se sientan confiados de compartir sus ideas.

Teniendo en cuenta lo que se menciona anteriormente, las actividades de enriquecimiento permiten proponer actividades en las cuales los estudiantes puedan mejorar y explorar sus habilidades. Por tal motivo, existe una relación de las actividades con el estudiante, por lo que los sistemas adaptativos permitirían conocer las características del estudiante y de la institución educativa para recomendar dichas actividades basándose en dichas características.

En la siguiente sección, se explica qué son los sistemas adaptativos y qué tipos de sistemas de recomendación existen actualmente. Además, se describe cómo a través el perfil del usuario y

a través de los sistemas adaptativos se puede generar la recomendación de las actividades de enriquecimiento. Es en el perfil de usuario donde se consideran las características y necesidades del usuario.

### 3.1.2 Sistemas Adaptativos

El ser humano, desde tiempos inmemorables, ha tenido la necesidad de adaptar el entorno a favor de sus intereses. Debido a esto, hoy en día se diseñan ciertos productos de software pensando en cómo éstos se pueden adaptar a la forma de vida de los usuarios y a las necesidades que podrán resolver día a día [25]. Por consiguiente, no existe una definición única alrededor de sistemas adaptativos. A continuación, se presenta la definición que se considera para esta investigación.

**Definición [25]:** un sistema de control adaptativo es definido como una retroalimentación inteligente del sistema de control suficiente que ajuste las características en un ambiente cambiante para así operar de una manera óptima de acuerdo a unos criterios específicos.

Aplicándolo en el ámbito informático, significa que un sistema adaptativo es aquel que permite ajustarle la información provista a través de servicios al usuario considerando sus características y las de su contexto, entendido este último como cualquier factor o aspecto que puede influir en la interacción del usuario con el sistema. Por tal motivo, es importante identificar qué características del usuario se deben considerar para realizar la adaptación de la información. Para la identificación de dichas características, se realiza un perfil de usuario, el cual permite conocer los datos que se deben considerar para realizar la adaptación de la información y a partir de ésta, generar la recomendación de las actividades. Para efectos de este trabajo, el estudiante es el principal beneficiario del sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento.

A continuación, se define perfil de usuario, en el que se identifican las características consideradas para sugerir actividades de enriquecimiento y la descripción de los diferentes tipos de sistemas de recomendación que existen actualmente.

### 3.1.2.1 Perfil de usuario

El perfil del usuario es usado para mejorar la usabilidad de un sistema permitiendo que se puedan personalizar o adaptar según las características en las que se encuentran centradas [26]. Según Ghosh *et al* [27], el perfil de usuario es usado para adaptar las funcionalidades de un servicio particular del sistema y lo realiza basado en sus características. Por dicha razón, en un sistema adaptativo, las características del usuario como las de su contexto son importantes para identificar qué información o qué servicio es la que necesita el usuario según sus características.

Para el desarrollo del perfil de usuario se debe considerar los datos básicos, intereses y preferencias. A partir de las categorías mencionadas anteriormente, se empiezan a definir las características asociadas a cada una de ellas, según sea el caso. Para este caso, el trabajo va dirigido a adaptar la información del usuario en entornos educativos. Como datos básicos se considera el grado en que se encuentra, la edad, el estilo de aprendizaje, las inteligencias múltiples, las aptitudes, entre otras. En el caso de los intereses y preferencias, se consideran el campo disciplinar, el área disciplinar, las características para desarrollar una actividad, entre otras.

A partir de las características del usuario, se le puede recomendar actividades de enriquecimiento que permitan potenciar las aptitudes del estudiante, ya que a partir de las características como los estilos de aprendizaje (cómo aprende), aptitudes, intereses, e inteligencias múltiples (que tanta confianza tiene en realizar una respectiva actividad) se puede identificar en lo que el estudiante es bueno o tiene talento, permitiendo que el sistema de recomendación de actividades conozca estas características para realizar la recomendación las actividades según sus necesidades.

En la literatura, se puede encontrar diferentes autores que definen lo que para ellos significa la inteligencia. Por ejemplo, según Stenberg [28] dice que la inteligencia se compone por tres sub teorías: la contextual, la experimental y componencial. La contextual se refiere a la rela-

ción que existe con respecto a la inteligencia en el mundo externo del individuo, la experimental se refiere a la inteligencia del mundo externo como interno y la componencial se refiere a la inteligencia del mundo interno como persona.

De igual manera, se encuentra que Gardner [29] propone ocho tipos diferentes de comportamientos de la inteligencia: lingüística, lógico matemático, espacial, corporal, interpersonal, musical, intrapersonal y naturalista. Como se describe anteriormente, existen diferentes conceptos de inteligencia, por lo que no hay una medida absoluta que mida el CI (coeficiente intelectual) de una persona, ni se puede saber qué tan inteligente es la persona.

Por las razones explicadas anteriormente, el enriquecimiento se genera a partir de las características de aprendizaje que tiene cada uno de los estudiantes [1]. Estas características se obtienen a partir de diferentes pruebas, en donde el objetivo es buscar las fortalezas del estudiante e identificar como las habilidades, intereses, estilos de preferencias, entre otras, permite la generación de las actividades según las necesidades del estudiante. Se muestran algunas características que Renzulli propone en la Figura 2.

Intereses	Estilos de preferencias			
	Áreas de interés	preferencias estilos instruccionales	preferencias ambientes de aprendizaje	Preferencias estilos de pensamiento
Bellas artes Artesanía Literatura Historia	Recitación Tutoría entre pares Lectura Lectura/discusión	<b>Inter/Intra personal:</b> Auto orientado Orientación por pares Orientado por adultos	Análítico (Escuelas inteligentes)	Escrito Oral Manipulativo
Lógica/Matemática	Estudio independiente guiado*	Combinado	Sintético/creativo	Discusión
Física	Centro de interés/aprendizaje	<b>Físico:</b>		Observación
Ciencias	Simulación, juego de rol, dramatización	Sonido	Practico/contextual	
Política	Juegos para aprendizaje	Clima Luz diseño		Dramatización
Atletismo/recreación Marketing/Negocios Drama/Baile	Proyectos*	movilidad	Legislativo	Artístico
Interpretación musical Composición musical Gerencia/Negocios	Estudio independiente autónomo*	tiempo del día	Ejecutivo	Gráfico
Fotografía Grabación/Video Computación	Internado*	toma de alimentos	Judicial	Comercial
Otros	Aprendizaje*	asientos		Servicio
	*Con o sin mentor			

**Figura 2:** Características según Renzulli. Tomado y adaptado de [30]

Con lo mencionado anteriormente sobre el perfil del usuario, se obtienen unas características del usuario, las cuales permiten identificar y definir cómo es el usuario. A partir de dicho

perfil y a través de un sistema de recomendación, se puede recomendar actividades de enriquecimiento al usuario considerando sus características y necesidades. A continuación, se explica lo que son los sistemas de recomendación y qué tipos existen actualmente.

### 3.1.2.2 Sistemas de recomendación

En la literatura, se puede encontrar que un sistema de recomendación es considerado un sistema adaptativo [31], ya que es una herramienta que permite a través de diferentes técnicas sugerir elementos que pueden ser utilizados por un usuario. Dichas sugerencias pueden ser utilizadas para diferentes ámbitos: música a escuchar, elementos para comprar, entre otras [32]. El elemento o elementos a recomendar a un usuario es la parte más importante de un sistema de recomendación, ya que, a partir de éstos, el sistema debe mostrar aquellos que considere que sean funcionales o necesarios para un usuario.

Cabe aclarar que existen diferentes tipos de recomendación: basado en contenido, filtro colaborativo, demográfico, basado en conocimiento, basado en comunidad y sistemas de recomendación híbrido [32]. A continuación, se realiza una explicación breve de cada uno de ellos.

- **Basado en contenido:** este tipo de sistemas de recomendación se realiza a partir de elementos que el usuario le ha gustado en búsquedas pasadas, en otras palabras, recomienda elementos similares que ha seleccionado o encontrado.
- **Filtro colaborativo:** este sistema recomienda al usuario elementos de otros usuarios que tengan gustos parecidos en el pasado. Eso significa que las recomendaciones de elementos se basan a partir de recomendaciones que se les han realizado a otros usuarios que tengan intereses similares y por el historial de búsqueda, por lo que existe una correlación de personas a personas.
- **Demográfico:** este tipo de sistema se basa en aspectos demográficos del usuario, como por ejemplo el idioma, dependiendo de la ubicación en la que se encuentra el usuario, recomendaciones de productos dependiendo del sexo y la edad, recomendación de restaurantes cerca a la ubicación del usuario, entre otras.

- **Basado en conocimiento:** este sistema recomienda elementos basados en un dominio específico de conocimiento, por lo que las recomendaciones se generan a partir de las posibles necesidades que puede obtener el usuario con respecto a los elementos recomendados, por lo que el sistema estima las necesidades del usuario y las relaciona con las posibles recomendaciones (soluciones).
- **Basado en la comunidad:** este tipo de sistema se basa en preferencias de amigos del usuario, por lo que las recomendaciones se generan a partir de sugerencias que los conocidos del usuario le realizan. Este tipo de sistemas son usados en las redes sociales.
- **Sistema de recomendación híbridos:** este tipo de sistema de recomendación se genera con la combinación de técnicas que se mencionan anteriormente. Este tipo de sistemas busca mejorar los sistemas anteriores a partir de fortalezas y debilidades que tiene cada uno de ellos.

Para generar la recomendación de las actividades de enriquecimiento, es importante primero identificar qué características son necesarias para recomendar una respectiva actividad (perfil de usuario). Una vez se identifican dichas características, el sistema de recomendación debe buscar los elementos (actividades) que más se ajusten a un estudiante según sus características y necesidades. A continuación, se realiza una explicación sobre los métodos de agrupación que existen en la actualidad y cómo estos agrupan un conjunto de datos u objetos según el método a utilizar.

### 3.1.3 Algoritmos de agrupación (*clustering*)

Para la agrupación de los estudiantes (conocidas también como los clústeres de enriquecimiento) se consideraron e investigaron diferentes métodos de *clustering* o agrupamiento. Generalmente los métodos de agrupación constituyen un tipo de aprendizaje inductivo [33], en donde el sistema aprende a clasificar datos u objetos teniendo en cuenta etiquetas proporcionadas por un usuario, haciendo que el aprendizaje del sistema se realice de manera supervisada. Esto significa que la agrupación que realiza el sistema es validada por un usuario y es éste el que le enseña al sistema la manera en que se debería agrupar. Sin embargo, en los métodos que se explicarán, los datos u objetos no se encuentran etiquetados y por consiguien-

te el sistema es el encargado de descubrir por sí mismo los grupos o clasificaciones que debe realizar. Para realizar dicha agrupación, estos métodos deben identificar similitud en los datos u objetos, permitiendo que se genere un patrón. Esta similitud se obtiene a partir tanto de la minimización de distancia entre los objetos del clúster como la maximización de distancia entre los clústeres. Existen diferentes métodos de agrupamiento tales como:

- Agrupamiento por particiones [34]
- Agrupamiento jerárquico [35]
- Agrupamiento basado en densidad [36]

En el caso de agrupamiento por particiones, el objetivo es obtener una partición de objetos de un grupo  $k$  posible y que entre los demás clústeres sean disyuntos. Los algoritmos que se encontraron son K-means [34], K-mediods [34], y BFR [34].

Los algoritmos jerárquicos tienen como objetivo agrupar clústeres para formar un nuevo clúster más grande (por aglomeración) o separar alguno ya existente (divisivo). El método por aglomeración o ascendente comienza el análisis con tantos grupos como individuos haya. A partir de las unidades iniciales, se van formando grupos de forma ascendente hasta que, al terminar el proceso, todos los casos considerados se encuentren englobados en un mismo grupo. El método divisivo o descendente es el proceso inverso al anterior, en donde a partir de un grupo englobado, se realizan divisiones del clúster para formar clústeres más pequeños. Los algoritmos utilizados para este tipo de agrupamiento son: DIANA [35] (divisivo) y AGNES (por aglomeración) [35].

El método de agrupamiento basado en densidad genera clústeres en donde exista una alta densidad, y ésta es separada por regiones. Los algoritmos más utilizados son DBSCAN [36], Opticas [36] y DenClue [36].

A partir de la investigación realizada y de la información que se consideró para agrupar a los estudiantes, se eligió el método de agrupación por particiones y específicamente el algoritmo K-means, ya que este algoritmo aplicándolo en el ámbito del trabajo, permite agrupar a los estudiantes a partir de la similitud entre las características dadas por los *test*, donde va for-



mando grupos definidos por el usuario y buscando la mínima distancia entre los datos. A continuación, se presentan los trabajos relacionados con respecto a las actividades de enriquecimiento, donde se describen las fortalezas y debilidades que tiene cada uno de ellos.

## **3.2. Trabajos Relacionados**

En esta sección se presentan los trabajos relacionados con respecto a las actividades de enriquecimiento, en donde se explican qué características toman como base para el desarrollo de las actividades. De igual manera, se realiza la comparación de los trabajos y se describen las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos.

### **3.2.1 Descripción general de trabajos relacionados**

En los trabajos [9], [10] y [12] son dirigidos a apoyar a los estudiantes en el desarrollo de las aptitudes del usuario con la ayuda del trabajo colaborativo. González *et al* [10] proponen un programa llamado INSPIRE3 que permite que se mejoren las habilidades y destrezas de los usuarios a través del trabajo colaborativo entre los compañeros del proyecto, donde cada persona del equipo debe tener diferentes habilidades. Esto hace que se tenga que trabajar en áreas donde no se han desempeñado, haciendo que se mejoren o se exploren habilidades y destrezas poco trabajadas. Nadine *et al* [12] describen un proyecto llamado InfoSphere, donde a partir del trabajo colaborativo, el estudiante puede mejorar las aptitudes en respectivos temas sin importar su nivel de experticia. Este proyecto valora el hecho de que exista un trabajo colaborativo, ya que permite el ingreso de estudiantes de colegios, universidades y profesores, haciendo que los integrantes tengan una mejor experiencia de aprendizaje. He Ketai *et al* [9] describen un proyecto realizado por el Ministerio de Educación de la República de China en el que se realizan competencias académicas para los estudiantes y con el objetivo conocer y mejorar sus fortalezas y dificultades. Para ello, proponen hacer uso del trabajo colaborativo, en el que los estudiantes, a partir de las dificultades y fortalezas que tenga cada uno, generen un ambiente educativo en el que todos comparten su conocimiento con los demás. Sin embargo, ninguno de ellos tiene en cuenta aspectos como clústeres de enriquecimiento, estilo de aprendizaje, inteligencias múltiples y las características de la institución. Es importante considerar estas características, ya que permitiría identificar con mayor detalle la

manera en que se deben desarrollar las actividades según las necesidades e intereses de los estudiantes y de la institución.

En los trabajos [11] y [13], los estudiantes tienen la posibilidad de realizar actividades según sus intereses. Johnson [11] desarrolló una plataforma que permite la búsqueda de contenidos de un repositorio en la nube, que es manejado por diferentes escuelas, profesores y universidades. En este repositorio, se le permite al estudiante consultar temas de su interés, y utilizando Big Data, la plataforma recomienda otros temas según las consultas realizadas. Hierro *et al* [13], proponen un *framework* llamado TRAILER enfocado a actividades informales, en donde informal se refiere a aquellas actividades que no se realizan en una institución educativa o en un instituto. El propósito del *framework* es que el usuario amplíe su currículo normal a través de actividades informales y que puedan ser validadas por las instituciones educativas. No obstante, no tienen en cuenta aspectos como estilos de aprendizaje, clústeres de enriquecimiento, inteligencias múltiples y características de la institución. Es significativo considerar las características mencionadas anteriormente, ya que permite agrupar a los estudiantes para generar ambientes donde se puedan potenciar sus aptitudes considerando sus necesidades y los de la institución.

En los trabajos [7], [8] y [15], se tienen en cuenta diferentes características del estudiante como sus intereses, en algunos sus aptitudes y estilos de aprendizaje. El trabajo de Deng *et al* [7], corresponde a un *framework* que apoya en el desarrollo de actividades en un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP), en donde el estudiante puede decidir qué tipo de actividad desea desarrollar, en qué área y el nivel de experticia donde desea elaborar la actividad. La propuesta presentada en [8] consiste en la generación un sistema de aprendizaje con la colaboración estudiante-profesor. El trabajo consiste en que un estudiante interactúa con diferentes materiales (exámenes y material de estudio), y a partir del resultado y la interacción con el sistema, se identifica las características del estudiante tales como los aspectos cognitivos, intereses y estilo de aprendizaje. A partir de dicha definición de características, el profesor podrá conocer e identificar cuál es el material más acorde al estudiante, permitiendo que se desarrollen actividades según las necesidades del estudiante. El sistema Experience Discovery [15] recomienda actividades a estudiantes que vivan en áreas urbanas a partir del

uso de las técnicas de las redes sociales. El sistema busca aquellas personas con intereses similares y las agrupa. Un ejemplo de este tipo de sistema es un club de lectura. Sin embargo, no consideran características como clústeres de enriquecimiento (sólo lo considera el trabajo [15]), el estilo de aprendizaje y las aptitudes (sólo lo considera el trabajo [8]), las inteligencias múltiples, las características de la institución y las reglas de negocio para el desarrollo de la actividad.

Renzulli Learning [14] está orientado a personas con altas capacidades. En este trabajo [37] se tienen en cuenta características del estudiante como son el estilo de aprendizaje, estilos expresivos, intereses y habilidades. Además, permite que tanto los profesores como los padres puedan realizar seguimientos de su progreso. No obstante, no considera los clústeres de enriquecimiento, las características de la institución para la recomendación de actividades en un ambiente presencial ni las reglas de negocio para realizar la recomendación.

En la siguiente sección se realiza el resumen general de los trabajos mencionados anteriormente, donde se presenta en un cuadro comparativo las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos.

### **3.2.2 Fortalezas y debilidades de trabajos relacionados**

Después de la descripción de estos trabajos, se puede concluir que existen diferentes tipos de sistemas que buscan orientar a un tipo específico de estudiantes sobre diversas actividades. Algunos de estos trabajos tienen en cuenta características propias del estudiante para recomendar actividades. En el caso de los trabajos encontrados, se observó que las actividades se aplican en diferentes tipos de ambientes educativos como son las universidades ([7], [8], [9], [10], [11], [12]), colegios ([8], [11], [14], [15]) e incluso en ambientes educativos semi-formales e informales ([15], [13]). De igual manera, cada uno de los trabajos encontrados va dirigido a diferentes ambientes con respecto al espacio, ya que la mayoría de ellos se realizan en espacios presenciales y los demás se realizan de manera virtual.

Sistema	Clústeres de enriquecimiento	Estilo de aprendizaje	Aptitudes	Intereses	Trabajo colaborativo	Inteligencias múltiples	Institución	Reglas de negocio	Recomendación directivas/profesores	Recomendación estudiantes
[10]			X		X					X
[12]			X	X	X					X
[9]			X		X				X	
[11]				X	X					X
[13]			X	X						X
[7]				X	X					X
[8]		X	X	X	X				X	
[15]	X			X						X
[14]		X	X	X		X				X

*Tabla 1: Fortalezas y debilidades de los trabajos relacionados*

Como se puede apreciar en la Tabla 1, donde de cada trabajo se muestra con el signo (X) qué características tiene en cuenta para realizar una actividad de enriquecimiento, la mayoría de los trabajos tiene en cuenta las aptitudes, el trabajo colaborativo, los intereses y las recomendaciones hacia los estudiantes. Sin embargo, muy pocos de ellos consideran el estilo de aprendizaje, las inteligencias múltiples, las características de la institución, la modificación de las reglas de negocio para seleccionar una actividad, los clústeres de enriquecimiento y la recomendación a las directivas o profesores de la institución educativa. De todo lo anterior, surge la necesidad de crear RunayaySoft, un sistema adaptativo que recomienda tanto a profesores, estudiantes, como administrativos de entidades educativas, actividades de enriquecimiento, con el fin de potenciar las aptitudes y habilidades de los estudiantes, todo esto basa-

dos en sus intereses, motivaciones y características propias y características de la institución educativa.

## 4. CONTRIBUCIONES

Runayay es una palabra que proviene del quechua que significa “Desarrollar”. El objetivo es desarrollar en el estudiante ciertas habilidades que ya tiene (potenciarlas). Por tal motivo, RunayaySoft es un sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento que tiene como objetivo ayudar al estudiante a la selección de actividades a potenciar sus habilidades y talentos según sus características y necesidades.

El sistema cuenta con tres beneficiarios:

- **Los estudiantes:** que de manera personalizada obtienen las actividades que permiten potenciarles sus habilidades
- **Los profesores:** a quienes se les orienta sobre las actividades que más se ajustan a las características de sus estudiantes
- **Las directivas de las instituciones educativas:** a quienes se les recomienda las actividades que podrían serles más útiles a sus estudiantes y así, solicitarles a las entidades gubernamentales, el apoyo para cumplir las normativas que éstas últimas imponen. Además, les permite identificar con qué recursos son con los que cuenta y qué falta para desarrollar las actividades.

En el caso de los estudiantes, para la recomendación de las actividades se realiza el respectivo análisis de las características que se deben considerar para conocer qué tipo de actividades se le van a recomendar. Asimismo, se necesita conocer los *test* que permitan identificar las fortalezas del estudiante, tales como las habilidades, aptitudes, intereses, e inteligencias múltiples.

En el caso de las instituciones, a partir de las recomendaciones que se les generan a los estudiantes, se agrupan aquellos que tengan fortalezas similares, generando así los clústeres de enriquecimiento. Una vez se tiene la información de estos clústeres, el sistema ayudaría a la institución a conocer qué actividades deberían desarrollar o generar en sus instalaciones con-

siderando las necesidades de sus estudiantes. De la misma manera, se pretende ayudarle a conocer qué tipo de actividades puede desarrollar a partir de los recursos con los que cuenta, y en caso de que no los tenga, con qué otras instituciones pueden realizar convenios para desarrollar las actividades.

En la Figura 3 se observa el proceso de desarrollo que se siguió para el diseño e implementación de RunayaySoft. A continuación, se explica cada uno de los elementos por los que se encuentra compuesto:

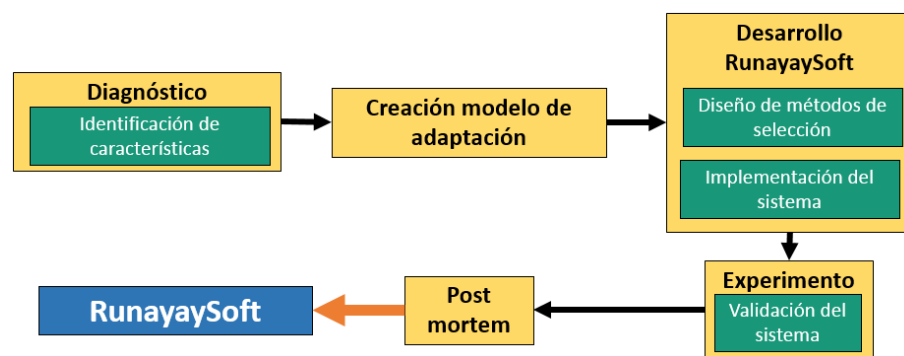


Figura 3: proceso de desarrollo

- **Identificación de características:** se identifican las características que son necesarias para recomendar una actividad de enriquecimiento, considerando las actividades que se realiza en el entorno educativo y las características tanto de las actividades, como las que debe tener el estudiante para realizarla y el tipo de actividades.
- **Creación modelo de adaptación:** a partir de la información obtenida en el proceso anterior, se procede a generar el modelo de adaptación, en el que se identifican las características del estudiante, de la institución y de las actividades de enriquecimiento para generar la recomendación de las actividades. Una vez se definen las características, se crean los perfiles del estudiante, de la institución y de la actividad. A partir de dichos perfiles, se establece la relación que existe entre las características del estudiante y las de las actividades. De igual manera, se realiza la correlación o correspondencia que existe entre los estudiantes y la institución, teniendo en cuenta las actividades que desarrolla y las instalaciones con las que cuenta.

- **Métodos de selección:** se diseñan los métodos para la selección o recomendación de una actividad de enriquecimiento a un estudiante. Para esto, se consideran qué características son prioritarias para recomendar una actividad a un estudiante. Para los directivos de la institución se seleccionan algoritmos de agrupación con el fin de detectar o reconocer las actividades que se les pueden ofrecer a los estudiantes. De igual manera, estas agrupaciones sirven para conocer qué estudiantes tienen características similares y así potenciar sus habilidades. Sin embargo, para el alcance de este trabajo no se realiza la validación de si las actividades que el sistema recomienda, potencian las habilidades del estudiante.
- **Implementación del sistema:** a partir de lo generado en el proceso 2 y 3, se procede al desarrollo y diseño del sistema. Para este proceso se propone hacer uso de una mezcla de metodologías ágiles entre *Scrum* [18] y *XP* [18] con algunas adaptaciones. En este proceso de implementación se describe la arquitectura utilizada, los ambientes de programación, los requerimientos y casos de uso implementados en el sistema.
- **Validación del sistema:** una vez se desarrolla el sistema, se procede a validarlo en un entorno educativo. Para ello, se realiza un prototipo del sistema que se diseñó en el proceso 4 y se validan las correlaciones y correspondencias entre las características de las instituciones, los estudiantes y las actividades.

En las siguientes secciones se describirán con detalle los diferentes procesos descritos anteriormente y las actividades que se realizaron para cumplir cada uno de los objetivos propuestos.

## 4.1 Diagnóstico

En esta sección se describe el proceso de diagnóstico, cuyo objetivo es definir qué *test* van a ser utilizados para la realización del sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento. Como primer paso, se investigaron diferentes *test* que evaluarán características del estudiante. Estos *test* fueron seleccionados con el apoyo de las expertas de la Facultad en Educación, profesora María Caridad García y Lizzeth Camargo, estudiante de Maestría en Educación. A continuación, se encuentran los *test* que se utilizaron como primera prueba para evaluar cuales se iban a utilizar:

- Test de intereses (Luis Herrera y Montes) [38]

- Test de aptitudes (Luis Herrera y Montes) [38]
- Estilos de aprendizaje (Kolb) [39]
- Test inteligencias múltiples (IAMI-R) [40]
- Test de intereses (Joseph Renzulli) [41]
- Test expresivo (University of Connecticut) [42]

Una vez definidos, se aplicó y se implementó en el colegio Florentino González de la ciudad de Bogotá, con el objetivo de comprobar si los *test* seleccionados eran válidos para realizar algún tipo de recomendación. Para ello, se evaluó qué características consideraba cada uno de ellos y cómo estas permitirían generar la recomendación de una actividad de enriquecimiento.

Esta evaluación se aplicó en dos grupos diferentes de la misma institución. Se realizó esta división, ya que se encontraron dos *test* de intereses y se quería identificar cuál de estos los estudiantes consideraban que era el que mejor y se acercaba a sus intereses. Estos *test* se aplicaron a estudiantes de octavo grado (801 y 802) y de diferentes jornadas. Para el primer grupo, se realizaron los *test* de intereses y aptitudes de Luis Herrera y Montes, estilos de aprendizaje, inteligencias múltiples y estilo expresivo. Para el segundo grupo se realizaron los *test* de intereses de Renzulli, estilos de aprendizaje, inteligencias múltiples, aptitudes y estilo expresivo. El primer grupo se encuentra conformado por 39 estudiantes y el segundo por 33 estudiantes. Sin embargo, una vez evaluados cada uno de los *test* con el apoyo del experto, se definieron que se utilizarían los *test* de estilos de aprendizaje, aptitudes, intereses de Luis Herrera y Montes e inteligencias múltiples. Para esta evaluación, también se investigó en que otros trabajos se ha validado este *test*. Para el caso del *test* de Luis Herrera y Montes, éste ha sido aplicado en ámbitos educativos en la ciudad de México donde ha pasado diversos estudios psicométricos y ha sido aplicado en diferentes ámbitos educativos para comprobar su validez [43]. El *test* de inteligencias múltiples IAMI-R ha sido implementado en estudiantes adolescentes en Argentina y en el estudio realizado por Edgardo Pérez y Marcos Cupani realizan el proceso de validación de este instrumento [44]. Finalmente, el *test* de estilo de aprendizaje también ha sido validado en diferentes ámbitos educativos y en diferentes países, donde igual que los anteriores se ha tenido una aceptación en las características dadas las cuales describen la manera en que aprenden los estudiantes [45].



Una vez se terminó de realizar las pruebas con los *test*, se realizó un *test* de preferencias con las expertas en Educación, el cual permite identificar la manera en cómo les gustaría a los estudiantes que se desarrollen las actividades de enriquecimiento dentro de las instituciones educativas. Esto se realiza con el objetivo de identificar qué actividades de enriquecimiento son las que se les debe recomendar a los estudiantes. A continuación, se describen cada uno de los *test* que se seleccionaron para implementar en el sistema RunayaySoft y qué resultados se pueden obtener en cada uno de ellos.

#### 4.1.1 Estilos de aprendizaje

La definición de estilo de aprendizaje dada por Keefe [46] en 1988, dice que “los estilos de aprendizaje consideran aspectos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores de cómo los estudiantes perciben las interacciones y la manera en que responden a un ambiente de aprendizaje”. A partir de esta definición, se realizó una investigación de los diferentes *test* que permiten identificar el cómo una persona percibe, procesa y adquiere la información. En la investigación se encontró diferentes *test*, pero se realizó enfoque en dos (*test* de CHAEA realizado por Honey Alonso [47] y el *test* de Kolb [39]). No obstante, por cuestiones de permiso se seleccionó el *test* de CHAEA, ya que para utilizar el *test* de Kolb se debe pagar la licencia a la empresa HayGroup [48] por cada estudiante al que se le vaya a aplicar el *test*.

Evaluando el *test* de Kolb y el de Chaea, la diferencia entre uno y el otro no cambiaba la perspectiva de los resultados, ya que los dos consideraban las mismas características. El *test* de CHAEA está compuesto de 80 preguntas el cual permite identificar la manera en la cual un usuario aprende, ya sea de manera activa, reflexiva, teórica o pragmática. A continuación se describe cada uno de los estilos de aprendizaje mencionados [49].

- **Activos:** “son aquellas personas que se caracterizan por ser animadoras, improvisadoras, descubridoras, espontaneas y arriesgadas. Están interesadas en vivir las experiencias y ser cambiantes”.
- **Reflexivos:** “incluye a las personas que son ponderadas, receptivas, analíticas y exhaustivas. Son observadoras, pacientes, detallistas, investigadoras y asimiladoras”.

- **Teóricos:** “caracteriza a las personas que son metódicas, lógicas, objetivas, críticas y estructuradas, son disciplinadas, ordenadas, buscadoras de hipótesis y teóricas, además de exploradoras”.
- **Pragmáticos:** “incluye a las personas experimentadoras, prácticas, eficaces y realistas, se caracterizan por ser rápidas, organizadoras, estar seguras de sí mismas, de solucionar problemas y de planificar sus acciones”.

Sin embargo, para este trabajo se realizaron adaptaciones a cada uno de los *test*, donde se realizaron 48 preguntas que se calificaban de 1 a 10 (1 significa en desacuerdo y 10 y totalmente de acuerdo). Este tipo de calificación se generó para cada uno de los *test* que se describen en esta sección. La adaptación de los *test* se realizó porque en las pruebas realizadas, algunos de los términos que se utilizaban no lo comprendían los estudiantes. Además, para no cansar al estudiante en responder un *test* de 80 preguntas, se redujo el número para que respondiera con la mayor sinceridad posible. Esta reducción estuvo revisada, evaluada y aprobada por las expertas en Educación. En cuanto a la manera en que se calificaba, éste se adaptó con el objetivo de conocer el nivel de qué tan de acuerdo o en desacuerdo está el estudiante, ya que el *test* original, las opciones son totalmente de acuerdo o totalmente desacuerdo.

#### 4.1.2 Intereses

El *test* de interés permite en los ámbitos educativos conocer elementos en que le gustaría trabajar a un estudiante. Al identificar cuáles son los intereses, se puede realizar la agrupación de los estudiantes, tal como se mencionó anteriormente en la teoría de clústeres de enriquecimiento [50]. Para ello, se investigaron diferentes *test* (*test* de intereses de Luis Herrera y Montes [38] y *test* de Renzulli llamado *Interest A Lyzer* [41]) que permitieran la identificación de los intereses de un usuario en particular. Sin embargo, con los resultados obtenidos en el diagnóstico y al tener uno de estos *test* relación con el de aptitudes, se seleccionó el *test* de intereses de Luis Herrera y Montes. Este *test* define los siguientes intereses:

- **Servicio social:** es el gusto por servir a los demás, y en primer lugar por los necesitados, niños y ancianos.
- **Ejecutivo persuasivo:** es el gusto del trato por la gente, a quienes agrada imponer sus puntos de vista, convencer a los demás respecto a un proyecto, vender algún artículo, etc.

- **Verbal:** es el gusto por la lectura o el placer por expresar sus ideas en forma oral o escrita
- **Artes plásticas:** es el gusto por hacer trabajos de tipo manual, usando combinaciones de colores, materiales, formas y diseños
- **Musical:** es un marcado gusto por tocar instrumentos musicales, bailar, cantar, leer sobre la música, asistir a conciertos, estudiar la vida de destacados compositores, etc.
- **Artes escénicas:** es el gusto por la expresión de manera corporal y sentimental.
- **Científico:** es el placer o gusto por investigar la verdadera razón de los hechos o de las cosas, en descubrir sus causas y en resolver problemas de distinta índole, por mera curiosidad científica y sin pensar en los beneficios económicos que puedan resultar de la investigación.
- **Cálculo numérico:** es el gusto por trabajar con los números
- **Mecánico:** es la preferencia por trabajar con máquinas y herramientas, construir o arreglar objetos mecánicos, muebles, artefactos eléctricos, etc.
- **Actividad física:** el gusto por pasar la mayor parte del tiempo al aire libre y realizando diferentes actividades físicas.

Este *test* consta de 60 preguntas en las que se evalúa el interés en cada uno de los ítems explicados anteriormente y éste tiene ya una relación con el *test* de aptitudes que se explicará a continuación.

#### 4.1.3 Aptitudes

Una aptitud significa la capacidad de que un individuo opera de manera competente en una determinada actividad [51]. Existen diferentes tipos de *test* de aptitudes, estos van dirigidos en identificar las competencias con las cuales cuenta, en donde se encuentran diferentes tipos, como por ejemplo en aspectos de memoria, destreza y habilidad, sensoriales, entre otros [52]. En este trabajo se utiliza el *test* de aptitudes de Luis Herrera y Montes [38]. Se selecciona este *test* porque permite evaluar las aptitudes del individuo con respecto a sus intereses, por lo que se puede conocer qué tan competente se siente el estudiante con respecto a los diferentes campos o áreas. Este *test* se encuentra definido por las siguientes áreas:

- **Servicio social:** son aquellos que tienen la habilidad de trabajar con los demás, son cooperativos y persuasivos, son desinteresados y afectuosos.

- **Ejecutivo persuasivo:** son aquellos que tienen la capacidad de dirigir y supervisar a los demás, tienen iniciativa y confianza en sí mismo
- **Artístico plástica:** son aquellos que tienen la habilidad de apreciar formas y colores, dibujos, pinturas, entre otros, para la creación de obras.
- **Verbal:** son aquellos que tienen la habilidad de comprender y de expresarse de manera correcta usando las palabras adecuadas dependiendo de la situación.
- **Musical:** son aquellos que tienen la habilidad de distinguir sonidos, con el fin de generar estos sonidos de manera creativa
- **Artes escénicas:** son aquellos que tienen la capacidad de expresarse frente un escenario o a un público.
- **Científica:** son aquellos que tienen habilidad para la investigación, por lo que tienen aptitudes en captar, definir y comprender las relaciones y causas de los eventos.
- **Cálculo numérico:** son aquellas que tienen dominio en las operaciones y en los cálculos matemáticos.
- **Mecánico:** son aquellos que tienen la habilidad en la manipulación de objetos, como en imaginar y analizar en dos o tres dimensiones.
- **Actividad física:** facilidad para desarrollar diferentes actividades físicas que requieran un esfuerzo.

Este *test* consta de 60 preguntas que evalúan la aptitud de cada uno de los elementos nombrados anteriormente.

#### 4.1.4 Inteligencias múltiples

El *test* a utilizar, IAMI-R [40] (Inventario de autoeficacia para inteligencias múltiples- revisado) evalúa la eficacia para la realización de actividades relacionadas con inteligencias múltiples en el contexto de desarrollo de carrera u orientación vocacional. La autoeficacia hace referencia a definir las habilidades necesarias para lograr lo que el individuo se propone. En el ámbito educativo, es una representación de los mecanismos cognitivos que mediante el uso del conocimiento y la toma de acción permite el éxito de las acciones u objetivos [53]. El *test* se encuentra compuesto de 48 preguntas que se valoran de 1 a 10 el acuerdo o desacuerdo para realizar una respectiva actividad. Este se encuentra basado en las inteligencias múltiples propuestas por Gardner [54], en donde el autor plantea que los individuos no tienen una inte-

ligencia en su totalidad sino que está compuesta de varias. Las inteligencias propuestas por este autor se describen a continuación:

- **Lingüística:** es la capacidad de emplear de manera eficaz las palabras, manipulando la estructura o sintaxis del lenguaje
- **Kinestésica:** es la habilidad para usar el cuerpo y para expresar ideas y sentimientos. Evidencia habilidades en la coordinación y en el equilibrio.
- **Lógico-matemática:** es la capacidad de manejar números, relaciones y patrones lógicos de manera eficaz.
- **Espacial:** es la habilidad de representar gráficamente las ideas, el espacio y sus interrelaciones
- **Musical:** se refiere a la capacidad de percepción, distinción, transformación y expresión de sonidos musicales
- **Interpersonal:** es la capacidad de distinguir y percibir los estados emocionales y signos interpersonales de un individuo o sociedad
- **Intrapersonal:** es la capacidad de conocerse a sí mismo, identificando sus fortalezas y debilidades.
- **Naturalista:** es la capacidad de relacionarse con el entorno natural. Se encuentra desarrollado en personas que se relacionan con las especies animales, vegetales y la geografía.

Los *test* utilizados permiten caracterizar al estudiante para conocerlo mejor y dar una recomendación apropiada según sus características. Es importante que se considere aspectos como los intereses, aptitudes, inteligencias múltiples y estilos de aprendizaje, ya que a partir de dicha información se conoce al estudiante en cuanto a lo que le interesa, la manera en que aprende, en lo que es bueno y la forma en que realiza las actividades. Se consideraron los intereses, ya que como se mencionó anteriormente en la sección 3.1.1 Actividades de enriquecimiento, para este tipo de actividades es importante considerar lo que a un estudiante realmente le gusta realizar y las aptitudes para saber cuáles son los talentos o habilidades con las que cuenta. Para el caso del *test* de aprendizaje, permite identificar la manera en que el estudiante aprende mejor, permitiendo a los docentes de la institución educativa conocer el tipo de material que deben desarrollar y el *test* de inteligencias múltiples sirve para conocer la manera en la que un estudiante realizaría las actividades.

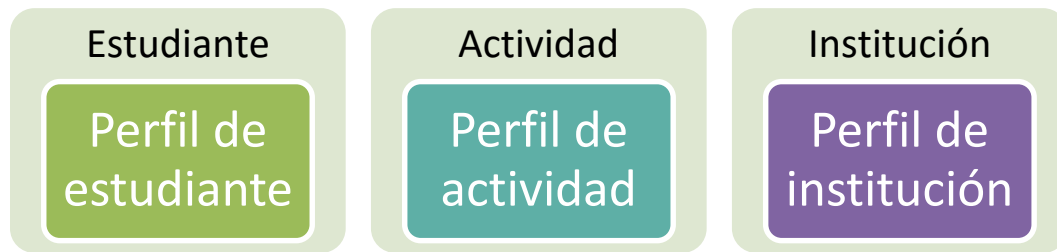
Se hizo esta selección de estos *test*, ya que permiten caracterizar al estudiante desde diferentes perspectivas. Para el caso del estilo de aprendizaje, permite identificar la manera en que un estudiante aprende. A partir de ésta, se conoce qué tipo de actividades se pueden desarrollar en las instituciones educativas. En cuanto a los intereses, esta característica identifica las áreas disciplinares y actividades que le son de sus intereses, permitiendo que, a la hora de realizar las actividades de enriquecimiento, se diferencie de las actividades que se realizan en un currículo normal y en donde tenga una experiencia de aprendizaje diferente. Las características de las aptitudes nos permiten identificar los posibles talentos que puede tener un estudiante, por este motivo es importante considerar en lo que es bueno el estudiante. Finalmente, las características que nos brinda las inteligencias múltiples permite identificar la manera en que los estudiantes desarrollan respectivas actividades. Al considerar todos estos *test*, se enriquece la manera en que se le genera la recomendación al estudiante, ya que no solamente se tiene en cuenta las características del estudiante, sino también las características de las actividades. Una vez definidos los *test* a utilizar, se procede a generar los perfiles de adaptación del estudiante, de la actividad y de la institución. En la siguiente sección encontrará la descripción de cada uno de ellos.

## **4.2 Modelo de adaptación**

En esta sección se describen las características consideradas del estudiante, de la actividad y de la institución, al igual que la relación que existe entre cada uno de ellos. A continuación, se describirán los perfiles de cada uno y sus características.

### **Modelo lógico de clases**

Para esta fase, se identificaron las características que se deben considerar para un estudiante, la institución y la actividad, (Ver Figura 4) para realizar las respectivas recomendaciones basadas en aspectos dados por los *test* y las características propias de cada elemento. Además, se explica el proceso que se siguió para relacionar las características del estudiante con las actividades de enriquecimiento y las características de la institución para dar la recomendación de las actividades. A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los elementos ilustrados en la Figura 4.



**Figura 4: modelo lógico de clases**

- **Estudiante:** “persona que cursa estudios en un establecimiento de enseñanza” [51].
- **Actividad:** “conjunto de operaciones o tareas propias de una persona o entidad” [51]. Sin embargo, la diferencia de estas actividades es que al ser de enriquecimiento va dirigido a personas excepcionales o con altas capacidades [55].
- **Institución:** “organismo que desempeña una función de interés público, especialmente benéfico o docente” [51]. Específicamente el sistema se encuentra dirigido a instituciones educativas y las pruebas se realizarán en un ambiente escolar.

Vale aclarar que se considera el perfil de la institución para recomendar qué actividades puede desarrollar dentro de sus instalaciones basados en las características y necesidades de sus estudiantes. Por tal motivo, la recomendación hacia las instituciones, se orienta hacia los estudiantes de la institución, más que hacia sus profesores o directivas. La recomendación hacia las directivas se encuentra enfocada en identificar, con los recursos que cuenta, qué actividades puede desarrollar y en caso de que no los tenga, con qué otras instituciones educativas pueden realizar convenios para desarrollar las habilidades de sus estudiantes. Aunque en un principio, el sistema se orientaba sólo a potenciar las capacidades de niños con talentos, esta orientación se amplió a recomendar a todos los niños las actividades que más se ajustan a sus intereses, junto con otras características y el contexto de su institución educativa.

Una vez identificado los elementos que el sistema considera, se definen los respectivos perfiles de adaptación para cada uno de ellos. A continuación, se describe cómo se obtuvo la información del estudiante, de la institución y de la actividad para poder generar las recomendaciones, los perfiles de adaptación, las correspondencias que existe entre ellos y cómo puede ser actualizada la información del sistema.

## 4.2.1 ¿Cómo fue adquirida la información?

En esta sección se describe cómo fue adquirida la información para identificar las características del estudiante, de la institución y de las actividades, para generar la recomendación de las actividades de enriquecimiento en el sistema.

Para el estudiante, la obtención del estilo de aprendizaje, aptitudes, intereses, inteligencias múltiples y preferencias se realizó a través de diferentes *test* que permiten identificar las características y necesidades con las que cuenta. Para las preferencias, se generó un instrumento con las expertas en Educación, el cuál permitiera identificar cómo prefiere desarrollar las actividades. En la sección 4.2.2 Perfiles de adaptación se describen con mayor detalle el tipo de preguntas que se realizó para este *test*. En cuanto a la información personal, tal como la edad, el colegio, el curso, la jornada, entre otras se obtuvo a partir del registro que realizó el estudiante para ingresar al sistema.

Para la institución, a través de un interfaz directivo, éste puede agregar los recursos con los que cuenta. En el sistema puede agregar información sobre las actividades que desarrolla, las instalaciones, la capacidad, entre otras. A continuación, se describen con detalle las características consideradas.

## 4.2.2 Perfiles de adaptación

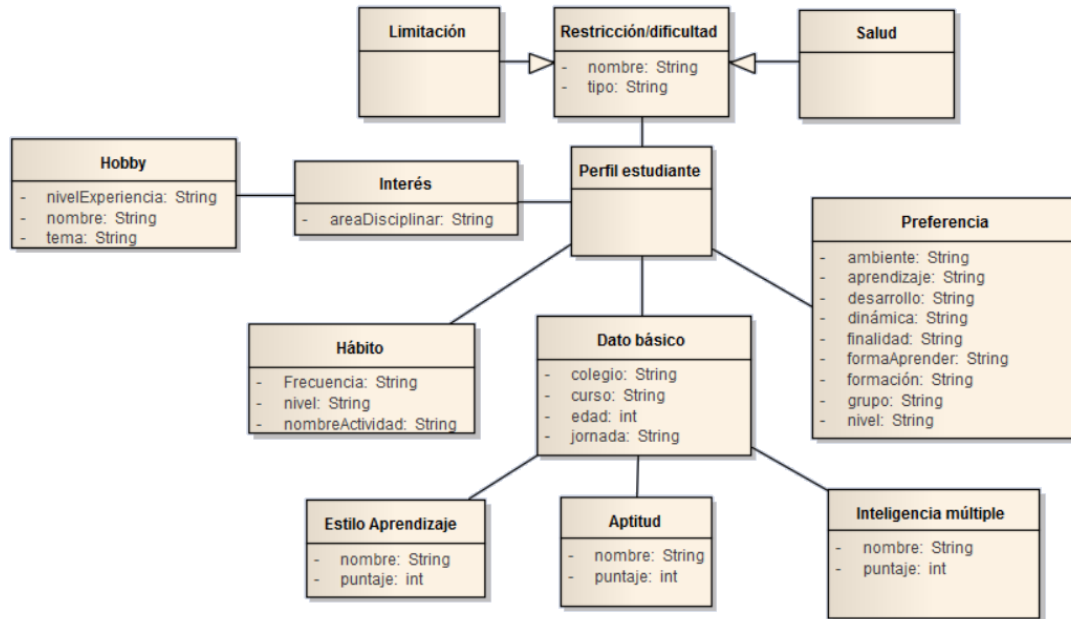
El objetivo de los perfiles es observar e identificar qué datos son relevantes conocer para realizar la recomendación de las actividades de enriquecimiento. Para ello se identifican las características de la institución, del estudiante y de la actividad para luego identificar la relación que existe entre cada una de las características identificadas en cada uno de los perfiles y así realizar la recomendación.

### 4.2.2.1 Perfil de estudiante

Para la recomendación de las actividades, es importante y prioritario identificar las características del estudiante, ya que, a partir de éstas, se busca recomendar actividades acordes a sus intereses. Como primera instancia, se consideran las características dadas por los *test* seleccionados y las características propias del estudiante. Dichas características se pueden obser-



var en la Figura 5, donde se describen las consideradas y a continuación se explicarán las que se implementaron.



**Figura 5: perfil del estudiante**

**Dato básico:** son los aspectos generales del estudiante que se tendrán en cuenta para sugerir las actividades de enriquecimiento. En este ítem se tomarán las características de estilo de aprendizaje, aptitudes, inteligencias múltiples, jornada para realizar las actividades (mañana, tarde, noche o jornada única) y características propias tales como la edad, el curso o grado en el que se encuentra y el colegio.

**Preferencia:** se refiere a aspectos de cómo le gustaría al estudiante se realizarán las actividades. Para ello, se define que una actividad se puede realizar en distintos ambientes, ya sea en un aula (ambiente cerrado) o en un ambiente abierto como parques, centros deportivos, entre otras. También se considera la forma de aprender del estudiante, esto con el objetivo de identificar la manera en que se debería generar el material para desarrollar o implementar una respectiva actividad; la finalidad de la actividad, eso significa si prefiere actividades donde hay que ser creativos o si más bien prefiere actividades donde se siguen unos pasos definidos; si prefiere trabajar con personas de su misma edad o de otras edades (grupo); el tipo de for-

mación (presencial o virtual, para la implementación sólo se tuvo en cuenta presencial), si prefiere que en las actividades exista una guía de cómo se desarrollan o si prefiere ir explorando (autónomo o dirigido) y finalmente cómo prefiere trabajar si de manera individual o de manera grupal.

**Hábito:** se refiere a aquellas actividades que un estudiante ya ha desarrollado anteriormente y que ha sido una costumbre realizarlos para el mismo. Con esto, podemos recomendar actividades acordes a dichas costumbres, por lo cual es necesario identificar la frecuencia, el tipo de actividad y el motivo por la que lo realiza (deportivo, salud, lúdico, competitivo y profesional).

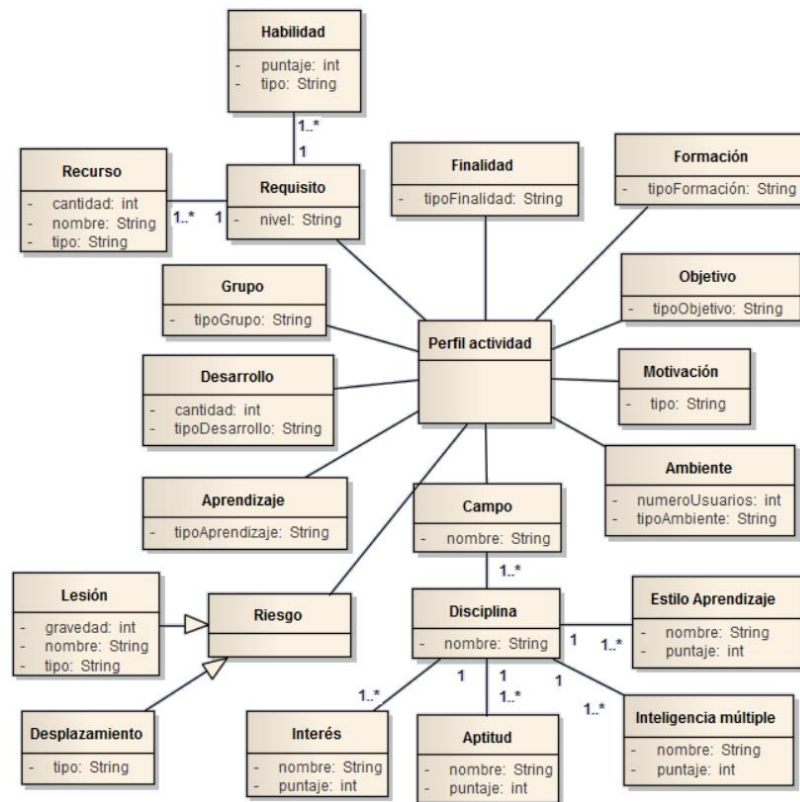
**Intereses:** con los intereses se conoce lo que más le gusta al usuario, permitiendo identificar qué actividades y disciplinas recomendar. Para ello es importante conocer el área disciplinar que más le interesaría para realizar actividades de enriquecimiento. Estas áreas se encuentran definidas por unos campos que son: ciencias naturales, básicas y tecnología (Matemáticas; física y química; biología, medicina y nutrición; Tecnología e ingeniería); ciencias sociales y humanas (Psicología y sociología, historia, geografía y economía); artes y letras (Literatura, música; artes plásticas; danza y teatro); actividad física, ejercicio y deporte (actividad física, ejercicio y deporte) y liderazgo social y emprendimiento (liderazgo social y emprendimiento). También se considera cuál es su hobby y qué temas son los de su interés (música, moda, tecnología, deportes, política, negocios).

**Restricción/dificultad:** se considera si tiene alguna dificultad o restricción en cuanto a problemas de salud como enfermedades respiratorias, cirugías, enfermedades cardiovasculares, entre otras; y limitaciones como discapacidades cognitivas, sensoriales o físicas.

Para este perfil, las características que se consideran para implementar en el sistema los aspectos de los datos básicos, los cuales involucran la caracterización dada por cada uno de los *test* y las características propias del estudiante. Se realiza un *test* de preferencias, con el objetivo de identificar qué actividad recomendar y finalmente los intereses se obtienen a partir del *test* de intereses, para luego relacionarlo con las actividades que puede realizar en una respectiva disciplina. Para esta primera versión, no se considera las restricciones o dificultades, ni los hábitos del estudiante. Se limitó de esta manera por el alcance del trabajo.

#### 4.2.2.2 Perfil de actividad

Para identificar qué actividades y el tipo que se va a recomendar es necesario conocer qué características debe tener un estudiante para realizarla. Para ello, en la Figura 6 se describen los ítems necesarios para caracterizar una actividad y a partir de esta caracterización y la descrita anteriormente, conocer qué correlaciones o correspondencia que existen entre el estudiante y la actividad. Una vez definidas, se puede generar la recomendación de las actividades de enriquecimiento.



**Figura 6: perfil de actividad**

**Campo:** se refiere en qué campo se encuentra la actividad, por ejemplo, ciencias naturales, básicas y tecnología; ciencias sociales y humanas; artes y letras; actividad física, ejercicio y deporte y liderazgo social y emprendimiento. Cada uno de estos campos se encuentran divididas por diferentes áreas disciplinares. Para el primer campo las disciplinas son: matemáticas; física y química; biología, medicina y nutrición; tecnología en ingeniería. Para el segundo campo son: psicología y sociología e historia, geografía y economía. El tercer campo está

compuesto por: literatura, música, artes plásticas, danza y teatro. El cuarto campo por actividad física, ejercicio y deporte y el quinto por liderazgo social y emprendimiento. Este ítem es el que permitirá relacionar el perfil del estudiante con el perfil de la actividad, ya que dependiendo de cuál es el área de interés del estudiante y dependiendo del área disciplinar de la actividad, se relaciona qué actividades puede desarrollar.

**Dinámica:** se refiere a cómo se implementa la actividad, eso significa si las actividades son didácticas (salidas, talleres, juegos, entre otras) o son pedagógicas. Esta no se toma en cuenta por el alcance del proyecto.

**Motivación:** la motivación se refiere en dónde y en qué ambiente se desarrollan las actividades, ya que se pueden realizar por motivación propia; realizar actividades en ámbitos educativos, donde son desarrolladas por las instituciones y finalmente por motivación familiar.

**Requisito:** se refiere a qué requisitos son necesarios para desarrollar una respectiva actividad, ya que depende del nivel y si se necesita previa experiencia para su desarrollo. También, qué elementos o materiales son necesarios para desarrollar dicha actividad, en otras palabras, qué equipo necesita para realizarlo.

**Riesgo:** se refiere a que si existen riesgos en realizar algún tipo de actividad. Este se encuentra más enfocado a actividades deportivas.

**Desarrollo:** permite identificar si la actividad a desarrollar se realiza de manera individual o de manera grupal.

**Finalidad:** identifica si la actividad se encuentra enfocada hacia la creatividad o a seguir un plan definido.

**Grupo:** identifica si la actividad puede ser desarrollada por cualquier persona y cualquier edad o si es solamente para un grupo específico.

**Aprendizaje:** identifica si en la actividad se realiza un seguimiento y apoyo en el aprendizaje o si más bien el aprendizaje depende del estudiante.

**Ambiente:** identifica si la actividad se realiza al aire libre o en un aula o instalación.

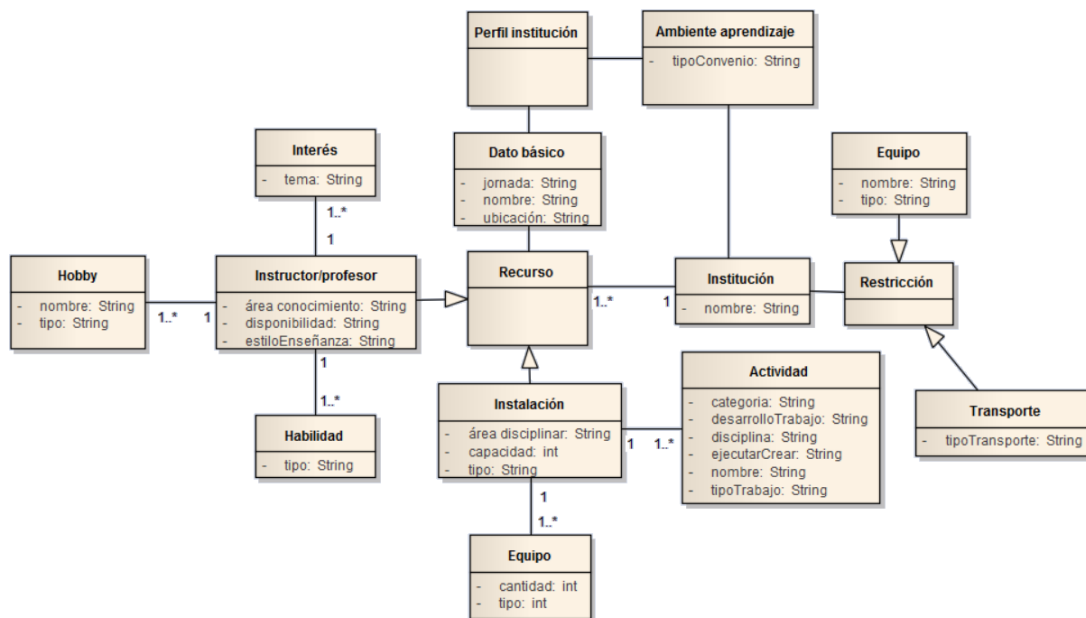
**Formación:** define si las actividades se realizan de manera presencial o si se pueden realizar de manera virtual.

Para el perfil de actividad se consideran los aspectos de campos disciplinares con sus respectivas áreas disciplinares, ya que es la que nos permite obtener la relación entre este perfil y el

perfil del estudiante para generar la recomendación. También, se considera la motivación que se encuentra enfocado más hacia la parte educativa, la formación presencial, los ambientes, el aprendizaje, el desarrollo, el grupo y la finalidad.

#### 4.2.2.3 Perfil de institución

En esta sección se realiza la descripción de los ítems de la institución. Como se observa en la Figura 7 se identifican las características a considerar para saber qué actividades puede realizar la institución teniendo en cuenta las instalaciones con las que cuenta y basados en las características de sus estudiantes. A continuación se realiza la descripción de cada uno de los ítems descritos de la Figura 7.



**Figura 7: perfil de institución**

**Dato básico:** en el caso de la institución, los datos básicos son los recursos o instalaciones con los que cuenta. Para el caso de las instalaciones, lo que interesa es saber el tipo de instalación en cuanto al ambiente (cerrado o abierto), el área disciplinar a la que se encuentra enfocado, qué actividades se pueden realizar en esa instalación (natación, teatro, conciertos, etc.), la capacidad con la que cuenta y el equipo con el que se cuenta para realizarla (balones, instrumentos musicales, etc.). También es importante considerar con qué recurso humano o

con qué profesores cuenta para el desarrollo de las actividades, por lo que es importante conocer del instructor o profesor: el estilo de enseñanza, la disponibilidad para realizar las actividades, la habilidad para realizar una respectiva actividad, el área de conocimiento en el cual se encuentra involucrado, sus pasatiempos (*hobbies*) y los intereses en temas o áreas disciplinares que le gustaría desarrollar. También se debe considerar la jornada en la que puede realizar las actividades y la ubicación de la institución, esto con el fin de identificar en caso de que tenga algún convenio con otra institución, saber cuáles son las instituciones más cercanas para desarrollar las actividades.

**Actividad:** este ítem permite identificar qué actividades son las que se desarrollan en la institución. A partir de dichas actividades y de las instalaciones con las que cuenta la institución, se genera la recomendación al estudiante sobre qué actividades puede desarrollar.

**Ambiente de aprendizaje:** este ítem permite identificar si una institución educativa tiene algún convenio con otra institución educativa o con instalaciones especializadas en alguna área disciplinar. Para ello es importante considerar con qué entidad se tiene un convenio, en dicho convenio con qué instalaciones cuenta, qué actividades se pueden desarrollar, qué restricciones tiene en cuanto al uso del equipamiento, transporte y pago para realizar la respectiva actividad. Además, se debe considerar no solamente con qué instalaciones cuenta, sino también si tiene un convenio de transporte, donde se puede definir si es de institución a institución, si es de la institución a la casa o si el transporte depende del usuario que desea realizar la actividad.

Para este trabajo se consideran los aspectos de los datos básicos, en cuanto a las instalaciones con las que cuenta, las actividades que desarrolla la institución y los convenios con otras entidades especializadas o instituciones. No se considera el equipo con el que debe contar para realizar la actividad, ni los convenios de transporte entre instituciones.

A continuación, se describe el proceso de desarrollo de RunayaySoft, en donde podrá observar la implementación de los perfiles anteriormente descritos y el cómo se realiza la correspondencia de cada uno de ellos para generar la recomendación de las actividades.

### 4.2.3 Correspondencia entre los perfiles

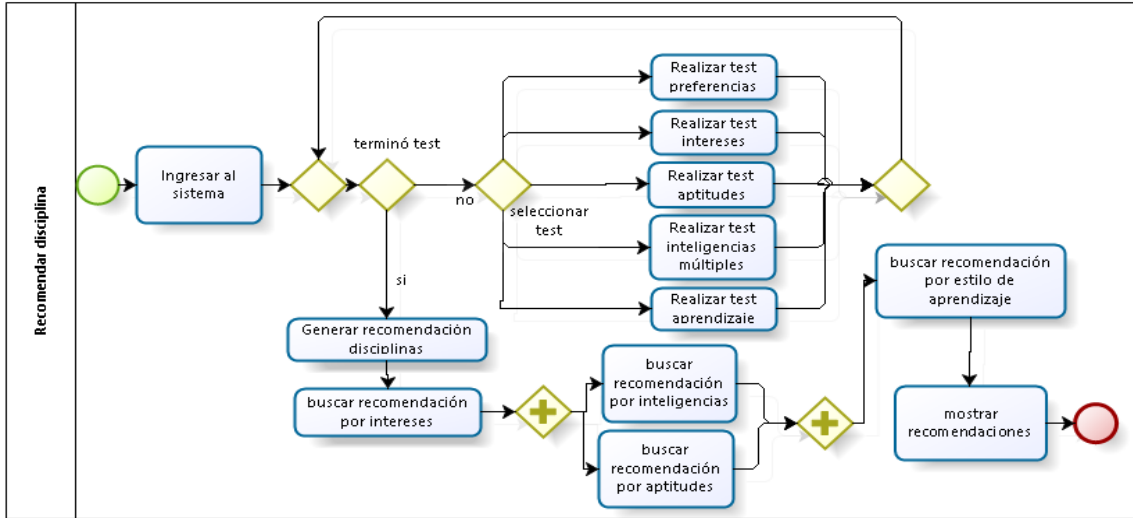
Una vez definidos los perfiles del estudiante, de la actividad y de la institución, se genera la correspondencia o correlación de características que existen entre cada uno de ellos. La correspondencia entre el estudiante y la actividad, se encuentra enfocada en las características que de los *test* que realizó; en las características propias, como el curso en que se encuentra, la edad, las preferencias, y en las áreas disciplinares en las que le interesaría desarrollar actividades. En la Tabla 2, se puede observar las relaciones que se consideran para recomendar una respectiva disciplina. Esta información fue brindada por las expertas en Educación y Psicología, donde se definieron qué características son necesarias para recomendar una disciplina y cuáles son los *test* más relevantes (prioridad) para generar la recomendación.

Campo	Área disciplinar	CHAEA (0.5)	IAMI (1)	Aptitudes (1)	Intereses(2)
Ciencias naturales, básicas y tecnología	Matemáticas	Teórico o reflexivo	lógico-matemática	cálculo numérico	cálculo numérico
	Física y química	Teórico, pragmático o reflexivo	naturalista y lógico-matemática	científico y cálculo numérico	científico y cálculo numérico
	Biología, medicina y nutrición	Teórico o pragmático	naturalista	científico	científico
	Tecnología e ingeniería	Teórico o pragmático	lógico-matemática y espacial	mecánico y cálculo numérico	mecánico y cálculo numérico
Ciencias sociales y humanas	Psicología y sociología	Teórico, pragmático o reflexivo	verbal e interpersonal	científico, servicio social y verbal	científico, servicio social y verbal
	Historia, geografía y economía	Teórico, pragmático o reflexivo	lingüística e interpersonal	científico, servicio social y verbal	científico, servicio social y verbal
Artes y letras	Literatura	Reflexivo o pragmático	lingüística, interpersonal e intrapersonal	verbal	verbal
	Música	Reflexivo o pragmático	musical, interpersonal e intrapersonal	música	música
	Artes plásticas	Reflexivo o pragmático	espacial, interpersonal e intrapersonal	artes plásticas	artes plásticas
	Danza y teatro	Reflexivo o pragmático	kinestésica, interpersonal e intrapersonal	artes escénicas	artes escénicas
Actividad física, ejercicio y deporte	Actividad física, ejercicio y deporte	Pragmático o activo	kinestésica, interpersonal e intrapersonal	actividad física	actividad física
Liderazgo social y emprendimiento	Liderazgo social y emprendimiento	Pragmático o activo	interpersonal e intrapersonal	ejecutivo persuasivo	ejecutivo persuasivo

**Tabla 2: correlaciones entre las dimensiones para las recomendaciones de las disciplinas**

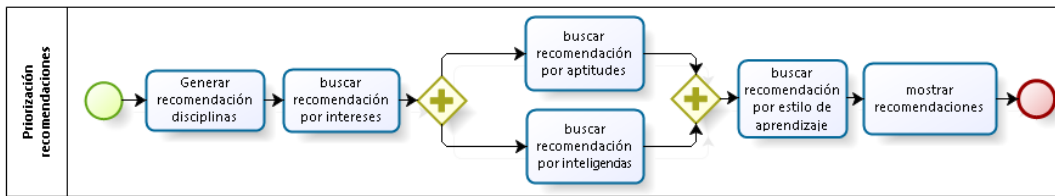
En cada uno de los *test*, entre paréntesis se encuentra la prioridad de qué característica es la más importante para dar una recomendación y qué características se debe tener en cada *test* para que se le recomiende una respectiva disciplina. Esta prioridad se realizó basada en los trabajos relacionados (Ver 3.2. Trabajos Relacionados), al igual que en lo que se investigó sobre qué características son importantes considerar para recomendar actividades de enriquecimiento (Ver 3.1.1 Actividades de enriquecimiento), recomendación en la que se tiene como

prioridad los intereses de los estudiantes y sus habilidades para descubrir sus talentos. En la Figura 8, se puede observar cómo se realiza el proceso para la recomendación de las áreas disciplinares, donde se considera las características que brindan los diferentes *test* con su respectiva prioridad.



**Figura 8: recomendación área disciplinar**

En la Figura 9, se encuentra el flujo para la priorización de las disciplinas. Vale aclarar que en caso de que exista algún tipo de conflicto en cuanto a las prioridades (aptitudes e inteligencias múltiples), se considera primero las aptitudes, ya que éste *test* tiene relación con el de intereses.

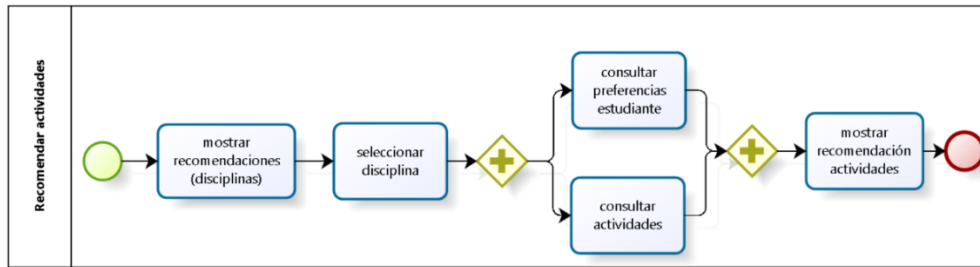


**Figura 9: priorización recomendaciones**

Una vez se le recomiendan las áreas disciplinares, la recomendación de las actividades se obtiene a partir de las preferencias del estudiante, las áreas disciplinares recomendadas y las características propias de la actividad. Por tal motivo, la relación que existe entre el perfil de actividad y el perfil del estudiante se obtiene en las preferencias del estudiante y en las carac-

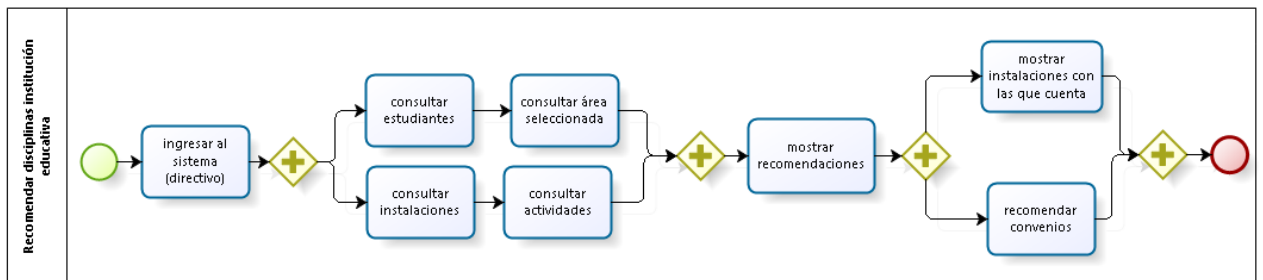


terísticas de la actividad, tales como la motivación, el desarrollo de la actividad, los ambientes donde se desarrollan, la dinámica del trabajo, si es una actividad con estudiantes de las mismas edades, si es un trabajo dirigido o autónomo y si prefiere trabajar de manera individual o grupal. Como se observa en la Figura 10, una vez se da la recomendación de la disciplina, el estudiante selecciona una de su interés, el sistema consulta sus preferencias y las actividades, generando así la respectiva recomendación considerando sus características.



**Figura 10: recomendación actividades**

La recomendación hacia las instituciones educativas se realiza una vez se obtienen las disciplinas y actividades que les gustaría desarrollar a sus estudiantes. Para conocer qué actividades puede desarrollar la institución, se consideran aspectos como las instalaciones con las que cuenta, los convenios y las actividades que realiza actualmente. En la Figura 11 se puede observar el proceso de la recomendación, en donde se le muestra los recursos con los que cuenta para realizar las actividades, y en caso de que no los tenga, con qué instituciones puede realizar convenios o qué recursos necesita solicitar en su institución para el desarrollo de las actividades.



**Figura 11: recomendación institución educativa**

En la siguiente sección, se describe la manera en que puede ser actualizada la información del sistema

#### 4.2.4 ¿Cómo debe ser actualizada la información?

En esta sección se describe cómo las instituciones educativas y el administrador del sistema puede actualizar la información.

A través de una versión administrativa del sistema y de la institución, el respectivo usuario será el encargado de mantener la información actualizada sobre los colegios que se encuentren en el sistema (administrador del sistema) y sobre las instalaciones, convenios y actividades con las que cuenta la institución educativa. Por consiguiente, cada uno de ellos son los encargados de que la información sea correcta y que se encuentre actualizada. Además, a través del *test* de satisfacción que se les realiza a los estudiantes y profesores, se identifica si están de acuerdo o no con las recomendaciones generadas por el sistema, permitiendo que se mantenga actualizada y se obtenga retroalimentación de la información que se considera en los diferentes perfiles.

A continuación, se realiza la descripción del proceso de desarrollo e implementación del sistema y los métodos de agrupación utilizados para generar los clústeres de enriquecimiento de manera institucional como interinstitucional. Además, se explican cuáles son las funcionalidades que tiene cada uno de los beneficiarios que se describieron anteriormente y cómo se pueden modificar las características para generar las recomendaciones y sus prioridades.

### 4.3 RunayaySoft

En esta sección se describe el proceso de diseño, desarrollo e implementación del sistema RunayaySoft, donde se encontrarán las funcionalidades que tiene cada uno de los beneficiarios (estudiantes, profesores y directivos), al igual que la arquitectura que se utilizó y el método que fue utilizado para agrupar a los estudiantes según sus características. Además, se presenta cómo el sistema permite la modificación de las reglas y las prioridades descritas en la Tabla 2, haciendo que el sistema se adapte según las necesidades de los directivos de una institución. A continuación, se describen cada uno de los procesos que se siguieron según la metodología de desarrollo *Scrum* y *XP*.



El usuario administrador, es el encargado del manejo del sistema y es el que tiene acceso principal en la creación de las instituciones educativas y creación de los perfiles administrador-directivos. A continuación, se describen sus funcionalidades.

- **Agregar institución educativa:** el administrador puede agregar instituciones educativas, con el objetivo de registrarlo en el sistema. Para ello, se le solicita el nombre de la institución y la jornada que maneja.
- **Agregar administrador directivo:** el administrador se encarga de permitirle el acceso al administrador-directivo. Para ello al administrador, se le solicita la institución a la que se desea agregarle un administrador-directivo, un nombre de usuario y una contraseña. Una vez creado el administrador directivo, el administrador debe entregarle las respectivas credenciales para poder ingresar al sistema.

El usuario estudiante es el principal beneficiario del sistema, por lo que, en la priorización de los requerimientos, los servicios más importantes eran los que se encontraban relacionados a este. A continuación, se realizará la explicación de cada una de sus funcionalidades:

- **Realizar registro:** el estudiante, para ingresar al sistema, debe realizar un registro en donde se le pide el nombre, el apellido, la edad, el curso o grado, el colegio al que pertenece, nombre de usuario y contraseña. A partir de dicha información, el estudiante puede ingresar al sistema RunayaySoft.
- **Realizar *test*:** una vez el estudiante inicia sesión, este puede realizar los diferentes *test* propuestos por el sistema (estilo de aprendizaje, intereses, aptitudes, inteligencias múltiples y preferencias). Con estos, el sistema puede identificar las características del estudiante, para luego generar la recomendación de las disciplinas que puede desarrollar.
- **Ver resultados *test*:** una vez el usuario responde los diferentes *test*, éste puede consultar los resultados y las características que genera cada uno de ellos.
- **Evaluar resultados *test*:** el estudiante al ver los resultados evalúa si está de acuerdo con las características que da cada uno de los *test*.
- **Ver recomendaciones:** cuando el estudiante termina de realizar los *test*, el sistema a partir de las características dadas por cada uno de estos, realiza la respectiva reco-

mendación de las disciplinas en las que debería realizar actividades de enriquecimiento. Esta recomendación se genera a partir de la disciplina que más le interesa a la que menos. Una vez observa las recomendaciones, se le pide que seleccione las disciplinas de mayor a menor.

- **Evaluar recomendaciones:** cuando el sistema genera las recomendaciones, el estudiante puede evaluar si está o no de acuerdo con éstas.
- **Ver recomendación actividades:** a partir del *test* de preferencias, el estudiante puede seleccionar la disciplina que más le interesa y el sistema le recomienda actividades según sus preferencias.

El usuario directivo es el administrador de su propia instalación, por tal motivo tiene opciones como consultar los grupos de enriquecimiento, establecer convenios con otras instituciones, agregar instalaciones, entre otras. Enseguida se explicarán con mayor detalle cada una de sus funcionalidades:

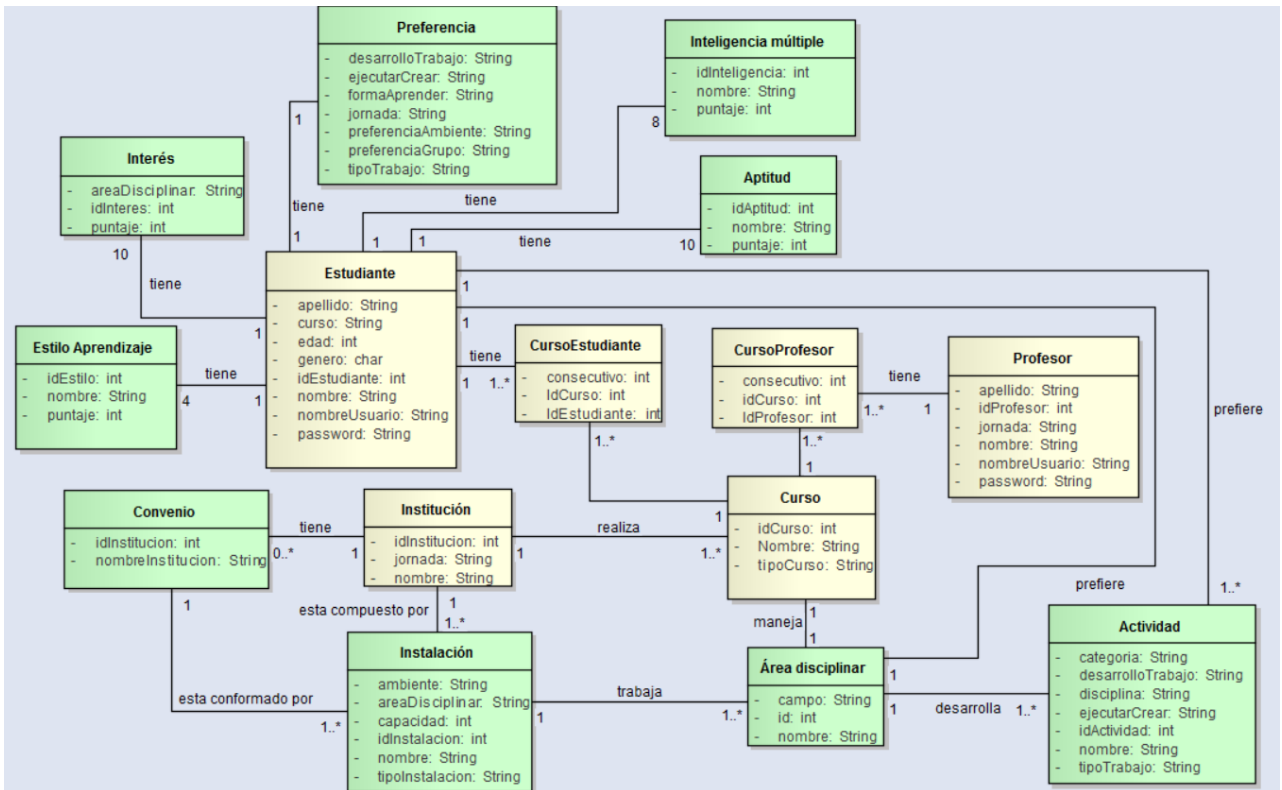
- **Agregar instalación:** el directivo puede agregar las instalaciones con las que cuenta su institución. Para ello, se le pide el nombre de la instalación, el ambiente (cerrado o abierto), el área disciplinar que se desarrolla y la capacidad.
- **Agregar instalación convenio:** el directivo puede agregar instalaciones con las que tenga algún convenio. Para ello selecciona la institución con la que tiene convenio.
- **Agregar actividad:** el directivo puede agregar qué actividades se desarrollan en cada una de las instalaciones, para ello se describe el nombre, si es dirigida o autónoma, si es grupal o individual y si es para crear o ejecutar. También, puede agregar actividades con las que tiene algún convenio.
- **Generar clúster de enriquecimiento:** el directivo tiene dos opciones para generar clústeres de enriquecimiento, ya sea de manera institucional o de manera interinstitucional. Para ello, se le solicita el número máximo de estudiantes por los que se debe encontrar conformados los clústeres de enriquecimiento y si es de manera interinstitucional, si prefiere agruparlos de manera interinstitucional o agrupar la mayoría por el colegio al que pertenece el estudiante. En esta sección encontrará cómo se realiza la agrupación de los estudiantes y qué criterios se tomaron en cuenta para realizarlo.

- **Establecer convenios:** el directivo una vez agrega las instalaciones de otras instituciones con las que cuenta convenio, selecciona las respectivas actividades. Además, se le muestra las instalaciones y actividades con las que cuenta y se le recomienda con qué otras instituciones pueden realizar convenios. Esta recomendación en cuanto con cuál institución realizar convenios, se basa en las actividades que requiere los estudiantes de la institución.
- **Ver clúster de enriquecimiento:** una vez el directivo genera los clústeres de enriquecimiento de manera institucional o interinstitucional, puede observar que grupos son los que formó el sistema. Esta agrupación se realiza a partir de la similitud de características entre los estudiantes.

El usuario profesor tiene las funcionalidades de consultar curso o grado, en donde se le muestran los estudiantes pertenecientes a tal curso. También tiene la funcionalidad evaluar estudiante, la cual permite que el profesor pueda observar y evaluar las recomendaciones generadas por el sistema de los estudiantes seleccionados. A continuación, se describen sus funcionalidades:

- **Consultar cursos:** consulta los estudiantes que pertenecen a un determinado curso.
- **Evaluar estudiante:** una vez se realiza la consulta del curso, el profesor selecciona el área disciplinar en la que se especializa y selecciona a los estudiantes que considera que son buenos o tienen algún talento en su área. Finalmente, el sistema muestra la recomendación que generó el sistema RunayaySoft a cada uno de los estudiantes seleccionados y el profesor evalúa si está de acuerdo o no con dichas recomendaciones.

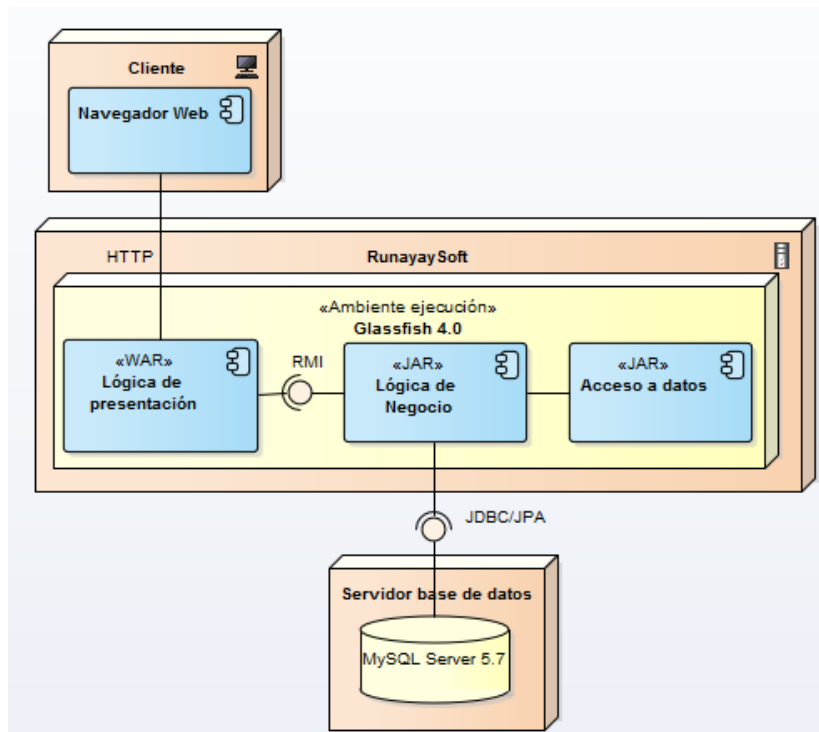
Una vez definida las funcionalidades que debe tener el sistema, se procede en la realización del diagrama de clases (Ver Figura 13). Este diagrama permite definir las características y funcionalidades del sistema considerando lo que se describió en la Figura 12.



**Figura 13: diagrama de clases**

En la Figura 13, se muestra el diagrama de clases generado para el sistema Runayayoft. En color verde se encuentra los aspectos que se utilizaron para enriquecer el sistema a través de la adaptación, las cuales permiten generar la recomendación de las disciplinas y actividades de enriquecimiento basados en las características y necesidades de los estudiantes e institución educativa. Las clases en color amarillo, son los aspectos sin considerar criterios de adaptación, en donde las instituciones educativas, desarrollan diferentes actividades en sus instalaciones, pero sin considerar las características y necesidades de sus estudiantes. Para los estudiantes se consideran sus intereses, aptitudes, inteligencias múltiples, estilos de aprendizaje, área disciplinar que más le interesa y actividades que le gustaría realizar. Para el caso de la institución, el sistema tiene en cuenta las características de sus estudiantes para conocer qué actividades deben desarrollar en sus instalaciones. En caso de que no cuente con las instalaciones necesarias para desarrollar las actividades, el sistema recomienda con qué otras instituciones pueden realizar convenios o qué elementos necesita generar o solicitar.

Teniendo en cuenta que el sistema va enfocado hacia ambientes educativos, se seleccionó la arquitectura por capas, esto con el objetivo de que los usuarios puedan ingresar en cualquier momento y evitar que la lógica de negocio del sistema se ejecute en las máquinas del usuario, haciendo que sea un cliente liviano. Esta arquitectura trae ventajas, ya que permite separar o descomponer el servicio en tres capas como se observa en la Figura 14, donde la capa de presentación se despliega en la máquina del cliente, la lógica de negocio se ejecuta en el servidor y el acceso a los datos se obtiene a través del servidor de la base de datos. Otra de las ventajas, es que permite que el sistema sea escalable, por lo que realizar modificaciones en una determinada capa no afecta a las demás. También, permite que cada capa pueda ser ejecutada en máquinas independientes, con el objetivo de mejorar el rendimiento y obtener una mayor tolerancia a fallos. Para consultar más información sobre estos aspectos, diríjase al anexo 2 “SAD RunayaySoft”, donde encontrará con mayor detalle por lo que se encuentra compuesto cada una de las capas.



**Figura 14: arquitectura RunayaySoft**



Para la agrupación de los estudiantes, se investigó sobre métodos de agrupación o *clustering*. Como se mencionó en la sección 3.1.3 Algoritmos de agrupación (*clustering*), el algoritmo seleccionado fue K-means, ya que permite agrupar un conjunto de datos a partir de un cierto número de grupos K y donde cada dato pertenece al grupo K más cercano a la media.

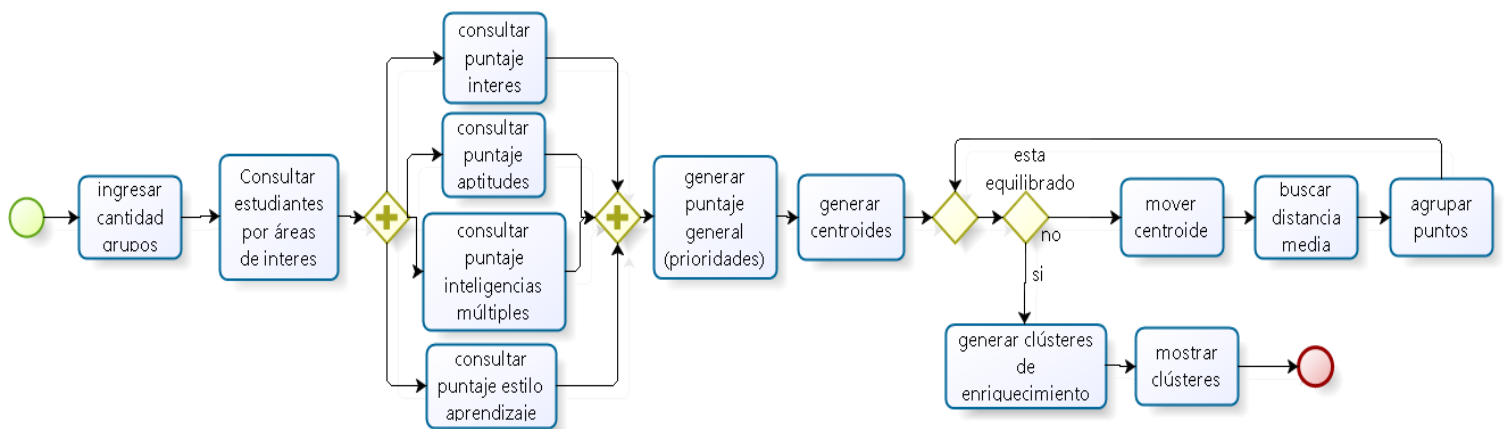
La fórmula utilizada para calcular la distancia de un punto al centroide se definió de la siguiente manera, donde c es el centroide y p es el punto estudiante (x=intereses, y=aptitudes, z=inteligencias múltiples y t=estilo de aprendizaje):

$$\sqrt{(c.x - p.x)^2 + (c.y - p.y)^2 + (c.z - p.z)^2 + (c.t - p.t)^2}$$

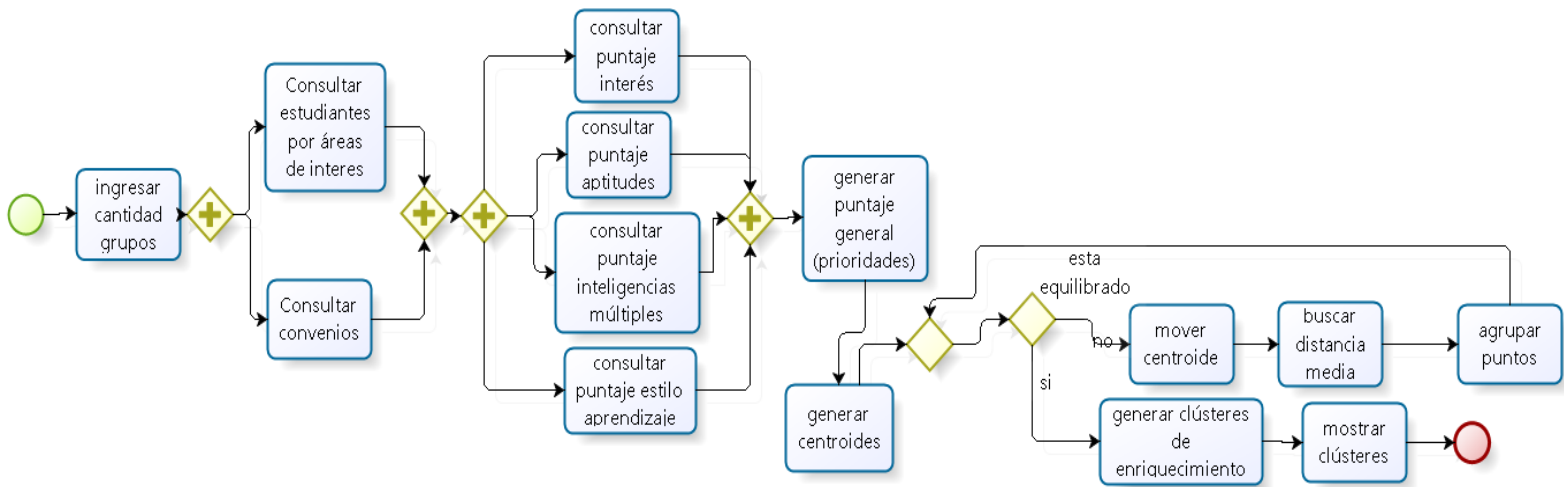
### Ecuación 1: distancia media

Con dicha fórmula, el sistema calcula la distancia mínima que debe haber entre el centroide y los puntos de estudiantes que se van a agrupar o asociar a ese centroide, y a partir de esta distancia, se generan los clústeres de enriquecimiento. A continuación, se describe la manera en la que se agrupan los estudiantes de manera institucional e interinstitucional.

Para este caso, los datos que van a ser manejados son los resultados que nos da cada uno de los *test* (aptitudes, intereses, estilos de aprendizaje, inteligencias múltiples), como se observa en la Figura 15 y Figura 16.



**Figura 15: generar clúster de enriquecimiento a nivel institucional**



**Figura 16: generar clúster enriquecimiento interinstitucional**

En la Figura 15 se describe el proceso que se lleva a cabo para agrupar a los estudiantes a nivel institucional o a nivel colegio. Para realizar la agrupación el sistema solicita al directivo que digite el número máximo de personas por los que se debe conformar un grupo de enriquecimiento, en donde según lo consultado con la experta en Educación, este grupo no debe superar los 15 estudiantes. A partir de dicha definición, el sistema consulta los estudiantes que seleccionaron una misma área disciplinar, se agrupan primero por la disciplina seleccionada y por cada uno de ellos, se consulta el puntaje obtenido en cada uno de los *test*. Una vez el sistema obtiene los puntajes, éste considera la prioridad definida por las reglas, por lo que considera primero aquellos estudiantes con intereses similares, luego aquellos con inteligencias múltiples y aptitudes y finalmente el estilo de aprendizaje. A partir de estos resultados, el sistema genera el número de grupos solicitados por el directivo y de manera no supervisada va encontrando las distancias mínimas entre los centroides que se generan y los puntos que se encuentran (estudiantes) a partir de la Ecuación 1. Este algoritmo realiza un determinado número de iteraciones hasta que encuentre que todos los estudiantes se encuentren agrupados u asociados a un centroide, en otras palabras, hasta que se encuentre el equilibrio. Una vez se encuentra equilibrado, se generan los clústeres de enriquecimiento en el sistema y se le muestran a través de tablas los grupos generados. Para el caso a nivel interinstitucional (Ver Figura 16), la diferencia se enfoca en que el sistema esta vez no solamente tiene en cuenta a los estudiantes de la institución, sino también aquellos estudiantes con otras instituciones educativas con las que tenga algún tipo de convenio. Por tal motivo, antes de consultar los puntajes de

los *test*, el sistema de manera paralela consulta los convenios con los que cuenta la institución y sus estudiantes. La agrupación a nivel interinstitucional se puede generar de dos maneras, la primera es agrupar a los estudiantes sin considerar al colegio al que pertenecen y la segunda considerándolo. Se realiza de esta manera, ya que permite a la institución educativa y a los estudiantes, evitar el desplazamiento de los estudiantes entre las instituciones educativas.

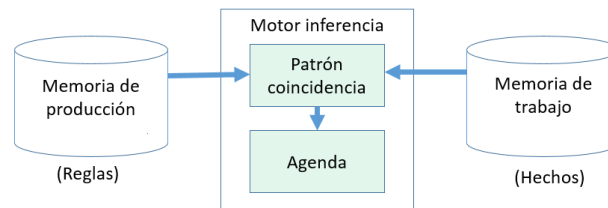
Una vez definidos los requerimientos a aplicar, la arquitectura a utilizar y el algoritmo de agrupación definido, se procede al desarrollo del sistema. Enseguida se describirá la fase de ejecución.

### **4.3.2 Ejecución**

En esta sección se describen las tecnologías que se utilizaron para implementar el sistema RunayaySoft. Para esta fase, una vez definidos los requerimientos, la arquitectura y el algoritmo de agrupación, se procede en el desarrollo del sistema. La herramienta utilizada para su desarrollo fue Java y se planteó como un servicio web donde se garantizará el servicio sin importar el sistema operativo de los usuarios. Además, el software tiene como base fundamental la tecnología Java Empresarial (Java EE), la cual garantiza atributos de calidad como son la seguridad, control de concurrencia, control de transacciones, entre otras.

Como primer punto, se realizaron las funcionalidades del estudiante, ya que, a partir de dichas recomendaciones, se les daban recomendaciones a las instituciones sobre qué actividades deben desarrollar. Para ello se programó la lógica para obtener los resultados de los diferentes *test*, y a partir de estos generar la recomendación de qué disciplina debería realizar. Un punto importante, es que tanto la recomendación de las disciplinas, como las prioridades de los *test*, se desarrollaron en un motor de inferencias llamado JESS [56](Ver Figura 17). La ventaja de realizar las reglas para dar una recomendación en este motor, es que permite que un usuario pueda modificarlas sin entrar directamente en el código, en otras palabras, separar la lógica de negocio de los datos. Al separar la lógica de negocio de los datos, se permite que se puedan realizar cambios a futuro en la manera en que se genera la recomendación de las disciplinas y la prioridad de los *test*. Además, cuando se generan los clústeres de enriqueci-

miento, éstos al considerar la prioridad de los *test*, permite que se agrupen a los estudiantes ya sea por los intereses, las aptitudes, las inteligencias múltiples o los estilos de aprendizaje.



**Figura 17: motor inferencia**

```
(defrule prioridadTest
  ?f1<-(Prioridad (prioridad ?prioridad))
  =>
  (if( eq ?prioridad "prioridad")then
    (retract ?f1)
    (assert (Prioridad(intereses "2") (aptitudes "1") (inteligencias "1") (aprendizaje "0.5"))))
```

**Figura 18: regla prioridad**

Como se observa en la Figura 18 el sistema permite que se pueda modificar la prioridad en el que se le genera la recomendación de las disciplinas. Como se explicó anteriormente, el sistema en este momento tiene como prioridad el interés con un valor de 2, las aptitudes e inteligencias múltiples con un valor de 1 y el estilo de aprendizaje con un valor de 0.5. De igual manera sucede con la recomendación de las disciplinas. A continuación, se muestra un ejemplo de una de ellas (Ver Figura 19). En esta regla se consideran las reglas definidas en la Tabla 2, para este caso se realiza la recomendación de la disciplina Matemáticas. La regla lo que hace es evaluar primero que el interés sea cálculo numérico, la aptitud sea cálculo numérico, la inteligencia múltiple sea lógico-matemática y el estilo de aprendizaje sea reflexivo o teórico. Para mayor detalle de las reglas generadas diríjase al anexo 3 “Reglas RunayaySoft disciplinas y prioridades”, en donde encontrará más reglas por cada una de las disciplinas definidas. Vale aclarar que por lo que se mencionó la sección 4.2.3 Correspondencia entre los perfiles, para generar la recomendación de las actividades, el sistema considera como mayor prioridad los intereses, pero al utilizar un motor de inferencia, el sistema se vuelve extensible, ya que se puede realizar la modificación de las prioridades para generar la recomendación, asignando las prioridades como lo considere pertinente el experto

```

(if( eg ?intereses1 "calculo numerico" )then
  (if( eg ?aptitudes1 "calculo numerico" )then
    (if( eg ?inteligencias1 "logico-matematica" )then
      (if( eg ?aprendizaje1 "teorico" )then
        (retract ?f1)
        (assert (Disciplina(disciplina "Matematicas") (cantidadIntereses "1") (cantidadAptitudes "1") (cantidadInteligencias "1")))
      )
      (if( eg ?aprendizaje1 "reflexivo" )then
        (retract ?f1)
        (assert (Disciplina(disciplina "Matematicas") (cantidadIntereses "1") (cantidadAptitudes "1") (cantidadInteligencias "1")))
      )
    )
  )
)

```

**Figura 19: reglas recomendación disciplina**

Luego de obtener las recomendaciones de los estudiantes, se realizó la recomendación hacia la institución, donde se consideran las disciplinas seleccionadas por sus estudiantes y las instalaciones con las que cuenta, ya sea con convenios de otras instituciones o de sus recursos propios. El sistema identifica si la institución tiene los recursos para realizar las actividades, en caso de que no, se le recomienda instituciones con las que puede realizar convenios con las que cuenten con los recursos que le faltan. A continuación, se describen las fases de demostración y correcciones.

#### 4.3.3 Demostración y correcciones

En la fase de demostración, en cada iteración de desarrollo se les presentaba y daba acceso al sistema a las expertas en Educación, permitiendo que ingresarán desde cualquier computador, con el objetivo de que validaran la herramienta en cuanto a los requerimientos solicitados. Una vez lo evaluaban y observaban la interacción con el sistema, se realizaban las respectivas correcciones en caso de que existieran. En caso afirmativo, nuevamente se realizaban las fases de planeación y ejecución donde se realizan las correcciones solicitadas y se vuelve a dar acceso para evaluar la herramienta.

Debido a que este trabajo corresponde a una línea de investigación, se debe validar el sistema a través de un experimento, en donde se compruebe si los modelos de adaptación y las relaciones de cada uno de los *test* funcionan para dar recomendación de las disciplinas y actividades de enriquecimiento en los entornos educativos. En la siguiente sección se describirá el experimento realizado y los resultados obtenidos.

## 4.4 Experimento

En esta sección se describe el experimento realizado en diferentes instituciones educativas de la ciudad de Bogotá. El objetivo de este proceso, es validar si las correspondencias o correlaciones entre las características obtenidas por los perfiles del estudiante, actividad e institución son acordes para dar la recomendación de la disciplina y actividades de enriquecimiento hacia un estudiante e institución. También, se describirán las pruebas que se realizaron al sistema, en cuanto al número de estudiantes que puede soportar de manera simultánea. Además, se describirá y se mostrará las pruebas que se realizaron de lo que sucede con las recomendaciones cuando hay adaptación y cuando no.

Enseguida se explicarán las pruebas realizadas en el sistema en cuanto al número de conexiones que soporta de manera simultánea.

### 4.4.1 Pruebas de estrés del sistema

En esta sección se describe las pruebas que se le realizó al sistema. Para ello, se solicitó a cada institución educativa el número de computadores y conexiones con los que contaban. Una vez conocidos estos datos, se procedió a realizar pruebas del sistema en cuanto a la cantidad de conexiones simultáneas que acepta el servidor.

La institución con más computadores y conexiones a Internet son de 32, y a partir de esta información se realizaron pruebas del sistema para comprobar que no se generarán fallos en el sistema. Una vez se realizaron las respectivas pruebas, se procedió a la implementación del piloto en cada una de las instituciones.

A continuación, se describirán los resultados de satisfacción de cada uno de los *test* y de los resultados generados por el sistema de recomendación RunayaySoft.

### 4.4.2 Evaluación resultados *test* y recomendaciones

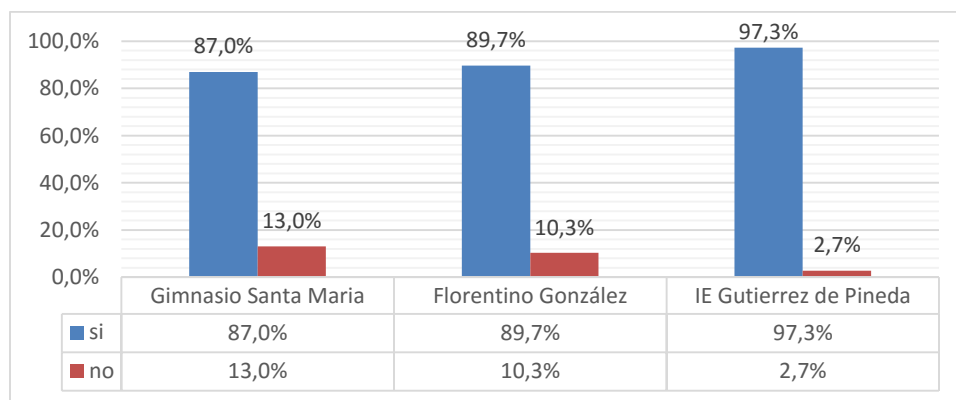
La fase del experimento se realizó con tres colegios de la ciudad de Bogotá llamados Gimnasio Santa María del Alcázar, Virginia Gutiérrez de Pineda y el Florentino González. En cada uno de los colegios se les realizaron preguntas en cuanto si estaba de acuerdo o no (preguntas de satisfacción) con las características que daba cada uno de los *test* y las recomendaciones

generadas por el sistema. También, se realizó una validación con el experto en cuanto a la recomendación de las disciplinas por parte de los profesores. En esta validación se pudo comprobar que la disciplina que seleccionó el estudiante es acorde a sus características.

#### 4.4.2.1 Pruebas de satisfacción con estudiantes

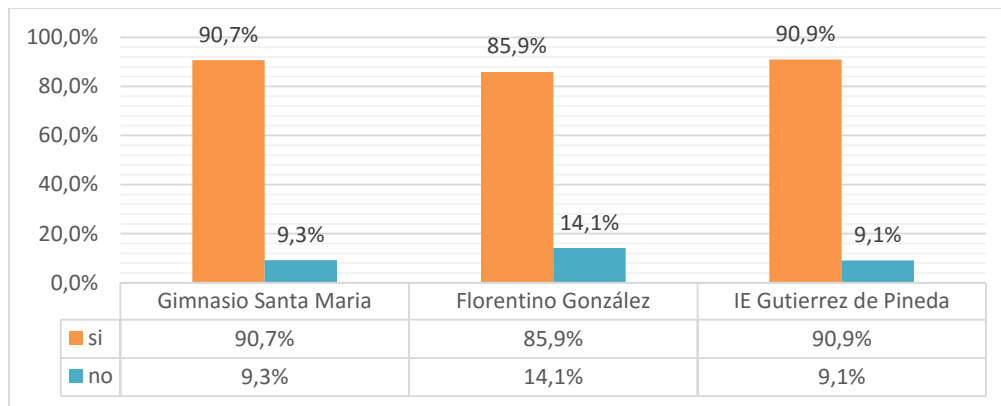
Para el colegio Gimnasio Santa María del Alcázar se contaron con 43 estudiantes, para el Virginia Gutiérrez de Pineda con 106 y para el Florentino González con 65, en donde cada uno de ellos respondió los diferentes *test* y evaluó los resultados que daba cada uno de estos, al igual que las recomendaciones generadas por el sistema. A continuación, se muestran los resultados de satisfacción tanto de los diferentes *test* como de las recomendaciones.

En la Figura 20, se encuentra la evaluación de satisfacción del *test* de aprendizaje donde se describe en porcentaje la satisfacción en cuanto a las características que obtuvieron cada uno de los estudiantes en las respectivas instituciones educativas.



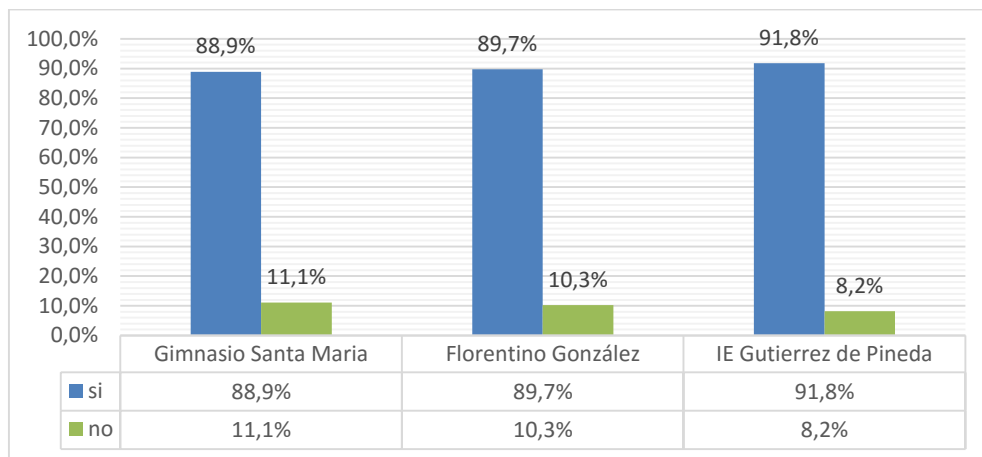
**Figura 20: evaluación *test* estilos de aprendizaje por colegio**

En la Figura 21, se encuentra los resultados de satisfacción del *test* de intereses por cada uno de los colegios. De la misma forma que el anterior, se obtuvieron buenos resultados en cada uno de ellos, ya que la mayoría, daban características que los estudiantes consideraban que los describían de manera correcta.



**Figura 21: evaluación *test* intereses por colegio**

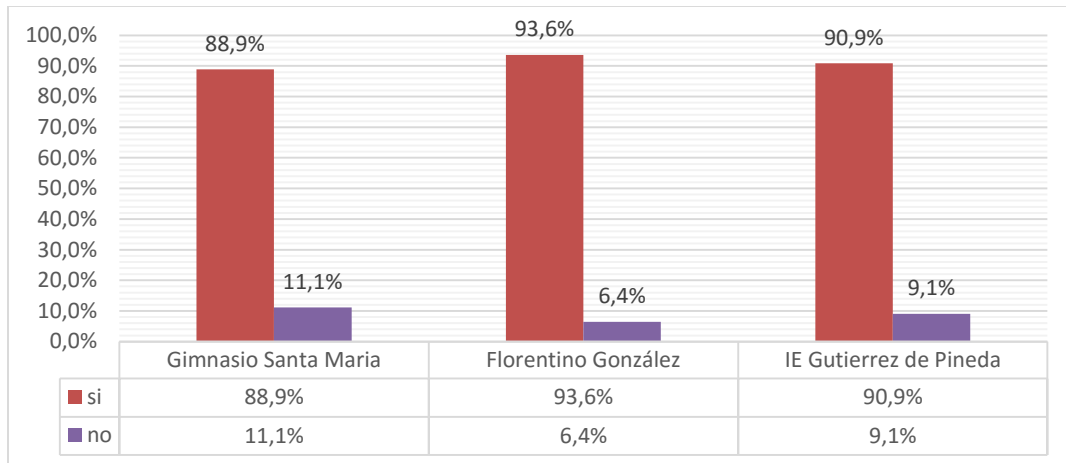
En la Figura 22, se encuentra los resultados de satisfacción del *test* de aptitudes por cada uno de los colegios, donde se obtuvieron también resultados positivos.



**Figura 22: evaluación *test* aptitudes por colegios**

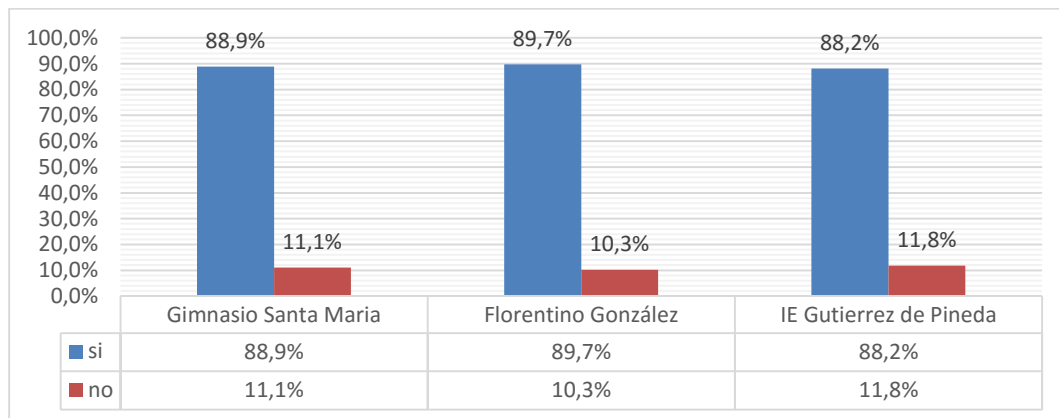
En la Figura 23 se encuentra los resultados de satisfacción del *test* de inteligencias múltiples. Para este caso, igual que los demás se tuvieron resultados positivos.





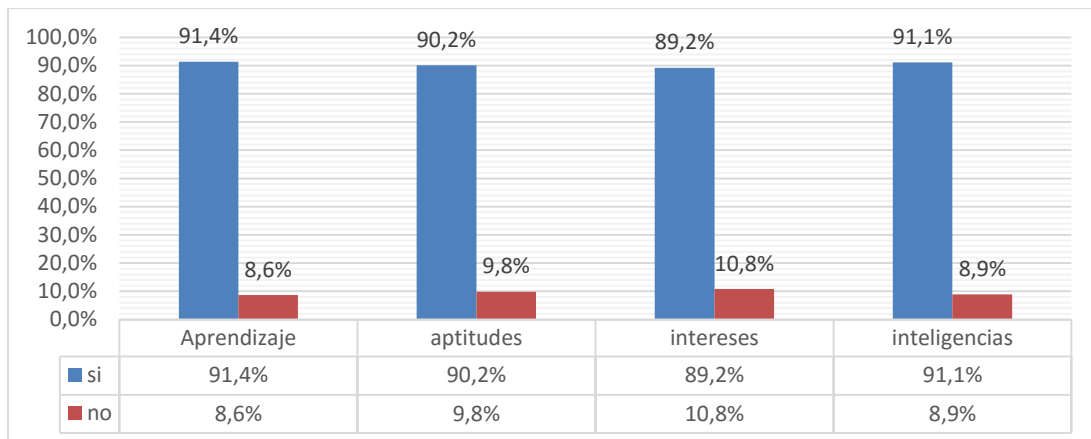
**Figura 23: evaluación *test* inteligencias múltiples por colegios**

En la Figura 24 se puede encontrar los resultados de satisfacción en cuanto a la recomendación de las disciplinas. Como se puede observar la mayoría de los estudiantes de cada uno de los colegios aceptó las recomendaciones generadas por el sistema RunayaySoft, por lo que se valida que las características que se consideraron del estudiante son relevantes para generar la recomendación sobre qué disciplina es la que debe trabajar o desarrollar según sus intereses.



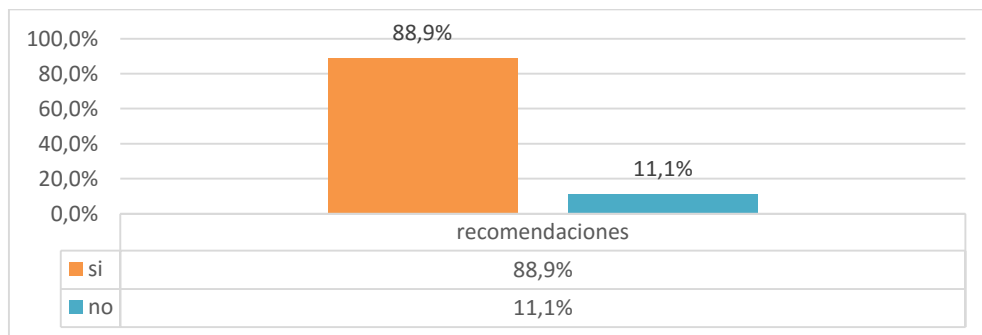
**Figura 24: evaluación recomendaciones por colegios**

En la Figura 25, se encuentran los resultados consolidados de los tres colegios, donde se observa de manera general la satisfacción de la población con la que se realizó el experimento. Con estos resultados, se puede validar que los *test* que se utilizaron dan características que son acordes a la mayoría de los estudiantes.



**Figura 25: resultados generales satisfacción test**

En la Figura 26 se encuentran los resultados de satisfacción consolidados de los tres colegios. De igual manera, se observa que los estudiantes consideraron que las recomendaciones generadas por el sistema, son acordes basados en sus características. A partir de este resultado, se puede validar que las reglas que se generaron para dar la recomendación de una disciplina y su prioridad son acordes al estudiante. Por tal motivo, las características que se consideraron del perfil del estudiante y del perfil de la actividad, tienen una buena correspondencia o correlación para dar la recomendación de disciplinas y actividades de enriquecimiento a los estudiantes.

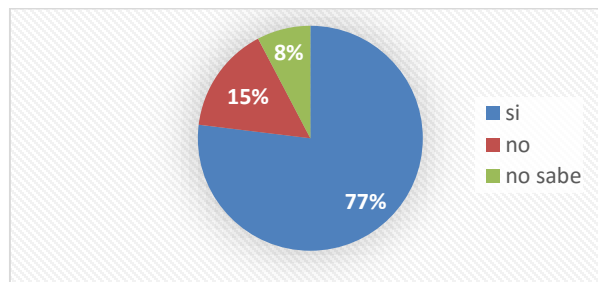


**Figura 26: resultados generales recomendaciones**

En la siguiente sección se describen y se realiza el análisis de los resultados obtenidos con la validación del experto.

#### 4.4.2.2 Validación del experto

En esta sección se describe los resultados obtenidos y analizados en cuanto a la disciplina seleccionada por los estudiantes. Para ello, con la ayuda de la experta, se le preguntó a cada profesor especializada en su área, si estaban de acuerdo con la disciplina que seleccionó el estudiante para realizar actividades de enriquecimiento. Vale aclarar que esta validación solamente se pudo realizar con el colegio Florentino González. En la Figura 27 se muestra el resultado de esta validación.



**Figura 27: validación experto Florentino González**

A partir del resultado obtenido, se observa que para el caso del colegio Florentino González, los profesores de la institución educativa, consideraron que el 77% de los estudiantes son buenos en la disciplina que seleccionaron, un 15% no estuvo de acuerdo y un 8% no conocían al estudiante, ya que son nuevos y no se ha tenido la oportunidad para identificarlos. A partir de estos resultados, se observa que los profesores están de acuerdo de igual manera con las recomendaciones que generó el sistema y con las disciplinas seleccionadas por sus estudiantes.

En la siguiente sección se muestra cómo se darían las recomendaciones con y sin adaptación. Vale aclarar que el sistema considera la adaptación, pero esta comparativa es sólo para mostrar qué es lo que sucede cuando se aplica. También, se aclara que la recomendación de las actividades y los convenios con los que cuenta la institución se realizaron como pruebas, ya que las instituciones donde se realizaron las pruebas no tienen ningún convenio entre ellas, en otras palabras, se realizó una simulación de las actividades, instalaciones y convenios con los que cuenta cada una de las instituciones educativas.

### 4.4.3 Pruebas con y sin adaptación

En esta sección se describen las pruebas que se realizaron para conocer lo que sucede con y sin adaptación, con el objetivo de saber cómo cambian las recomendaciones frente a los estudiantes y directivas de la institución. Como primera parte, se mostrará las pruebas con los estudiantes.

La ventaja de haber implementado el sistema de prioridades en un motor de reglas, es que permite que se cambie tanto las características necesarias para recomendar una disciplina como la prioridad que se considera a recomendar.

Al utilizar como prioridad los intereses, para un estudiante 1 (Características= mayor interés en: mecánico, artes plásticas, musical, verbal. Mayor aptitud en: cálculo numérico, mecánico, servicio social, científico. Inteligencias múltiples en: lógica matemática, espacial, intrapersonal, kinestésica. Estilo de aprendizaje reflexivo) y para un estudiante 2 (Características= mayor interés en: mecánico, científico, servicio social, cálculo numérico. Mayor aptitud en: cálculo numérico, científico, mecánico, artes plásticas. Inteligencias múltiples en: lingüística, kinestésica, lógico matemática, intrapersonal. Estilo de aprendizaje reflexivo) se le recomienda lo siguiente (Ver Figura 28).

Estudiante 1	Estudiante 2
<b>Disciplina</b>	<b>Disciplina</b>
Tecnología e ingeniería	Tecnología e ingeniería
Artes plásticas	Biología, medicina y nutrición
Matemáticas	Física y química
Música	Matemáticas
Física y química	Psicología y sociología

**Figura 28: recomendación considerando mismos intereses, diferentes aptitudes, inteligencias múltiples y estilo de aprendizaje**

Como se pudo observar, las recomendaciones varían dependiendo de sus características. Para el estudiante 1 como para el estudiante 2, ambos se encuentran interesados en la disciplina tecnología e ingeniería, pero las recomendaciones van variando según sus otras características.

En la Figura 29 se encuentra las recomendaciones para el estudiante 1 sin considerar adaptación. En la Figura 30, en verde se encuentra la recomendación considerando como prioridad los intereses y en azul se encuentran las recomendaciones cuando se varía la prioridad desde el motor de inferencia.

En el caso de sin adaptación, no se considera ninguna prioridad para generar la recomendación de las actividades. En cambio, para las recomendaciones con adaptación, éstas varían dependiendo de la prioridad dada a cada uno de los resultados que obtenga un estudiante en el respectivo *test*.

Sin adaptación

Disciplina
Matematicas
Fisica y quimica
Liderazgo social y emprendimiento
Artes plasticas
Musica

**Figura 29: recomendación sin adaptación**

Prioridad intereses	Prioridad aptitudes	Prioridad inteligencias múltiples	Prioridad aprendizaje
Disciplina	Disciplina	Disciplina	Disciplina
Tecnología e ingeniería	Matemáticas	Tecnología e ingeniería	Artes plásticas
Artes plásticas	Tecnología e ingeniería	Matemáticas	Física y química
Matemáticas	Física y química	Física y química	Liderazgo social y emprendimiento
Música	Artes plásticas	Artes plásticas	Matemáticas
Física y química	Música	Literatura	Música

**Figura 30: recomendaciones con adaptación y sin adaptación**

A partir de dichas recomendaciones, el estudiante puede observar por la disciplina que es de mayor interés, cuáles son las actividades que puede desarrollar. De igual manera, las recomendaciones se adaptan a partir de las preguntas que se realizan de preferencia las cuales son: en qué ambiente prefiere realizar las actividades, la forma de trabajo (individual o grupal), si prefiere un trabajo autónomo o dirigido y si prefiere actividades para crear o ejecutar.

A partir de estos resultados a un estudiante se le puede recomendar diferentes actividades de enriquecimiento. En la Figura 31 (Estudiante 1: grupal, dirigido, ambiente abierto, ejecutar. Estudiante 2: individual, dirigido, ambiente cerrado, ejecutar) puede encontrar para dos estudiantes que tienen los mismos intereses por una disciplina (Actividad física, ejercicio y deporte), se le recomiendan diferentes actividades. En el caso de sin adaptación, se le recomiendan al estudiante todas las actividades, pero sin considerar sus preferencias, en cambio para el estudiante 1 se le recomiendan actividades que puede desarrollar en grupo y en ambientes abiertos y para el estudiante 2 se le recomiendan actividades que puede desarrollar de manera individual, pero en ambientes cerrados.

Sin adaptación		Estudiante 1		Estudiante 2	
<b>Actividades que puedes realizar</b>		<b>Actividades que puedes realizar</b>		<b>Actividades que puedes realizar</b>	
Fútbol		<input type="checkbox"/>	Fútbol	<input type="checkbox"/>	Natación individual
Baloncesto		<input type="checkbox"/>	Baloncesto	<input type="checkbox"/>	Atletismo
Tennis de campo		<input type="checkbox"/>	Tennis de campo	<input type="checkbox"/>	Esgrima
Tennis de campo		<input type="checkbox"/>	Voleibol	<input type="checkbox"/>	Gimnasia
Voleibol		<input type="checkbox"/>	Fútbol iniciación	<input type="checkbox"/>	Karate
Fútbol iniciación		<input type="checkbox"/>	Baloncesto iniciación	<input type="checkbox"/>	Levantamiento de pesas
Baloncesto iniciación		<input type="checkbox"/>	ultimate	<input type="checkbox"/>	Patinaje
ultimate				<input type="checkbox"/>	Taekondo
Natación grupal				<input type="checkbox"/>	Tennis de mesa
Natación artística					
Natación individual					
Atletismo					
Esgrima					
Futbol de salon					
Gimnasia					
Karate					
Levantamiento de pesas					
Patinaje					

**Figura 31: recomendación actividades con adaptación y sin adaptación**

Lo que se ha explicado anteriormente, solamente ha sido la recomendación hacia los estudiantes. A continuación, se explicará la recomendación hacia las instituciones, en donde consideran las disciplinas seleccionadas por los estudiantes y las actividades para realizar los grupos de enriquecimiento.

En el caso de los directivos, estos pueden agrupar ya sea de manera institucional o interinstitucional (con otros colegios con los que tenga convenios). Como se observa en la Figura 32, la agrupación se puede generar de manera interinstitucional entre todos los estudiantes o se agrupa por la prioridad de que primero se considere el colegio antes de agruparlos (agrupación intra-institucional). Para el caso de la agrupación intra-institucional se da esta opción con el objetivo de que los estudiantes no tengan que desplazarse a diferentes instituciones para el desarrollo de las actividades.

Agrupación interinstitucional					Agrupación intrainstitucional				
Grupos de enriquecimiento a nivel interinstitucional					Grupos de enriquecimiento a nivel interinstitucional				
Grupo	Estudiantes				Grupo	Estudiantes			
	Nombre	Apellido	Curso	Colegio		Nombre	Apellido	Curso	Colegio
<b>Actividad física, ejercicio y deporte</b>					<b>Actividad física, ejercicio y deporte</b>				
Grupo 1	stevan giovanny	mora gomez	801	Florentino González	Grupo 1	katalina	vega	801	Florentino González
Grupo 1	SANTIAGO	GONZALEZPERD	802	Florentino González	Grupo 1	brayan david	vallejo leon	801	Florentino González
Grupo 1	johan sebastian	fajardo rojas	802	Florentino González	Grupo 1	mariajose	chacon ruiz	802	Florentino González
Grupo 1	Brayan	Bohorquez	801	Florentino González	Grupo 1	sofa	castillo	802	Florentino González
Grupo 1	Ginna	Mora	801	Florentino González	Grupo 1	daniel alejandro	guerrero herrera	802	Florentino González
Grupo 1	Helmer Andres	Cubides Siabato	801	Florentino González	Grupo 1	santiago	guerrero	802	Florentino González
Grupo 1	zharick	moina	801	Florentino González	Grupo 1	jenifer jisneth	martinez ramirez	802	Florentino González
Grupo 1	julian david	serrato perdomo	802	Florentino González	<b>Actividad física, ejercicio y deporte</b>				
Grupo 1	kevin daniel	torres garcia	8	Gimnasio Santa Maria del Alcazar	Grupo 26	Diego Alejandro	Bedoya Garzon	802	IE Virginia Gutierrez de Pineda
Grupo 1	Santiago	Acevedo Carrillo	801	IE Virginia Gutierrez de Pineda	Grupo 26	Santiago	Acevedo Carrillo	801	IE Virginia Gutierrez de Pineda
Grupo 1	Andrés Simon	Briceño Ballen	801	IE Virginia Gutierrez de Pineda	Grupo 26	Aaron ancelmo	Bermúdez pardo	801	IE Virginia Gutierrez de Pineda
Grupo 1	MAICOL STIVEN	GIRALDO GALINDO	803	IE Virginia Gutierrez de Pineda	Grupo 26	Andrés Simon	Briceño Ballen	801	IE Virginia Gutierrez de Pineda
Grupo 1	Brandon Santiago	Olarte Arevalo	803	IE Virginia Gutierrez de Pineda	Grupo 26	Valentina	Celis Franco	801	IE Virginia Gutierrez de Pineda
Grupo 1	Andrés felipe	Nossa betancourt	803	IE Virginia Gutierrez de Pineda	Grupo 26	Johan stvens	Peña tapia	803	IE Virginia Gutierrez de Pineda
					Grupo 26	sebastian	garay	803	IE Virginia Gutierrez de Pineda
					Grupo 26	Hector Fabian	Vergara Melo	803	IE Virginia Gutierrez de Pineda
					Grupo 26	MAICOL STIVEN	GIRALDO GALINDO	803	IE Virginia Gutierrez de Pineda

**Figura 32: agrupación interinstitucional e intra-institucional**

En la Figura 33, se observa la manera en que el sistema permite la agrupación a nivel institucional (colegio 1), en donde dicha agrupación como la anterior, lo realiza a partir de las similitudes entre las características dadas por los *test* que resolvieron y la prioridad que se le dio a cada uno de ellos.

Grupos de enriquecimiento a nivel institucional			
Grupo	Estudiantes		
	Nombre	Apellido	Curso
<b>Actividad física, ejercicio y deporte</b>			
Grupo 1	stevan giovanny	mora gomez	801
Grupo 1	SANTIAGO	GONZALEZPERDOMO	802
Grupo 1	johan sebastian	fajardo rojas	802
Grupo 1	JUAN SEBASTIAN	SANCHEZ TORRES	802
Grupo 1	Brayan	Bohorquez	801
Grupo 1	David Alejandro	Caicedo Tellez	801
Grupo 1	Ginna	Mora	801
Grupo 1	Helmer Andres	Cubides Siabato	801

**Figura 33: agrupación nivel institucional**

Comparando con la Figura 33 y la Figura 35, se observa que la primera realiza la agrupación de los estudiantes que tengan un mayor interés en una disciplina. Para el caso de la segunda figura, la agrupación se realiza considerando aquellos estudiantes que son mejores en dicha



disciplina según los resultados obtenidos en los *test*. Como se observa, las agrupaciones de los estudiantes cambian, por lo que, en la Figura 35, ahora agrupa los mejores en una respectiva disciplina según los *test*.

También se realizó la respectiva validación de los clústeres de enriquecimiento, donde se identificaron los diferentes puntos (estudiantes) a los que pertenece un determinado clúster. Una vez seleccionado el clúster, se realiza la evaluación por cohesión de clúster [57], la cual permite evaluar qué tan cercanos se encuentran los diferentes puntos (estudiantes) dentro del clúster. Para ello, por cada uno de los puntos se calcula la distancia que existen entre cada uno de ellos y se identifica qué tan cercanos se encuentran. Por ejemplo, para la agrupación generada en la Figura 33, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes (Ver Figura 34):

Nombre	Intereses	Aptitudes	Inteligencias multiples	Aprendizaje
stevan giovanny mora gomez	5	9,833	8,333	17,2726
SANTIAGO GONZALEZPERDOMO	5	9,800	8,500	17,2726
johan sebastian fajardo rojas	4,91665	9,833	8,333	17,818
JUAN SEBASTIAN SANCHEZ TORRES	5	10,000	8,111	16,7272
Brayan Bohorquez	4,85	10,000	8,611	17,0909
David Alejandro Caicedo Tellez	4,83	9,330	9,270	18
Ginna Mora	4,925	9,660	8,830	17,66
Helmer Andres Cubides Siabato	4,615	9,330	8,500	17,44
<b>cohesión</b>	<b>0,21219722</b>	<b>0,59334134</b>	<b>1,30733522</b>	<b>1,33514949</b>

**Figura 34: cohesión de clúster**

Para calcular la cohesión, se utilizó la formula siguiente, en donde C es el clúster al que pertenece, x el punto seleccionado del clúster e i los demás puntos que se encuentran en el clúster:

$$\sum_i \sum_{x \in C} (x - m_i)^2$$

A partir de lo analizado en la Figura 34, se puede observar que la agrupación por intereses entre estudiantes es mínima, ya que al irse acercando a un valor a cero se identifica que si existe similitud entre cada uno de los estudiantes.

Grupos de enriquecimiento a nivel institucional			
Grupo	Estudiantes		
	Nombre	Apellido	Curso
<b>Actividad física, ejercicio y deporte</b>			
Grupo 1	katalina	vega	801
Grupo 1	santiago	guerrero	802
Grupo 1	jenifer jisneth	martinez ramirez	802
Grupo 1	JUAN SEBASTIAN	SANCHEZ TORRES	802
Grupo 1	Maure Nataly	Donato Gonzalez	802
Grupo 1	cendy jaisury	soacha tique	802

**Figura 35: agrupación institucional prioridad aptitudes**

Otro aspecto importante que considera el sistema, es que recomienda a la institución con qué otras instituciones pueden realizar convenios para realizar las actividades de enriquecimiento. En la Figura 36, se observa en la primera tabla con qué recursos cuenta la institución para realizar las actividades y en la segunda, con qué instituciones puede realizar convenios para realizar actividades basados en las características de sus estudiantes y de sus necesidades. Por ejemplo, para este caso la institución 1 (Figura 36) cuenta con actividades para la disciplina actividad física, ejercicio y deporte en ambientes abiertos, pero no cuenta con instalaciones con ambientes cerrados para realizar actividades como atletismo, natación, esgrima, entre otros.

## Colegio 1

Instalaciones		
Nombre actividad	Area disciplinar	
<b>IE Virginia Gutierrez de Pineda : Multicancha</b>		
Voleibol	Actividad fisica, ejercicio y deporte	
Microfutbol	Actividad fisica, ejercicio y deporte	
<b>IE Virginia Gutierrez de Pineda : Laboratorio biologia</b>		
Taxonomía de las plantas	Biologia, medicina y nutricion	
<b>otra institucion : Club matemáticas</b>		
Ajedrez	Matematicas	
Concurso de matemáticas	Matematicas	

Instalaciones		
Tiene convenio	Nombre actividad	Area disciplinar
<b>otra institucion : Laboratorio de quimica y fisica</b>		
<input type="checkbox"/>	Estudio de las reacciones quimicas	Fisica y quimica
<input type="checkbox"/>	Estudio de la contaminación ambiental	Fisica y quimica
<input type="checkbox"/>	Estudio de la gravedad	Fisica y quimica
<input type="checkbox"/>	Estudio de la electricidad	Fisica y quimica
<b>otra institucion : Club matemáticas</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	Ajedrez	Matematicas
<input checked="" type="checkbox"/>	Concurso de matemáticas	Matematicas
<b>otra institucion : Piscina</b>		
<input type="checkbox"/>	Natación grupal	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<input type="checkbox"/>	Natación artistica	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<input type="checkbox"/>	Natación individual	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<b>otra institucion : Polideportivo</b>		
<input type="checkbox"/>	Atletismo	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<input type="checkbox"/>	Baloncesto	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<input type="checkbox"/>	Esgrima	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<input type="checkbox"/>	Futbol de salon	Actividad fisica, ejercicio y deporte

**Figura 36: recomendación convenios colegio 1**

Ahora en la Figura 37, comparando con la Figura 36, la institución 2 (Figura 37) no cuenta con instalaciones abiertas ni cerradas para el área disciplinar Actividad física, ejercicio y deporte, por consiguiente, se le recomienda que realice convenios con aquellas instituciones con las que sí tienen los recursos para realizar dichas actividades. Por ejemplo, para el colegio 2 (Figura 37) se le recomienda tener convenios con la institución IE Virginia Gutiérrez de Pineda y la institución llamada “otra institución” las cuales cuentan con instalaciones abiertas y cerradas para la disciplina Actividad física, ejercicio y deporte. Esta recomendación se realiza según las preferencias y disciplinas seleccionadas por los estudiantes de la institución.

## Colegio 2

Instalaciones		
Nombre actividad	Area disciplinar	
<b>Florentino González : Laboratorio biología</b>		
estudio de las plantas	Biología, medicina y nutrición	
<b>otra institucion : Club matemáticas</b>		
Ajedrez	Matematicas	
Concurso de matemáticas	Matematicas	
Instalaciones		
Tiene convenio	Nombre actividad	Area disciplinar
<b>IE Virginia Gutierrez de Pineda : Multicancha</b>		
<input type="checkbox"/>	Voleibol	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<input type="checkbox"/>	Microfutbol	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<b>otra institucion : Huerta</b>		
<input type="checkbox"/>	Siembra de árboles	Biología, medicina y nutrición
<b>otra institucion : Laboratorio de química y física</b>		
<input type="checkbox"/>	Estudio de las reacciones químicas	Física y química
<input type="checkbox"/>	Estudio de la contaminación ambiental	Física y química
<input type="checkbox"/>	Estudio de la gravedad	Física y química
<input type="checkbox"/>	Estudio de la electricidad	Física y química
<b>otra institucion : Club matemáticas</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	Ajedrez	Matematicas
<input checked="" type="checkbox"/>	Concurso de matemáticas	Matematicas
<b>otra institucion : Multicancha</b>		
<input type="checkbox"/>	Fútbol	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<input type="checkbox"/>	Baloncesto	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<input type="checkbox"/>	Tennis	Actividad fisica, ejercicio y deporte
<input type="checkbox"/>	Voleibol	Actividad fisica, ejercicio y deporte

**Figura 37: recomendación convenios colegio 2**

Si no se considera la adaptación, el sistema muestra todos los recursos con los que cuenta la institución y todas las instituciones con las que cuenta algún convenio o con las que podría realizarlo, pero el problema surge que no considera qué actividades realmente son necesarias desarrollar. A continuación, se describirán las diferentes experiencias que se tuvieron durante todo el desarrollo del trabajo de grado.

#### 4.5 Post-mortem

En cuanto a la implementación y desarrollo del trabajo, se implementaron los requerimientos definidos y solicitados tanto por las expertas en Educación como por la parte de Sistemas. Además, con la ayuda de ellas, se pudo realizar pruebas con una población relevante, donde fueron las encargadas de contactarse con los diferentes colegios para realizar el experimento del sistema con usuarios finales, y así probar y validar la correspondencia de los diferentes perfiles y las reglas definidas para dar una respectiva recomendación. Este trabajo de investigación buscaba implementar la validación con estudiantes que ya tienen definidos sus talen-

tos y capacidades, pero no fue fácil encontrar alguna institución educativa que se enfoque solamente en esta población. A pesar de lo mencionado anteriormente, a través del sistema se podría identificar y potenciar posibles talentos o capacidades de los estudiantes de una respectiva institución educativa a través de las disciplinas y actividades de enriquecimiento que se le recomiendan. Además, apoyaría a las instituciones educativas en identificar posibles estudiantes que tengan alguna habilidad o talento.

Por la razón mencionada anteriormente, la validación se realizó con una población relevante (214 estudiantes), para observar si existían posibles estudiantes talentosos que aún no han sido identificados dentro de la respectiva institución educativa. Además, el sistema identifica con los recursos que cuenta, qué actividades puede desarrollar para sus estudiantes, y en caso de que no los tenga, con qué otras instituciones pueden realizar convenios para el desarrollo de las actividades que le falte realizar.

También, al implementar un motor de reglas para la recomendación de las disciplinas y para la modificación las prioridades para generar la recomendación, se permite que el sistema sea extensible y adaptado, ya que se pueden generar nuevas reglas para recomendar las disciplinas y se pueden generar los clústeres de enriquecimiento considerando las prioridades dadas en cada uno de los *test*. De igual manera, se puede adaptar cada uno de estos para afinar o cambiar las características para recomendar una disciplina. Otra característica importante, es que el sistema recomienda en diferentes granularidades, eso significa que la recomendación se realiza a nivel general (disciplinas) basados en las características del estudiante y a nivel detallado (actividades) a través del *test* de preferencias

Se observó que, con los *test* utilizados, se obtuvo resultados positivos tanto para las recomendaciones de las disciplinas como para los diferentes *test*. Por falta de tiempo, no se obtuvo una lista de actividades que desarrollan en las instituciones educativas, por lo que no se alcanzó a validar las recomendaciones con los estudiantes con respecto a las actividades recomendadas. Por tal motivo, al no tener actividades, se generaron algunas y se validaron con la experta en Educación si los estudiantes eran buenos para la disciplina que seleccionaron. También se validó las recomendaciones que generaba el sistema, las cuales se obtienen a

través del *test* de preferencias desarrollado con la ayuda de las expertas. Para realizar dicha validación, a cada uno de los profesores se les preguntaba si estaban o no de acuerdo con la recomendación dada a sus estudiantes.

Se obtuvieron algunas sugerencias en cuanto al sistema. En el caso de los estudiantes, decían que los *test* son tediosos para realizar porque eran muchas preguntas y todas las tenían que responder en ese momento, ya que el sistema no permitía que se guardara de manera parcial los resultados de un sólo *test*. Esto sucedió porque por falta de tiempo, cada uno de ellos tuvo que responder todos los *test* en un solo día. Sin embargo, vale aclarar que el sistema permite y guarda los resultados de cada *test*, donde un estudiante puede ingresar y realizar por ejemplo un *test* al día sin perder el progreso, pero aun así las expertas sugirieron que en vez de mostrar las 48 o 60 preguntas, lo que se podría es mostrar de a 10 preguntas y guardar el progreso de esas con el objetivo de que pudieran responder por partes.

También se obtuvieron comentarios de los profesores en cuanto a los términos o palabras que se utilizaban, ya que algunas veces los estudiantes no comprendían lo que significaba una respectiva pregunta. También comentaron que les interesaría que el sistema pudiera dar reportes de no solamente las agrupaciones que realiza el sistema, sino que también a través del sistema se puedan observar los resultados de cada uno de sus estudiantes.

En algunos casos, una vez se registraba el estudiante, no se acordaban de la contraseña. Por tal motivo, solicitaron que existiera alguna manera para recuperarla como, por ejemplo, a través del correo electrónico. También, sugirieron que los resultados que obtuvo cada uno de los estudiantes se pudiera guardar en un archivo pdf, con el objetivo de analizar tranquilamente sus resultados sin necesidad de ingresar al sistema.

## 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En esta sección se describen las conclusiones, los trabajos futuros e impactos a nivel tecnológico, social, ético y ambiental que se obtuvo en el desarrollo del trabajo.

## 5.1. Impactos

En esta sección se presentan los impactos obtenidos para esta investigación.

### **Científicos y tecnológicos**

El sistema RunayaySoft considera el modelo de adaptación y las relaciones entre los diferentes perfiles para identificar y generar la recomendación de disciplinas y actividades que un estudiante puede realizar basados en sus características tales como los intereses, aptitudes, inteligencias múltiples y estilos de aprendizaje. Además, apoya a las instituciones educativas en identificar qué actividades puede desarrollar con los recursos que cuenta y en caso de que no los tenga, con que otras instituciones educativas puede realizar convenios para desarrollar las actividades o qué recursos debe solicitar para realizarlos dentro de sus instalaciones. También, al hacer uso de los algoritmos de agrupación, las instituciones educativas pueden identificar y agrupar estudiantes que tienen intereses similares en una respectiva disciplina.

### **Social**

El sistema permite a las instituciones educativas conocer más a sus estudiantes en cuanto los aspectos de cómo aprende, cómo desarrolla una respectiva actividad, cómo le gusta trabajar, cuáles son sus intereses, entre otras. Con esta información y las recomendaciones generadas por el sistema, las instituciones educativas identifican cuales son realmente las necesidades de sus estudiantes y qué actividades son las que se necesitan desarrollar dentro de sus instalaciones. Además, si la institución no cuenta con los recursos necesarios para desarrollar la actividad, el sistema realiza recomendaciones de convenios que puede realizar con otras instituciones para poder desarrollar las actividades de enriquecimiento. También, a través de la funcionalidad para generar el clúster de enriquecimiento, las directivas y profesores, pueden identificar aquellos estudiantes que tienen un interés similar en una respectiva disciplina, generando así nuevos ambientes de aprendizaje.

### **Éticos y ambientales**

Antes de realizar las pruebas, tanto a los estudiantes como las directivas de las instituciones educativas se les informa que, a través del prototipo realizado, se obtendrá información relevante para poder realizar la caracterización tanto de la institución educativa como de sus es-

tudiantes, para luego generar las respectivas recomendaciones. Por tal motivo, la información dada por cada uno de ellos es confidencial y solamente ellos pueden tener el acceso a dicha información.

## 5.2. Conclusiones

A continuación, se exponen las conclusiones generales y específicas a las que se llegó con el desarrollo e implementación del sistema RunayaySoft.

### Conclusiones generales

Se desarrolló un sistema de recomendación de actividades de enriquecimiento que considera las características del estudiante tales como sus intereses, aptitudes, inteligencias múltiples y estilo de aprendizaje para recomendar qué disciplina puede desarrollar. Esta caracterización se obtuvo a través de los diferentes *test* propuestos y de los perfiles de adaptación del estudiante, institución educativa y actividad, en donde se relacionaron las características de cada uno de ellos para generar la recomendación hacia los estudiantes y a las instituciones educativas. Además, se generó un *test* de preferencias con el apoyo de las expertas de Educación, el cual permite identificar el tipo de actividades que más les interesaría realizar. Esto permite que las recomendaciones generadas para cada uno de los estudiantes, sean diferentes de los demás y donde se consideran sus características y necesidades. Además, el sistema tiene la implementación de un motor de inferencia, el cual permite que se adapte las recomendaciones generadas a través de las prioridades y reglas definidas para recomendar las disciplina.

En cuanto a la recomendación hacia las instituciones educativas y directivas, el sistema a partir de las recomendaciones generadas y seleccionadas por sus estudiantes, permite identificar las disciplinas y actividades en las que se deben enfocar y desarrollar dentro de sus instalaciones. En caso de que no cuente con los recursos necesarios, las directivas pueden optar por realizar convenios otras instituciones que si los tengan o por el contrario permite identificar que le falta y qué debe solicitar para desarrollar las actividades. También, a través de la programación del algoritmo de agrupación, permite que las instituciones educativas puedan generar los grupos de enriquecimiento, en donde se generan a partir de la similitud de características que tienen cada uno de los estudiantes, especialmente por los intereses. Esta agrupa-



ción se puede realizar de dos formas, una a nivel institucional en donde solamente se consideran los estudiantes de la institución educativa y la segunda a nivel interinstitucional o intra-institucional, donde en ambos casos se consideran también a los estudiantes de las instituciones con las que cuente con algún convenio, pero la diferencia radica en que la intra-institucional agrupa por el colegio al que pertenece el estudiante y la interinstitucional agrupa sin importar el colegio al que pertenece.

En cuanto al sistema, éste permite que los directivos puedan ingresar nueva información de las actividades e instalaciones con las que cuenta, con el objetivo de que el sistema pueda ser enriquecido y utilizado en cualquier momento. A través de la retroalimentación dada por los estudiantes, en cuanto a la evaluación de los *test* y las recomendaciones generadas por el sistema, se observó que la mayoría de las veces las características que se consideraron influyen para recomendar una disciplina y actividades a recomendar.

Finalmente, RunayaySoft es un sistema de recomendaciones de actividades de enriquecimiento, ya que considera la retroalimentación de los estudiantes, tiene definida unas prioridades para generar la recomendación y existe correspondencia entre los perfiles de institución, estudiante y actividad.

### **Conclusiones de los objetivos específicos**

Se cumplió cada uno de los objetivos propuestos para este trabajo de grado, en donde para el primero se realizó la investigación e implementación de diferentes *test* que permitieran caracterizar al estudiante y la institución educativa. A través de dicha caracterización, en el segundo objetivo, se realizó el modelo de adaptación, el cual permitió identificar las características necesarias de la actividad, del estudiante y de la institución educativa para luego encontrar la relación que existe entre cada uno de ellos y así, generar la recomendación de las actividades de enriquecimiento a los estudiantes e instituciones. Una vez conocidas las relaciones entre los diferentes perfiles, el objetivo tres se cumple en la identificación y la generación de las reglas de negocio para recomendar una respectiva disciplina y actividad, la priorización de las características del estudiante e institución y la generación del algoritmo para realizar los clústeres de enriquecimiento. Al tener definidas las reglas y prioridades de cómo se genera la

recomendación, se cumple el cuarto objetivo, en donde se realiza la programación del sistema como un servicio web que puede ser accedido desde cualquier lugar y se implementan los algoritmos de recomendación y agrupación de los estudiantes. A través de dicha programación, se genera el primer prototipo, en donde se realiza la validación de la recomendación de las disciplinas y de las actividades de enriquecimiento en los entornos educativos a través de *test* de satisfacción y con la colaboración con las expertas en Educación para cumplir el último objetivo del trabajo de grado.

### **5.3. Trabajo Futuro**

En esta sección se describe el trabajo futuro para RunayaySoft:

A nivel de adaptación generar la recomendación de los convenios con instituciones cercanas, en donde el directivo defina el criterio de cercanía y se consideren otros aspectos tales como los convenios de transporte, los recursos con los que cuenta, si se debe pagar algo para realizar las actividades, entre otras. También, es importante considerar del estudiante las actividades que frecuentemente realiza (hábitos), con el objetivo de buscar aquellas que le puede interesar y que podría desarrollar. De igual manera, considerar las restricciones y/o dificultades que tiene un estudiante, para que en caso de que tenga alguna lesión, se le recomienden actividades que pueda desarrollar sin afectar su salud. También, generar un perfil del profesor donde se identifiquen sus intereses y habilidades para que, a partir de estas características, se incluyan a los profesores un determinado grupo de estudiantes que tienen sus mismos intereses o similares.

A nivel de la herramienta se pueden realizar mejoras donde los profesores puedan observar los resultados obtenidos por los estudiantes en cada uno de los *test*, con el objetivo de organizar el material necesario y desarrollar actividades basadas en sus características. También es importante generar reportes en donde las directivas y profesores puedan ver resultados generales de los estudiantes, tales como el estilo de aprendizaje que más predomina, cuáles son las disciplinas de mayor interés, en qué tipo de ambientes prefieren desarrollar las actividades, entre otras características. Además, se debe considerar agrupar a los estudiantes no solamente por la disciplina, sino también por la actividad que quieren desarrollar. Otro aspecto importante es el dar a conocer el sistema a otras instituciones educativas, ya que con la información

que brinde cada una de ellas, se puede obtener un mayor número de actividades que los estudiantes pueden desarrollar y convenios que las instituciones pueden realizar. Finalmente, a partir de la retroalimentación dada por los estudiantes, se podría identificar si existe un patrón entre las características que genera cada uno de los *test* y las recomendaciones, con el objetivo de ir afinando los instrumentos y las respectivas recomendaciones.

A nivel técnico, al ser un sistema desarrollado como servicio web, se puede instalar en un servidor centralizado, en donde todas las instituciones educativas que se encuentren interesados en la herramienta, soliciten el ingreso y la realización del registro de su institución a través de una página web. Es importante también, tener un nombre de dominio y registrarlos, para que tanto estudiantes, profesores y directivos de las instituciones educativas puedan tener acceso desde cualquier dispositivo con internet.

## REFERENCIAS

- [1] J. Renzulli y S. M. Reis, «The schoolwide enrichment model: a focus on student strengths & interests,» [En línea]. Available: <http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/39E53BA8-A7BC-445A-9816-AFAD08435695/127851/THESCHOOLWIDEENRICHMENTMODELAFOCUSONSTUDENTSTRENGT.pdf>.
- [2] A. Rojo, C. Garrido, G. Soto, M. Sainz, M. C. Fernandez y D. Hernández, «Talleres de enriquecimiento extracurricular para alumnos,» 2010. [En línea]. Available: [http://www.aufop.com/aufop/uploaded\\_files/articulos/1268619297.pdf](http://www.aufop.com/aufop/uploaded_files/articulos/1268619297.pdf).
- [3] P. P. Maset, «Enseñar juntos a alumnos diferentes,» Noviembre 2002. [En línea]. Available: [http://www.deciencias.net/convivir/1.documentacion/D.cooperativo/Ensenarjuntos\\_Alumnosdiferentes\\_Pujolas\\_35p.pdf](http://www.deciencias.net/convivir/1.documentacion/D.cooperativo/Ensenarjuntos_Alumnosdiferentes_Pujolas_35p.pdf).
- [4] J. V. C. Giraldo Gallo, «Inclusión y talento. Equidad en una educación de calidad,» Noviembre 2010. [En línea]. Available: [http://www.ethosbuinaima.org/sedbogota/publicaciones/Memorias\\_Simposio\\_Inclusion\\_y\\_Talento\\_en\\_el\\_Aula2.pdf](http://www.ethosbuinaima.org/sedbogota/publicaciones/Memorias_Simposio_Inclusion_y_Talento_en_el_Aula2.pdf).
- [5] UNESCO, «La educación de niños con talento en Iberoamérica,» Noviembre 2004. [En línea]. Available: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001391/139179s.pdf>.
- [6] J. S. Renzulli, G. Marcia, Reis y S. M., Enrichment clusters. A practical plan for real world, student driven learning, Creative Learning Press, 2003.
- [7] Zhou Yuqing, L. Boying, Y. Baogan y W. Xinling, «Design and application of practical teaching framework of ERP course,» 2005. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractReferences.jsp?tp=&arnumber=5228175&url=htt>

- p%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F5209213%2F5228118%2F05228175.pdf%3Farnumber%3D5228175.
- [8] W. Xiaochun y T. Cai, «Personalized E-Learning Model Based on Teacher-Student Collaboration,» [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractReferences.jsp?arnumber=5365105>.
- [9] L. X. He Ketai, «Cultivating Innovation Capabilities of Undergraduate students in extracurricular activities,» 2011. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=5975825&pageNumber%3D137534>.
- [10] D. Gonzalez, E. Griful, P. Mudarra y S. P, «Extracurricular learning program for professional skills development in engineering schools,» 2012. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6397357>.
- [11] S. Johnson, J. Gao, M. Bian, D. Hsu, J. Yuan y Y. Zhou, «Informatization construction of moral education curriculum resources in schools and universities,» 2014. [En línea]. Available: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6845690&punumber%3D6838577%26sortType%3Dasc\\_p\\_Sequence%26filter%3DAND\(p\\_IS\\_Number%3A6845536\)%26pageNumber%3D7](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6845690&punumber%3D6838577%26sortType%3Dasc_p_Sequence%26filter%3DAND(p_IS_Number%3A6845536)%26pageNumber%3D7).
- [12] B. Nadine, H. Jan y U. Schroeder, «InfoSphere: an extracurricular learning environment for computer science,» 2012. [En línea]. Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2481457>.
- [13] N. Hierro, N. Galanis, E. Mayol, M. J. Casany y M. Alier, «Using a pull mechanism for connecting an informal learning collector with external applications,» 2013. [En línea]. Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2536571>.
- [14] Renzulli, «Renzulli Learning System,» 2010. [En línea]. Available: [http://www.icieworld.net/main1/images/stories/files/RLS\\_English\\_Brochure.pdf](http://www.icieworld.net/main1/images/stories/files/RLS_English_Brochure.pdf).
- [15] R. Burke, Y. Zheng y S. Riley, «Experience Discovery: hybrid recommendation of student activities using social network data,» 2011. [En línea]. Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2039327>.
- [16] S. d. educación, «Currículo 40x40 Currículo para la excelencia académica y la formación integral,» 2015. [En línea]. Available: [http://www.educacionbogota.edu.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14&Itemid=273](http://www.educacionbogota.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=273).
- [17] J. S. Renzulli y S. M. Reis, The Schoolwide Enrichment Model: A How-To Guide for Educational Excellence, Connecticut: Creative Learning Press, 1997.
- [18] C. Larman, Agile and Iterative Development: A Manager's Guide, Boston: Addison-Wesley Professional, 2003.
- [19] J. S. Renzulli y S. M. Reis, «The schoolwide enrichment model,» University of Connecticut, [En línea]. Available: [http://gifted.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/961/2015/01/The\\_Three-Ring\\_Conception\\_of\\_Giftedness.pdf](http://gifted.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/961/2015/01/The_Three-Ring_Conception_of_Giftedness.pdf).
- [20] J. S. Renzulli y S. M. Reis, Enrichment model: A how to guide for educational excellence, United States: Creative learning, 1997.
- [21] B. S. Bloom y S. L. A, «Talent development vs schooling,» [En línea]. Available:

- [http://www.ascd.com/ASCD/pdf/journals/ed\\_lead/el\\_198111\\_bloom.pdf](http://www.ascd.com/ASCD/pdf/journals/ed_lead/el_198111_bloom.pdf).
- [22] S. Winwbrenner y D. Brulles, «The Schoolwide Cluster Grouping Model: Restructuring Gifted Education Services for the 21st Century,» [En línea]. Available: <http://www.henrico.k12.va.us/pdf/exceptionaleducation/TheSchoolwideClusterGroupingModel.pdf>.
- [23] S. Winebrenner y D. Brulles, the cluster grouping handbok: how to challenge gifted students and improve achievement for all, 2001: free spirit.
- [24] J. S. Renzulli, M. Gentry y S. M. Reis, enrichment cluster: a practical plan for real world, student driven learning, United States: Creative learning press, 2003.
- [25] K. Narendrea S. y A. Annaswamy M., Stable adaptive systems, Prentice Hall, 2005.
- [26] M. Golemati, A. Katifori, C. Vassilakis, G. Lepouras y C. Halastis, «Creating an ontology for the user profile: method and applications,» 2007. [En línea]. Available: <http://eolo.cps.unizar.es/docencia/MasterUPV/Articulos/Creating%20an%20Ontology%20for%20the%20User%20Profile%20Method%20and%20Applications.pdf>.
- [27] R. Ghosh y M. Dekhil, «Discovering using profiles,» 2009. [En línea]. Available: <http://ra.ethz.ch/CDstore/www2009/proc/docs/p1233.pdf>.
- [28] R. J. Stenberg, «A Triarchic Approach to Giftedness,» [En línea]. Available: <http://www.gifted.uconn.edu/nrcgt/reports/rm95126/rm95126.pdf>.
- [29] H. Gardner, «Howard Gardner's Theory of Multiple Intelligences,» [En línea]. Available: [http://www.niu.edu/facdev/resources/guide/learning/howard\\_gardner\\_theory\\_multiple\\_intelligences.pdf](http://www.niu.edu/facdev/resources/guide/learning/howard_gardner_theory_multiple_intelligences.pdf).
- [30] J. Renzulli, «The total talent portfolio: A plan for identyfing and developing gifts and talents,» University of Conneticut, [En línea]. Available: <http://gifted.uconn.edu/schoolwide-enrichment-model/ttp/>.
- [31] M. D. Ekstrand, J. T. Rield y K. J. A, «Collaborative Filtering Recommender Systems,» 2011. [En línea]. Available: <http://files.grouplens.org/papers/FnT%20CF%20Recsys%20Survey.pdf>.
- [32] F. Ricci, L. Rokach y B. Shapira, «Introfuction to recommender systems handbook,» 5 Octubre 2010. [En línea]. Available: [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-0-387-85820-3\\_1#](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-0-387-85820-3_1#). [Último acceso: 14 Septiembre 2015].
- [33] F. Berzal Galiano, «Metodos de agrupamiento,» [En línea]. Available: <http://elvex.ugr.es/doc/proyecto/cap8.pdf>.
- [34] F. Berzal, «Clustering basado por particiones,» [En línea]. Available: <http://elvex.ugr.es/idbis/dm/slides/41%20Clustering%20-%20Partitional.pdf>.
- [35] F. Berzal, «Clustering jerarquico,» [En línea]. Available: <http://elvex.ugr.es/idbis/dm/slides/42%20Clustering%20-%20Hierarchical.pdf>.
- [36] F. Berzal, «clustering basado en densidad,» [En línea]. Available: <http://elvex.ugr.es/idbis/dm/slides/43%20Clustering%20-%20Density.pdf>.
- [37] «Field Gara B,» 2008. [En línea]. Available: [http://gifted.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/961/2015/01/Field\\_iJETarticle.pdf](http://gifted.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/961/2015/01/Field_iJETarticle.pdf).
- [38] M. Herrera Luis, «Perfil de intereses y aptitudes,» [En línea]. Available: <http://josefina->

- orientacin.blogspot.mx/2007/05/perfil-de-intereses-y-aptitudes-unidad.html.
- [39] D. A. Kolb, «Cuestionario de estilo de aprendizaje,» 1981. [En línea]. Available: <http://www.presentable.es/wp-content/uploads/2012/04/test-Kolb.pdf>.
- [40] E. R. Pérez y M. Cupani, «Validación del inventario de autoeficacia de inteligencias múltiples revisado (IAMI-R),» [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/pdf/805/80500104.pdf>.
- [41] J. S. Renzulli, «The Interest A Lyzer,» 1977. [En línea]. Available: [http://enrichmentriadmodel.weebly.com/uploads/7/6/4/7/7647438/the\\_interest-a-lyzer.pdf](http://enrichmentriadmodel.weebly.com/uploads/7/6/4/7/7647438/the_interest-a-lyzer.pdf).
- [42] R. Schader, «My Learning Print,» [En línea]. Available: [http://gifted.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/961/2015/09/AMEXPAS\\_2LP.pdf](http://gifted.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/961/2015/09/AMEXPAS_2LP.pdf).
- [43] E. Villegas Hernández y R. W. Dominguez Valera, «Cuestionario de intereses y aptitudes de: Luis Herrera y Montrs,» [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/bonita69/cuestionario-de-intereses-y-aptitudes-de-luis-herrera-y-montes>.
- [44] «Validación del inventario de autoeficacia para inteligencias múltiples revisado IAMI-R,» Pérez, Edgardo R; Cupani Marcos. [En línea]. Available: <http://publicaciones.konradlorenz.edu.co/index.php/rupsi/article/viewFile/349/250>.
- [45] C. S. Juarez Lugo, «Propiedades psicométricas del cuestionario de Honey-Alonso de estilos de aprendizaje (CHAEA) en una muestra Mexicana,» [En línea]. Available: <http://learningstyles.uvu.edu/index.php/jls/article/viewFile/31/164>.
- [46] Z. C. P. M. J. R. Z. G. C. F. Nancy Figueroa, «Los estilos de aprendizaje y el desgranamiento universitario en carreras de informática,» 2005. [En línea]. Available: <http://cs.uns.edu.ar/jeitics2005/Trabajos/pdf/03.pdf>.
- [47] H. Alonso, «Cuestionario Honey Alonso de estilos de aprendizaje,» [En línea]. Available: <http://www.estilosdeaprendizaje.es/chaea/chaea.htm>.
- [48] HayGroup, «Kolb learning style inventory (LSI), version 3.1 online,» [En línea]. Available: [http://www.haygroup.com/leadershipandtalentondemand/ourproducts/item\\_details.aspx?itemid=55&type=7](http://www.haygroup.com/leadershipandtalentondemand/ourproducts/item_details.aspx?itemid=55&type=7).
- [49] L. M. Ecurra Mayaute, «Análisis psicométrico del cuestionario Honey Y Alonso de Estilos de Aprendizaje (CHAEA) con los modelos de la teoría clásica de los test y de Rasch,» 15 Julio 2011. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147122650003>.
- [50] S. J. Renzulli, «Examen de las aptitudes, intereses y estilos de aprendizaje de los estudiantes superdotados y talentosos,» [En línea]. Available: <http://www.centrohuertadelrey.com/files/upload/articulos/examendelasaptitudes.pdf>.
- [51] R. A. Española, «Real Academia Española,» 2016. [En línea]. Available: <http://dle.rae.es/?id=H1mR3XL>.
- [52] «Los test psicotécnicos: test de aptitud,» [En línea]. Available: <https://colombia.trabajos.com/informacion/index.phtml?n=7&s=4>.
- [53] L. Prieto Navarro, «La autoeficacia en el contexto académico,» [En línea]. Available: <http://www.uky.edu/~eushe2/Pajares/prieto.PDF>.

- [54] H. Gardner, Multiple Intelligences, Basic Books, 1983.
- [55] C. Ferrándiz, «Con superdotación y talento. Cómo planificar una actividad de enriquecimiento curricular,» [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/1634229/CON\\_SUPERDOTACION\\_Y\\_TALENTO\\_5\\_C3%93MO\\_PLANIFICAR\\_UNA\\_ACTIVIDAD\\_DE\\_ENRIQUECIMIENTO\\_CURRICULAR](https://www.academia.edu/1634229/CON_SUPERDOTACION_Y_TALENTO_5_C3%93MO_PLANIFICAR_UNA_ACTIVIDAD_DE_ENRIQUECIMIENTO_CURRICULAR).
- [56] E. Friedman-Hill, «Jess, the rule engine for the Java Platform,» 25 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://herzberg.ca.sandia.gov/>.
- [57] P.-N. Tan, M. Steinbach y V. Kumar, Introduction to Data Mining, Pearson, 2006.