

**DESARROLLO DE UN MODELO DE ASIGNACIÓN DE HORARIOS EN EL  
ENTORNO EDUCATIVO MEDIANTE LA PROGRAMACIÓN LINEAL**



Res. No. 16740, 2017-2021.



Vigilada MinEducación.

**BRYAN STIVEN GONZALEZ TRIANA  
CÓDIGO: 2156127**

**ANA MARIA SUAREZ LONDOÑO  
CÓDIGO: 2156126**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2018**

# DESARROLLO DE UN MODELO DE ASIGNACIÓN DE HORARIOS EN EL ENTORNO EDUCATIVO MEDIANTE LA PROGRAMACIÓN LINEAL



Res. No. 16740, 2017-2021.



Vigilada MinEducación.

**BRYAN STIVEN GONZALEZ TRIANA  
ANA MARIA SUAREZ LONDOÑO**

**Proyecto de grado para optar al título de  
Ingeniero Industrial**

**Director  
JESUS GABALÁN COELLO  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2018**

## **Nota de aceptación**

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Industrial.

JORGE EDUARDO CALPA

LAURA MEJÍA

Santiago de Cali, 26 de octubre de 2018

Dedicamos este trabajo de manera muy especial a nuestras familias, ellos fueron nuestro principal cimiento para la construcción de nuestra vida profesional, siempre estuvieron brindando su apoyo para lograr alcanzar este objetivo y sobre todo brindándonos mucho amor, sin ellos no estaríamos cumpliendo esta meta tan importante en nuestras vidas.

“Cuando se nace pobre, estudiar es el mayor acto de rebeldía contra el sistema. El saber, rompe las cadenas de la esclavitud”

Tomás Bulat

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia agradecer a Dios por todo lo que nos ha brindado para llegar hasta aquí, la vida, la salud, el amor, la paciencia, etc. Porque a pesar de los altibajos, él nunca nos ha abandonado, siempre está a nuestro lado para hacer cumplir su voluntad.

Agradecemos también a nuestras familias, ellos siempre nos han brindado su amor y apoyo incondicional, sin ellos no hubiera sido posible alcanzar este logro tan importante.

Nuestro agradecimiento también a Mercedes Arnedo, ella nos suministró la información necesaria para el proyecto, un agradecimiento especial a Raúl Londoño, quien nos colaboró con asesorías para la culminación del proyecto.

Finalmente agradecer a la universidad Autónoma de Occidente por habernos permitido ser parte de su grupo de estudiantes, de igual manera a los profesores que nos compartieron su conocimiento a lo largo de este camino, al profesor Jesús Gabalan quien nos asesoró en la construcción de este proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 ÁRBOL DE PROBLEMA	20
2. FORMULACIÓN	21
3. SISTEMATIZACIÓN	22
4. JUSTIFICACIÓN	23
5. OBJETIVOS	25
5.1 OBJETIVO GENERAL	25
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
6. MARCO REFERENCIAL	26
6.1 ESTADO DEL ARTE	26
6.2 MARCO TEÓRICO	33
6.3 MARCO CONTEXTUAL	38
7. METODOLOGÍA	39

<b>8. CRONOGRAMA</b>	<b>43</b>
<b>9. PRESUPUESTO</b>	<b>44</b>
<b>10. DESARROLLO</b>	<b>45</b>
<b>10.1 DETERMINAR LAS VARIABLES IMPLICADAS EN EL SISTEMA.</b>	<b>45</b>
10.1.1 Observar el funcionamiento del proceso manual de la asignación de horarios, tomar el tiempo estimado de esta elaboración y los costos que esta tiene.	45
10.1.2 Recopilar la información necesaria para la elaboración del modelo de asignación de horarios escolares mediante la programación lineal.	48
<b>10.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS RESTRICCIONES</b>	<b>50</b>
10.2.1 Intereses de la institución educativa	51
10.2.2 Intereses de los docentes	51
10.2.3 Cumplimiento del plan de estudio y la legislación del ministerio de educación nacional.	52
10.2.4 Clasificar y describir las variables en obligatorias y blandas	53
<b>10.3 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO</b>	<b>54</b>
10.3.1 Requerimientos del MEN	54
10.3.2 Requerimientos de la institución educativa.	56
10.3.3 Requerimientos de los docentes.	56
10.3.4 Establecer las restricciones del problema las cuales afectan directamente la formulación del modelo.	57
10.3.5 Establecer los requerimientos del modelo y sus supuestos.	57
10.3.6 Definir una notación y definición para las variables.	58
<b>10.4 VALIDACIÓN DEL MODELO DESARROLLADO</b>	<b>62</b>

<b>10.4.1</b>	<b>Identificar las variables que cambiaron con el nuevo plan de estudio 2017-2018</b>	<b>62</b>
<b>10.4.2</b>	<b>Aplicación del modelo de programación lineal a la institución educativa</b>	<b>63</b>
<b>10.4.3</b>	<b>Utilización de una herramienta computacional</b>	<b>68</b>
<b>10.4.4</b>	<b>Resultados arrojados por la Herramienta computacional</b>	<b>68</b>
<b>11.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>77</b>
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
<b>13.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>81</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>82</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>88</b>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 2. Diagrama de procesos asignación de horarios actual</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 3. Intensidad horaria para primaria.</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 4. Intensidad horaria para secundaria.</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 5. Ejemplo de asignación típica del Colegio Mixto San Vicente.</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 6. Ejemplo 2 de asignación típica del Colegio Mixto San Vicente.</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 7. Intensidad horaria semanal según nivel educativo.</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 8. Intensidad horaria anual para bachillerato.</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 9. Grupos de la Institución.</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 10. Asignaturas de primaria</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 11. Asignaturas de Secundaria</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 12. Profesores</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 13. Profesores de la Institución y Disponibilidad.</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 14. Tabla de resultados.</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 15. Matriz de compatibilidad Primaria</b>	<b>88</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.Presupuesto</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro 2. Presupuesto de asignación de horario manual</b>	<b>45</b>

## LISTA DE FIGURA

**Figura 1. Árbol de problema**

**20**

## **LISTA DE ANEXOS**

**Anexo A. Matriz de compatibilidad Primaria**

**88**

## RESUMEN

En este estudio se examina la problemática que afronta una institución educativa a la hora de realizar la programación de su horario de clases para sus grupos escolares, en base a eso, se presenta un modelo matemático de programación entera que contribuya con la óptima asignación de clases, teniendo en cuenta las diferentes restricciones y variables que están relacionadas con el problema. Nuestro trabajo se centra en la creación de un modelo matemático donde la prioridad es maximizar el número de bloques, esto quiere decir, que se dediquen dos horas consecutivas a una misma asignatura con el fin de incrementar el aprendizaje de los estudiantes, aumentar la productividad de los docentes y reducir tiempos muertos, es ahí, en estos puntos claves donde nuestro modelo difiere del resto.

El desarrollo y validación del modelo matemático se hace en base a los recursos reales que presenta la institución educativa, adicional a eso, por medio de una herramienta computacional se valida la factibilidad del mismo, obteniendo como resultado la optimización de los horarios de clase y del talento humano.

Palabras Claves: programación, modelo matemático, programación entera, asignación, restricciones, variables, maximizar, validación, factibilidad y optimización.

## **ABSTRACT**

This study examines the problems faced by an educational institution when it comes to programming its class schedule for school groups, based on that, a mathematical model of whole programming is presented that contributes to the optimal allocation of classes, taking into account the different restrictions and variables that are related to the problem. Our work focuses on the creation of a mathematical model where the priority is to maximize the number of blocks, that is, to dedicate two consecutive hours to the same subject in order to increase student learning, increase the productivity of teachers and reduce downtime, is there, in these key points where our model differs from the rest.

The development and validation of the mathematical model is based on the real resources presented by the educational institution, in addition to that, by means of a computational tool the feasibility of the same is validated, obtaining as a result the optimization of the class schedules and the human talent.

Keywords: programming, mathematical model, whole programming, assignment, restrictions, variables, maximization, validation, feasibility and optimization.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende implementar un método de asignación de horarios escolares basado en la programación lineal, identificando las variables y restricciones utilizadas para el desarrollo del trabajo, comparando y analizando los posibles resultados obtenidos para determinar cuál de las dos herramientas permite una mejor optimización de los tiempos a la hora de la programación de los horarios, si el método tradicional utilizado por la rectora del colegio que consiste en asignar un horario de manera manual y empírica o el método de programación lineal implementado, el cual permitirá un mayor control sobre los recursos a disposición.

En la primera etapa de este trabajo, se realizó detalladamente el análisis del funcionamiento del sistema por medio de la metodología tradicional que utiliza la Institución Educativa, se definió el problema que se presentaba con la asignación de horarios, elaborando así la toma de información, estableciendo los elementos del sistema y evaluando la herramienta a utilizar para la modelación que permita abordar el problema.

En la segunda etapa, se realizó la investigación sobre trabajos relacionados con los modelos de programación o asignación de horarios, al cual se le dio el nombre de estado del arte, también se realizó el marco teórico en donde se definieron los conceptos básicos y principales pasos de la herramienta que se utilizó en el trabajo, de acuerdo a los autores más destacados que se han dedicado a desarrollar investigaciones en el tema de programación lineal.

En la tercera etapa, en diálogos con la Institución Educativa, se da el aval para la implementación del modelo en la misma, se planteó la formulación y sistematización para posteriormente definir los objetivos, el alcance y la justificación del proyecto lo cual permitió evaluar la pertinencia del proyecto.

En la cuarta etapa, se designa la metodología que se va a utilizar en la investigación, las actividades a desarrollar para el cumplimiento de cada objetivo con su respectiva duración, el cronograma en un diagrama de Gantt y por último el presupuesto que conllevará la realización del trabajo.

Culminando estas cuatro etapas, se procede con el desarrollo de las actividades programadas, la elaboración paso por paso de la modelación matemática, dando alcance a cada objetivo planteado, realizando un trabajo de campo dispendioso y muy detallado, siendo congruentes con la investigación realizada en el estado del arte, se determina cual de las posibles decisiones podría ser la mejor, obteniendo

resultados influyentes sobre los recursos trabajados, por ejemplo la optimización del tiempo de los docentes, realizando una mejor distribución de cargas laborales, la reducción de tiempos no productivos y la optimización de las materias impartidas por bloque de dos horas seguidas.

Haciendo una breve comparación entre los dos métodos para planificar la asignación de horarios, basados en los resultados obtenidos, se constata de que el método más eficiente es el que utiliza la modelación matemática, cumpliendo conformemente las expectativas y requerimientos de la Institución Educativa, nombrando un caso puntual, se puede resaltar que por medio del método manual implementado por la rectora, se puede llevar entre 40 y 60 días realizar la programación del horario escolar, esto sin validar la información, esto quiere decir que la programación puede resultar con errores. A diferencia del método de programación lineal, este puede realizar la programación del año escolar en un tiempo no mayor a 5 días, pronosticando que se designen alrededor de tres días actualizando toda la información necesaria y otros dos días realizando la asignación, obteniendo una efectividad aproximada del 91%, mostrando un incremento significativamente alto y con la garantía de que esta programación no generará errores.



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Colegio Mixto San Vicente fue fundado el 4 de agosto de 1984 que en ese entonces se llamaba “Jardín Infantil Mis Chiquilladas”. En el año 1997 se cambia oficialmente el nombre del colegio. El jardín infantil surgió como una necesidad, ya que no existían muchos jardines y era necesario brindar mayor cobertura a los niños del barrio Calima y aledaños como Floralia y Guaduales, que por ese tiempo se estaban construyendo. Con el paso de los años la institución fue creciendo y convirtiéndose en un colegio nivel A ante el Icfes y posicionándose dentro de los 1.100 mejores colegios de Colombia reportados por el Icfes.

Las responsabilidades de la institución educativa han crecido con el paso del tiempo y para que sea eficiente debe administrar adecuadamente sus recursos, es por eso que es importante identificar su mayor recurso, el cual son los docentes, y por tratarse de una empresa de servicios, su mayor objetivo o su oferta al cliente final es una educación con calidad, donde se garantice el aprendizaje idóneo y donde se cumpla con el plan de estudios planificado para el año lectivo.

El plan de estudios<sup>1</sup> es un esquema en el cual se establece las áreas obligatorias y fundamentales para diseñar un plan de trabajo entre estudiantes y profesores. Este debe tener los contenidos, temas y problemas de cada área además de las actividades pedagógicas, así como también la distribución del tiempo, logros, competencias y conocimientos que los educandos deben adquirir y alcanzar al finalizar el periodo educativo.

De aquí la importancia de generar horarios que cumplan con estos requisitos y que permitan a los docentes desarrollar diferentes ejes temáticos de cada una de las materias impartidas en el Colegio Mixto San Vicente, las cuales cumplan con las diferentes actividades curriculares establecidas por el colegio sin incurrir en un desgaste físico-emocional o estrés hacia los docentes o estudiantes, permitiendo mejorar la educación conduciéndola a altos estándares de calidad.

El colegio cuenta con una planta física que está conformada por tres pisos, en los cuales se encuentra cuatro salones de diferentes capacidades en cada piso es importante mencionar que el colegio no ha establecido la capacidad de cada salón y es por eso que en algunos años lectivos se han visto en la necesidad de cambiar

---

<sup>1</sup> COLOMBIA. Ministerio de Educación Nacional. Artículo 5. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 115 de 1994, en los aspectos pedagógicos y organizativos generales.[en línea] Diario Oficial. Bogotá, D.C. 1994 no. 41473. p. 2.[consultado 15 de marzo de 2017] Disponible en [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-172061\\_archivo\\_pdf\\_decreto1860\\_94.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-172061_archivo_pdf_decreto1860_94.pdf)

los grupos de salón a salón por que los estudiantes no cabían en el aula de clases. Cuenta también con una sala de sistemas, un salón para danzas y dos salas de profesores en los cuales se encuentra la biblioteca y un salón de audiovisuales. Cabe mencionar que la sala de sistemas cuenta con 15 computadores es decir que la capacidad es de 15 personas, el colegio cuenta con 16 profesores para las diferentes materias que imparten durante el año lectivo.

El problema radica en la disponibilidad de los docentes y las horas requeridas por área a la semana, es por eso que la institución educativa tiene varios tipos de docentes entre ellos están:

- Docentes de jornada completa; cuya carga académica es impartida en la jornada de la mañana de 7:00 am a 1:45 pm. Estos docentes se dividen en los subgrupos:
  - Docentes de primaria los cuales imparten clases de 1° a 5°.
  - Docentes de secundaria los cuales imparten clases de 6° a 11°.
- Docentes doble jornada; cuya carga académica es impartida en las jornadas de la mañana a estudiantes de primaria y en la tarde a estudiantes de pre-jardín, jardín y transición con horario de 7:00 am a 12:45 pm y de 1:30 pm a 5:30 pm.
- Docentes por horas cuya carga académica es impartida solo unas horas a la semana. Este se divide en dos subgrupos los cuales son:
  - Docentes por horas para primaria de 1° a 5°.
  - Docentes por horas para secundaria de 6° a 11°.

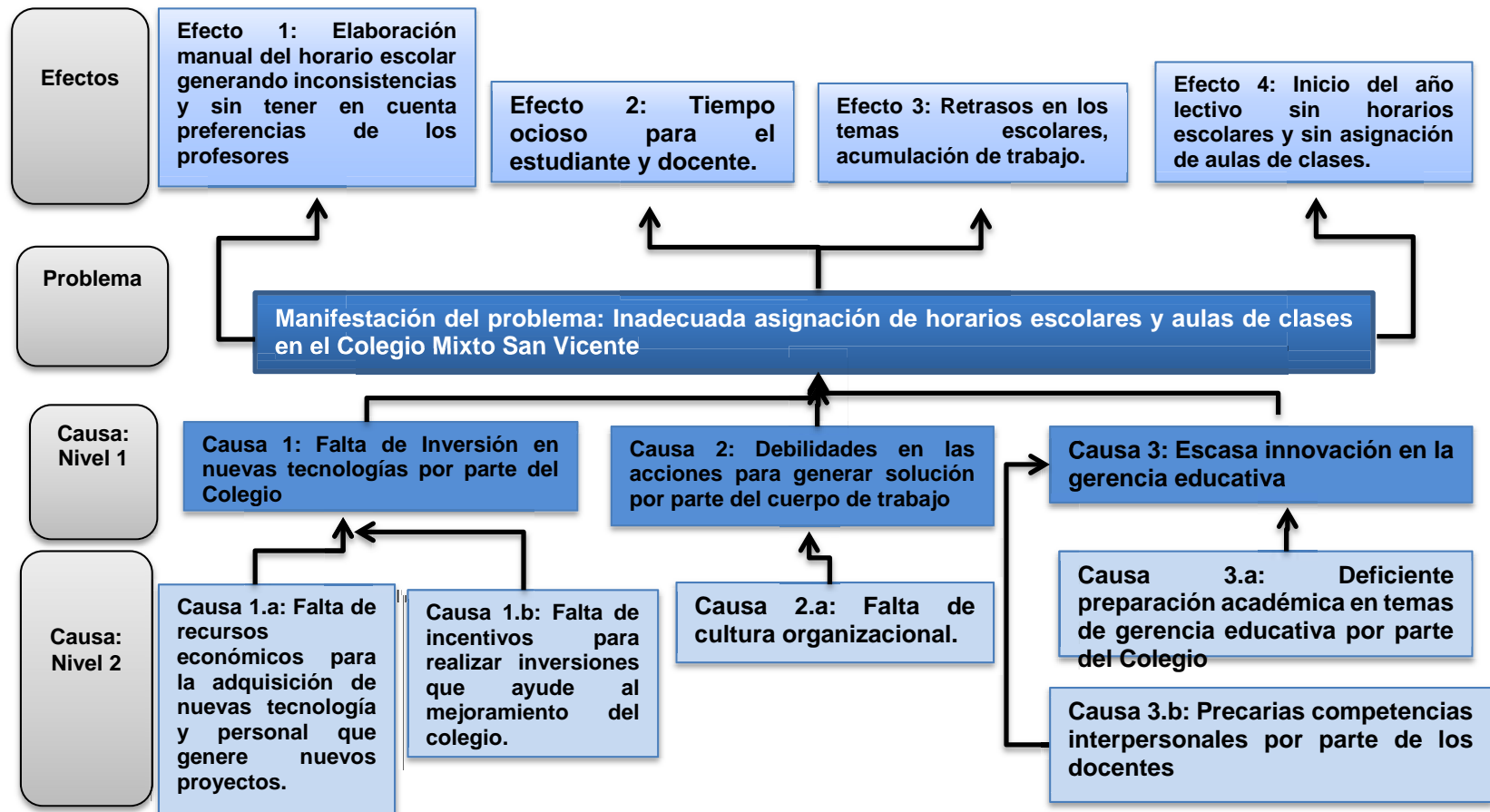
En la actualidad, el Colegio Mixto San Vicente no cuenta con una herramienta para la asignación de horarios que le permita optimizar mejor los recursos los cuales son docentes y tiempo, este proceso se hace manualmente en plantillas hechas en Word que posteriormente se imprimen, una por cada grupo de estudiantes es decir 11 listas, cada lista tiene los días de la semana y las horas de la jornada escolar. La coordinadora en compañía de la rectora tarda dos meses en elaborar los horarios de acuerdo al plan de estudios y sin tener en cuenta las preferencias de los profesores. La asignación final de horarios se realiza principalmente sobre la base

de la asignación horaria utilizada en el año lectivo anterior. El horario es actualizado solamente si existe un nuevo requerimiento, al incorporar un área nueva en el plan de estudios o al haber cambios en las preferencias horarias de los profesores. Cabe destacar que esta asignación no está exenta de errores, observándose ineficiencias a la hora de realización de la asignación del aula de clase y a veces se inicia el año lectivo sin que se tenga un horario establecido o con inconsistencias ocasionando que se llegue a perder hasta un mes de clases teniendo como consecuencias la pérdida de tiempo, retrasos en los temas, tiempo ocioso para estudiantes y profesores, acumulación de trabajo.

Considerando los antecedentes planteados anteriormente, la generación de asignación de horarios se transforma en una tarea compleja y que consume una enorme cantidad de recursos. Por este motivo, el modelo propuesto busca que los requerimientos impuestos por el colegio y profesores sean apropiadamente estructurados mediante la formulación de un modelo de programación lineal. La resolución de este modelo ayudará a maximizar la programación de horarios y asignación de aulas de clases de manera óptima respecto de alguna función objetivo.

## 1.1 ÁRBOL DE PROBLEMA

Figura 1. Árbol de problema



## **2. FORMULACIÓN**

¿Cómo diseñar un modelo de asignación de horarios educativos basado en la programación lineal que oriente la toma de decisión en la determinación de profesores y horarios en las instituciones educativas?

### 3. SISTEMATIZACIÓN

- ¿Cuáles deben ser las variables a considerar para hacer una asignación de horarios?
- ¿Cómo identificar las restricciones blandas y las obligatorias para desarrollar el modelo de asignación de horarios?
- ¿De qué manera el aspecto interno de la institución educativa puede afectar el modelo de asignación de horarios?
- ¿Cómo formular un modelo de asignación de horarios que incluya todas las variables y restricciones del sistema?

## 4. JUSTIFICACIÓN

Los problemas del Timetabling han sido objeto de investigación a través de los años por diferentes autores, además siendo un término general para las soluciones de problemas de programación horaria o calendarización; donde existen recursos que deben ser asignados en instantes o bloques de tiempo determinados teniendo en cuenta limitaciones y requisitos.

Estos problemas se pueden apreciar en diferentes situaciones cotidianas por lo cual es objeto de investigación, para poder optimizar los resultados y lograr soluciones rápidas y automatizadas con una alta calidad. La problemática de asignación de recursos y la calendarización se ubica en diversos sectores como transporte, empresas, deportes, transporte aéreo, transporte marítimo, educación etc.... Estos sectores se dividen por tipos de Timetabling<sup>2</sup> los cuales son transport Timetabling, sports Timetabling, employed Timetabling and rostering y educational Timetabling; al que hace referencia el objetivo de esta investigación.

La complejidad de estos problemas hace que las personas se interesen en encontrar métodos de solución los cuales optimicen el tiempo y costos, es por eso que estos modelos matemáticos y de programación son de vital importancia para abordar estos problemas permitiendo una administración de recursos eficientes en las empresas donde se emplea.

La Institución Educativa obtendrá información detallada sobre el modelo matemático, la disponibilidad horaria de los profesores y administrar así de manera eficiente estos recursos, para obtener un aumento en la calidad de enseñanza; puesto que se tendrán en cuenta la intensidad horaria establecida por el plan de estudios (restricciones obligatorias), y deseos de los profesores (restricciones blandas), a los cuales se les dosificará la labor para que no haya un desgaste físico ni psicológico.

La propuesta de mejoramiento busca mediante la programación lineal, encontrar una solución óptima al problema presentado, identificando todas las variables que intervengan de manera directa o indirecta en la realización del mismo, esto le permitirá al estudiante universitario, aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera. También permitirá a la institución educativa beneficiarse del estudio

---

<sup>2</sup> COLOMBIA. Ministerio de Educación Nacional. Artículo 5. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 115 de 1994, en los aspectos pedagógicos y organizativos generales. [en línea] Diario Oficial. Bogotá, D.C. 1994 no. 41473. p. 5.[consultado de marzo de 2017] Disponible en [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-172061\\_archivo\\_pdf\\_decreto1860\\_94.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-172061_archivo_pdf_decreto1860_94.pdf)

realizado, debido a que el problema es un caso real, la solución a este contribuirá al proceso de la institución educativa en mejorar la administración de los recursos lo cual se verá reflejado en el tiempo y costos.

La utilidad del proyecto no sólo se limitará a recopilar información y el modelado de la asignación de horarios, sino también a los resultados de utilización de herramientas como lo es la programación lineal, implementando áreas de la ingeniería industrial como lo es la investigación de operaciones.



## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un modelo de asignación de horarios del Colegio Mixto San Vicente, mediante la metodología de programación lineal orientando a la optimización de los recursos que satisfaga las restricciones y las necesidades del sistema.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las variables implicadas para la asignación de un horario escolar en una institución educativa que permita obtener una solución óptima.
- Identificar las restricciones del problema para la generación de un modelo de horario escolar con el fin de orientar la toma de decisiones según sus limitaciones.
- Construir un modelo matemático mediante la programación lineal que permita relacionar las variables de decisión con los parámetros y restricciones del sistema.
- Validar el modelo desarrollado para analizar la efectividad de los resultados obtenidos interpretándolos y tomando un curso de acción para la optimización del sistema.

## 6. MARCO REFERENCIAL

### 6.1 ESTADO DEL ARTE

Los problemas de Timetabling, son problemas objeto de estudio que han sido definidos por diferentes autores, los cuales han logrado grandes contribuciones a la solución de dichos problemas. A continuación, se mencionan algunas de las definiciones de estos autores:

- Zhipeng Lu y Jin-Kao Hao, definen Timetabling como “Asignar un número de eventos, cada uno con ciertas características, a un número delimitado de recursos sujeto a restricciones”<sup>3</sup>.
- “La asignación, sujeta a restricciones, de un grupo de recursos a objetos ubicados en tiempo y espacio, de tal manera que se satisfaga un conjunto de objetivos deseados”<sup>4</sup>

A continuación, se mencionarán de manera resumida los trabajos relacionados con problemas de asignación de horarios:

- **Modelos de programación matemática para la asignación de horarios de trabajadores en un centro de servicios.**<sup>5</sup> En este artículo se proponen dos

---

<sup>3</sup> COLOMBIA. Ministerio de Educación Nacional. Artículo 5. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 115 de 1994, en los aspectos pedagógicos y organizativos generales. [en línea] Diario Oficial. Bogotá, D.C. 1994 no. 41473. p. 3.[consultado 15 de marzo de 2017] Disponible en [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-172061\\_archivo\\_pdf\\_decreto1860\\_94.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-172061_archivo_pdf_decreto1860_94.pdf)

<sup>4</sup> EDMUND BURKE, Peter Ross. Practice and Theory of Automated Timetabling.[en línea] 1 ed. Edinburg, U.K. Springer, 1995. ISBN 3-540-61794-9. [Consultado el 26 noviembre de 2016]. Disponible en <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NBuCYZ9gDkQC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Practice+and+Theory+of+Automated+Timetabling&ots=uSoO30bSCG&sig=peQqThqNxm83Dow-1AEJnsGGu4E#v=onepage&q=Practice%20and%20Theory%20of%20Automated%20Timetabling&f=false>

<sup>5</sup> OJEDA RODRIGUEZ, Jordi; COROMINAS SUBIAS, Albert y PASTOS MORENO, Rafael. Modelos de programación matemática para la asignación de horarios de trabajadores en un centro de servicios. [En línea]. VIII Congreso de Ingeniería de Organización. 809-818 p. 9. Leganés.

modelos de programación lineal mixta para asignar a horarios a los trabajadores polivalentes presentes en un centro de servicios, en una semana determinada.

De este artículo se resalta que la función a optimizar es compleja, ya que se consideran diversos objetivos: minimizar prioridades al asignar las tareas a las categorías, además de los conceptos aplicados de la programación matemática y la solución obtenida.

• **Riesgo operacional y asignación de tareas de control mediante programación lineal en una institución financiera**<sup>6</sup>. En este trabajo de grado se describe una serie de herramientas utilizadas para recopilar toda la información necesaria para el levantamiento del Riesgo Operativo de la Unidad de Convenios del banco Pichincha.

De este artículo resaltamos las herramientas utilizadas las cuales fueron el diagrama de flujo, diagramas causa-efecto y programación lineal utilizada en la asignación de nuevos procesos de control de riesgo además de la recopilación de la información real y como se aplicó a la asignación de tareas.

• **Modelos de programación entera para un problema de programación de horarios para universidades.** <sup>7</sup>En este artículo se formulan dos modelos de programación lineal entera para un problema de programación de horarios para universidades y se presentan dos estrategias de solución para cada uno de ellos. El objetivo es minimizar la asignación en periodos no deseados, balanceando la carga de trabajo diaria para cada grupo de alumnos.

---

[Consultado el 26 noviembre de 2016]. Disponible en <http://www.adingor.es/congresos/web/articulo/detalle/a/1227>

<sup>6</sup> CORDOVA, Ximena; PALACIOS AGUINAGA, Carlos Andrés y VITERI TOLEDO, Santiago Andrés. Riesgo operacional y asignación de tareas de control mediante programación lineal en una institución financiera. [En Línea]. Ingeniería Industrial. Quito. Universidad San Francisco de Quito. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial. 2006. p. 129. [ Consultado el 27 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/626>

<sup>7</sup> SALDAÑA CROVO, Andrés; SAN MARTIN, Cristian Oliva y ROJAS PRADERA, Lorena. Modelos de programación entera para un problema de programación de horarios para universidades. Models of interger programamming for an university timetabling problem. [En Línea]. En: Revista de Ingeniería. Concepción, Chile. Vol 15. N°3. 2007. p. 245 – 259. p.15.[ Consultado el 27 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v15n3/art05.pdf>

De este artículo se resaltan las estrategias de solución que consideran relación de restricciones, permitiendo resolver problemas de gran tamaño, a niveles de calidad razonables y utilizando pequeños tiempos computacionales como también el planteamiento del problema y la clasificación de las variables para modelar una solución.

• **Programación de horarios de clases y asignación de salas para la facultad de ingeniería de la Universidad Diego Portales mediante un enfoque de programación entera<sup>8</sup>.** En este artículo se presenta un modelo de programación entera el cual decide simultáneamente los horarios de los cursos y la asignación de salas. El modelo propuesto entrega de manera rápida y eficiente, los horarios y asignación de la sala de clases, satisfaciendo todos los requerimientos obligatorios y condiciones deseables para la Facultad en un tiempo menor a los 5 minutos.

De este artículo se destacan los resultados de la comparación de la programación obtenida con el modelo propuesto y la programación que efectivamente se utilizó además del desarrollo del modelo propuesto.

• **Diseño de un sistema de asignación automática de horario de clases: Caso UNITEC.<sup>9</sup>** En este artículo se presenta el diseño de un sistema el cual incluye la obtención automática de datos de entrada y un modelo de programación entera para resolver el problema de asignación de clases en UNITEC. Considera todas las clases que se imparten en UNITEC y toma en cuenta las preferencias de los profesores para impartir cada clase, las preferencias de cada departamento respecto a los profesores y las preferencias de los alumnos sobre qué clases matricular.

---

<sup>8</sup> HERNANDEZ, Rodrigo; MIRANDA P., Jaime y REY, Pablo A. Programación de horarios de clases y asignación de salas para la facultad de ingeniería de la Universidad Diego Portales mediante un enfoque de programación entera. [En Línea]. En Revista Ingeniería de Sistemas. Santiago de Chile, Chile Volumen XXII. 2008. p. 21. [Consultado el 28 de noviembre de 2016.] Disponible en [http://www.dii.uchile.cl/~ris%20/RISXXII/horariosUDP\\_RISVersion%20FINAL.pdf](http://www.dii.uchile.cl/~ris%20/RISXXII/horariosUDP_RISVersion%20FINAL.pdf)

<sup>9</sup> FIALLOS, Javier; GARCIA, Jorge y PEREZ, Jaime. Diseño de un sistema de asignación automática de horario de clases: Caso UNITEC. [En Línea]. En Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. June 4- June 6, 2008. Tegucigalpa, Honduras. [Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en [http://www.laccei.org/LACCEI2008-Honduras/Papers/PO131\\_Fiallos.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2008-Honduras/Papers/PO131_Fiallos.pdf)

Se resalta de este artículo que el modelo encuentra la asignación óptima de cada clase con su respectivo profesor y horario, la clasificación de las variables y el diseño desarrollado para obtener una solución.

• **Un nuevo enfoque para asignación óptima de múltiples recursos.**<sup>10</sup> Este trabajo muestra el diseño de una solución basada en inteligencia artificial, más específicamente utilizando algoritmos genéticos multi-objetivo que realizan la asignación de aulas y docentes en forma conjunta.

De este trabajo se destaca la implementación que consiste en optimizar más de un objetivo, permitiendo que ambos compitan para establecer un equilibrio general y llegar a un conjunto de soluciones factibles en forma ágil, eficaz y eficiente.

• **Formulación de un modelo de programación matemática para la asignación de horarios escolares.** <sup>11</sup>El presente artículo se basa en una buena configuración horaria que permita construir los lineamientos estratégicos, programáticos y operativos de la política de servicios en el área educativa.

Se resalta de este artículo la solución planteada mediante la conformación de un modelo de programación entera mixta, así como la formulación del modelo y la comparación con los resultados obtenidos y la clasificación de las variables.

• **Programación y asignación de horarios de clases universitarias: un enfoque de programación entera.**<sup>12</sup> En este artículo se presenta un modelo de programación lineal entera aplicado al diseño de horarios de clases para el

---

<sup>10</sup> CANCELO, Facundo E.; CABABIE, Pablo N.; BARRERA, Gabriel y LÓPEZ DE LUISE, Daniela. Un nuevo enfoque para asignación óptima de múltiples recursos. [En Línea]. En: Revista Ciencia y Tecnología. Universidad de Palermo. Argentina. p. 10. [Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en <https://dspace.palermo.edu:8443/handle/10226/472>

<sup>11</sup> DEL BARCO GAMARRA, Roberto. Formulación de un modelo de programación matemática para la asignación de horarios escolares. [En Línea]. Santiago de Chile, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Industrial. 2010. p. 83. [Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en [www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-barco\\_rg/pdfAmont/cf-barco\\_rg.pdf](http://www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-barco_rg/pdfAmont/cf-barco_rg.pdf)

<sup>12</sup> SARMIENTO LEPESQUEUR, Angélica; TORRES OVALLE, Camilo; QUINTERO ARAUJO, Carlos L. y MONTOYA TORRES, Jairo R. Programación y asignación de horarios de clases universitarias: un enfoque de programación entera. [En Línea]. En: 10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. Panamá City, Panamá Julio. 23-27, 2012. p. 10. [Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP027.pdf>

programa de pregrado en Administración de Mercado y Logística Intencional de la Universidad de la Sabana, Colombia.

De este artículo se resalta la formulación del modelo el cual tiene en cuenta las restricciones presentadas en la programación de horarios de la universidad tales como la disponibilidad de salones, los horarios de los profesores, los requisitos de recurso audiovisual para cada materia, entre otros.

• **Un modelo de programación lineal entera mixta para el problema de ruteo de vehículos en el transporte escolar.**<sup>13</sup> En este trabajo se presenta un modelo de programación lineal entera mixta basado en flujo Multicommodity. Se utiliza solver Cplex, con AMPL, para encontrar soluciones óptimas en instancias pequeñas que muestran la efectividad del modelo.

De este artículo se resalta como son consideradas las variables del problema y como abordan el problema para plantear la formulación de la modelación y llegar a la mejor solución.

• **Algoritmo para gestión de horarios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca.**<sup>14</sup> Este trabajo de investigación abarca el tema Timetabling o generación de horarios de clases. Se revisaron los diferentes métodos utilizados en la resolución de esta problemática dentro del área de investigación de operaciones e inteligencia artificial.

Se resalta que el método propuesto en esta tesis considera la disponibilidad de los profesores, requerimientos de la facultad, así como la disponibilidad de aulas y laboratorios. También es un aporte importante el diseño del algoritmo y como se

---

<sup>13</sup> ARAYA SANHUEZA, Nicole Diana; OBREQUE NIÑEZ, Carlos Enrique y PAREDES BELMAR, Germán Enrique. Un modelo de programación lineal entera mixta para el problema de ruteo de vehículos en el transporte escolar. [En Línea]. En Congreso Latino- Iberoamericano de Investigación Operativa. Rio de Janeiro, Brasil. 2012. p. 10. [Consultado el 29 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://ws2.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2012/pdf/arq0356.pdf>

<sup>14</sup> BARRERO BARROS, Sonia Edith y LÓPEZ VILLAVICENCIO, Luis Alberto. Algoritmo para gestión de horarios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca. [En Línea]. Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca. Ecuador, Facultad de Ingeniería. Escuela de Informática. 2013. p. 163. [Consultado el 29 de noviembre de 2016] Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4538>

tomaron las variables para tener en cuenta todos los aspectos al momento de realizar el algoritmo.

• **Modelo de programación lineal entera para la generación de horarios de clase en la universidad.** <sup>15</sup>En este trabajo se presenta un modelo de programación lineal entera para la generación automatizada de horarios de clases en la universidad, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por la disponibilidad de profesores y aulas, así como el pensum de los estudiantes.

Se resalta la heurística constructiva y la heurística de mejora local para obtener soluciones factibles al modelo, la clasificación de las variables y el diseño del modelo que más se ajusta a los requerimientos y características del problema.

• **Asignación de votantes a centros de votación utilizando técnicas de programación matemática para minimizar el tiempo total invertido.** <sup>16</sup> En esta investigación se toman modelos iniciales sencillos que sólo tienen en cuenta la distancia entre los domicilios y los centros de votación, y posteriormente se construye sobre estos, otros modelos más sofisticados que tienen en cuenta el tiempo de espera en la cola.

Se resalta que este trabajo utiliza datos reales del patrón electoral para implementar y resolver los modelos propuestos con herramientas de programación lineal. También se toma en cuenta en el desarrollo de estos modelos el manejo de los datos para incorporarlos al modelo.

• **Una solución basada en agentes al problema de generación de horarios.** <sup>17</sup>En este artículo se presentan los resultados de pruebas realizadas a una aplicación

---

<sup>15</sup> HEREDIA GUZMAN, María Belén. Modelo de programación lineal entera para la generación de horarios de clase en la universidad. [En Línea]. Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional. Quito. Facultad de Ciencias. Departamento de ingeniería Matemática. 2014. p. 98. [Consultado el 29 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8678>

<sup>16</sup> GIORMENTI MORAVEC, Mauro. Asignación de votantes a centros de votación utilizando técnicas de programación matemática para minimizar el tiempo total invertido. [En Línea]. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Matemáticas. Argentina. 2014. p. 56. [Consultado el 30 de noviembre de 2016]. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/d4d6/a20b7f322cb6c143a8556ca5131e19eeef69.pdf>

<sup>17</sup> LÓPEZ CRUZ, Orlando. Una solución basada en agentes al problema de generación de horarios. [En Línea]. En Revista Ingeniera, Matemáticas y ciencias de la Información. Colombia. 2015. Vol. 2,

basada en agentes para la resolución del problema de generación de horarios. Suponiendo que la organización educativa está al mismo nivel, que cada docente y que cada estudiante actúan como pares, los horarios de clase pueden emerger de las interacciones.

De este artículo se resalta el planteamiento del problema y la obtención de información para su desarrollo. También el diseño de la solución y los resultados obtenidos en esta investigación.

• **Modelo lineal para la programación de clases en una institución educativa<sup>18</sup>.** En este artículo se presenta un modelo de programación matemática que permite la obtención de un horario académico en instituciones de educación primaria y secundaria de diferente tamaño, cantidades de grupos y materias, considerando restricciones que frecuentemente debe enfrentar quien está encargado del proceso de planeación.

De este artículo se resaltan los resultados obtenidos que mejoraron considerablemente la calidad de la programación de clases respecto a la que actualmente estaban usando.

• **Programación lineal para la asignación de personal a horarios de trabajo: El caso de una empresa de atención telefónica en México<sup>19</sup>.** La presente investigación postula que mediante algoritmos genéticos se obtiene un modelo el cual proporciona una solución más eficiente que los métodos tradicionales a problemas de asignación de horarios de trabajo de las operadoras telefónicas.

---

Nº3. p. 14. [Consultado el 30 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/240>

<sup>18</sup> MARIN ANGEL, Juan Camilo y MAYA DUQUE, Pablo Andrés. Modelo lineal para la programación de clases en una institución educativa. [En línea]. Ingeniería y Ciencia. Red de Revistas Científicas de América Latina y El Caribe. Ingeniería y Ciencia. Enero – junio de 2016. Vol. 12, N° 23. p. 47 - 71. ISSN 1794-9165. [Consultado el 02 de febrero de 2017]. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/835/83544436003/>

<sup>19</sup> OJEDA VILLAGOMEZ, Raúl. Programación lineal para la asignación de personal a horarios de trabajo: El caso de una empresa de atención telefónica en México. [En Línea]. En Congreso Internacional de Contaduría, Administración e informática. México D.F.2012. Universidad Nacional Autónoma de México. p. 19. [Consultado el 02 febrero 2016]. Disponible en <http://132.248.164.227/congreso/docs/xvii/docs/D10.pdf>



De este trabajo se resalta el planteamiento del problema, el manejo de la información para incorporarla al modelo de programación y las hipótesis de investigación.

• **Modelo por programación lineal entera del horario académico de educación básica primaria para la I.E.D. Veinte de Julio.** <sup>20</sup>En este trabajo del caso de la I.E.D. Veinte de julio, que, aunque tiene un software de aplicación, este arroja soluciones con problemas que deben ser corregidos en forma manual o con ayuda de otras aplicaciones como Excel.

De este trabajo resaltamos la búsqueda de desarrollar una herramienta de solución óptima, que le permita a la institución programar las actividades académicas de educación básica primaria en forma adecuada y oportuna, utilizando los recursos disponibles y cumpliendo con los objetivos propuestos.

## 6.2 MARCO TEÓRICO

Los problemas de Educacional Timetabling, basados en educación son los más comunes problemas de programación de horarios tanto en colegios (School Timetabling) como en universidades (University of Course Timetabling), estos modelos requieren una eficiente asignación de recursos, respetando instantes de tiempo establecidos, esto implica una serie de restricciones y preferencias derivadas de personas, instituciones, reglamentos u otras. Este tipo de programación es de gran complejidad debido a las variables y limitaciones, son abordados mediante algoritmos de entre los cuales se pueden destacar: Templado Simulado, Búsqueda Tabú, Grasp, Colonia de Hormigas, entre otros. <sup>21</sup>

Este problema de asignación de horarios tiene dos tipos de restricciones las cuales se describen como:

---

<sup>20</sup> VARGAS AMAZO, Jeannette Katherine y LEGUIZAMON CASTELLANOS, Luis Eduardo, Dir. Modelo por programación lineal entera del horario académico de educación básica primaria para la I.E.D. Veinte de Julio. [En línea]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia. Colombia. p. 3. [Consultado el 03 febrero de 2017]. Disponible en <http://repository.ucatolica.edu.co:8080/handle/10983/1251>

<sup>21</sup> GUERRA CUBILLOS, Mauricio Andrés; PARDO QUIROGA, Erwin Hamid; SALAS RUIZ, Roberto Emilio. Problemas del School Timetabling y algoritmos genéticos: una revisión. [En línea]. En: Revista Vínculos. Julio de 2013. Vol.10. No 2. p. 18. [Consultado el 26 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/vinculos/article/view/6478>

- Restricciones duras (obligatorias), son condiciones de obligatorio cumplimiento, el incumpliendo de éstas genera un horario no válido.
- Restricciones blandas (Deseadas), son las que denotan preferencias del usuario, se busca que se cumpla en la medida de lo posible.<sup>22</sup>

La programación lineal es un método de programación matemática por el cual se pretenden resolver situaciones reales donde se identifican y resuelven dificultades para aumentar la productividad respecto a los recursos.

La programación lineal se caracteriza por: <sup>23</sup>

- La función objetivo es lineal, es decir:

$$F(X) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_n x_n$$

- Las condiciones o restricciones del problema también son lineales. Es decir:

$$h_1(X); a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n \leq b_1$$

$$h_2(X); a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n \leq b_2$$

$$h_m(X); a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n \leq b_m$$

- Las variables instrumentales han de tomar necesariamente valores mayores o iguales que cero. Se trata de una condición no negativa:

$$x_i \geq 0$$

---

<sup>22</sup> Ibid., p.4. Disponible en <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/vinculos/article/view/6478>

<sup>23</sup> SALA GARRIDO, Ramón. Programación lineal. Metodología y problemas. [En línea] Madrid. Editorial Tébar Flores. Capítulo 1. p. 8-10 [Consultado el 27 de noviembre de 2016]. Disponible en <https://books.google.es/books?id=xouchY1YvLoC&printsec=frontcover&dq=programacion+lineal&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwihy-G1srSAhVHRiYKHTNjDtMQ6AEIHzAB#v=onepage&q&f=false>

En el trabajo de investigación llamado Programación Lineal e Ingeniería Industrial: una Aproximación al Estado del Arte. Linear Programming and Industrial Engineering: An Approach to the State of the Art desarrollado por Carmen Guédez Fernández,<sup>24</sup> se recopilan definiciones de la programación lineal y entera en donde diferentes autores la relacionan con diferentes conceptos y desarrollo de soluciones como también los diferentes métodos para abarcar problemas de programación lineal.

A continuación, se menciona una definición de programación lineal para los autores Hillier y Lieberman, 2002:

La programación lineal (PL) forma parte de la programación matemática y es una técnica de optimización para tratar problemas de asignación de recursos escasos entre actividades que compiten, y trata exclusivamente con funciones, objetivos y restricciones lineales. Sin embargo, no todos los problemas de asignación de recursos limitados se pueden formular de esta manera. Cuando no se cumplen algunas de las suposiciones de programación lineal, en algunos casos se puede aplicar otro tipo de modelos matemáticos como la programación entera (pura o mixta) o la programación no lineal.<sup>25</sup>

En el trabajo de investigación llamado sistema de información y toma de decisiones, metodología para la programación de horarios y salones de clases universitarias: Un caso de estudio. Ese artículo toma como referencia algunos autores y sus investigaciones sobre la solución de problemas de modelos de asignación de horarios. De este artículo se destacan las referencias de los principales autores que han abordado el tema como la que se cita a continuación: "En un estudio realizado hace más de 10 años, Cartes y Laporte (1998) manifestaron haberse "sorprendido al descubrir que hay muy pocos artículos sobre la planeación o programación de horarios de clases que reportan una real utilización de los métodos empleados en la investigación" [traducido de los autores]."<sup>26</sup>

---

<sup>24</sup> GUÉDEZ FERNÁNDEZ, Carmen. Programación Lineal e Ingeniería Industrial: una Aproximación al Estado del Arte. Linear Programming and Industrial Engineering: An Approach to the State of the Art. [En línea]. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias. Año 4, Vol. II, N° 6. ISSN: 1856-8327. p. 61-78. p. 18. [Consultado el 27 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/VolII-n6/art4.pdf>

<sup>25</sup> Ibid. Disponible en <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/VolII-n6/art4.pdf>

<sup>26</sup> TORRES OVALLE, Camilo; MONTOYA TORRE, Jairo R.; QUINTERO ARAUJO, Carlos L.; CASTILLA LUNA, Mónica. Sistema de información y toma de decisiones metodología para la programación de horarios y salones de clases universitarias: Un caso de estudio. [En línea].

En el trabajo de investigación llamado Optimización entera mixta para problemas de generación de rutas de vehículos. Se centra en un estudio teórico de los problemas de rutas de vehículos para ellos, se profundiza en los conceptos de programación lineal y entera y en las propiedades que presentan las diferentes modelaciones de este tipo de problemas.

A continuación, se mencionará como se clasifican los problemas según el carácter de las variables:

“Problemas Lineales Generales: Todas las variables de decisión son continuas. Se llamarán simplemente Problemas lineales y se denotarán por P L.

Problemas Enteros: Todas las variables de decisión son enteras. Se denotarán por P E. Un caso particular son los problemas 0-1 puros si todas las variables son binarias.

Problemas Mixtos: Las variables de decisión son tanto continuas como enteras. También son conocidos como problemas enteros mixtos lineales y se denotarán por PM.”<sup>27</sup>

Para este trabajo es de vital importancia entender estos tres conceptos y saber en cuál de ellos se clasifica esta investigación para así poder obtener una solución que se adapte a la programación de asignación de horarios.

En el trabajo de investigación realizado por Sornoza Guerra, Eddy Gabriel, el cual fue llamado Aplicación de la programación lineal en la toma de decisiones empresariales<sup>28</sup>. Donde se anexan las diferentes definiciones de la programación

---

Repositorio Institucional UFSC.2013. p. 20. [Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/116164>

<sup>27</sup> IRCIO FERNÁNDEZ, Josu. Optimización Entera Mixta para problemas de generación de rutas de vehículos.[en línea] Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco. 2015. p. 62. [Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en <https://addi.ehu.es/handle/10810/15223>.

<sup>28</sup> SORNOZA GUERRA, Eddy Gabriel. Aplicación de la programación lineal en la toma de decisiones empresariales. [En línea]. Machala: Universidad Técnica de Machala. 2017. p. 29. [Consultado el 04 de febrero de 2017]. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9962>.

lineal por diferentes autores que se han dedicado a estudiarla, aplicarla a casos que requieren de una solución ágil y eficaz.

A continuación, se mencionan algunas de estas definiciones que son de vital importancia para la investigación de este trabajo: “Esta herramienta tiene gran importancia, porque por medio de esta se obtiene una solución cuantitativa a problemas de todo tipo y nos va ayudando a la toma de decisiones, basadas en un proceso analítico.” Cruz y Molina, 2010 citados por Somoza Guerra.<sup>29</sup>

Esta investigación se basará en una herramienta que ayudará a solucionar el problema de asignación de horarios, la cual será programación lineal. “La Programación Lineal planea las actividades para lograr un mejor resultado entre todas las alternativas de solución. No dando espacio para que haya dudas en ninguna de las relaciones, el problema de maximizar la función objetivo, está sujeta a las distintas restricciones. Marín Ángel y Maya Duque, citados por Somoza Guerra<sup>30</sup>. Cuando hay sólo unas pocas variables, el sentido común y algo de aritmética pueden dar una solución.

Como el problema tiene dos tipos de variables las cuales son duras y blandas es de vital importancia apoyarse en la programación lineal para encontrar estas alternativas de solución, la que mejor se adapte a las características y requerimientos de la institución, profesores, alumnos y plan de estudios.

Para la solución de un problema por medio de programación lineal comprende tres fases:<sup>31</sup>

- El planteamiento del modelo
- La resolución del problema

---

<sup>29</sup> Ibid. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9962>.

<sup>30</sup> Ibid. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9962>.

<sup>31</sup> SORNOZA GUERRA, Eddy Gabriel. Aplicación de la programación lineal en la toma de decisiones empresariales. [En línea]. Machala: Universidad Técnica de Machala. 2017. p. 12. [Consultado el 04 de febrero de 2017]. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9962>.

- El análisis económico de los resultados.

Para validar la formulación del modelo se debe apoyar en el uso de una computadora para la resolución del problema ya que por este medio es más ágil y práctico. La programación lineal está fundamentada en las siguientes características:<sup>32</sup>

- Se debe fijar algún criterio de decisión.
- Las relaciones de las variables deben ser de tipo lineal.

### **6.3 MARCO CONTEXTUAL**

La formulación del problema mediante la programación lineal se validará por medio de un caso real que se aplicará en el Colegio Mixto San Vicente, de donde se obtendrá toda la información necesaria para la elaboración del modelo matemático de asignación de horarios.

El colegio se enfrenta a esta problemática de asignación de horarios pues actualmente se hace la planeación de los horarios de forma manual y es a través de esta situación donde se planteará la mejor solución para optimizar en términos de tiempo y costos.

El colegio está ubicado en la ciudad de Santiago de Cali más específicamente en el norte de la ciudad. Sus servicios van desde clases a pre-jardín a 11° de bachillerato, actualmente se encuentra en nivel A ante el Icfes.

---

<sup>32</sup> Ibid., Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9962>.

## 7. METODOLOGÍA

El tipo de investigación es no experimental debido a que se obtendrá detalladamente los datos necesarios para la asignación de horarios escolares, datos que requieren de una clasificación para incorporarlos al modelo de programación. Esta investigación es de clase transversal y descriptiva, su propósito es formular, describir, comparar información en un momento único de las diferentes variables para explicar el comportamiento que estas tienen sobre el problema, para así encontrar varias alternativas de solución y obtener la mejor entre estas.

Para la solución de esta investigación se tendrá en cuenta los pasos de la metodología IO para resolver el problema:

- Identificar el problema, que fenómenos rodean el problema, causas, efectos y síntomas está presentando el problema.
- Observar el sistema, aquí se tendrán en cuenta los factores que afectan el problema como son variables, limitaciones, restricciones y suposiciones.
- Formular un modelo matemático del problema, ya definida las variables se realiza cursos alternativos de acción o hipótesis, en el diseño del modelo matemático para usarse en computadora con el software adecuado para obtener la solución óptima o más aproximada. Se formulará los modelos necesarios hasta llegar al que más se acomode al problema.
- Verificar el modelo, en este paso se verificará si el modelo matemático diseñado anteriormente es una buena representación de la realidad que se estudia, calificando su validez para la situación actual.
- Implementación de resultados, interpretar los resultados y concluir acerca de esos mismos y así tomar un curso de acción para la optimización del problema.
- Para la construcción de un modelo matemático basado en programación lineal se requiere identificar los siguientes elementos básicos:
  - Función objetivo

- Variables

- Restricciones

Basándose en la solución de problemas mediante la programación lineal, se seguirán los siguientes pasos.

- Elección de incógnitas

- Función objetivo<sup>33</sup>

- Restricciones

- Hallar un conjunto de soluciones factibles

- Calcular las coordenadas de los vértices del recinto de las soluciones factibles

- Calcular el valor de la función objetivo

La metodología está dividida en cuatro fases según los objetivos específicos:

Fase 1. Realizar el planteamiento del problema que actualmente afecta la planeación de los horarios. (30 días)

Realizar la recopilación de información necesaria para la formulación del modelo matemático:

---

<sup>33</sup> CASTILLO, Enrique; CONEJO, Antonio J.; PEDREGAL, Pablo; GARCÍA, Ricardo y ALGUACIL, Natalia. Formulación y resolución de modelos de programación matemática e ingeniería y ciencia. [en línea] Trabajo de investigación de ingeniería y ciencia. Bogotá, D.C: Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Sistemas, 2002. p 17.[Consultado 23 de febrero de 2017]. Disponible en <http://www.dia.fi.upm.es/~jafernan/teaching/operational-research/LibroCompleto.pdf>



- Observar el funcionamiento del proceso manual de la asignación de horarios, tomar el tiempo estimado de esta elaboración y los costos que estos tienen.
- Recopilar la información necesaria para la elaboración del modelo de asignación de horarios escolares mediante la programación lineal.

Fase 2. Identificar las restricciones que están afectando la asignación de horarios con el fin de establecer unas variables y la relación entre ellas. (30 días)

Teniendo en cuenta la información obtenida en la fase uno, se procede a realizar la identificación de las restricciones del sistema, todo aquello que este interfiriendo en el sistema y se debe tener en cuenta a la hora de formular el modelo de asignación de horarios.

- Intereses de la institución educativa.
- Intereses de los docentes.
- Cumplimiento del plan de estudios y la legislación del Ministerio de Educación Nacional.
- Clasificar y describir las variables en obligatorias y blandas.

Fase 3. Diseñar un modelo matemático mediante la programación lineal que permita asignar horarios escolares en un tiempo menor al que se hace actualmente, optimizando los recursos de la institución y disminuyendo los costos de la planeación del horario escolar. (75 días).

- Requerimientos del Ministerio de Educación.
- Requerimientos de la Institución Educativa.
- Requerimientos de los docentes.

- Establecer las restricciones del problema las cuales afectan directamente la formulación del modelo.
- Establecer los requerimientos del modelo y los supuestos.
- Definir una notación y definición para las variables.
- Realizar la formulación verbal y matemática del modelo.

Fase 4. Validar el modelo aplicándolo a un caso real, para comparar los resultados obtenidos, actualmente con el desarrollado en esta investigación: (45 días).

- Identificar las variables que cambiaron con el nuevo plan de estudios 2017-2018.
- Aplicación del modelo de programación lineal a la Institución Educativa.
- Utilización de una herramienta computacional.
- Analizar los resultados obtenidos tanto de la estructura como el de sensibilidad.
- Conclusiones del caso de estudio.

## 8. CRONOGRAMA

ACTIVIDADES		SEMANAS																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Etapa 1	Observar el funcionamiento del proceso manual de la asignación de horarios, tomar el tiempo estimado de esta elaboración y los costos que estos tienen.																									
	Recopilar la información necesaria para la elaboración del modelo de asignación de horarios escolares mediante la programación lineal.																									
Etapa 2	Intereses de la institución educativa.																									
	Intereses de los docentes.																									
	Cumplimiento del plan de estudios y la legislación del Ministerio de Educación Nacional.																									
	Clasificar y describir las variables en obligatorias y blandas.																									
Etapa 3	Requerimientos del Ministerio de Educación.																									
	Requerimientos de la Institución Educativa.																									
	Requerimientos de los docentes.																									
	Establecer las restricciones del problema las cuales afectan directamente la formulación del modelo.																									
	Establecer los requerimientos del modelo y los supuestos.																									
	Definir una notación y definición para las variables.																									
	Realizar la formulación verbal y matemática del modelo.																									
Etapa 4	Identificar las variables que cambiaron con el nuevo plan de estudios 2017-2018.																									
	Aplicación del modelo de programación lineal a la Institución Educativa.																									
	Utilización de una herramienta computacional.																									
	Conclusiones del caso de estudio.																									

## 9. PRESUPUESTO

Cuadro 1.Presupuesto

<b>ÍTEMS</b>	<b>FINANCIACIÓN</b>
Papelería	\$ 100 000 (cien mil pesos)
Transporte	\$200 000 (doscientos mil pesos)
Refrigerios	\$100 000 (cien mil pesos)
Servicios adicionales	\$20 000 (veinte mil pesos)
Total	\$420 000 (cuatrocientos veinte mil pesos)

La fuente de financiación de este proyecto será propia, es decir, todos los costos se financiación serán cubiertos por los proponentes.

## 10. DESARROLLO

A partir de un caso de estudio se pretende abordar la problemática de la programación del horario escolar del colegio Mixto San Vicente, que permita la aplicación de la metodología en mención y el modelo de programación lineal propuesto, para así determinar una solución óptima de asignación de horarios y de los docente que labora en el colegio, cubriendo en su totalidad las asignaturas de todos los grados escolares, teniendo en cuenta las necesidades y requerimientos de la institución educativa, los docentes, las restricciones del problemas y la legislación del Ministerio de educación nacional.

### 10.1 DETERMINAR LAS VARIABLES IMPLICADAS EN EL SISTEMA.

Para poder llegar a determinar las variables, primero se analizó el estado del sistema y a partir de la recolección de datos de una fuente primaria, donde se entrevistó a la rectora, quien nos brindó la información necesaria de los problemas que enfrenta cuando genera la programación del horario escolar.

#### 10.1.1 Observar el funcionamiento del proceso manual de la asignación de horarios, tomar el tiempo estimado de esta elaboración y los costos que esta tiene.

El desarrollo de la asignación de horarios es realizado por la rectora de la institución. Este proceso dura aproximadamente de 2 meses y tiene un costo de siete millones setecientos mil pesos (\$7'700.000), este costo está distribuido de la siguiente forma:

Cuadro 2. Presupuesto de asignación de horario manual

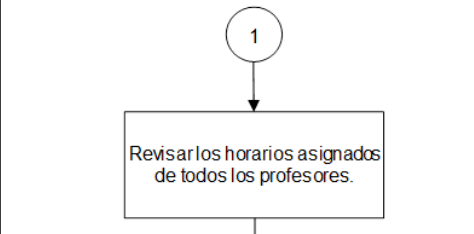
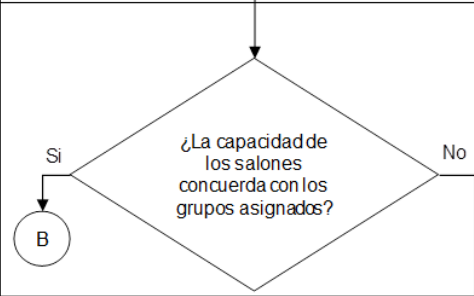
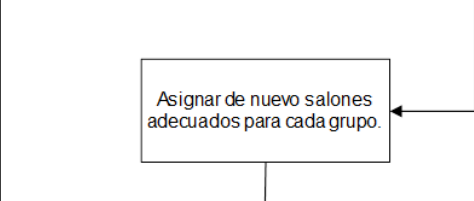
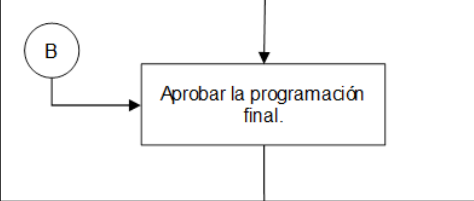
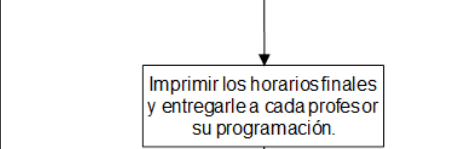
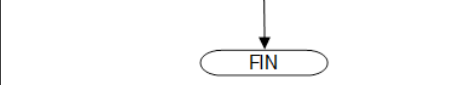
<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Salario mensual	7'500.000
Papelería	200.000
Costo Total	7'700.000

A continuación, se realiza la descripción de las actividades realizadas por la rectora para la elaboración del horario de clases de manera manual.

Tabla 1. Diagrama de procesos asignación de horarios actual

PASO	DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
1		Inicio del proceso	Rector
2		Realizar un duplicado del horario escolar utilizado el año pasado para usarlo como base en la asignación del nuevo horario.	Rector
3		Verificar los profesores disponibles para iniciar el nuevo año escolar, al igual que consultar el plan de estudio (intensidad de las materias impuestas por el MEN)	Rector
4		Realizar una comparación entre los profesores disponibles, el horario que se utilizó el año anterior y los nuevos requerimientos del MEN para así formar el nuevo plan de estudio.	Rector
5		En caso de no contar con alguno de los profesores del año escolar pasado, se procede con la búsqueda y contratación de nuevo personal.	Rector
6		Ajustar la programación teniendo en cuenta los nuevos profesores y sus peticiones con respecto su horario.	Rector
7		Revisar las materias y grupos asignados a los profesores para que no halla ningún curce entre sí.	Rector

Tabla 1. (continuación)

PASO	DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
8		Verificar cada uno de los horarios escolares asignados a cada grado con el fin de detectar cruces.	Rector
9		Verificar que cada salón de clase cumpla con la capacidad requerida para cada grupo escolar.	Rector
10		La capacidad física de todos los salones no es la misma, por lo cual se necesita asignar de manera correcta los grupos que cumplan con la capacidad exigida.	Rector
11		Se verifica el horario detalladamente para descartar errores, una vez revisado se aprueba.	Rector
12		Se imprime una copia para entregar a cada profesor, luego se consolida la información por grado y se imprime una copia para exponerla en cada salón de clase.	Rector
13		Fin del proceso	Rector

### 10.1.2 Recopilar la información necesaria para la elaboración del modelo de asignación de horarios escolares mediante la programación lineal.

Observando la elaboración de los horarios escolares con los datos del año escolar anterior, los registros del colegio y consultando con la rectora, se obtuvo la siguiente información:

Tabla 2. Intensidad horaria para primaria.

<b>Asignatura/Grupo</b>	<b>Primero</b>	<b>Segundo</b>	<b>Tercero</b>	<b>Cuarto</b>
Castellano Primaria	5	5	4	4
Ciencias Naturales Primaria	2	2	2	2
Comprensión Lectora Primaria	0	0	1	0
Danzas Primaria	1	1	1	0
Educación Artística Primaria	1	1	1	1
Educación Física Primaria	2	2	2	2
Escritura Primaria	1	1	1	1
Estadística Primaria	0	0	0	1
Geografía Primaria	0	0	2	2
Geometría Primaria	0	1	0	2
Historia Primaria	0	0	1	1
Informática Primaria	1	1	0	0
Inglés Primaria	3	3	3	3
Matelúdica Primaria	1	1	0	0
Matemáticas Primaria	5	4	4	3
Religión Primaria	1	1	1	1
Sociales Primaria	2	2	0	0
InformáticaGeometría	0	0	2	0
InformáticaDanzas	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>



Tabla 3. Intensidad horaria para secundaria.

Asignatura/Grupo	Quinto	Sexto	Séptimo	Octavo	Noveno	Décimo	Onceavo
Álgebra Secundaria	0	0	0	4	4	0	0
Cálculo Secundaria	0	0	0	0	0	0	5
Castellano Secundaria	4	4	4	4	4	4	4
Cátedra de Paz Secundaria	0	0	0	1	0	0	0
Ciencias Naturales Secundaria	2	2	3	3	2	0	0
Ciencias Políticas Secundaria	0	0	0	0	0	1	1
Comprensión Lectora Secundaria	0	0	0	0	1	2	1
Contabilidad Secundaria	0	1	1	0	1	0	0
Danzas Secundaria	1	1	1	1	1	0	1
Economía Secundaria	0	0	0	0	0	1	1
Educación Artística Secundaria	1	1	1	0	0	0	0
Educación Física Secundaria	2	2	2	2	2	2	2
Escritura Secundaria	1	0	0	0	0	0	0
Estadística Secundaria	1	1	0	1	1	2	0
Filosofía Secundaria	0	0	0	0	1	2	3
Física Secundaria	0	0	0	0	2	2	2
Geografía Secundaria	2	2	2	2	2	0	0
Geometría Secundaria	2	2	2	2	1	0	0
Historia Secundaria	2	2	2	2	2	0	0
Informática Secundaria	0	0	0	0	0	0	2
Inglés Secundaria	3	4	4	4	4	4	4
Matelúdica Secundaria	1	1	0	0	0	0	0
Matemáticas Secundaria	4	4	4	0	0	0	0
Ortografía Secundaria	1	1	1	1	0	0	0
Preicfes de Biología Secundaria	0	0	0	0	0	0	1
Preicfes de Sociales Secundaria	0	0	0	0	0	1	1
Química Secundaria	0	0	1	1	0	3	2
Religión Secundaria	1	0	0	0	0	0	0
Trigonometría Secundaria	0	0	0	0	0	4	0
InformáticaQuímica	2	2	0	0	2	0	0
InformáticaEstadística	0	0	2	0	0	0	0
InformáticaContabilidad	0	0	0	2	0	0	0
InformáticaDanzas	0	0	0	0	0	2	0
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>

## 10.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS RESTRICCIONES

En el desarrollo del modelo de asignación de horarios de forma manual se observa que se hace necesario realizar varios horarios para satisfacer los requerimientos del Ministerio de Educación, de la institución, de los docentes y sus estudiantes.

La asignación que realiza la Institución se basa en la disponibilidad de los profesores ocasionando tiempos improductivos de estos y adicional se encontraron errores como profesores que tenían asignados la misma clase a la misma hora en grupos diferentes. En el mismo día se asignaban dos horas de la misma materia para el mismo grupo, pero estas estaban separadas por otras clases afectando la continuidad del aprendizaje de los estudiantes. En la siguiente tabla se muestra los errores antes mencionados:

Tabla 4. Ejemplo de asignación típica del Colegio Mixto San Vicente.

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1				Contabilidad 7°	
2					
3					
4	Estadística 4°			Estadística 9°	Estadística 8°
5	Estadística 6°	Contabilidad 8°		Contabilidad 6°	Estadística 7°
6		Estadística 5°			Contabilidad 9°

Además, no se realiza una asignación de cargas laborales adecuada y para la instrucción educativa es importante que su talento humano se encuentre conforme y comprometido con la labor.

Tabla 5. Ejemplo 2 de asignación típica del Colegio Mixto San Vicente.

Las restricciones que presenta el problema son las siguientes:

Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Castellano 5°	Filosofía 9°		Castellano 6°	Castellano 5°
2	Castellano 7°	Ortografía 5°	Castellano 6°	Castellano 8°	Ortografía 7°
3	Filosofía 10°	Castellano 6°	Castellano 8°	Ortografía 6°	Filosofía 11°
4	Filosofía 11°	Castellano 7°			Castellano 7°
5	Filosofía 10°	Castellano 5°	Castellano 5°	Filosofía 11°	Castellano 6°
6	Castellano 8°		Castellano 7°	Filosofía 10°	Castellano 8°

- No puede existir más de una asignación en un mismo horario para una misma asignatura, un mismo profesor o un mismo salón de clases.
- Días que no trabajan algunos profesores.
- Cada profesor ya tiene establecidas las asignaturas que dicta.
- La sala de sistemas tiene capacidad para 15 estudiantes en consecuencia se debe tener en cuenta que cuando se dicte esta materia se debe compartir con otra, es decir, dividir el grupo (materias compartidas Informática-contabilidad, Informática-Danza, Informática-estadística, Informática-geometría, Informática-química), materias que están establecidas por la institución.
- La jornada escolar es de 7 am hasta la 1:45 pm y se cuenta con dos descansos, el primero programado a las 8:50 am con una duración de 45 min y el otro descanso programado a las 11:45 am con una duración de 15 min.

### **10.2.1 Intereses de la institución educativa**

La institución educativa Colegio Mixto San Vicente tiene como su principal objetivo brindar una educación de alta calidad, para ello se requiere contar con un personal que cumpla a cabalidad el perfil solicitado por la institución. Teniendo en cuenta el objetivo de la institución, su principal interés es mantener y mejorar su posicionamiento a nivel nacional entre los mejores colegios, es por eso que se enfoca en preparar sus estudiantes para afrontar las pruebas SABER (Icfes).

Adicional a esto la institución requiere realizar la asignación de horarios en un tiempo menor al ya establecido y reducir los errores presentados en este.

### **10.2.2 Intereses de los docentes**

Los docentes de la institución educativa Colegio Mixto San Vicente tiene como principal interés cumplir a cabalidad con el plan de estudio, orientar y formar los estudiantes para que estos aprendan los conocimientos transmitidos por los mismos. Por eso su conocimiento transmitido debe ser claro, de tal manera que los estudiantes capten su mensaje. Así mismo resulta un interés económico, el cual se espera que por la labor designada y realizada se reciba una remuneración acorde.

En la matriz de disponibilidad de profesores tiene en cuenta las siguientes solicitudes:

- La profesora de inglés para secundaria no puede asistir los días lunes a la Institución.
- La profesora de inglés para primaria no puede asistir los días lunes y viernes a la Institución.

### **10.2.3 Cumplimiento del plan de estudio y la legislación del ministerio de educación nacional.**

El Ministerio de Educación Nacional (MEN) es el ente encargado de regular la educación en Colombia. A continuación, se presenta la legislación que se ha estructurado para llegar a la educación que actualmente se ofrece en el país.

- Constitución Política de Colombia 1991 (Art. 67 y 68). El derecho, la responsabilidad y la gratuidad por parte del estado hacia la educación.<sup>3435</sup>
- MEN. Ley General de la Educación. Ley 115 de febrero 8 de 1994 (Art. 73). Obligatoriedad de la elaboración y puesta en marcha del Proyecto Educativo Institucional (PEI).<sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> COLOMBIA. SENADO DE LA REPUBLICA. Proyecto de acto legislativo No. 11/08 Por el cual se reforma el Artículo 67 de la Constitución Política de Colombia. [En línea]. Bogotá. DC., senado.gov 2004. p. 1. [Consultado el 17 de marzo de 2018.] Disponible en [http://www.senado.gov.co/attachments/648\\_PAL\\_011\\_08\\_S\\_REFORMA\\_ART\\_67\\_CN.pdf](http://www.senado.gov.co/attachments/648_PAL_011_08_S_REFORMA_ART_67_CN.pdf).

<sup>35</sup> COLOMBIA. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. ARTICULO 68. (1991) [En línea]. Bogotá. DC., constitucioncolombia 1991. [Consultado el 17 de marzo de 2018]. Disponible en <http://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-2/articulo-68>.

<sup>36</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. LEY 115 DE 1994. (8, febrero, 1994). Por la cual se expide la ley general de educación. [En línea]. Bogotá. DC., mineducacion.gov 1994. p. 1-10. [Consultado en marzo de 2018] Disponible en [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf)

- Decreto 45 de 1962 por el cual se establece el ciclo básico de educación media, se determina el plan de estudio para el bachillerato, y se fijan calendario y normas para evaluar el trabajo escolar.<sup>37</sup>

- Decreto 1850 de 2002 por el cual se reglamenta la organización de la jornada escolar y la jornada laboral de directivos y docentes de los establecimientos educativos estatales de educación formal, administrados por los departamentos, distritos y municipios certificados, y se dictan otras disposiciones.<sup>38</sup>

- Decreto 2117 de 1962 por el cual se determina el plan de estudio para bachillerato comercial, y se dictan otras disposiciones sobre educación media comercial.<sup>39</sup>

- Decreto 1075 de 2015 Por medio el cual se expide el decreto único reglamentario del sector educación.<sup>40</sup>

#### **10.2.4 Clasificar y describir las variables en obligatorias y blandas**

Analizando el proceso de asignación manual se determinan ciertas variables que se relacionan directamente con el sistema, para cumplir la función objetivo de este, por

---

<sup>37</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Decreto 45 de 1962 (11,enero,1962). Por el cual se establece el ciclo básico de educación media, se determina el plan de estudios para el bachillerato, y se fijan calendario y normas para evaluar el trabajo escolar. [En línea]. Bogotá. DC., [mineduacion.gov](http://www.mineduacion.gov) 1962. p. 1-2. [Consultado el 17 de marzo de 2018]. Disponible en [https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-103679\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-103679_archivo_pdf.pdf).

<sup>38</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Decreto numero 1850 de 2002 (AGOSTO 13). Por el cual se reglamenta la organización de la jornada escolar y la jornada laboral de directivos docentes y docentes de los establecimientos educativos estatales de educación formal administrados por los departamentos, distritos y municipios certificados, y se dictan otras disposiciones. [En línea]. Bogotá. DC., [mineduacion.gov](http://www.mineduacion.gov) 2002. p. 1-3. [Consultado el 17 de marzo de 2018.] Disponible en [https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-103274\\_archivo\\_pd\\_f.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-103274_archivo_pd_f.pdf).

<sup>39</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Decreto numero 2117 de 1962 (AGOSTO 1º). Por el cual se determina el plan de estudios para el bachillerato técnico comercial, y se dictan otras disposiciones sobre educación media comercial. [En línea]. Bogotá. DC. [mineduacion.gov](http://www.mineduacion.gov), 1962. p. 1-6. [Consultado el 17 de marzo de 2018.] Disponible en [https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-103692\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-103692_archivo_pdf.pdf).

<sup>40</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Decreto numero 1075 DE 2015 (26 de mayo). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Educación. [En línea]. Bogotá. DC., 2015. p. 1-10. Consultado el 17 de marzo de 2018. Disponible en [http://redes.colombiaaprende.edu.co/ntg/men/pdf/decreto\\_1075\\_de\\_2015.pdf](http://redes.colombiaaprende.edu.co/ntg/men/pdf/decreto_1075_de_2015.pdf).

esta razón se han clasificado las variables en dos grupos, las obligatorias que son aquellas cuantificables y las blandas que son aquellas no cuantificables.

Variables obligatorias:

- Número de docentes, cantidad de docentes disponibles en la institución educativa.
- Número de asignaturas por grado, cantidad total de asignaturas por cada grado.
- Intensidad horaria de asignaturas por grado, cantidad de horas que se dicta en cada asignatura por grado.
- Número de horas que dura una jornada para cada grado.
- Numero de grados existentes en la institución.
- Requerimientos del ministerio de educación, legislación impuesta.
- Requerimientos de la institución educativa, objetivos de la institución.

Variables blandas:

- Requerimientos o peticiones de los docentes.

### **10.3 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO**

En esta etapa del proyecto se pretende definir elementos claves que permitan establecer un modelo óptimo de programación lineal, analizando los datos obtenidos de la institución educativa para así hallar la solución más adecuada al problema de la asignación de horarios.

#### **10.3.1 Requerimientos del MEN**

- Mínimo de intensidad horaria semanal.

- Máximo de horas que pueden impartir diariamente.
- Para educación pre-escolar y primaria el MEN propone un plan de estudio basado en las asignaturas de matemáticas, lenguaje, ciencias sociales y ciencias naturales.

Tabla 6. Intensidad horaria semanal según nivel educativo.

Nivel de educación	Horas semanales	Horas anuales
Básica primaria	25	1000
Básica secundaria y media	30	1200

Tabla 7. Intensidad horaria anual para bachillerato.

INTENSIDAD HORARIA PARA BACHILLERATO HORAS-AÑO						
Materia	Sexto	Séptimo	Octavo	Noveno	Décimo	Once
Educación religiosa y moral	90	90	60	60	60	60
Psicología	0	0	0	0	60	60
Filosofía	0	0	0	0	60	90
Castellano y literatura	150	150	150	150	90	90
Matemáticas	150	120	150	210	90	60
Ciencias naturales	90	60	60	90	0	0
Estudios sociales	150	210	210	90	60	60
Idioma extranjero	90	90	90	90	120	120
Artes industriales y educación para el hogar	60	60	60	60	0	0
Educación estética	60	60	60	60	0	0
Educación física	60	60	60	60	60	60
Actividades co-programáticas e intensificaciones	210	210	210	210	210	210
Física	0	0	0	0	120	120
Contabilidad	60	60	60	60	60	60
Estadística	30	30	30	60	60	60
Economía	0	0	0	0	30	30
Química	0	0	0	0	120	120
<b>TOTAL</b>	<b>1200</b>	<b>1200</b>	<b>1200</b>	<b>1200</b>	<b>1200</b>	<b>1200</b>

### **10.3.2 Requerimientos de la institución educativa.**

- Mantener su posición entre los mejores colegios a nivel nacional de icfes que actualmente se encuentra en el puesto 1.144 de 13.425.<sup>41</sup>
- Brindar una educación de alta calidad.
- Cumplir con el plan de estudio a cabalidad.
- Para cada uno de los docentes se establece la carga académica, fijando las asignaturas, los grados que impartirá y la intensidad horaria semanal.
- Disminuir el tiempo y los errores en la asignación de horarios escolares.
- Manejar materias combinadas como método para el mejoramiento y complemento del aprendizaje de los estudiantes. Estas materias las establece la institución previamente.

### **10.3.3 Requerimientos de los docentes.**

- Respeto de los tiempos libres.
- Remuneración salarial adecuada.
- Programar las asignaturas que tienen más de una hora en un mismo grado, que sea consecutiva, es decir, bloque de materias.

---

<sup>41</sup> LOS MEJORES COLEGIOS. [En línea]En: Revista Dinero [Consultado en marzo de 2018]. Disponible en <http://www.dinero.com/contenidos-editoriales/mejores-colegios-2017/multimedia/ranking-de-los-mejores-colegios-de-colombia-en-2017/253449>.



### **10.3.4 Establecer las restricciones del problema las cuales afectan directamente la formulación del modelo.**

Las restricciones que se deben tener en cuenta en el desarrollo del modelo son:

- Asignar materias en cualquier hora sin necesidad que sea en bloque.
- Asegurar que si se dan dos horas consecutivas en el mismo grupo tengan la misma materia.
- Tener en cuenta la intensidad horaria de cada materia.
- Asegurar que una materia no se dicte más de dos horas seguidas en el mismo grupo durante el día.
- Asegurar que una materia sea asignada a un único grupo.
- Asegurar que un único grupo solo se le asigne una única materia en cada momento.
- Tener en cuenta que no se deben asignar en la misma hora en grupos diferentes las materias dictadas por mismo profesor.
- Tener en cuenta la disponibilidad de los docentes.
- Asegurar que no se asigne un bloque después de la hora 5 para primaria y 6 para secundaria.

### **10.3.5 Establecer los requerimientos del modelo y sus supuestos.**

El Colegio Mixto San Vicente no ha encontrado una herramienta adecuada que le permita administrar y utilizar al máximo sus recursos, el horario escolar aparte de que su programación tarda bastante tiempo, no queda programado de la mejor manera, tanto para los profesores como para los alumnos, pues sus horas de clase en asignaturas como matemáticas, castellano, ciencias, entre otras, no son

continuas, se observan errores como horas de la misma asignatura dictada el mismo día pero interrumpidas entre sí.

Este horario partido no deja que el alumno capte el conocimiento suficiente, ya que la curva de aprendizaje es de 90 minutos, es decir, dos horas sin interrupción.

#### **10.3.5.1 Requerimientos del modelo**

- Función objetivo: Maximizar el horario de clases, de manera que permita la asignación de dos horas consecutivas de una misma asignatura.
- Las restricciones limitan los posibles procedimientos para encontrar la solución del sistema.
- Las variables de decisión X y Y para la implementación del sistema.
- Ecuaciones

#### **10.3.5.2 Supuesto del modelo**

- El número de variables y restricciones no van a cambiar, se mantienen hasta finalizar el caso de estudio.
- La función objetivo es proporcional a las restricciones, maximizar el horario de clases, que permita asignar dos horas consecutivas de la misma materia que se puedan formar en la semana.
- El total de horas de clases debe ser igual a la intensidad horaria establecida por la institución.
- La solución debe ser siempre positiva, por ejemplo, no se puede dictar -1 hora de matemáticas.

#### **10.3.6 Definir una notación y definición para las variables.**

Notación y definición:

D= Conjunto día de clases

G= Grupos existentes en el Colegio

AS= Asignaturas existentes en el Colegio para secundaria

AP= Asignaturas existentes en el Colegio para primaria

H= Periodo de tiempo (horas de clases)

P= Conjunto de profesores

Parámetros:

$R_{lk}$ = Cantidad de horas obligatorias que se deben asignar de la asignatura L en el grupo K.

Variables de decisión:

La decisión a tomar consiste en que materia dictar en cierto grupo cada hora.

$$X_{lmf}^{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{El día } i \text{ a la hora } j \text{ se asigna la materia } l, m \text{ dictada por el profesor } f \text{ en el grupo } k \\ 0, & \text{El día } i \text{ a la hora } j \text{ no se asigna la materia } l, m \text{ dictada por el profesor } f \text{ en el grupo } k \end{cases}$$

X tomará el valor de 1 para cada materia l asignada en el día, hora y grupo especificado.

$$Y_{lmf}^{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{El día } i \text{ a la hora } j \text{ el grupo } k \text{ inicia un bloque de la materia } l, m \text{ dictada por el profesor } f \\ 0, & \text{El día } i \text{ a la hora } j \text{ el grupo } k \text{ no inicia un bloque de la materia } l, m \text{ dictada por el profesor } f \end{cases}$$

Y es un marcador de bloque; es decir que si esta toma el valor de 1 entonces el día i a la hora j y (j+1) se asignará la materia l en el grupo k.

- Según lo anterior, el modelo que representa la situación problema está dado por:

- La función objetivo busca maximizar el horario de clase del Colegio Mixto San Vicente, de manera que permita asignar la mayor cantidad de 2 horas consecutivas de la misma materia en la semana.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } Z(Y) \\
 & = X \left( \sum_{1 \leq i \leq 5} D, \sum_{1 \leq j \leq 5} H, \sum_{1 \leq k \leq 4} G, \sum_{l \in AP} AP, \sum_{f \in P} P \right) X \left( \sum_{1 \leq i \leq 5} D, \sum_{1 \leq j \leq 6} H, \sum_{5 \leq k \leq 11} G, \sum_{m \in AS} AS, \sum_{f \in P} P \right) \\
 & + Y \left( \sum_{1 \leq i \leq 5} D, \sum_{1 \leq j \leq 5} H, \sum_{1 \leq k \leq 4} G, \sum_{l \in AP} AP, \sum_{f \in P} P \right) Y \left( \sum_{1 \leq i \leq 5} D, \sum_{1 \leq j \leq 6} H, \sum_{5 \leq k \leq 11} G, \sum_{m \in AS} AS, \sum_{f \in P} P \right)
 \end{aligned}$$

- Después de plantear la función objetivo se tendrá en cuenta la siguiente ecuación como restricción la cual garantiza tener en cuenta la disponibilidad de los profesores (Matriz de disponibilidad).

$$(1) \quad \sum_{k \in G} X_{ka}^{bc} = 0$$

$$i \in D, j \in H, a \in AS, a \in AP, b \in D, c \in H \mid TQ_a^{bc} = 0$$

- Cualquier asignatura puede ser asignada a cierta hora, sin necesidad de que sea un bloque (dos horas consecutivas).

$$(2) \quad Y_{lmf}^{ijk} + X_{lmf}^{ijk} = 1$$

$$i \in D, j \in H, k \in G, l \in AP, m \in AS, f \in P$$

- Si se asignan dos horas consecutivas en el mismo grupo esta restricción garantiza que sean de la misma materia.

$$(3) \quad X_{kmf}^{ij} \geq X_{kmf}^{i(j+1)}$$

$$i \in D, j \in H \mid j < 6, k \in G, m \in AS, l \in AP, f \in P$$

- La sumatoria de los periodos de tiempo programados en la semana de una asignatura que se imparta en un grupo es igual a la intensidad horaria establecida por la Institución.

$$(4) \quad \sum_{j \in H} X_{lmf}^{ijk} + 2 * \sum_{j \in H} Y_{lmf}^{ijk} = R_{lk}$$

$$i \in D, k \in G, l \in AP, m \in AS, f \in P$$

- Garantiza que solo se asignen como máximo dos horas de la misma materia en el mismo grupo durante el día.

$$(5) \quad \sum_{j \in H} X_{lmf}^{ijk} + 2 * \sum_{j \in H} Y_{lmf}^{ijk} \leq 2$$

$$i \in D, k \in G, l \in AP, m \in AS, f \in P$$

- Garantiza que a un grupo solo se le debe asignar una única materia en cada momento.

$$(6) \quad \sum_{m \in AS} X_{lmf}^{ijk} + \sum_{m \in AS} Y_{lmf}^{ijk} = 1$$

$$i \in D, j \in H, k \in G | k \geq 11, f \in P$$

$$(7) \quad \sum_{l \in AP} X_{lmf}^{ijk} + \sum_{l \in AP} Y_{lmf}^{ijk} = 1$$

$$i \in D, j \in H, k \in G | k \leq 4, f \in P$$

- Esta restricción nos garantiza que las materias dictadas por el mismo profesor no puedan asignarse en el mismo instante de tiempo (Matriz de compatibilidad).

$$(8) \quad \sum_{f \in P} X_{kaf}^{ij} + \sum_{f \in P} Y_{kaf}^{ij} \leq 1$$

$$i \in D, j \in H, a, b \in AP, a, b \in AS | Tab = 1, f \in P$$

- Garantiza que el marcador de bloques para la ultima hora de clases sea 0.

$$(9) \quad Y_{mf}^{i6k} = 0 \quad i \in D, k \in G, m \in AS$$

$$(10) \quad Y_{lf}^{i5k} = 0 \quad i \in D, k \in G, l \in AP$$

## 10.4 VALIDACIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

### 10.4.1 Identificar las variables que cambiaron con el nuevo plan de estudio 2017-2018

A medida que el año escolar culmina, la institución educativa debe generar un nuevo plan de estudio para su próximo periodo, para ello se toma en cuenta los nuevos requerimientos del ministerio de educación, por ejemplo, adicionar o cambiar asignaturas o su intensidad horaria, también los requerimientos de los nuevos profesores y de la misma institución educativa. Esta información es de suma importancia, debido a que en algunos casos puede alterar significativamente el modelo matemático, como en otros casos puede que suceda lo contrario y sea de fácil adaptación.

En la etapa final del desarrollo del modelo se valida la información suministrada por la Institución educativa sin obtener cambios significativos en los requerimientos de este, se actualizan las matrices de compatibilidad ( $T$ ) y Disponibilidad ( $TQ$ ) de los profesores para tener en cuenta los nuevos requerimientos de estos.

Para la fácil adaptación del modelo a los cambios que puede conllevar el inicio de año lectivo se construyen matrices para simplificar la carga y la lectura de toda la información que la herramienta debe tener en cuenta para obtener los resultados esperados.

En la validación del modelo se encuentra que es de vital importancia tener la información actualizada ya que la herramienta solicitara por cada grupo el numero de días, horas por día (bloques), asignaturas para primaria y secundaria, profesores, horas semanales para primaria y secundaria, intensidad horaria.

Esta carga de información se podía realizar de dos formas diferentes, la primera era ingresarla de forma manual a través de unos formularios que la herramienta computacional iba solicitar diligenciarlos grupo por grupo, el problema de este método era que si en alguno de los formularios había un error de digitalización a la hora de validar el modelo, la herramienta computacional iba generar un error pero no iba a mostrar en que parte del proceso estaba el error, por lo que se debía empezar de nuevo y revisar toda la información que posteriormente había sido digitalizada.

Después de haber probado la primera, se genera una segunda forma que facilite la carga de la información la cual es hacer unas matrices en Excel donde se digitaliza la información de manera organizada y teniendo cuidado de que en todas las tablas se escriba de forma correcta e igual toda la información que la herramienta computacional solicitara.

#### 10.4.2 Aplicación del modelo de programación lineal a la institución educativa

A continuación, se relacionan los datos necesarios para la validación del modelo de programación lineal propuesto, adicional a esto se nombran las matrices de las que se habla el punto anterior y se explica la información que está ahí plasmada:

- Número de Días = 5
- Número de grupos = 11

Tabla 8. Grupos de la Institución.

Nombre	Cantidad estudiantes	Código	Horas	Primaria
Primero	20	PRI	5	1
Segundo	20	SEG	5	1
Tercero	20	TER	5	1
Cuarto	25	CUA	5	1
Quinto	20	QUI	6	0
Sexto	35	SEX	6	0
Séptimo	35	SEP	6	0
Octavo	35	OCT	6	0
Noveno	30	NOV	6	0
Décimo	20	DEC	6	0
Onceavo	20	ONC	6	0

La primera matriz que la herramienta computacional solicitará llenar son los grupos de la institución, en el cual se tiene en cuenta la cantidad de estudiantes por grupos el cual es un dato a nivel informativo. Un código como identificación para abreviar el nombre y sea manejable por la herramienta computacional, las horas semanales por grupos y una columna llamada primaria, la cual tiene números binarios 1 si es un grupo que pertenece a primaria y 0 si pertenece a secundaria.

- Asignaturas Primaria = 17

Nombre	Código
Castellano Primaria	CASP
Ciencias Naturales Primaria	CNAP
Comprensión Lectora Primaria	CLEP
Danzas Primaria	DANP
Educación Artística Primaria	EARP
Educación Física Primaria	EFIP
Escritura Primaria	ESCP
Estadística Primaria	ESTP
Geografía Primaria	GEOP
Geometría Primaria	GEMP
Historia Primaria	HISP

Tabla 9. Asignaturas de primaria

Nombre	Código
Informática Primaria	INFP
Inglés Primaria	INGP
Matelúdica Primaria	MALP
Matemáticas Primaria	MATP
Religión Primaria	RELP
Sociales Primaria	SOCP

Las asignaturas de primaria se digitalizan en una matriz que consta de dos columnas donde esta el nombre de la materia y un código como identificación para abreviar el nombre y sea manejable por la herramienta computacional.

- Asignaturas Secundaria = 29



Tabla 10. Asignaturas de Secundaria

Nombre	Código
Álgebra Secundaria	ALGS
Cálculo Secundaria	CALS
Castellano Secundaria	CASS
Cátedra de Paz Secundaria	CPAS
Ciencias Naturales Secundaria	CNAS
Ciencias Políticas Secundaria	CPOS
Comprensión Lectora Secundaria	CLES
Contabilidad Secundaria	CONS
Danzas Secundaria	DANS
Economía Secundaria	ECOS
Educación Artística Secundaria	EARS
Educación Física Secundaria	EFIS
Escritura Secundaria	ESSE
Estadística Secundaria	ESTS
Filosofía Secundaria	FILS
Física Secundaria	FISS
Geografía Secundaria	GEOS
Geometría Secundaria	GEMS
Historia Secundaria	HISS
Informática Secundaria	INFS
Inglés Secundaria	INGS
Matelúdica Secundaria	MALS
Matemáticas Secundaria	MATS
Ortografía Secundaria	ORTS
Preicfes de Biología Secundaria	PBIS
Preicfes de Sociales Secundaria	PSOS
Química Secundaria	QUIS
Religión Secundaria	RESE
Trigonometría Secundaria	TRIS

Las asignaturas de secundaria se digitalizan en una matriz que consta de dos columnas donde está el nombre de la materia y un código como identificación para abreviar el nombre y sea manejable por la herramienta computacional.

- Número de profesores = 16

Tabla 11. Profesores

Nombre	Código
Adriana Arnedo	ADAR
Alejandra Arango	ALAR
Cristhian García	CRGA
Estrella Londoño	ESLO
Javier Benavides	JABE
Jessica Aguilar	JEAG
Jhon Bonilla	JHBO
Liliana Mena	LIME
Melissa Reyes	MERE
Natalia Obregón	NAOB
Orlado Marín	ORMA
Sanly Andrade	SAAN
Tatiana Bermúdez	TABE
Ulises Russi	ULRU
Victoria Millan	VIMI
Yuli Lasprilla	YULA

Los profesores se digitalizan en una matriz que consta de dos columnas donde está el nombre de la materia y un código como identificación para abreviar el nombre y sea manejable por la herramienta computacional.

Después de determinar y actualizar los profesores se procede a tener en cuenta los deseos de estos, los cuales se transcriben en una matriz llamada Disponibilidad de profesores en donde se relaciona los profesores y días de la semana. Se manejan números binarios 1 para los días que el profesor desea dar clase o no tiene ninguna restricción en dictar la clase y 0 para los profesores que tienen algún requerimiento o deseo de no dictar o asistir a la institución un día en particular.

Siguiendo la explicación anterior se tuvo en cuenta que dos profesores no asisten unos días determinados a la institución como es el caso de Alejandra Arango que manifestó su restricción para los días lunes y viernes y la profesora Sanly Andrade no puede asistir el día lunes.

Tabla 12. Profesores de la Institución y Disponibilidad.

Nombre	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Adriana Arnedo	1	1	1	1	1
Alejandra Arango	0	1	1	1	0
Cristhian García	1	1	1	1	1
Estrella Londoño	1	1	1	1	1
Javier Benavides	1	1	1	1	1
Jessica Aguilar	1	1	1	1	1
Jhon Bonilla	1	1	1	1	1
Liliana Mena	1	1	1	1	1
Melissa Reyes	1	1	1	1	1
Natalia Obregón	1	1	1	1	1
Orlado Marín	1	1	1	1	1
Sanly Andrade	0	1	1	1	1
Tatiana Bermúdez	1	1	1	1	1
Ulises Russi	1	1	1	1	1
Victoria Millán	1	1	1	1	1
Yuli Lasprilla	1	1	1	1	1

- Número de horas semanales para primaria = 25
- Número de horas semanales para secundaria = 30
- Número de periodos de tiempo diarios para primaria =5 (Ver tabla 9)
- Número de periodos de tiempo diarios para secundaria = 6 (Ver tabla 9)
- Matriz de compatibilidad de los profesores (Ver tabla 15).

En la matriz de compatibilidad se plasma los profesores y las materias que estos dictan teniendo en cuenta números binarios 1 para las materias que el profesor está encargado de dictar y 0 para las materias que el profesor no está encargado de dictar.

Esta matriz garantiza que cuando la herramienta computacional asigne un profesor en una hora, día, grupo X o Y valide que otra materia dicta dicho profesor y verifique con las asignaciones ya hechas si no hay cruces de horarios, con el fin de garantizar que no halla errores en la asignación de horario, por ejemplo la materia de castellano secundaria y comprensión lectora secundaria es dictada por la misma profesora Maria Victoria Millán, se encuentra que en la matriz de compatibilidad se asigna un 1 a estas materias con el fin de que si se asigna el día lunes en la primer hora, del grupo noveno, castellano, el modelo no vaya asignar en el grupo octavo castellano, a la primera hora, el día lunes.

Parámetros a tener en cuenta en el modelo son:

- Intensidad horaria de las materias impartidas en cada grupo de la institución. (Ver tablas 3 y 4)

### **10.4.3 Utilización de una herramienta computacional**

Desde la perspectiva de la herramienta computacional, el problema de programación lineal entera propuesto en el trabajo fue modelado en el lenguaje de programación PYTHON 2.7.

### **10.4.4 Resultados arrojados por la Herramienta computacional**

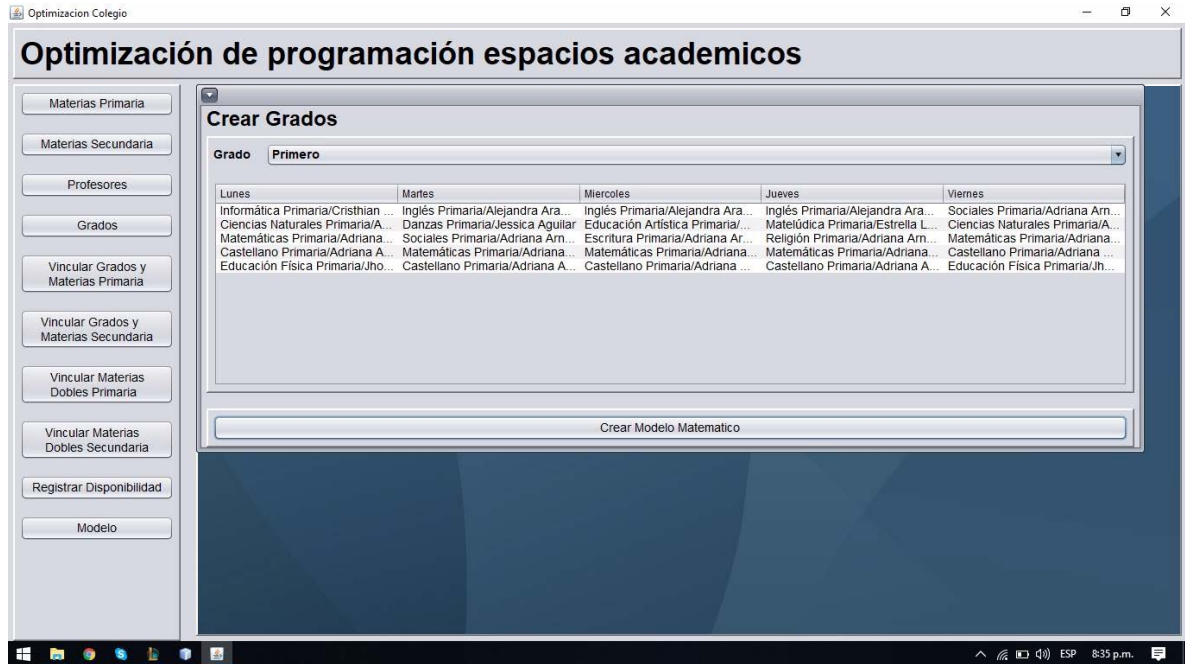
Las restricciones planteadas en el modelo matemático se validaron para los grados de primero, segundo, tercero y cuarto de forma independiente, ya que por la complejidad del problema se requiere de un procesar con mucha más capacidad para realizarlo de forma simultánea para la totalidad de los grados. Se obtuvo como resultado la solución más aproximada a las restricciones planteadas las cuales fueron los siguiente:

- Resultado para el grado de primero de primaria.

0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,



Ilustración 1. Resultado para Primero de Primaria.

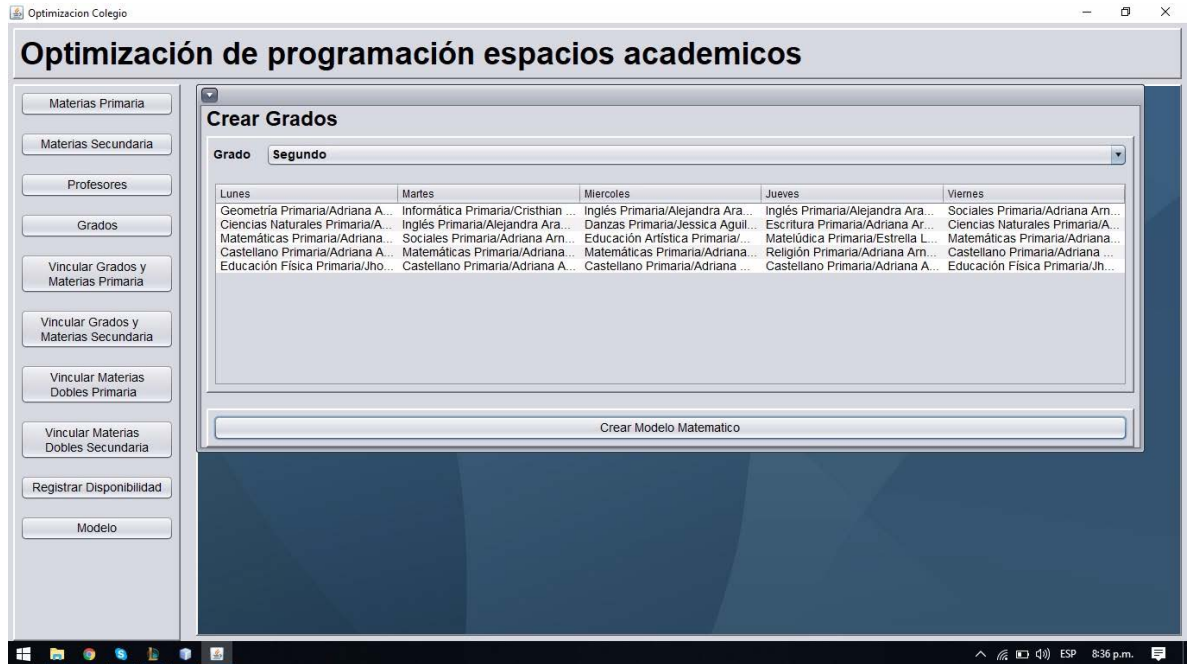


- Resultado para el grado de segundo de primaria.

0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
0.0,  
0.0,  
0.0,  
0.0,  
0.0,  
0.0,  
0.0,  
0.0,  
0.0,  
0.0,  
0.0,  
1.0,0.0,



Ilustración 2. Resultado para Segundo de Primaria.



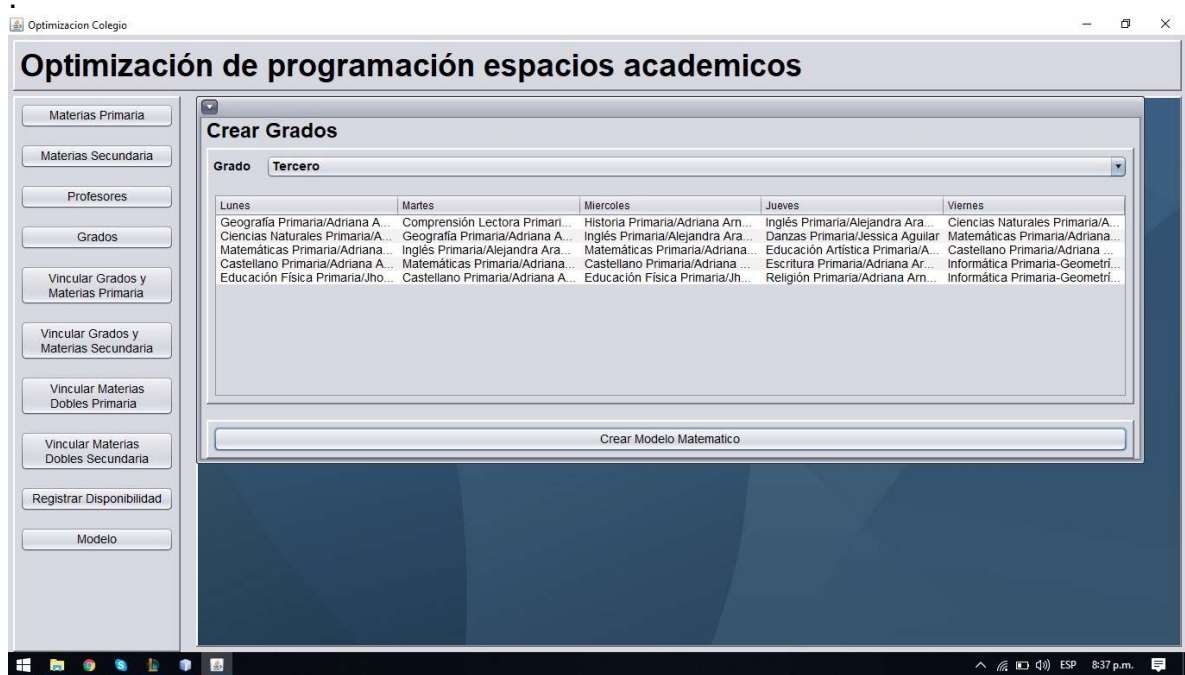
- Resultado para el grado de tercero de primaria.

0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,  
 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,





Ilustración 3. Resultado para tercero de primaria

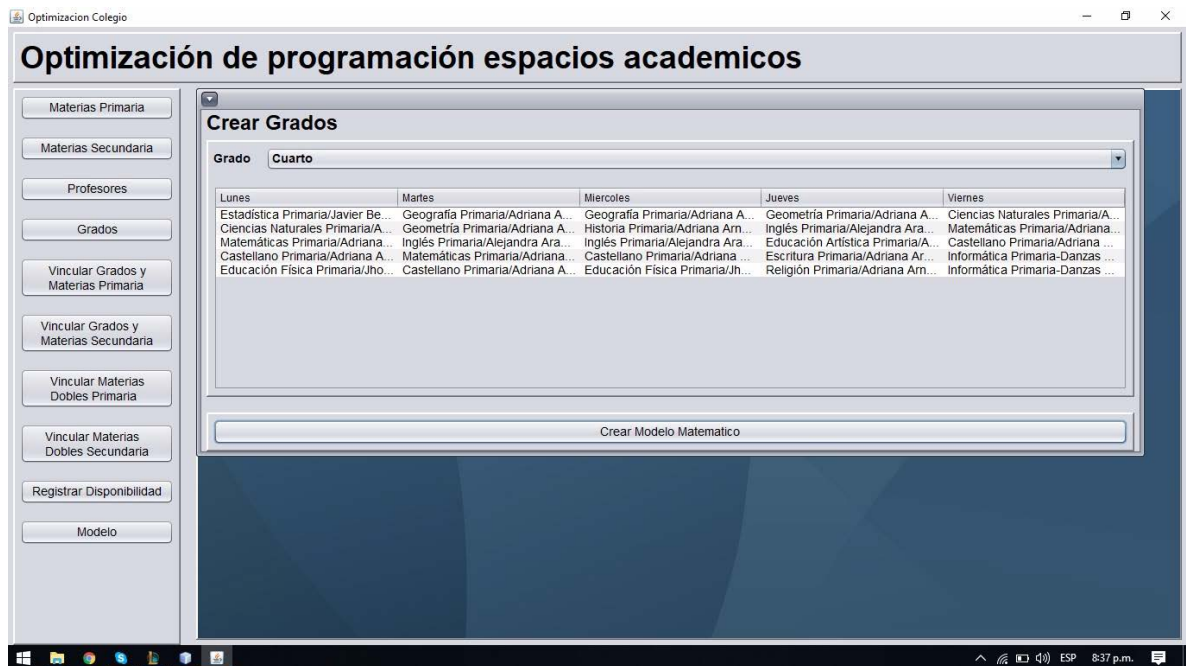


- Resultado para el grado cuarto de primaria.

0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,  
 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
 0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,  
 0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,  
 0.0,



Ilustración 4. Resultados para cuarto de primaria.



De acuerdo a los resultados obtenidos se plantean las posibles decisiones que puede tomar la institución educativa para optimizar el proceso entre las cuales se encuentra los más importantes que son la reducción de tiempo, costos y estandarización:

- El pago para la implementación y asesoramiento de la herramienta computacional para la optimización de la asignación de horarios escolares, permitiéndole a la institución beneficiarse en cuanto al tiempo que conlleva realizar el horario escolar, ahorrando costos y permitiendo que la rectora del colegio se enfoque en otras actividades administrativas.
- Estandarizar un proceso que se encuentra desordenado, descentralizado, sin forma, sin tecnología y convertirlo en un proceso ágil y si errores, facilitándole la tarea a la persona encargada.
- Validar la carga laboral de los profesores y determinar el tipo de contrato con el cual se va a vincular a la institución, ya que la asignación se realiza de forma ágil y se tendría listo antes de iniciar el año lectivo, permitiendo verificar la cantidad de horas mensuales que el profesor dictara y tomar la decisión de pagar por horas o un salario básico teniendo en cuenta el código sustantivo del trabajo.

## 11. RESULTADOS

En el proyecto se establecieron los siguientes objetivos específicos, cuyo cumplimiento se relaciona en las columnas con su respectivo título de la siguiente tabla, donde también se referencia el objetivo y una breve descripción.

Tabla 13. Tabla de resultados.

Objetivo	Cumplimiento de Objetivo	Sección Relacionada
Determinar las variables implicadas para la asignación de un horario escolar en una institución educativa que permita obtener una solución óptima	Por medio de un levantamiento de información basado en la investigación se evidencia una problemática que presentaba la institución educativa para generar un horario escolar, se plasmaron requerimientos funcionales para desarrollar un modelo matemático.	12.1.1 Observar el funcionamiento del proceso manual de la asignación de horarios... 12.1.2 Recopilar la información necesaria para la elaboración del modelo de asignación...
Identificar las restricciones del problema para la generación de un modelo de horario escolar con el fin de orientar la toma de decisiones según sus limitaciones	Luego de identificar el problema se procede a identificar restricciones, parámetros, conjuntos, limitaciones, intereses de la institución, docentes y MEN que afectan el modelo matemático.	12.2.1 Intereses de la institución educativa. 12.2.2 Intereses de los docentes. 12.2.3 Cumplimiento del plan de estudio y la legislación del ministerio de educación nacional. 12.2.4 Clasificar y describir las variables en obligatorias y blandas.

Tabla 13. (Continuación).

<b>Objetivo</b>	<b>Cumplimiento de Objetivo</b>	<b>Sección Relacionada</b>
<p>Construir un modelo matemático mediante la programación lineal que permita relacionar las variables de decisión con los parámetros y restricciones del sistema</p>	<p>Se construye el modelo matemático mediante la programación lineal en el cual se relacionan todas las variables del punto anterior en donde se busca dar una solución al problema planteado en una institución educativa.</p>	<p>12.3.1 Requerimientos del MEN                      12.3.2 Requerimientos de la institución educativa.                      12.3.3 Requerimientos de los docentes.                      12.3.4 Establecer las restricciones del problema...                      12.3.5 Establecer los requerimientos del modelo y sus supuestos.                      12.3.5.1 Requerimientos del modelo                      12.3.5.2 Supuesto del modelo                      12.3.6 Definir una notación y definición para las variables.</p>
<p>Validar el modelo desarrollado para analizar la efectividad de los resultados obtenidos interpretándolos y tomando un curso de acción para la optimización del sistema</p>	<p>Se organiza la información obtenida en el primer objetivo en matrices, se crean archivos independientes en Excel para que la herramienta computacional considere toda la información. Además de que se facilita la digitalización de la información y evitar errores en el proceso de programación porque la información se encuentra clasificada, ordenada y actualizada.                      Se valida el modelo matemático en una herramienta computacional el cual fue modelado en el lenguaje de programación PYTHON 2.7. proporcionada por un estudiante de la Universidad del Quindío sede</p>	<p>12.4.1 Identificar las variables que cambiaron con el nuevo plan de estudio 2017-2018                      12.4.2 Aplicación del modelo de programación lineal a la institución educativa                      12.4.3 Utilización de una herramienta computacional</p>

Tabla 13. (Continuación).

<b>Objetivo</b>	<b>Cumplimiento de Objetivo</b>	<b>Sección Relacionada</b>
	armenia. Y se valida que la optimización se realice adecuadamente. <sup>42</sup>	

---

<sup>42</sup> LONDOÑO MURILLO, Raúl. Herramienta de optimización y asignación de docentes. [Herramienta computacional]. 2018.

## 12. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos se dejan a disposición del Colegio Mixto San Vicente, brindando una asesoría sobre los mismos para lograr tomar la mejor decisión entre las posibles resultantes.
- Por medio de un modelo matemático e implementando una herramienta computacional, se logró optimizar la asignación de horarios y la distribución de la carga laboral de los docentes dentro del Colegio Mixto San Vicente.
- Utilizando el método manual, el proceso de asignación de horarios se podría tardar entre 40 y 60 días, esto sin garantizar de que la asignación sea correcta y optima, por otro lado, utilizando el método matemático, el proceso de asignación se tarda menos, realizando la validación pertinente, actualizando la información del año escolar que puede tardar alrededor de tres días, la verificación del modelo podría tomar otros dos o tres días, promediando un tiempo de 5 días aproximadamente, obteniendo un aumento eficaz del 91,66%.
- Durante el desarrollo del proyecto se aplicaron y afianzaron los conocimientos y habilidades adquiridas durante la carrera de Ingeniería Industrial, especialmente de investigación de operaciones, ingeniería de métodos, pensamiento sistémico y seminario de investigación.
- La investigación realizada y las fuentes de información consultadas que están relacionadas con el tema, permitieron que se abarcara la teoría expuesta en el trabajo para solucionar y sustentar el problema tratado.
- Siguiendo las metodologías específicas en el capítulo 9, se cumplió a cabalidad cada actividad programada en las etapas del trabajo.



### 13. RECOMENDACIONES

- Es importante actualizar la información de las Matriz de disponibilidad y compatibilidad para el desarrollo del modelo matemático y su posterior resultado.
- En la restricción 8 se debe tener en cuenta que la intensidad horaria de las materias no debe superar las 10 horas semanales ya que esta restricción dejará asignar máximo dos horas de la misma materia durante un día, es decir, que el máximo de horas que la restricción dejará asignar es de 10 horas semanales.
- En caso de que supere las 10 horas semanales se deberá replantear esta restricción.
- La información suministrada a la herramienta computacional debe ser veraz y confiable para que los resultados se ajusten al problema planteado.
- En el colegio Mixto San Vicente se manejan materias combinadas como método para el mejoramiento y complemento del aprendizaje de los estudiantes. Estas materias se manejaron como un bloque de materia y los profesores individuales. Adicional a esto se tuvo en cuenta en la matriz de compatibilidad.
- El modelo se validó para primaria por falta de capacidad del procesador del computador utilizado. Se recomienda por el tamaño del modelo y la cantidad de variables utilizar un procesador de 8 RAM.
- Es importante tener en cuenta que, al ser un modelo exponencial, es decir, crece conforme las variables van aumentando por tal motivo se vuelve complejo de manejar computacionalmente y es una complejidad esperada al ser un problema NP.
- El modelo fue validado de manera independiente para cada uno de los grados de primaria, dando como resultado la solución más óptima teniendo en cuenta las restricciones del modelo matemático planteado.
- Se validaron las restricciones y obteniendo como resultado la buena ejecución de estas en primaria.

## BIBLIOGRAFIA

ARAYA SANHUEZA, Nicole Diana; OBREQUE NÍÑEZ, Carlos Enrique; PAREDES BELMAR, Germán Enrique. Un modelo de programación lineal entera mixta para el problema de ruteo de vehículos en el transporte escolar.[en línea] En Congreso Latino- Iberoamericano de Investigación Operativa. Rio de Janeiro, Brasil. 2012. p. 10. [Consultado el 29 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://ws2.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2012/pdf/arq0356.pdf>

BARRERO BARROS, Sonia Edith; LÓPEZ VILLAVICENCIO, Luis Alberto. Algoritmo para gestión de horarios .[en línea] Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca. Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca. Ecuador, Facultad de Ingeniería. Escuela de Informática. 2013. p. 163. [Consultado el 29 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4538>

CANCELO, Facundo E.; CABABIE, Pablo N.; BARRERA, Gabriel; LÓPEZ DE LUISE, Daniela. Un nuevo enfoque para asignación óptima de múltiples recursos. .[en línea] En Revista Ciencia y Tecnología. Universidad de Palermo. Argentina. p. 10. [Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en <https://dspace.palermo.edu:8443/handle/10226/472>

CASTILLO, Enrique; CONEJO, Antonio J.; PEDREGAL, Pablo; GARCÍA, Ricardo y ALGUACIL, Natalia. Formulación y resolución de modelos de programación matemática e ingeniería y ciencia. .[en línea] Trabajo de investigación de ingeniería y ciencia. Bogotá, D.C: Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Sistemas, 2002. p 574. [Consultado 23 de febrero de 2017]. Disponible en <http://www.dia.fi.upm.es/~jafernan/teaching/operational-research/LibroCompleto.pdf>

COLOMBIA. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. Artículo 68. (1991) [En línea]. Bogotá. DC. .constitución Colombia, 1991. [Consultado el 17 de marzo de 2018]. Disponible en <http://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-2/articulo-68>.

-----,----- . Decreto 45 de 1962 (11, enero,1962). Por el cual se establece el ciclo básico de educación media, se determina el plan de estudios para el bachillerato, y se fijan calendario y normas para evaluar el trabajo escolar. [En línea]. Bogotá. DC., .mineducacion 1962. p. 9. [Consultado el 17 de marzo de 2018]. Disponible en [https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-103679\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-103679_archivo_pdf.pdf).

COLOMBIA. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. Decreto numero 1075 de 2015 (26 de mayo). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Educación. [En línea]. Bogotá. DC., 2015. p. 393. [Consultado el 17 de marzo de 2018]. Disponible en [http://redes.aprende.edu.co/ntg/men/pdf/decreto\\_1075\\_de\\_2015.pdf](http://redes.aprende.edu.co/ntg/men/pdf/decreto_1075_de_2015.pdf).

-----,----- . Decreto 1860 DE 1994, Artículo 5. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 115 de 1994, en los aspectos pedagógicos y organizativos generales. [En línea] Diario Oficial. Bogotá, D.C. 1994 no. 41473. p. 29. [Consultado el 17 de marzo de 2018]. Disponible en [https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-172061\\_archivo\\_pdf\\_decreto1860\\_94.pdf](https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-172061_archivo_pdf_decreto1860_94.pdf)

-----,----- . Decreto numero 1850 de 2002 (AGOSTO 13). Por el cual se reglamenta la organización de la jornada escolar y la jornada laboral de directivos docentes y docentes de los establecimientos educativos estatales de educación formal administrados por los departamentos, distritos y municipios certificados, y se dictan otras disposiciones. [En línea]. Bogotá. DC. [mineduccion.gov](http://www.mineduccion.gov.co), 2002. p. 1-3. [Consultado el 17 de marzo de 2018]. Disponible en [https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-103274\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-103274_archivo_pdf.pdf).

-----,----- . Decreto numero 2117 DE 1962 (AGOSTO 1º). Por el cual se determina el plan de estudios para el bachillerato técnico comercial, y se dictan otras disposiciones sobre educación media comercial. [En línea]. Bogotá. DC., [mineduccion.gov](http://www.mineduccion.gov.co) 1962. p. 16. [Consultado el 17 de marzo de 2018]. Disponible en [https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-103692\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-103692_archivo_pdf.pdf).

-----,----- . LEY 115 DE 1994. (8, febrero, 1994). Por la cual se expide la ley general de educación. [En línea]. Bogotá. DC [mineduccion.gov](http://www.mineduccion.gov.co)., 1994. p. 50. [Consultado en marzo de 2018]. Disponible en [https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf)

----- . SENADO DE LA REPUBLICA. Proyecto de acto legislativo No. 11/08 Por el cual se reforma el Artículo 67 de la Constitución Política . [En línea]. Bogotá. DC., [senado](http://www.senado.gov.co). 2004. p. 25. [Consultado el 17 de marzo de 2018]. Disponible en [http://www.senado.gov.co/attachments/648\\_PAL\\_011\\_08\\_S\\_REFORMA\\_ART\\_67\\_CN.pdf](http://www.senado.gov.co/attachments/648_PAL_011_08_S_REFORMA_ART_67_CN.pdf)

CORDOVA, Ximena; PALACIOS AGUINAGA, Carlos Andrés; VITERI TOLEDO, Santiago Andrés. Riesgo operacional y asignación de tareas de control mediante programación lineal en una institución financiera. [En Línea]. Ingeniería Industrial. Quito. Universidad San Francisco de Quito. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial. 2006. p. 129. [Consultado el 27 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/626>

DEL BARCO GAMARRA, Roberto. Formulación de un modelo de programación matemática para la asignación de horarios escolares.[en línea] trabajo de grado ingeniería industrial. Santiago de Chile, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Industrial. 2010. p. 83.[ Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en [www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-barco\\_rg/pdfAmont/cf-barco\\_rg.pdf](http://www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-barco_rg/pdfAmont/cf-barco_rg.pdf)

EDMUND BURKE, Peter Ross. Practice and Theory of Automated Timetabling.[en línea] 1 ed. Edinburg, U.K. Springer, 1995. p 168.[Consultado el 26 noviembre de 2016.] Disponible en <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NBuCYZ9gDkQC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Practice+and+Theory+of+Automated+Timetabling&ots=uSoO30bSCG&sig=peQqThqNxM83Dow-1AEJnsGGu4E#v=onepage&q=Practice%20and%20Theory%20of%20Automated%20Timetabling&f=false>

FIALLOS, Javier; GARCIA, Jorge; PEREZ, Jaime. Diseño de un sistema de asignación automática de horario de clases: Caso UNITEC.[en línea] En Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. Tegucigalpa, Honduras. June 4- June 6, 2008. p 10.[ Consultado el 28 de noviembre de 2016.] Disponible en [http://www.laccei.org/LACCEI2008-Honduras/Papers/PO131\\_Fiallos.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2008-Honduras/Papers/PO131_Fiallos.pdf)

GIORMENTI MORAVEC, Mauro. Asignación de votantes a centros de votación utilizando técnicas de programación matemática para minimizar el tiempo total invertido. [en línea] Universidad de Buenos Aires, Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Matemáticas. Argentina. 2014. p. 56. [Consultado el 30 de noviembre de 2016]. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/d4d6/a20b7f322cb6c143a8556ca5131e19eeef69.pdf>

GUÉDEZ FERNÁNDEZ, Carmen. Programación Lineal e Ingeniería Industrial: una Aproximación al Estado del Arte. Linear Programming and Industrial Engineering: An Approach to the State of the Art. [En línea]. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias. Año 4, Vol. II, N° 6. ISSN: 1856-8327. p. 18.[ Consultado el 27 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/VoIII-n6/art4.pdf>

GUERRA CUBILLOS, Mauricio Andrés; PARDO QUIROGA, Erwin Hamid; SALAS RUIZ, Roberto Emilio. Problemas del School Timetabling y algoritmos genéticos: una revisión. [En línea]. En: Revista Vínculos. Julio de 2013. Vol.10. No 2. p. 18. [Consultado el 26 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/vinculos/article/view/6478>

HEREDIA GUZMAN, María Belén. Modelo de programación lineal entera para la generación de horarios de clase en la universidad. [En línea]. Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional. Quito. Facultad de Ciencias. Departamento de ingeniería Matemática. 2014. p. 98. [Consultado el 29 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8678>

HERNANDEZ, Rodrigo; MIRANDA P., Jaime; REY, Pablo A. Programación de horarios de clases y asignación de salas para la facultad de ingeniera de la Universidad Diego Portales mediante un enfoque de programación entera. [En línea].En Revista Ingeniería de Sistemas. Santiago de Chile, Chile Volumen XXII. 2008. p. 21. [Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en [http://www.dii.uchile.cl/~ris%20/RISXXII/horariosUDP\\_RISVersion%20FINAL.pdf](http://www.dii.uchile.cl/~ris%20/RISXXII/horariosUDP_RISVersion%20FINAL.pdf)

IRCIO FERNÁNDEZ, Josu. Optimización Entera Mixta para problemas de generación de rutas de vehículos. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco. 2015. p. 21. Consultado el 28 de noviembre de 2016. Disponible en <https://addi.ehu.es/handle/10810/15223>.

LONDOÑO MURILLO, Raúl. Herramienta de optimización y asignación de docentes. [Herramienta computacional]. 2018.

LÓPEZ CRUZ, Orlando. Una solución basada en agentes al problema de generación de horarios. [En línea].En Revista Ingeniera, Matemáticas y ciencias de la Información. Colombia. 2015. Vol. 2, N°3. p. 14. [Consultado el 30 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/240>

LOS MEJORES COLEGIOS. [En línea]En: Revista Dinero [Consultado en marzo de 2018]. Disponible en <http://www.dinero.com/contenidos-editoriales/mejores-colegios-2017/multimedia/ranking-de-los-mejores-colegios-de-colombia-en-2017/253449>.

MARIN ANGEL, Juan Camilo; MAYA DUQUE, Pablo Andrés. Modelo lineal para la programación de clases en una institución educativa. [En línea]. Ingeniería y Ciencia. Red de Revistas Científicas de América Latina y El Caribe. Ingeniería y Ciencia. Enero – junio de 2016. Vol. 12, N° 23. p. 47 - 71. ISSN 1794-9165. [Consultado el 02 de febrero de 2017]. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/835/83544436003/>

OJEDA RODRIGUEZ, Jordi; COROMINAS SUBIAS, Albert; PASTOS MORENO, Rafael. Modelos de programación matemática para la asignación de horarios de trabajadores en un centro de servicios. [En línea]. VIII Congreso de Ingeniería de Organización. 809-818 p. 19. Leganés. [Consultado el 26 noviembre de 2016]. Disponible en <http://www.adingor.es/congresos/web/articulo/detalle/a/1227>

----- . Programación lineal para la asignación de personal a horarios de trabajo: El caso de una empresa de atención telefónica en México. [En línea]. En Congreso Internacional de Contaduría, Administración e informática. México D.F.2012. Universidad Nacional Autónoma de México. p. 19. [Consultado el 02 febrero 2016]. Disponible en <http://132.248.164.227/congreso/docs/xvii/docs/D10.pdf>

SALA GARRIDO, Ramón. Programación lineal. Metodología y problemas. [En línea] Madrid. Editorial Tébar Flores. Capítulo 1. p 279. [Consultado el 27 de noviembre de 2016]. Disponible en <https://books.google.es/books?id=x euchY1YvLoC&printsec=frontcover&dq=programacion+lineal&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwihy-G1lsrSAhVHRiYKHTNjDtMQ6AEIHzAB#v=onepage&q&f=false>

SALDAÑA CROVO, Andrés; SAN MARTIN, Cristian Oliva; ROJAS PRADERA, Lorena. Modelos de programación entera para un problema de programación de horarios para universidades. Models of interger programamming for an university timetabling problem. [En línea]. En Revista de Ingenieria. Concepción, Chile. Vol 15. N°3. 2007. p 15. [Consultado el 27 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v15n3/art05.pdf>

SARMIENTO LEPESQUEUR, Angélica; TORRES OVALLE, Camilo; QUINTERO ARAUJO, Carlos L.; MONTOYA TORRES, Jairo R. Programación y asignación de horarios de clases universitarias: un enfoque de programación entera. [En línea]. En 10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. Panamá City, Panamá Julio. 23-27, 2012. p. 10.[ Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en <http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP027.pdf>

SORNOZA GUERRA, Eddy Gabriel. Aplicación de la programación lineal en la toma de decisiones empresariales. [En línea]. Machala: Universidad Técnica de Machala. 2017. p. 29. [Consultado el 04 de febrero de 2017]. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9962>

----- . Aplicación de la programación lineal en la toma de decisiones empresariales. [En línea]. Machala: Universidad Técnica de Machala. 2017. p. 12. [Consultado el 04 de febrero de 2017]. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9962>

----- . Aplicación de la programación lineal en la toma de decisiones empresariales. [En línea]. Machala: Universidad Técnica de Machala. 2017. p. 12. [Consultado el 04 de febrero de 2017]. Disponible en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9962>.

TORRES OVALLE, Camilo; MONTOYA TORRE, Jairo R.; QUINTERO ARAUJO, Carlos L.; CASTILLA LUNA, Mónica. Sistema de información y toma de decisiones metodología para la programación de horarios y salones de clases universitarias: Un caso de estudio. [En línea]. Repositorio Institucional UFSC.2013. p. 15. [Consultado el 28 de noviembre de 2016]. Disponible en <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/116164>

VARGAS AMAZO, Jeannette Katherine; LEGUIZAMON CASTELLANOS, Luis Eduardo, Dir. Modelo por programación lineal entera del horario académico de educación básica primaria para la I.E.D. Veinte de Julio. [En línea].Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia. Colombia. p. 3. [Consultado el 03 febrero de 2017]. Disponible en <http://repository.ucatolica.edu.co:8080/handle/10983/1251>

## ANEXOS

### Anexo A. Matriz de compatibilidad Primaria

Tabla 14. Matriz de compatibilidad Primaria

Nombre Profesor\Nombre Materia Primaria	Castellano Primaria	Ciencias Naturales Primaria	Comprensión Lectora Primaria	Danzas Primaria	Educación Artística Primaria	Educación Física Primaria	Escritura Primaria	Estadística Primaria	Geografía Primaria	Geometría Primaria	Historia Primaria	Informática Primaria	Inglés Primaria	Matemáticas Lúdicas Primaria	Matemáticas Primarias	Religión Primaria	Sociales Primarias
Adriana Arnedo	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Alejandra Arango	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cristhian García	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Estrella Londoño	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
Javier Benavides	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jessica Aguilar	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jhon Bonilla	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liliana Mena	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
Melissa Reyes	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1



Tabla 15. (Continuación) Matriz de compatibilidad Primaria

Nombre Profesor\Nombre Materia Primaria	Castellano Primaria	Ciencias Naturales Primaria	Comprensión Lectora Primaria	Danzas Primaria	Educación Artística Primaria	Educación Física Primaria	Escritura Primaria	Estadística Primaria	Geografía Primaria	Geometría Primaria	Historia Primaria	Informática Primaria	Inglés Primaria	Matelúdi ca Primaria	Mate máticas Prim aria	Reli gión Pri mari a	Soci ales Prim aria	
Natalia Obregón	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Orlado Marín	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sanly Andrade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tatiana Bermúdez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulises Russi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Victoria Millan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yuli Lasprilla	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 15. (Continuación) Matriz de compatibilidad Primaria

Nombre Profesor\Nombre Materia Secundaria	Adriana Arnedo	Alejandra Arango	Cristian García	Estrella Londoño	Javier Benavides	Jessica Aguilar	John Bonilla	Liliana Mejía	Melissa Reyes	Natalia Obregón	Orlando Marín	Sanly Andrade	Tatiana Bermúdez	Ulises Rusi	Victoria Millán	Yuli Lasprilla
Álgebra Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Cálculo Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Castellano Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Cátedra de Paz Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ciencias Naturales Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ciencias Políticas Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Comprensión Lectora Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Contabilidad Secundaria	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Danzas Secundaria	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Economía Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 15. (Continuación) Matriz de compatibilidad Primaria

Nombre Profesor\Nombre Materia Secundaria	Adriana Arnedo	Alejandra Arango	Cristian García	Estrella Londoño	Javier Benavides	Jessica Aguilar	John Bonilla	Liliana Mejía	Melissa Reyes	Natalia Obregón	Orlando Marín	Sanly Andrade	Tatiana Bermúdez	Ulises Rusi	Victoria Millán	Yuli Lasprilla
Educación Artística Secundaria	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Educación Física Secundaria	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escritura Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Estadística Secundaria	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Filosofía Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Física Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Geografía Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Geometría Secundaria	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Historia Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Informática Secundaria	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inglés Secundaria	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Tabla 15. (Continuación) Matriz de compatibilidad Primaria

Nombre Profesor\Nombre Materia Secundaria	Adriana Arnedo	Alejandra Arango	Cristian García	Estrella Londoño	Javier Benavides	Jessica Aguilar	John Bonilla	Liliana Mejía	Melissa Reyes	Natalia Obregón	Orlando Marín	Sanly Andrade	Tatiana Bermúdez	Ulises Rusi	Victoria Millán	Yuli Lasprilla
Matelúdica Secundaria	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Matemáticas Secundaria	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ortografía Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Preicfes de Biología Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Preicfes de Sociales Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Química Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Religión Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Trigonometría Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

