

**MEJORAMIENTO DE LA ASIGNACIÓN DE HORARIOS Y ESPACIOS PARA
LAS ASIGNATURAS EN UN PROGRAMA ACADÉMICO DE UNA INSTITUCIÓN
DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

EDWARD ANDRES BOTERO OROZCO

ANDRES FELIPE GIRALDO POSSO



UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ZARZAL

2019

**MEJORAMIENTO DE LA ASIGNACIÓN DE HORARIOS Y ESPACIOS PARA
LAS ASIGNATURAS EN UN PROGRAMA ACADÉMICO DE UNA INSTITUCIÓN
DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

EDWARD ANDRES BOTERO OROZCO

ANDRES FELIPE GIRALDO POSSO

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero industrial

Director

JULIÁN GONZALEZ VELASCO

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ZARZAL

2019

DEDICATORIA

El trabajo de grado está dedicado a todas las personas que de una u otra manera nos ayudaron en el proceso de formación para cumplir este sueño de ser ingeniero. Gracias a Dios por darnos la posibilidad de culminar y cumplir nuestros objetivos.

Edward Andrés Botero Orozco
Andrés Felipe Giraldo Posso

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer principalmente al a Doctora Cecilia por tener la valentía de asumir un nuevo reto en la prestación del servicio de educación en un caso como el mío, por la ayuda que realizo para poder dar cumplimiento a todo lo asignado en mi carrera. A mi familia por la paciencia y confianza para cumplir este sueño y a mis compañeros que siempre estuvieron ahí para brindarme una mano de apoyo.

Edward Andrés Botero Orozco

Principalmente agradezco al MSc. Julián González Velasco y al Ingeniero Andrés Camilo Torres por la colaboración prestada en este trabajo de grado, también agradecer a mis padres por nunca perder la fe en mí, por ultimo gracias a toda mi familia, amigos y compañeros de carrera que con su granito de arena hicieron posible llegar a culminación de esta etapa.

Andrés Felipe Giraldo Posso

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
GENERALIDADES DEL PROYECTO	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
FORMULACION DEL PROBLEMA	10
JUSTIFICACION.....	10
OBJETIVOS.....	12
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
ANTECEDENTES.....	12
DISEÑO DEL METODO DE INVESTIGACION	16
Caracterización del problema	17
Formulación del modelo.....	17
1. DEL SISTEMA ACTUAL DE ASIGNACION DE SALONES	18
2. PROPUESTA DE MEJORA UTILIZANDO MODELACION MATEMATICA.....	22
3. ANALISIS COMPARATIVO.....	31
3.1 RESULTADOS.....	32
4. CONCLUSIONES	42
5. RECOMENDACIONES	43
6. BIBLIOGRAFIA	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones por salón	20
Tabla 2. Alumnos por carrera académica.....	21
Tabla 3. Horarios utilizados	28
Tabla 4. Conjunto de profesores para el periodo académico	29
Tabla 5. Conjunto de materias ofertadas para el periodo académico	30
Tabla 6. Conjunto de cohortes pertenecientes al programa academico	31
Tabla 7. Conjunto de días lectivos para la programación horaria.....	31
Tabla 8. Resultado del modelo propuesto en AMPL para la cohorte 2.	32
Tabla 9. Resultado del modelo propuesto en AMPL para la cohorte 4	33
Tabla 10. Resultado del modelo propuesto en AMPL para la cohorte 6	34
Tabla 11. Resultado del modelo propuesto en AMPL para la cohorte 8	34
Tabla 12. Resultado del modelo propuesto en AMPL para la cohorte 10	35
Tabla 13. Comparación horario actual cohorte 2.....	36
Tabla 14. Comparación horario propuesto cohorte 2	36
Tabla 15. Comparación horario actual cohorte 4.....	37
Tabla 16. Comparacion horario propuesto cohorte 4	38
Tabla 17. Comparacion horario actual cohorte 6.....	38
Tabla 18. Comparacion horario propuesto cohorte 6	39
Tabla 19. Comparacion horario actual cohorte 8.....	39
Tabla 20. Comparacion horario propuesto cohorte 8	40
Tabla 21. Comparacion horario actual cohorte 10.....	40
Tabla 22. Comparacion horario propuesto cohorte 10	41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño metodológico.....	17
------------------------------------	----

INTRODUCCIÓN

La asignación de recursos es una de las labores más comunes en el día a día de los establecimientos educativos, ya que es un problema en el proceso de planeación de horarios de clases que radica especialmente en programar en un horizonte (generalmente una semana) las asignaturas que se dictan en un período académico determinado (año, trimestre o semestre), para los distintos programas que lo requieren (CABALLERO, 2013).

Durante los últimos 25 años, el acceso a la educación superior aumentó a un mayor ritmo, lo que se tradujo en una tasa de cobertura bruta que pasó del 24,0% en el año 2000 al 49,0% al final del 2015. Durante este período, la población matriculada a nivel de pregrado ascendió de 487.448 estudiantes en 1990 a 873.079 en el año 2000 y a 2.142.443 en el 2014. Este incremento refleja la política de educación superior durante la última década, la cual dio prioridad a este tipo de formación (Melo-Becerra, Ramos-Forero, & Hernández-Santamaría, 2018).

Lo anterior trae consigo un aumento de los problemas de asignación, en este sentido y de acuerdo con (Alvear, 2017), la creación de los horarios es una tarea ardua, que consume mucho tiempo en los procesos internos de la Universidad. Es allí donde el timetabling genera un reto para las ciencias computacionales, por lo que existe gran interés en encontrar técnicas eficientes que resuelvan problemáticas fundamentadas en la programación de cualquier espacio para las actividades académicas, utilizando la menor cantidad de recursos y proporcionando soluciones cercanas al óptimo global (Marín Ángel & Maya Duque, 2016).

Cada año aumenta la cobertura, bien sea por oferta de nuevos programas académicos o de nuevos cupos para estudiantes que ingresan a una institución superior, para atender dicha demanda, los programas académicos están estructurados por mallas o estructuras curriculares pre-establecidas; considerando que pueden existir cambios tanto en el espacio físico, como en la adición de nuevos programas académicos, existe la posibilidad de generar conflictos en la asignación de recursos (salones), afectando negativamente el proceso académico y apreciación de desorganización debido al mal manejo operacional.

Es por esto, que el problema de asignación de horarios y aulas es un tema ampliamente estudiado, toda vez que se pretende hacer un uso óptimo del recurso disponible, procurando el menor tiempo de ocio para los estudiantes durante el proceso de formación en la disciplina para la cual se matricula. (Alvear, 2017)

GENERALIDADES DEL PROYECTO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Universidad del Valle sede Zarzal tiene una ventaja en su ubicación geográfica, lo que genera que los habitantes de los municipios del norte del Valle (Zarzal, Roldanillo, la Paila, La Unión, Bolívar, La victoria, Versalles, etc.) se interesen en formar parte de esta comunidad académica, que ofrece una de las mejores opciones para adelantar estudios superiores y formar profesionales integrales en más de 100 programas de pregrado y postgrado en las diferentes áreas de conocimiento, generando así un incremento en su población estudiantil (Asamblea departamental del Valle, 1945)

Actualmente la Universidad del Valle cuenta con 10500 estudiantes activos en sus sedes regionales y con cerca de 19000 egresados de programas académicos de excelencia que se han convertido en líderes que aportan en el mejoramiento de las empresas, la calidad de vida de la región y la administración pública de los municipios (Asamblea departamental del Valle, 1945).

La Universidad del Valle, tanto en su sede principal, como en sus sedes regionales, disponen de recursos que son limitados, salones con capacidad reducida, talento humano que oficia como docente y que en algunos casos transitan por diferentes sedes de la Universidad, por tanto, su disponibilidad igualmente se ve limitada en su capacidad para dictar clases.

De hecho, en ese constante crecimiento, la infraestructura física es superada por la cantidad de estudiantes que ingresan semestre a semestre. Se puede decir que debido a la gran demanda que presentó, la institución es pionera en el sistema de regionalización de las instituciones de educación superior que hoy por hoy requiere de esfuerzos para su fortalecimiento. En este sentido, Gunawan Kien y NG (citado por Cuadrado 2014), plantea que la asignación de objetos en un espacio y tiempo definido, está sujeto a limitaciones de recursos disponibles para cumplir un conjunto de objetivos deseables, siendo el caso de la Universidad Del Valle sede Zarzal.

No obstante, a pesar de su excelencia académica, se evidencian inconvenientes a la hora de asignar horarios, profesores, salones, entre otros. Problema que no solo presenta la Universidad Del Valle, si no en diferentes instituciones educativas, a este problema se le

conoce con el nombre de Timetabling y la complejidad de este problema está relacionada directamente con las restricciones de cada uno de sus recursos.(CABALLERO, 2013).

Dicho lo anterior, el presente trabajo de investigación aborda la problemática de asignación de horarios para las distintas ofertas académicas con que cuenta esa sede, el cual se ha convertido en un problema de tiempo y conflicto entre los recursos, debido a que el proceso se realiza de forma empírica y manual, es decir, que la persona encargada de esta actividad debe desarrollar su trabajo apoyado en recursos que son obsoletos y por ende sujeto al error humano; lo anterior, genera dificultad en lo que se refiere a las restricciones que se relacionan con esta problemática, ya que, al inicio de cada periodo lectivo es necesario invertir mucho tiempo en la planeación y asignación de estos recursos con el fin de aprovechar al máximo la capacidad de las instalaciones y por ende invertir una gran cantidad de horas-hombre en la realización.

FORMULACION DEL PROBLEMA

Con base en lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera se podría realizar la asignación de horarios de clase, y docentes en los diferentes programas académicos de la Universidad del Valle Sede Zarzal, con el fin de contribuir a mejorar la utilización de los recursos disponibles?

JUSTIFICACION

El “Scheduling Problem” ha sido objeto de intensa investigación durante varios decenios, y es usado como un término general para cubrir determinados tipos de problemas, como por ejemplo la programación de actividades, asignación de personal, en transporte, clínica, entre otros. Debido a su gran extensión, se hace necesario clasificar “Scheduling Problems” hacia actividades especializadas, como el “Timetabling”(programación de horarios), que en el campo de la educación pueden clasificarse en tres categorías, a saber.”Examination Timetabling”, “School Course Timetabling” y “University Course Timetabling”.(Esquivel T, 2014)

De ahí que, el problema de asignación de aulas y horarios no solo cuenta con una buena cantidad de variables, sino que, además, cuenta con un espacio de soluciones altamente

amplio y complejo, que obliga a la búsqueda de posibles soluciones a través de la aplicación de métodos matemáticos complejos (e.g programación lineal, programación no lineal, heurísticas, metaheurística o procesamiento híbridos). El problema de programación de horarios de clase(course timetabling) y asignación de salones es un problema ampliamente conocido en el campo de la investigación de operaciones.(Sarmiento-lepesqueur, Torres-Ovalle, Quintero-araújo, & Montoya-torres, 2012)

Por consiguiente, las universidades con el ánimo de brindar una educación de calidad y consecuentemente garantizar la oferta académica a través de la disposición de espacios que permitan el desarrollo de actividades propias de cada uno de sus programas, evidencian la necesidad de optimizar la capacidad de las aulas que dispone en cada una de las sedes, para lo cual se hace necesario el desarrollo de un modelo matemático que permita incluir las características puntuales, además de maximizar el uso de infraestructura satisfaciendo las necesidades académicas de oferta y demanda.(Esquivel T, 2014)

Actualmente la sede Zarzal cuenta con un total de 110 profesores, de los cuales 4 se encuentran como docentes tiempo completo, 101 hora cátedra y 5 ocasionales, por lo que la asignación de recursos es un factor determinante ya que el espacio no es acorde a la gran demanda y se presentan conflictos por cruce de salones, es por esto, que herramientas que ayuden a tener un mejor aprovechamiento de tiempo, espacio y personas conlleva a un buen desarrollo de actividades, ya que la adecuada gestión de este suma gran importancia a la optimización de los procesos. (Echeverry, Secretaria Académica)

Al realizar esta asignación de forma manual dejaría de lado una gran probabilidad de posibilidades sin explorar otras soluciones, por lo tanto, queda limitada la programación educativa. De acuerdo a lo anterior, se pueden encontrar grandes beneficios tales como: reducción en la asignación del proceso, mejoramiento de la experiencia, mayor facilidad en el momento de planificación. (Echeverry, Secretaria Académica).

En particular, la asignación de los escasos recursos con que cuenta la institución requiere que se programen teniendo en cuenta las restricciones propias de un sistema de formación que sostiene con una alta participación de docentes hora cátedra, procurando que afecte lo menos posible la fuente de ingresos de los profesores que viven de ésta actividad, se maximice el uso de los espacios con que cuenta la institución, se eliminen en la medida de lo posible los espacios de ocio o baches en la asignación y por ende evitar tránsitos largos de los estudiantes para su formación.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Mejorar la asignación semanal de horarios de clase para un período académico de un programa en una institución de educación superior en el Norte del Valle.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar el estado actual de la asignación de horarios de clases para un programa académico en una institución superior en el Norte del Valle.
- Definir un modelo matemático que permita la asignación de horarios de clase en la institución caso de estudio.
- Realizar un análisis comparativo de la asignación de horarios propuesto vs el actual para medir su impacto en función del aprovechamiento de los recursos con que cuenta la institución académica.

ANTECEDENTES

El problema del horario está en la clase de problemas NP-difíciles. Esto significa que la cantidad de tiempo y trabajo requerido para resolver este tipo de problemas aumenta exponencialmente con el tamaño del problema, razón por la cual, hace que estos problemas sean más difíciles y consuman más tiempo. El uso óptimo de los recursos educativos depende de la mejor optimización de la programación del curso. La optimización de la programación de asignaturas debe lograrse mediante restricciones estrictas y, en la medida de lo posible, restricciones blandas (Mousa & El-Sisi, 2013).

Para la solución de este problema, (Fredy et al., 2008) en el documento “Programación óptima de horarios de clases usando un algoritmo mimético” realizado en Pereira Risaralda, Colombia, presentaron como objetivo de investigación la programación óptima de horarios; para ello la metodología se basó en el estudio del Algoritmo Matemático, dicho algoritmo se propuso y basó en la modificación del algoritmo genético planteado por Chu-Beazly. Los resultados del estudio proporcionaron resultados interesantes en la resolución del problema de optimización de horarios en cuanto a calidad de la respuesta y velocidad de convergencia de los horarios de clase.

Así mismo (Fredy et al., 2008) en su texto “Problema de asignación óptima de salones resuelto con Búsqueda Tabú” realizado en la universidad del norte en Barranquilla Atlántico Colombia, plantean que tal modelo es utilizado por la comunidad científica del Reino Unido, planteando un conjunto de restricciones denominadas duras o de obligatorio cumplimiento. En los resultados se pueden ver que los movimientos propuestos para la generación del vecindario tienen la capacidad, junto con las estrategias de Búsqueda Tabú, de escapar de óptimos locales y reducir restricciones duras y blandas, ya que, permiten el cambio de salones y horas para cualquier evento.

Por su parte (CABALLERO, 2013) se planteó como objetivo encontrar una solución mediante un procedimiento de optimización meta heurística al problema de asignación de horarios y salones para el programa de ingeniería industrial de la universidad de la Guajira en el documento titulado “Asignación de horarios de clases universitarias mediante algoritmos evolutivos”; estos últimos se consideran una técnica de optimización basada en los principios de la evolución natural. Los resultados de este estudio como era de esperarse fueron coherentes con las expectativas haciendo posible la utilización de algoritmos evolutivos para el problema de asignación de recursos.

De igual forma Ahumada (2015) en su trabajo “Generación de horarios académicos en Inacap utilizando algoritmos genéticos” realizado en Santiago de Chile, pretendió ofrecer una alternativa de solución para el problema de la asignación de horarios y salas en INACAP., mostrando el diseño y la implementación de un algoritmo genético que logra resolver el problema planteado en tiempos muy razonables y con una muy buena calidad de las soluciones reflejada en el bajo porcentaje de choques horarios. Los resultados se consideran fundamentales, en tanto, se cumplió con el este trabajo dado y se cuenta con la herramienta que realiza un proceso que antes tardaba semanas o días en el mejor de los casos, asegurando así que los horarios generados cumplan con las restricciones impuestas y la flexibilidad de poder realizar asignaciones horarias parciales.

En “Experimentos con Algoritmos Genéticos para resolver un problema real de Programación Maestros-Horarios-Cursos” un trabajo desarrollado por (Flores et al., 2003) en Hermosillo Sonora México, se propusieron desarrollar un modelo para el departamento de matemáticas de la Universidad Sonora por medio de algoritmos genéticos. Este trabajo se realizó en 3 etapas, en la primera se encontraron los parámetros para un solo algoritmo por medio del método de ruleta, en la segunda etapa se realizaron corridas con los parámetros encontrados en la primera etapa esto con la finalidad de hallar la solución más óptima del algoritmo, en la tercera y última etapa se afirman los resultados los resultados de los parámetros para el algoritmo con torneo y cruzamiento uniforme.

(Fredy et al., 2008) en el documento "Problema de asignación óptima de salones resuelto con Búsqueda Tabú", presentó un modelo matemático del problema, así como una metodología basada en la búsqueda tabú, esto con el fin de encontrar soluciones factibles y así minimizar la función objetivo mediante los métodos: estructura de vecindad y estrategias para desenvolver el proceso de búsqueda; la metodología empleada se desarrolló mediante la implementación de búsqueda tabú en donde se utiliza una estructura de memoria de corto plazo con el fin de evitar regresar a configuraciones ya visitadas.

Del mismo modo (Esquivel T, 2014) planteo un "Modelo matemático para la programación de un horario escolar con multi-localización de docentes", a través de la elaboración de un modelo matemático para la construcción de un horario escolar de secundaria que cumpla las restricciones, la multi-localización y las necesidades del cuerpo de docentes. Como resultado obtuvieron que la complejidad del modelo depende de programar asignaturas en periodos consecutivos, en 5 de las 6 instancias, solo la primera cumplió con el requerimiento (16,67%). Se concluyó que el modelo cumplió con los objetivos planteados; en cuanto a la metodología de solución y la herramienta computacional empleada, el tiempo de solución del modelo varía dependiendo del tamaño de la instancia y del volumen de las restricciones, pues entre mayor volumen más complejo la búsqueda de la solución óptima y por ende el tiempo de solución aumenta.

Por su parte los autores (Rojas Pradenas, Oliva San Martín, & Saldaña Crovo, 2007) postularon "Modelos de programación entera para un problema de programación de horarios para universidades" en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción en Chile, buscando resolver problemas reales de programación de horarios mediante técnicas de programación lineal entera, el problema se puede definir como Class-Teacher Timetabling, con asignación de aulas. En cuanto a los resultados se realizaron dos formulaciones distintas y se generaron dos enfoques de solución obteniendo un total de 4 métodos de resolución, esta investigación ha caracterizado, modelado y resuelto un problema de Programación de Horarios en Universidades a través de Programación Lineal Entera, obteniéndose Modelos y Métodos que permiten resolver problemas de gran tamaño en Tiempos Computacionales razonables y satisfaciendo Niveles de Calidad deseados.

Resulta oportuno mencionar el trabajo realizado por (Hernández, Miranda P, & Rey, 2008) "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 Santiago Chile, decide simultáneamente los horarios de los cursos y la asignación de salas, teniendo el resultado de satisfacción de los requerimientos

obligatorios y mejora en forma significativa el cumplimiento de las condiciones deseables. En particular, mientras la programación actual solo conseguía programar alrededor de un 40% de las clases auxiliares el día miércoles, la solución obtenida por el modelo permitió hacerlo con más del 90 %; adicionalmente, se reduce sustancialmente el tiempo requerido para la obtención de la programación de horarios y asignación de salas de clase.

En el mismo orden (Guerra Cubillos, Pardo Quiroga, & Salas Ruiz, 2013) en el texto “Problema del School Timetabling y algoritmos genéticos: una revisión”, revisaron las diferentes técnicas con las cuales se puede solucionar el problema de “School Timetabling” y como último enfatizaron en la técnica de algoritmos genéticos (que para el caso del presente trabajo fue la elegida para hallar la solución); como conclusión obtuvo que el uso de los algoritmos genéticos con sus pros y contras es la mejor solución al método propuesto de School Timetabling por su facilidad de uso y la diversidad de soluciones que puede generar.

(Neira, 2014) planteó en su documento “El problema de timetabling para colegios chilenos. Solución mediante Algoritmos Genéticos”, desarrollando un modelo matemático entero para el problema de asignación de horarios de asignaturas y profesores para colegios utilizando un software Lingo en problemas de pequeño tamaño, diseñando un método heurístico basado en algoritmos genéticos para la solución de problemas reales de mayor tamaño. La utilización del programa Lingo arrojó que es una herramienta confiable debido a su gran potencial de resolución de problemas de optimización y su interacción con bases de datos, además, encontraron que tiene sus limitaciones a la hora de resolver problemas de tamaño real de programación de horarios, por lo que, se hace necesario el uso de herramientas heurísticas debido a su complejidad; si bien, no todas las instancias fueron resueltas encontrando los valores óptimos, con este estudio se pudo demostrar que es posible encontrar soluciones factibles para el problema de programación de horarios, en contraste con los estudios comparativos de metaheurísticas posibilitando la resolución del problema en tiempos computacionales deseables.

Para concluir como se logró evidenciar hasta este momento en la revisión de los documentos, el problema Timetabling se enfoca en encontrar solución una vez obtenido el conjunto de datos necesario (aulas, docentes y materias), con el fin de optimizar los recursos de las instituciones educativas; así como también, dejan en claro a través de los procesos desarrollados, las limitaciones, la cantidad y el tiempo que duran las distintas divisiones, pues, a pesar de las simplificaciones y restricciones no asegura encontrar una solución, sí un resultado muy posiblemente relacionado con el hardware en donde se ejecute.

En cuanto al diseño metodológico la propuesta de mejoramiento se acomoda a un tipo de estudio experimental, pues, tal como lo plantea (Herrera, 2011) los efectos de los actos producidos conllevan a mecanismos o técnicas para probar las hipótesis planteadas; como método de estudio se puede establecer como cuantitativo, ya que, está basado en un modelo matemático en donde las variables, formulas, magnitudes, porcentajes, valores, entre muchos otros, constituyen una visión unificada, metódica y ordenada de la información numérica con que se cuenta.

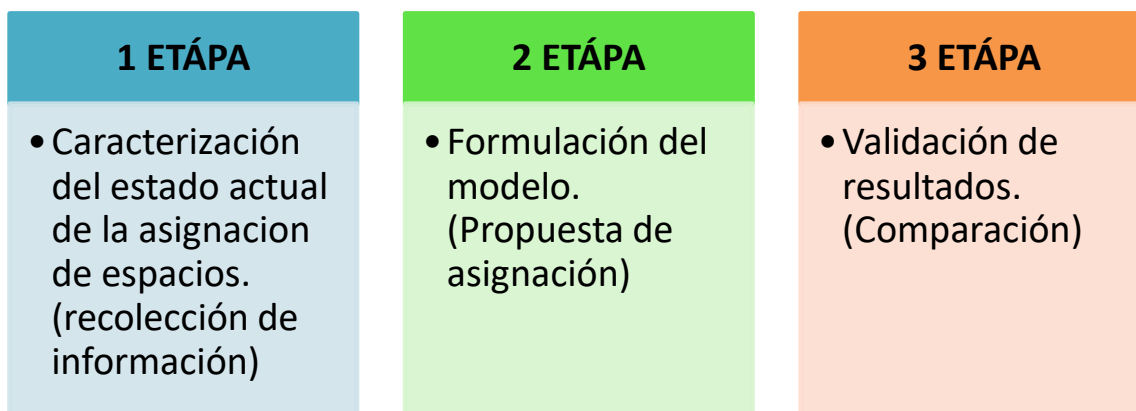
Por otra parte, las fuentes de información se constituyen en un factor fundamental, puesto que, con ellas se fortalece el componente teórico y la veracidad de los resultados del estudio, las fuentes primarias se caracterizan por ser un tipo de información oral o escrita recolectada a través de relatos o escritos de personas involucradas (Herrera, 2011); en este caso los hechos narrados y evidenciados por la persona encargada de asignar los horarios y salones de la clase en la Universidad. Las *fuentes secundarias* por su parte, se traducen en la información escrita, documentos, informes, revistas, prensa, entre otras, que fortalecen los argumentos planteados y a su vez le dan validez.

DISEÑO DEL METODO DE INVESTIGACION

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico se realizó la caracterización del estado actual de la asignación y realización de los horarios se efectúa de una forma manual, volviéndose un ejercicio o trabajo de gran dificultad por las variables que debe tener en cuenta a la hora de asignar horarios y docentes para cada uno de los programas académicos que esta institución de educación superior y esto genera reprocesos a la hora de ejecutar dicha actividad ya que se presente algunos cruces de horarios y no disponibilidad de docentes.

Para el alcance de cada uno de los objetivos específicos, se desarrollaron unas etapas de solución, de manera que logren alcanzar el objetivo general propuesto.

Figura 1. Diseño metodológico



Fuente: elaboración propia

Caracterización del problema

En esta etapa se identifica los conjuntos principales para la realización del modelo se necesitaron los siguientes datos, la cantidad de cohortes y cada materia que se imparte en cada una de ellas, como también el listado de profesores con sus correspondientes materias y sus disponibilidades de tiempo para realizar la clase teniendo en cuenta los días lectivos y horarios para una carrera diurna

Formulación del modelo

En la caracterización del estado actual del modelo, se abordaron problemáticas que afectan la asignación de los espacios de tiempo necesarios para la programación académica semanal, tales como son la disponibilidad de cada uno de los docentes, así como la cantidad de horas que necesita cada asignatura.

Para el desarrollo del modelo se tuvo en cuenta la metodología propuesta por (Canseco, Sánchez-partida, & Olivares-benitez, 2016).

El modelo se desarrolló de la siguiente manera, se asoció los profesores a las materias teniendo en cuenta su pedagogía, luego de esto se relacionaron las materias que son dictas en cada una de las cohortes considerando la intensidad horaria semanal que cada

materia requiere, por ultimo tomamos en cuenta las restricciones de tiempo con la que cuentan los docentes para evitar los cruces en cada asignatura.

En el análisis comparativo se analizará las asignaciones resultado del método actual, contra las del método propuesto, por lo cual se busca cuál de los dos métodos tiene una mejor distribución para las asignaturas en la programación semanal.

1. DEL SISTEMA ACTUAL DE ASIGNACION DE SALONES

La Universidad del Valle se ha caracterizado por ser unas de las mejores instituciones de educación superior del país de la mano del sistema de regionalización, el cual ha sido un factor fundamental para el desarrollo educativo y profesional de los municipios del departamento, ya que, las sedes de Buga, Caicedonia, Cartago, Buenaventura, Yumbo, Palmira, Santander de Quilichao y Zarzal se convierten en el medio a través del cual las personas de estos territorios y sus respectivas áreas de influencia, se preparan académicamente para ingresar al mercado laboral de un mundo altamente globalizado.

Como se mencionó anteriormente La Universidad del Valle sede Zarzal empezó sus funciones de acuerdo con la resolución No. 105 de septiembre 05 de 1986 emanada del Consejo Superior de la Universidad del Valle, prestando los servicios de educación superior a una población proveniente principalmente de los municipios de Andalucía, Bolívar, Bugalagrande, El Dovio, la Unión, Obando, Roldanillo, Versalles, Toro y por supuesto Zarzal; mediante los programas académicos de administración de empresa, contaduría pública, trabajo social, ingeniería industrial, tecnología en alimentos, tecnología en electrónica, tecnología en sistemas, tecnología agroambiental y tecnología en dirección de empresas turísticas y hoteleras.

En este sentido la asignación de recursos (horarios, salones, educadores) se convierte en un factor fundamental en el desarrollo y proceso semestral de la institución, puesto que, el manejo de los mismos consiste precisamente en las aulas, materias y los periodos disponibles por la institución, teniendo como fin vincular a los estudiantes con los bienes de la universidad (Vivanco, 2018). En este sentido, los problemas de asignación “consisten en generar horarios para tareas definidas buscando cumplir de la mejor manera con condiciones y requerimientos específicos” (CABALLERO, 2013)

Existe pues un problema al momento de poner en juego los horarios, salones y docentes de las instituciones denominado entre diversos autores como Timetabling,

calendarización de horarios o sencillamente problema en la asignación de horarios; del cual la sede de la Universidad del Valle no está exenta, pues, dicha situación se lleva a cabo mediante un proceso empírico, es decir, que la persona encargada de esta actividad debe desarrollar su trabajo de forma manual. Lo anterior, genera dificultad en lo que se refiere a las restricciones que se relacionan con esta problemática, ya que, al inicio de cada periodo lectivo es necesario invertir demasiado tiempo en la planeación y asignación de estos recursos, con el propósito de aprovechar al máximo la capacidad de las instalaciones y, por ende, una cantidad de horas-hombre en su realización, gracias a que no se cuenta con un sistema automatizado que desarrolle la tarea.

Cabe mencionar que la gran demanda que ha tenido la Universidad del Valle sede Zarzal, a través del tiempo ha generado un mayor flujo de información en cada una de los programas académicos que ofrecen, creando así procesos de gestión y administración más complejos; que a su vez crean la necesidad de ocupar al máximo los recursos con los cuentan, así como también, la disminución de los costos o el tiempo de los procesos que intervienen en la problemática que se plantea resolver.

Para ello se requiere desarrollar la investigación de operaciones para realizar dichos modelos, ya que, este proceso como se ha mencionado se hace forma manual presentando falencias, por tanto, se establece esta propuesta de modelo matemático en el programa de ingeniería industrial, con el objetivo de ofrecer un mejoramiento en la asignación de los recursos y la normalidad de la labores académicas, teniendo en cuenta la infraestructura y el bienestar de los estudiantes, docentes y administrativos.

En este orden de ideas, se considera de gran importancia que, para el desarrollo de una solución, se debe tener en cuenta la optimización de las tareas ejercidas por las personas involucradas directamente (estudiantes y profesores) al establecer restricciones para la asignación de aulas y con ello evitar inconvenientes tales como dos materias fijadas para el mismo salón en el mismo periodo de tiempo.

Estos conflictos se pueden evitar al realizar una correcta asignación, disminuyendo el tiempo empleado al comienzo de cada semestre por la persona encargada de esta labor; lo anterior conllevaría a que la Universidad pueda adoptar el modelo para todos los programas ofertados y de este modo esté preparada en la apertura semestral debido al auge que ésta tiene en la región. Además, en el día a día se estima que las instituciones implementen mejoras con el propósito de tener un excelente manejo de sus recursos así sirvan de ejemplo a las instituciones técnicas, tecnológicas y profesionales a nivel local, regional, nacional y por qué no internacional.

Como se puede evidenciar la universidad cuenta con una capacidad de 20 aulas de clase, para las cuales se tienen las especificaciones de cada salón y el número de sillas correspondientes a estos, se encuentran dotados con aire acondicionado y proyector de video, sin embargo, la asignación es arbitraria para cualquier clase salvo que existe alguna restricción.

Tabla 1. Especificaciones por salón

Salones	Tipo de ambiente de aprendizaje	Objetivo del ambiente de aprendizaje	Área (m ²)	Sillas
1	Salón 140	Salón de clase	58.7	55
2	Salón 145	Salón de clase	59.1	60
3	Salón 200	Salón de clase	58.7	50
4	Salón 205	Salón de clase	35.7	30
5	Salón 210	Salón de clase	44	35
6	Sala de sistemas 1(215)	Salones de practica	70.4	40
7	Sala de sistemas 2 (220)	Salones de practica	41.2	25
8	Sala de sistemas 3 idiomas(225)	Salones de practica	59.9	28
9	Salón 300	Salón de clase	58.7	55
10	Laboratorio de alimentos- 305	Salones de practica	59.1	15
11	Laboratorio de electrónica -310	Salones de practica	49.8	15
12	Salón 315	Salón de clase	44.5	37
13	Salón 320	Salón de clase	36.9	40
14	Salón 325	Salón de clase	59.6	57
15	Salón 335	Salón de clase	16.4	12
16	Salón 1(sótano biblioteca)	Salón de clase	56.4	41
17	Salón 2(sótano biblioteca)	Salón de clase	80.1	60
18	Sala de sistemas 4- Salones 32.6 biblioteca	de practica		10
19	Biblioteca(área lectura y consulta)	Salones de practica	129.8	80
20	Auditorio	Salones de practica	243	280

Fuente: Secretaria académica – Univalle Zarzal - 2018

Cabe mencionar que la sede hasta este año contaba con un problema de infraestructura y sumado a ello las admisiones generan un hacinamiento que supera la capacidad total de su planta física, para el segundo semestre del 2018 se ofertaron 10 programas académicos entre jornadas diurnas y nocturnas para un total de 1263 estudiantes distribuidos en las diversas programas y en las diferentes jornadas; generando problemas a la hora de asignar los recursos existentes (salones de clase, horarios, docentes).

Tabla 2. Alumnos por programa académica

CARRERA PROFESIONAL	DIURNA	NOCTURNA
Tecnología en Electrónica	29	25
Tecnología en Sistemas	40	60
Tecnología en Alimentos	67	3
Tecnología Agro ambiental	42	x
Tecnología Hotelería y turismo	60	x
Trabajo social	184	x
Ingeniería industrial	258	x
Contaduría Pública	95	132
Administración de Empresas	150	183
Especialización en finanzas (postgrado)	6	x

Fuente: Elaboración propia, 2018.

De esta manera, se puede establecer que la comunidad educativa se ve afectada, por tal motivo se formuló una propuesta que pretende mejorar la situación planteada mediante la adopción de un modelo matemático que optimice la administración de los recursos en cuanto al programa académico de ingeniería industrial; buscando así evitar el cruce de horarios y procurando que los grupos de estudiantes no sobrepasen la capacidad de los salones.

Lo anterior se plantea en términos de las instalaciones actuales de la Universidad del Valle sede Zarzal, pues, comenzado el presente año 2019 el nuevo campus universitario abrió sus puertas a la comunidad y del que se espera la oferta de nuevos programas

académicos y el aumento de la población estudiantil, por lo que se espera que esta propuesta se consolide como un mejoramiento que se ajuste a los nuevos retos institucionales.

El sistema actual de asignación empieza con la recolección de datos por parte de cada uno de los coordinadores de plan, exigiendo de entrada la disponibilidad de cada uno de los docentes que van a ser contratados para las asignaturas académicas correspondientes a cada una de las carreras que van a ser ofertadas, luego de tener esta información se pasa a secretaría académica para que el encargado de realizar esta labor estudie la información brindada, analizando cada de las disponibilidades para que no existan cruces entre ellas, ya que hay profesores que son contratados para dictar diferentes materias en una o más cohortes de los distintos programas académicos, incluso después de realizar este análisis se presentan cruces entre asignaciones e inconformidades entre docentes y alumnos.

2. PROPUESTA DE MEJORA UTILIZANDO MODELACION MATEMATICA

Las instituciones de educación superior por décadas han buscado y utilizado sistemas basados en modelos matemáticos que sustenten un rango de acciones operativas, entre ellas, la programación de actividades, el uso de la infraestructura de una manera eficiente y la planificación adecuada de los recursos para su funcionamiento, ya que, tal como lo plantea (Miranda, 2014)

Claramente, estos problemas se entremezclan entre sí, ya que, la planificación de la capacidad es un input para la programación de actividades de largo plazo. Por tanto, si se es capaz de resolver estos tres problemas de manera conjunta será posible determinar la solución óptima del problema global y, por ende, se determinará de manera precisa los recursos que demanda una universidad para realizar sus actividades académicas.

En el corto plazo, los problemas 1 y 2 se traducen en determinar la programación horaria de las actividades (como cursos, seminarios, o charlas) que imparten las universidades y la asignación de la infraestructura más adecuada para llevarlas a cabo. Generalmente, estos problemas deben ser resueltos semestre a semestre, no siendo posible replicar completamente las programaciones de semestres anteriores. Esto se explica principalmente por el dinamismo intrínseco con que funcionan las universidades, observándose por ejemplo, que las disponibilidades horarias de los profesores cambian constantemente; que existen cambios en las mallas curriculares, tanto en los requisitos, como en la creación de nuevos cursos; que se crean nuevos planes de estudio que

compiten por el espacio físico común; así como, que constantemente los requerimientos de los cursos por ciertos tipos de salas de clase también cambian

En este sentido se puede decir que una mala asignación de recursos como lo es la horaria, puede generar conflictos entre los diferentes cursos al que un mismo grupo de estudiantes se debe inscribir, también, se puede llegar a asignar aulas de clase con la capacidad insuficiente, provocando disgustos tanto en los docentes, alumnos y directivos; lo anterior con seguridad puede crear una imagen negativa del establecimiento educativo, pues se puede llegar a ver como falta de organización. Por otra parte, dichas situaciones tienden a generar costos de operación como “arrendar salas de clase externas a la universidad; tener que financiar mecanismos de compensación a los estudiantes afectados; costos de oportunidad al subutilizar las salas de clase, permitiendo un gran número de asientos vacíos” (Miranda, 2014, p.3). Por lo anterior, es indispensable contar con enfoques de solución eficientes que optimicen de la mejor manera los recursos disponibles.

En consecuencia, de lo anterior y de acuerdo a los postulados de Miranda (2014) para el problema de programar los horarios y salones de clase:

- Se debe determinar el número y tipo de salas de clase que deben ser arrendadas, remodeladas o construidas, así como el número y tipo de profesores que serán necesarios para hacer frente a variaciones (aumentos o disminuciones) del número de matrículas.
- Considerar un horizonte de planificación mayor, como, por ejemplo, la cantidad de estudiantes que ingresarán a primer año, así como, determinar Cuántos estudiantes se inscribirán en los distintos cursos que se imparten en una malla curricular. Por tanto, es evidente que para poder pronosticar de buena manera el número de “horas-asiento-profesor”, antes debemos comprender cómo es el paso de los estudiantes por las mallas curriculares de cada carrera Miranda (2014).

Así el Timetabling (planificación) según los postulados de (Silva, Teórico, & Arte, 2017) Puede ser definida como el proceso de toma de decisiones para alcanzar un futuro deseado, teniendo en cuenta la situación actual y los factores internos y externos que pueden influir en el logro de los objetivos (...) Otros hablan de ella como un problema que conlleva trabajos o actividades que deben de ser establecidas en espacios que están restringidos a ciertas condiciones que pueden o no ser cumplidas y que de manera óptima deberá cumplir una función objetivo.

Es decir, que se busca la asignación de horario y salones de clase a cada grupo de modo tal que los docentes dicten las materias que ofrece la institución, lo anterior supone que los estudiantes quepan en las aulas y que los horarios no se crucen al igual que las materias de los profesores.

La programación de horarios tal como se viene mencionando asigna cada curso a un bloque de horario y aula de clase, teniendo en cuenta una serie de restricciones y requerimientos que facilitan el funcionamiento normal de las universidades:

Las restricciones en estos problemas se clasifican en dos tipos: duras y flexibles. Las restricciones duras son aquellas que se deben cumplir obligatoriamente como, por ejemplo: los profesores no pueden dar dos cursos al mismo tiempo, un curso no puede estar en dos aulas al mismo tiempo, cada curso debe ser asignado a una hora y aula específicos con un solo profesor determinado, etc. Las restricciones flexibles no se deben cumplir necesariamente, pero se relacionan con la función objetivo por lo que la meta es maximizar el número de restricciones satisfechas. Ejemplos de restricciones flexibles son: peticiones de profesores para ciertas clases y aulas en particular, ciertos cursos con prioridad para ser asignados a ciertas horas, utilización de la capacidad de las aulas (Alvear, 2017)

En este sentido, se evidencia que los enfoques más utilizados para la resolución de este problema se basan en programaciones lineales enteras, mostrando beneficios en su aplicación, sin embargo, hay propuestas de enfoques heurísticos que buscan aproximar la solución óptima del problema mediante a través de procedimientos diferentes(CABALLERO, 2013)

Los enfoques de solución basados en heurísticas pueden ser divididos en 3 tipos, el primer tipo son las Heurísticas Secuenciales las cuales asignan cada curso en un bloque horario válido de manera secuencial, tal que, en el mismo bloque, no existan conflictos horarios con otros cursos que deban ser inscritos por un mismo grupo de estudiantes (...) El segundo tipo son las Heurísticas de Cluster que contemplan dos etapas secuenciales. En una primera etapa particionan el conjunto de cursos en grupos que satisfacen las restricciones duras del problema y, en una segunda etapa, se programan los cursos en los diferentes bloques horarios (...) Cabe destacar que una debilidad de este tipo de enfoque es que los grupos de cursos son fijados al comienzo del procedimiento lo que puede provocar que la programación horaria sea de baja calidad. Finalmente, el tercer tipo son las Metaheurísticas las cuales han sido ampliamente utilizadas para resolver problemas de programación horaria de cursos. Entre los principales desarrollos podemos mencionar, por ejemplo: Simulated Annealing, Tabu Search, algoritmos genéticos, redes

neuronales artificiales, honey-bee mating y, algunos enfoques híbridos que mezclan dos metaheurísticas particulares. En general, las metaheurísticas comienzan con una o más soluciones factibles iniciales del problema y, luego mediante diferentes estrategias de búsqueda, tratan de mejorar la calidad de la solución evitando caer en mínimos locales. Las metaheurísticas pueden encontrar soluciones de buena calidad, sin embargo, a menudo tienen un considerable costo computacional y no permiten saber qué tan lejos se encuentra de la solución óptima del problema original(CABALLERO, 2013)

De acuerdo a la importancia estratégica de la programación de horarios o Timetabling, se establece que exigen recursos y proyección a largo plazo, por ende, es de vital importancia las buenas decisiones respecto a ellas, pues de no ser así afectarían de forma negativa a todo el establecimiento educativo, pues:

Por un lado, si la planificación de la capacidad está muy por debajo de los requerimientos de las mallas curriculares, disminuirá considerablemente la calidad del servicio, no habrá espacio disponible para programar ciertos cursos, ni tampoco profesores idóneos para dictar sus sesiones. Este escenario, puede derivar en el arriendo de salas de clase externas, la programación de cursos en salas de clase no adecuadas, utilizar módulos horarios no deseados, o que los cursos centrales no se dicten por especialistas. Por otro lado, si planificamos la capacidad por sobre la demanda de requerimientos, ocasionará un aumento considerable en los costos de inversión, costos de operación y mantenimiento de la infraestructura, y posiblemente un aumento innecesario de las contrataciones de nuevos profesores(CABALLERO, 2013)

Dichas situaciones como ya se ha mencionado provocaran descontento e inconformidad en estudiantes, docentes y directivos, además de que puede afectar la imagen y status que de la universidad tenga la población en general.

La planificación de la capacidad contempla decisiones en ámbitos diversos, tal como lo plantea(CABALLERO, 2013)aquellas relacionadas a la infraestructura como la remodelación de las aulas de clase; el arriendo de salones externos que cumplan con las condiciones mínimas; la construcción de nueva infraestructura sea un edificio o un nuevo campus universitario y las decisiones respecto al staff de docentes, lo que implica tener presente el número de profesores, la carga docentes o cualquier elemento requeridos para tal fin.

En este orden de ideas se concluye que el Timetabling, calendarización horaria o problema en la asignación de horarios, es un problema que afecta a las instituciones de educación superior y la Universidad del valle sede zarzal no es ajena a ello, pues la

asignación de horarios y salones de clase se realiza de manera artesanal, es decir, una persona se encarga de distribuir los recursos de la mejor manera posible para él; sin embargo, con la presente propuesta se pretendió optimizar los recursos y facilitar el trabajo en cuanto a la asignación de horarios y salones de clase para el programa de ingeniería industrial de la sede.

MODELAMIENTO DE LA PROPUESTA

Supuestos

Se parte del supuesto que para la asignación de los salones se realizaran de manera manual ya que tomamos la capacidad de los salones de forma homogénea (5 salones), es decir sin restricción de capacidad.

Para el desarrollo del modelo matemático es importante mencionar los elementos que se tuvieron en cuenta de acuerdo al índice, los conjuntos, subconjuntos, parámetros, variables y la manera en la cual se clasificaron las cohortes del programa de ingeniería industrial.

Índices

- ***P*** = ***Profesores***.
- ***M*** = ***Materias***.
- ***I*** = ***Intervalos de tiempo***.
- ***D*** = ***Días***.
- ***C*** = ***Cohortes***.

Conjuntos inducidos

- ***disprof***: Disponibilidad horaria de profesores.
- ***profdis***: Profesores disponibles en los intervalos de tiempo.
- ***IM***: Materias para cada intervalo.
- ***PM***: Profesores por cada materia.
- ***MP***: Materias por cada profesor.
- ***DINT***: Días que contienen los intervalos.
- ***IND***: Intervalos para cada día.

- **CHMAT**: Cohortes a la cual pertenece cada materia.
- **MATCH**: Materias correspondientes a la cohorte.

Parámetros

- **cmat** : materias por cohortes.
- **hormt** : horas para cada materia.
- **intermat** : intervalos para cada materia.

Variables

X_{dimpc} : si la materia $m \in M$, pertenece a la cohorte $c \in C$, es dictada por el profesor $p \in P$, en un intervalo de tiempo $i \in I$, en el día $d \in D$, 0 de lo contrario

Función objetivo

La función objetivo busca maximizar la suma de las asignaciones en los días $d \in D$, en los intervalos $i \in I$, para las materias $m \in M$, los profesores $p \in P$, de las cohortes $c \in C$. Como se muestra en la ecuación

$$Max Z = \sum_{d \in D} \sum_{i \in DINT[d]} \sum_{m \in M} \sum_{p \in MP[m]} \sum_{c \in MATCH[m]} X_{dimpc}$$

Restricciones

$$\bullet X_{dimpc} \leq intermat_{[i,m]} \quad \forall d \in D, \forall i \in DINT_{[d]}, \forall m \in M, \forall p \in MP_m \quad (1)$$

$$\bullet \sum_{i \in MI_{[m]}} X_{dimpc} \leq 3 \quad \forall d \in D, \forall m \in M, \forall p \in P, \forall c \in MATCH_{[m]} \quad (2)$$

$$\bullet \sum_{i \in disprof_{[p]}} X_{dimpc} \leq 3 \quad \forall d \in D, \forall m \in M, \forall c \in MATCH_{[m]} \quad (3)$$

$$\bullet \sum_{m \in PM_{[p]}} X_{dimpc} \leq 1 \quad \forall d \in D, \forall i \in DINT_{[d]}, \forall p \in P, \forall c \in C \quad (4)$$

$$\bullet \sum_{i \in DINT_{[d]}} X_{dimpc} \leq hormat_{[m]} \quad \forall d \in D, \forall p \in P, \forall m \in M, \forall c \in C \quad (5)$$

$$\bullet \sum_{p \in P} \sum_{m \in CHMAT_{[c]}} X_{dimpc} \leq 1 \quad \forall d \in D, \forall i \in DINT_{[d]}, \forall c \in C \quad (6)$$

$$\bullet X_{dimpc} \in \{0, 1\} \quad \forall d \in D, \forall i \in I, \forall m \in M, \forall p \in P, \forall c \in C \quad (7)$$

$$\bullet X_{dimpc} \geq 0 \quad \forall d \in D, \forall i \in I, \forall m \in M, \forall p \in P, \forall c \in C \quad (8)$$

El conjunto de restricciones (1) nos garantiza que se cumplan las disponibilidades de todas las materias **m** en los intervalos **i**, por otro lado, el conjunto de restricciones (2) asegura que se impartan a lo más tres intervalos **i** por materia **m**, el conjunto de restricciones (3) hace que los intervalos **i** por materia **m** estén contenidos en la disponibilidad del profesor **p**, el conjunto de restricciones (4) evita que un profesor **p** pueda ser asignado a otra materia **m** de la misma cohorte **c**, el conjunto de restricciones (5) garantiza que los intervalos **i** de las materias **m** en un día **d** sean iguales a la cantidad de intervalos **i** diarios que requiere dicha materia **m**, el conjunto de restricciones (6) evita que se produzcan cruces entre las materias **m** de la misma cohorte **c**. En (7) se integra la definición de las variables binarias y por último en (8) se establece la ecuación de no negatividad.

Intervalos de horario utilizados

Se toman intervalos de 1 hora comprendidos desde las 7:00 am hasta las 6:00pm. Esto para cada día, así como se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Horarios utilizados

HORARIO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
7:00AM-8:00AM	I=1	I=12	I=23	I=34	I=45	I=56
8:00AM-9:00AM	I=2	I=13	I=24	I=35	I=46	I=57
9:00AM-10:00AM	I=3	I=14	I=25	I=36	I=47	I=58
10:00AM-1:00AM	I=4	I=15	I=26	I=37	I=48	I=59
11:00AM-2:00PM	I=5	I=16	I=27	I=38	I=49	I=60
12:00PM-1:00PM	I=6	I=17	I=28	I=39	I=50	I=61
1:00PM-2:00PM	I=7	I=18	I=29	I=40	I=51	I=62
2:00PM-3:00PM	I=8	I=19	I=30	I=41	I=52	I=63
3:00PM-4:00PM	I=9	I=20	I=31	I=42	I=53	I=64
4:00PM-5:00PM	I=10	I=21	I=32	I=43	I=54	I=65
5:00PM-6:00PM	I=11	I=22	I=33	I=44	I=55	I=66

Fuente: Elaboración propia, 2019.

- **Parámetros de profesores**

Tabla 4. Conjunto de profesores para el periodo académico Agosto-Diciembre del 2018

No.	PROFESORES
1	ALVARO WALDOMIRO
2	RICARDO PULIDO
3	ANGELA LOPEZ
4	WILSON TAMAYO
5	CUPERTINO FAJARDO
6	CARLOS CUARTAS
7	CARLOS MARTINEZ
8	CARLOS ROJAS
9	LUIS PEREA
10	HAROLD ALVAREZ
11	JUAN JOSE ROJAS
12	JULIAN GONZALEZ
13	LEONEL BENITEZ
14	LILIANA MONTANO
15	LUIS HURTADO
16	JUAN CARLOS GALEANO
17	MAURICIO BUITRAGO
18	MARIA FERNANDA GRANADA
19	RAUL ARANGO
20	RIENZI MONCAYO
21	SERGIO GIRALDO
22	VICTOR RODRIGUEZ
23	VIVIAN CHUD

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Parámetros conjuntos de materias

Tabla 5. Conjunto de materias ofertadas para el periodo académico Agosto-Diciembre del 2018

No.	MATERIAS
1	ALGEBRA LINEAL
2	ALGORITMIA
3	ANALISIS ECONOMICO
4	CALCULO II
5	CONTROL DE CALIDAD
6	CREATIVIDAD Y EMPRENDIMIENTO
7	DIBUJO EN INGENIERIA
8	DISTRIBUCION EN PLANTAS
9	ECUACIONES DIFERENCIALES
10	ELECTROTECNIA
11	EVALUACION DE PROYECTOS
12	EXPERIMENTACION EN FISICAII
13	FISICA I
14	FUNDAMENTOS DE FLUIDOS
15	GERENCIA DE PROYECTOS
16	GESTION AMBIENTAL
17	GESTION TECNOLOGICA
18	HISTORIA DE LAS CULTURAS
19	LECTURA DE TEXTOS EN INGLES II
20	LECTURA DE TEXTOS EN INGLES IV
21	INVESTIGACION DE OPERACIONES II
22	LOGISTICA INDUSTRIAL
23	MACROECONOMIA
24	MECANICA Y RESISTENCIA
25	METODOS ESTADISTICOS
26	HERRAMIENTAS DE OPTIMIZACION Y SIMULACION
27	PLANEACION Y CONTROL DE OPERACIONES
28	SALUD OCUPACIONAL
29	SEMINARIO DE INVESTIGACION
30	SIMULACION DE PROCESOS

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Parámetro conjunto de cohortes

Tabla 6. Conjunto de cohortes pertenecientes al programa académico

COHORTES	DEFINICION
1	COHORTE 2
2	COHORTE 4
3	COHORTE 6
4	COHORTE 8
5	COHORTE 10

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Parámetro conjunto de Días

Tabla 7. Conjunto de días lectivos para la programación horaria

DIAS	DEFINICION
1	LUNES
2	MARTES
3	MIERCOLES
4	JUEVES
5	VIERNES
6	SABADO

Fuente: Elaboración propia, 2019.

3. ANALISIS COMPARATIVO

ETAPA I

El problema de asignación de horarios universitarios parte de asignar 23 profesores a 30 materias en las 5 cohortes correspondientes al periodo lectivo, teniendo en cuenta los 6 días de clase y los 66 intervalos distribuidos en ellos

ETAPA II

Los parámetros que se considerando fueron los siguientes:

Hormat: contiene la cantidad de horas semanales que requieren las materias

Intermat: contiene los intervalos en los cuales pueden ser dictadas dichas materias (las materias están asociadas a los profesores y su disponibilidad horaria)

3.1 RESULTADOS

Para la ejecución del modelo se realizó la programación utilizando el software AMPL, donde se desarrolló la propuesta de asignación, dando como resultado las siguientes asignaciones por cohortes pertenecientes al programa de ingeniería industrial y arrojando los siguientes datos operacionales:

- Se ha encontrado una solución óptima en 4.3 segundos
- 349738 variables binarias.
- 30518 constantes lineales.
- 454895 nonzeros.
- 30518 constantes de desigualdad.
- 1 objetivo lineal.

Para la asignación de las materias a sus respectivos profesores se hizo la siguiente combinación:

Ejemplo: 7_19 (al profesor 7 le corresponde la materia 19)

Tabla 8. Resultado del modelo propuesto en AMPL para la cohorte 2.

	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO
1	7_19	12	15_13	23	4_4	34	20_18	45	4_4	56	
2	7_19	13	15_13	24	4_4	35	20_18	46	4_4	57	1_7
3	7_19	14	15_13	25	16_2	36	20_18	47	4_4	58	1_7
4	2_19	15	15_13	26	16_2	37	4_4	48		59	1_7
5	2_19	16	7_19	27	16_2	38	4_4	49		60	
6	2_19	17	7_19	28		39		50		61	
7		18	2_19	29	6_1	40		51		62	
8		19	2_19	30	6_1	41		52		63	
9	6_1	20	2_19	31	6_1	42	6_1	53		64	
10	6_1	21	6_1	32		43	6_1	54	6_1	65	
11	6_1	22	6_1	33		44	6_1	55	6_1	66	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla 8 indica los resultados obtenidos con el modelo a proponer de la cohorte 2 del programa de ingeniería industrial para el periodo AGOSTO- DICIEMBRE del 2018, donde se puede observar que para los profesores Armando Ortega con la asignatura calculo II, Carlos Andrés Cuartas con la asignatura Algebra lineal que tienen

disponibilidad todos los días, tienen varias propuestas con lo cual podrán decidir que horario es más conveniente para ellos.

Las demás asignaciones están dentro de la disponibilidad horaria presentada por cada uno de los profesores.

Tabla 9. Resultado del modelo propuesto en AMPL para la cohorte 4

	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO
1	8_25	12		23		34	15_10	45	5_23	56	
2	8_25	13		24		35	15_10	46	5_23	57	
3	8_25	14		25		36	15_10	47	5_23	58	
4		15	11_6	26		37	15_10	48		59	
5		16	11_6	27		38	11_6	49	10_20	60	1_24
6		17	11_6	28		39	11_6	50	10_20	61	1_24
7		18	7_20	29		40	10_20	51	10_20	62	1_24
8	7_20	19	7_20	30		41	10_20	52	21_12	63	
9	7_20	20	13_9	31	13_9	42	11_6	53	21_12	64	
10	7_20	21	13_9	32	13_9	43	11_6	54	21_12	65	
11		22	13_9	33	13_9	44	11_6	55	21_12	66	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla 9 indica los resultados obtenidos con el modelo a proponer de la cohorte 4 del programa de ingeniería industrial para el periodo AGOSTO- DICIEMBRE del 2018, donde se puede observar que para el profesor Juan José Rojas está la posibilidad de dictar la clase de creatividad 4 horas en el día jueves con dos horas de descanso o puede tomar dos horas del día martes y dos horas del día jueves.

Tabla 10. Resultado del modelo propuesto en AMPL para la cohorte 6

	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO
1		12		23		34	3_14	45	23_27	56	
2		13		24	9_16	35	3_14	46	23_27	57	
3	9_16	14	8_21	25	9_16	36	3_14	47	23_27	58	
4	9_16	15	8_21	26	9_16	37		48		59	
5	9_16	16	8_21	27		38		49		60	
6		17	9_16	28		39		50		61	
7		18	9_16	29	17_5	40		51		62	
8		19	9_16	30	17_5	41	9_16	52		63	
9		20	12_3	31	17_5	42	9_16	53		64	
10		21	12_3	32		43	9_16	54		65	
11		22	12_3	33		44		55		66	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla 10 indica los resultados obtenidos con el modelo a proponer de la cohorte 6 del programa de ingeniería industrial para el periodo AGOSTO- DICIEMBRE del 2018, donde se puede observar que para el profesor Francisco Álvarez con la materia Gestión Ambiental Empresarial, que tiene disponibilidad de lunes a viernes, tiene una asignación cada día de esta forma podrá decidir que horario es más conveniente para él.

Tabla 11. Resultado del modelo propuesto en AMPL para la cohorte 8

	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO
1	18_15	12		23		34		45		56	
2	18_15	13		24		35		46		57	
3	18_15	14		25		36		47	22_17	58	
4	19_11	15		26	14_28	37		48	22_17	59	
5	19_11	16	23_8	27	14_28	38		49	22_17	60	
6	19_11	17	23_8	28	14_28	39		50		61	
7		18	23_8	29		40	12_29	51		62	
8		19		30		41	12_29	52		63	
9	8_22	20	19_11	31		42	12_29	53		64	
10	8_22	21	19_11	32		43		54		65	
11	8_22	22	19_11	33		44		55		66	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla 11 indica los resultados obtenidos con el modelo a proponer de la cohorte 8 del programa de ingeniería industrial para el periodo AGOSTO- DICIEMBRE del 2018, donde se puede observar que para el profesor Raúl Arango con la materia Evaluación De Proyectos, que tiene disponibilidad de lunes y martes, tiene una asignación cada día de esta forma podrá decidir que horario es más conveniente para él.

Tabla 12. Resultado del modelo propuesto en AMPL para la cohorte 10

	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO
1		12		23		34		45		56	17_30
2		13		24		35		46		57	17_30
3		14		25		36		47		58	17_30
4		15		26		37		48		59	11_26
5		16		27		38		49		60	11_26
6		17		28		39		50		61	11_26
7		18		29		40		51		62	
8		19		30		41		52		63	
9		20		31		42		53		64	
10		21		32		43		54		65	
11		22		33		44		55		66	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla 12 indica los resultados obtenidos con el modelo a proponer de la cohorte 8 del programa de ingeniería industrial para el periodo AGOSTO- DICIEMBRE del 2018, donde se puede observar que las dos materias tomadas en cuenta de esta cohorte que son electivas profesional, las asignaciones corresponden a la disponibilidad horaria del profesor, en esta última cohorte se matriculan las asignaturas Trabajo De Grado II y Practica Profesional pero no se tuvieron en cuenta ya que estas materias no necesitan de un espacio de tiempo como tal.

ASIGNACION ACTUAL VS ASIGNACION PROPUESTA

Tabla 13. Comparación horario actual cohorte 2

SEMESTRE	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
SEM. 02 No. EST. 50 DIURNO	LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS II Grupo 55 10:00 – 1:00 PM CARLOS ALBERTO MARTINEZ SALON 2 Sótano	LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS II – Grupo 55 7:00 AM – 9:00 AM CARLOS ALBERTO MARTINEZ SALÓN 225 Sala Idiomas	CÁLCULO II 7:00 – 10:00 AM ARMANDO ORTEGA SALÓN 2 Sótano LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS II Grupo 56 10:00 – 1:00 PM ANA CAROLINA BERMUDEZ SALÓN 225 Sótano	FÍSICA I 7:00 – 11:00 AM LUIS CARLOS HURTADO SALÓN 2 Sótano LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS II Grupo 56 11:00 – 1:00 PM ANA CAROLINA BERMUDEZ SALON 2 Sótano HISTORIA DE LAS CULTURAS HUMANAS 2:00 – 5:00 PM RIENZI ARMANDO MONCAYO SALÓN 2 Sótano	CÁLCULO II 7:00 – 9:00 AM ARMANDO ORTEGA SALÓN 2 Sótano ALGEBRA LINEAL 3:00 – 5:00 PM CARLOS ANDRES CUARTAS SALÓN 2 Sótano	DIBUJO EN INGENIERIA 9:00-12:00 M ALVARO WALDOMIRO GUERRERO SALON Aula Máxima Escuela
	ALGORITMIA Y PROGRAMACIÓN 2:00 – 5:00 M MARIA LUISA LIVA SALÓN 215 Sala Sistemas 1	ALGEBRA LINEAL 3:00 – 6:00 PM CARLOS ANDRES CUARTAS SALÓN 2 Sótano				

Fuente: Secretaria Academica-2018

Tabla 14. Comparación horario propuesto cohorte 2

SEMESTRE	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
SEM. 02 No. EST. 50 DIURNO	LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS II Grupo 50 7:00 AM– 10:00 PM CARLOS ALBERTO MARTINEZ LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS II Grupo 51 10:00 AM– 1:00 PM RICARDO PULIDO ALGEBRA LINEAL 3:00 – 6:00 M CARLOS CUARTAS	FÍSICA I 7:00 AM – 11:00 AM LUIS CARLOS HURTADO LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS II Grupo 50 11:00 AM– 1:00 PM CARLOS ALBERTO MARTINEZ LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS II Grupo 51 1:00 PM– 4:00 PM RICARDO PULIDO ALGEBRA LINEAL 4:00 PM– 6:00 PM CARLOS ANDRES CUARTAS	CÁLCULO II 7:00 AM– 9:00 AM ARMANDO ORTEGA ALGORITMIA 9:00AM-12:00 MARIA LUISA LIVA ALGEBRA LINEAL 1:00PM-4:00PM CARLOS ANDRES CUARTAS	HISTORIA DE LAS CULTURAS HUMANAS 7:00AM – 10:00 AM RIENZI ARMANDO MONCAYO CALCULO II 10:00AM-12:00M ARMANDO ORTEGA ALGEBRA LINEAL 3:00PM-6:00PM CARLOS ANDRES CUARTAS	CÁLCULO II 7:00 –10:00 AM ARMANDO ORTEGA ALGEBRA LINEAL 4:00PM – 6:00 PM CARLOS ANDRES CUARTAS	DIBUJO EN INGENIERIA 8:00-11:00 M ALVARO WALDOMIRO GUERRERO

Fuente: Modificada en base a la brindada por secretaria academica-2018

Al comparar las tablas 13 y 14 correspondientes al horario para la cohorte 2, se puede observar que, para el actual, el único día de mayor aprovechamiento en cuanto al tiempo entre asignaciones es el día jueves, los demás cuentan con bloques de espera entre asignaturas muy grandes, desperdiciando el recurso, en este caso el docente.

En el horario propuesto cumple con las restricciones de tiempo de los profesores. Se puede apreciar que para los docentes con disponibilidad horaria todos los días, cuentan con varias asignaciones para decidir la que mejor se ajuste a su programación horaria ya que la mayoría de los profesores al ser de hora catedra se emplean en otras instituciones académicas.

Tabla 15. Comparación horario actual cohorte 4

SEM. 04 No. EST. 50 DIURNO	MÉTODOS ESTADÍSTICOS 10:00 AM – 1:00 PM CARLOS ALBERTO ROJAS SALÓN 220 Sala Sistemas 2	LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS IV Grupo 50 1:00 – 3:00 PM CARLOS ALBERTO MARTINEZ SALÓN 225 Sala Idiomas	ELECTROTÉCNIA 6:00 – 10:00 AM LUIS CARLOS HURTADO SALÓN 1 Sótano	LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS IV Grupo 51 10:00 AM – 1:00 PM HAROLD ALVAREZ SALÓN 1 Sótano	LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS IV Grupo 51 10:00 – 12:00 AM HAROLD ALVAREZ SALÓN 225 Sala Idiomas	EXPERIMENTACIÓN FÍSICA II Grupo 50 8:00 – 10:00 PM SERGIO OSWALDO GIRALDO SALON 310
	LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS IV Grupo 50 2:00 – 5:00 M CARLOS ALBERTO MARTINEZ SALÓN 1 Sótano	ECUACIONES DIFERENCIALES 3:00 – 5:00 PM LEONEL BENITEZ SALON 300	CREATIVIDAD Y EMPRENDIMIENTO 2:00 – 6:00 M JUAN JOSE ROJAS SALÓN 300	MACROECONOMÍA 2:00 – 5:00 PM AUGUSTO CARDONA SALÓN 1 Sótano	ECUACIONES DIFERENCIALES 3:00 – 6:00 PM LEONEL BENITEZ SALÓN 300	EXPERIMENTACIÓN FÍSICA II Grupo 51 10:00 – 12:00 M SERGIO OSWALDO GIRALDO SALON 310 MECÁNICA Y RESISTENCIA 2:00 – 5:00 PM ALVARO WALDOMIRO GUERRERO SALÓN 2 Sótano

Fuente: Secretaria Academica-2018

Tabla 16. Comparación horario propuesto cohorte 4

	MÉTODOS ESTADÍSTICOS 7:00 AM – 10:00 AM CARLOS ALBERTO ROJAS	CREATIVIDAD Y EMPRENDIMIENTO 10:00 AM – 1:00 PM JUAN JOSE ROJAS		ELECTROTECNIA 7:00 - 11:00 AM LUIS CARLOS HURTADO	MACROECONOMÍA 7:00 - 10:00 AM AUGUSTO CARDONA LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS IV 11:00 - 1:00PM HAROLD ALVAREZ	
SEM. 04 No. EST. 50 DIURNO	LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS IV Grupo 50 2:00 – 5:00 PM CARLOS ALBERTO MARTINEZ	LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS IV Grupo 50 1:00 – 3:00 PM CARLOS ALBERTO MARTINEZ ECUACIONES DIFERENCIALES 3:00 - 6:00PM LEONEL BENITEZ	ECUACIONES DIFERENCIALES 3:00 - 6:00PM LEONEL BENITEZ	CREATIVIDAD Y EMPRENDIMIENTO 11:00 AM- 1:00 PM JUAN JOSE ROJAS LECTURA DE TEXTOS ACADÉMICOS EN INGLÉS IV Grupo 51 2:00 - 3:00 PM HAROLD ALVAREZ CREATIVIDAD Y EMPRENDIMIENTO 3:00 - 6:00PM JUAN JOSE ROJAS	EXPERIMENTACIÓN FÍSICA II 2:00 - 6:00 PM SERGIO GIRALDO	MECÁNICA Y RESISTENCIA 11:00 AM – 2:00 PM ALVARO WALDOMIRO GUERRERO

Fuente: Modificada en base a la brindada por secretaria academica-2018

Al realizar las comparaciones entre las tablas 15 y 16 donde se tiene el horario para la cohorte 4, vemos en el actual y en el propuesto una distribución similar, pero cabe destacar que en el propuesto encontramos distintas opciones para la asignación de los profesores con mayor disponibilidad.

Tabla 17. Comparación horario actual cohorte 6

SEM. 06 No. EST. 50 DIURNO	GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL 2:00 – 5:00 PM FRANCISCO JAVIER ALVAREZ SALON 2 Sótano	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II 9:00 – 12:00 M CARLOS ALBERTO ROJAS SALÓN 2 Sótano ANÁLISIS ECONÓMICO DE DECISIONES 2:00 – 5:00 PM JULIÁN GONZÁLEZ SALÓN 1 Sótano	PLANEACIÓN Y CONTROL DE OPERACIONES 2:00 – 5:00 PM VIVIAN LORENA CHUD SALÓN 1 Sótano	FUNDAMENTOS DE FLÚIDOS 7:00 – 10:00 AM MARÍA ANGELA LÓPEZ SALÓN 145		CONTROL DE CALIDAD 7:00 – 10:00 AM MAURICIO ALEJANDRO BUITRAGO SALÓN 215 Sala Sistemas 1
---	--	--	--	--	--	--

Fuente: Secretaria Academica-2018

Tabla 18. Comparación horario propuesto cohorte 6

SEM. 06 No. EST. 50 DIURNO	GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL 9:00AM - 12:00 M FRANCISCO JAVIER ALVAREZ	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II 9:00 - 12:00 M CARLOS ALBERTO ROJAS GESTION AMBIENTAL EMPRESARIAL 1:00 - 3:00PM FRANCISCO JAVIER ALVAREZ ANÁLISIS ECONÓMICO DE DECISIONES 3:00 - 6:00 PM JULIÁN GONZÁLEZ	GESTION AMBIENTAL EMPRESARIAL 8:00 - 11:00AM FRANCISCO JAVIER ALVAREZ CONTROL DE CALIDAD 1:00 - 4:00PM MAURICIO ALEJANDRO BUITRAGO	FUNDAMENTOS DE FLÚIDOS 7:00 - 10:00 AM MARÍA ANGELA LÓPEZ GESTION AMBIENTAL EMPRESARIAL 2:00 - 5:00PM FRANCISCO JAVIER ALVAREZ	PLANEACION Y CONTROL DE OPERACIONES 7:00 - 10:00 AM VIVIAN LOREANA CHUD	
---	---	--	---	---	---	--

Fuente: Modificada en base a la brindada por secretaria academica-2018

En las tablas 17 y 18 donde se tiene el horario para la cohorte 6, se puede ver una asignación similar salvo el día sábado, que en la asignación actual se tiene en cuenta y en la de la propuesta no, de igual manera se tienen varias propuestas de horario para la materia Gestión Empresarial.

Asignación actual cohorte 8

Tabla 19. Comparación horario actual cohorte 8

SEM. 08 No. EST. 40 DIURNO	LOGISTICA INDUSTRIAL. 7:00 - 10:00 AM CARLOS ALBERTO ROJAS SALÓN 320	DISTRIBUCION EN PLANTAS 9:00 - 12:00 M VIVIAN LORENA CHUD SALÓN 320	SALUD OCUPACIONAL 10:00 AM - 1:00 PM LILIANA STELLA MONTAÑO SALÓN 320	SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL. 9:00 - 12:00 M JULIAN GONZALEZ SALÓN 225 Sala Idiomas	FUNDAMENTOS DE GESTIÓN TECNOLÓGICA 9:00 - 12:00 M VICTOR HUGO RODRIGUEZ SALÓN 1 Sótano	
		EVALUACIÓN DE PROYECTOS EMPRESARIALES 2:00 - 5:00 PM RAUL ARANGO SALÓN 320		GERENCIA DE PROYECTOS 2:00-5:00 PM NANCY FABIOLA GÓMEZ SALON 320		

Fuente: Secretaria Academica-2018

Tabla 20. Comparación horario propuesto cohorte 8

SEM. 08 No. EST. 40 DIURNO	GERENCIA DE PROYECTOS 7:00 – 10:00 AM NANCY FABIOLA GOMEZ EVALUACION DE PROYECTOS EMPRESARIALES 10:00 AM - 1:00 PM	DISTRIBUCION EN PLANTAS 11:00AM – 2:00 PM VIVIAN LORENA CHUD	SALUD OCUPACIONAL 10:00 AM – 1:00 PM LILIANA STELLA MONTAÑO		FUNDAMENTOS DE GESTIÓN TECNOLÓGICA 9:00 – 12:00 M VICTOR HUGO RODRIGUEZ	
	LOGISTICA INDUSTRIAL 3:00 - 6:00PM CARLOS ALBERTO ROJAS	EVALUACIÓN DE PROYECTOS EMPRESARIALES 3:00 – 6:00 PM RAUL ARANGO		SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL. 1:00 – 4:00 PM JULIAN GONZALEZ		

Fuente: Modificada en base a la brindada por secretaria academica-2018

Comparando las tablas 19 y 20 correspondientes a las asignaciones actual y propuesta, se puede ver que la asignación es la misma, salvo dos materias que cambian de horario, por consiguiente, se puede decir que la herramienta no se aleja mucho de realidad y con esto se evidencia que es una herramienta confiable.

Tabla 21. Comparación horario actual cohorte 10

SEM. 10 No. EST. 40 DIURNO		TRABAJO DE GRADO II 8:00 – 12:00 M JULIÁN GONZÁLEZ Coordinación de Programa				SIMULACION DE PROCESOS PRODUCTIVOS 10:00 – 1:00 PM MAURICIO ALEJANDRO BUITRAGO SALÓN 215 Sala Sistemas 1 HERRAMIENTAS AVANZADAS DE OPTIMIZACIÓN Y SIMULACIÓN 2:00 – 5:00 PM JUAN JOSE ROJAS SALÓN 140
					PRACTICA PROFESIONAL 2:00 – 5:00 PM JULIÁN GONZÁLEZ Coordinación de Programa	

Fuente: Secretaria Academica-2018

Tabla 22. Comparación horario propuesto cohorte 10

SEM. 10 No EST. 40 DIURNO						SIMULACION DE PROCESOS PRODUCTIVOS 7:00 – 10:00 AM MAURICIO ALEJANDRO BUTRAGO
						HERRAMIENTAS AVANZADAS DE OPTIMIZACIÓN Y SIMULACIÓN 10:00AM – 1:00 PM JUAN JOSE ROJAS

Fuente: Modificada en base a la brindada por secretaria academica-2018

Observando las tablas 21 y 22 donde se encuentran las asignaciones actual y propuesta para la cohorte 10, claramente se puede decir que la asignación es la misma, por otro lado, se puede ver que las materias correspondientes a la práctica profesional y trabajo de grado no se tienen en cuenta ya que estas dos asignaturas no necesitan un horario de tiempo o un espacio disponible para su consecución.

En el momento de comparar las asignaciones actuales de las diferentes cohortes con las asignaciones propuestas, se puede observar una distribución similar entre estas, cumpliendo con las restricciones establecidas, también se puede evidenciar que, para los profesores con mayor disponibilidad de tiempo, se tienen varias opciones de horario en las diferentes cohortes para toda la semana y así tendrán la opción de elegir la que les parezca mejor.

Por lo tanto, podemos concluir que es una herramienta que esta asignando datos reales y confiables con un ahorro de tiempo significativo.

4. CONCLUSIONES

Realizando el diagnóstico del proceso de asignación de horarios, se evidencio que existe un problema de cruces entre materias que pueden ser dadas por un mismo profesor en las diferentes cohortes de cada uno de los programas académicos, dicha situación se lleva a cabo mediante un proceso de ensayo y error, es decir, que la persona encargada de esta actividad desarrolla su de forma manual. Lo anterior genera dificultad en lo que se refiere a la distribución horaria, ya que, al inicio de cada periodo lectivo es necesario invertir demasiado tiempo en la recolección de información, en la planeación y asignación de estos recursos, ya que los datos son aportados por cada director de los diferentes programas académicos, que son los que en primera instancia relacionan cada asignatura con su respectivo docente y a su vez con su disponibilidad de horario para impartir las materias.

Es necesaria una recolección de datos con al menos dos meses antes del inicio del periodo académico, en esta instancia se requiere una mayor organización ya que se presentan problemas a la hora de asignar los horarios ya que la mayoría de profesores como son de hora catedra en repetidas ocasiones cambian sus horarios de disponibilidad generando un reproceso y una pérdida de tiempo en la obra labor.

El presente trabajo se abordó con un enfoque holístico, presentando una herramienta y una metodología basada en optimización matemática de programación lineal entera, planteado de tal forma que abarque todos los atributos, conjuntos y restricciones relacionadas con la situación para solucionar el problema de programación horaria de clases con miras a maximizar los recursos de la Institución De Educación Superior.

El modelo proyectado permite una reducción en el tiempo que requiere el empleado de dicho plantel, permitiéndole desempeñar otras tareas que tiene a cargo. Esta herramienta permite hacer eficiente los procesos de decisión teniendo en cuenta las restricciones propuestas, esto nos permite tener una solución óptima en muy poco tiempo y explorar múltiples escenarios de soluciones.

El modelo generado permitió obtener los horarios para cada asignatura, cada profesor y para cada una de las cohortes. Aunque se modeló y resolvió el problema específicamente para un solo programa académico, el modelo permite ajustarse para las otras ofertas académicas en la institución. La información obtenida plasma de manera correcta y lógica la realidad, cumpliendo con los requisitos de disponibilidad preestablecidos.

Luego de analizar los resultados arrojados por el modelo, se puede apreciar una mejora en la distribución de las asignaturas donde se observa que esta tarea respeta las restricciones en la disponibilidad de tiempo de los docentes, evitando los cruces en las asignaciones, también nos brinda una variedad de opciones en los días lectivos para los profesores de la institución.

5. RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos se recomienda tomar en cuenta la capacidad de los salones y enfocar la asignación de estos con respecto al cupo de estudiantes que requiere cada asignatura, asimismo incluir la asignación de las demás ofertas académicas con las que cuenta esta institución de educación superior en el norte del valle.

Solicitar a los docentes al menos 2 días de disponibilidad horaria semanal para cada materia que pueda impartir, esto con el fin de realizar una mejor asignación.

También se recomienda realizar una interfaz que permita una recolección de datos más amigable para que el funcionario de la institución pueda realizar esta labor de manera más sencilla y rápida.

6. BIBLIOGRAFIA

Aballay, M (2008). Problemas de Asignación de Aulas, Docentes y Materias en Instituciones Educativas.

Ahumada, J (2014). Generación de Horarios Académicos en INACAP Utilizando Algoritmos Genéticos.

Alvear, L. (2017). Modelo de programación entera para la asignación de materias a las aulas de la USFQ José Luis Alvear Calero José Luis Alvear Calero Carlos Iván Sandoval Vargas.

Asamblea. (1945). Ordenanza No 12 de 1945.

Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación.

CABALLERO, I. J. M. M. (2013). Asignación De Horarios De Clases Universitarias Mediante Algoritmos Evolutivos. Universidad Del Norte División De Postgrados E Investigaciones En Ingeniería, 53(9), 1689–1699.

Caballero, J (2008). Asignación de horarios de clases universitarias mediante algoritmos evolutivos.

Canseco, A., Sánchez-partida, D., & Olivares-Benítez, E. (2016). Aplicación De Programación Lineal Para La Asignación De Horarios En Una Institución Educativa.

Chávez, O (2009). Búsqueda tabú aplicado a un problema NP-completo: Timetabling en la DAIS.

De Werra, D (1985). An introduction to timetabling. European Journal of Operational Research.

Esquivel T, L. L. (2014). Modelo Matemático Para La Programación De Un Horario Escolar Con Multi-Localización De Docentes. Universidad Del Valle, 95.

Esquivel, L (2014). Modelo matemático para la programación de un horario escolar con multi-localización de docentes.

Fiallos, J; García, J; y Pérez, J (2008). Diseño de un sistema de asignación automática de horario de clases: Caso UNITEC.

Flores, P., Brau, E., Monteverde, J. A., Salazar, N. F., Figueroa, J., Cadena, E., & Lizárraga, C. A. (2003). Experimentos con Algoritmos Genéticos para resolver un problema real de. Sistemas, Cibernética E Informática, 1, 42–46.

Flores, P., Brau, E., Monteverde, J. A., Salazar, N. F., Figueroa, J., Cadena, E., & Lizárraga, C. A. (2003). Experimentos con Algoritmos Genéticos para resolver un problema real de. *Sistemas, Cibernética E Informática*, 1, 42–46.

Flores, P; et al (2003). Experimentos con Algoritmos Genéticos para resolver un problema real de Programación Maestros-Horarios-Cursos.

Franco, B; Mirledy, E; Toro, R; y Gallego, A (2007). Problema de asignación óptima de salones resuelto con Búsqueda Tabú.

Fredy, J., Baquero, F., Mirledy, E., Ocampo, T., Alfonso, R., & Rendón, G. (2008). con Búsqueda Tabú.

Fredy, John & Franco, John & Toro, Eliana & Ocampo, Toro & Alfonso, Ramón & Rendón, Gallego. (2008). Problema de asignación óptima de salones resuelto con Búsqueda Tabú.

Gonzales, L y Trujillo, L (2011). Modelo de gestión del conocimiento para la programación de horarios en universidades.

Granada, E y Franco, B (2006). Programación optima de horarios de clases usando un algoritmo memetico.

Guerra Cubillos, A. M., Pardo Quiroga, E. H., & Salas Ruiz, R. E. (2013). Problema del School Timetabling y algoritmos genéticos : una revisión Timetabling School problem and genetic algorithms : *Vinculos*, 10(2), 259–276.

Guerra, M; et al. (2013). Problema del School Timetabling y algoritmos genéticos: una revisión.

Guerra, M;Pardo, E;Salas R (2013). Problema del School Timetabling y algoritmos genéticos: una revisión.

Hernández, R., Miranda P, J., & Rey, P. a. (2008). 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.

Herrera, M. M. (2011). Problemas del entorno aplicando metodología de investigación i. Lü, Z. &Hao, J.-K.: (2010), Adaptive tabu search for course timetabling. In: *European Journal of Operational Research* 200.Nr. 1, S. 235—24.

Marín Ángel, J. C., & Maya Duque, P. A. (2016). A mathematical programming model for high school timetabling problem. *Ingeniería y Ciencia*, 12(23), 47–71.

Mejía, C; José, H (2010). Asignación de horarios de clase universitarios mediante algoritmos evolutivos, ACOFI.

Melo-Becerra, L. A., Ramos-Forero, J. E., & Hernández-Santamaría, P. O. (2018). La educación superior en Colombia: situación actual y análisis de eficiencia . Revista Desarrollo y Sociedad, (78), 59–111.

Miranda Pino, J. (2014). Modelos de optimización para la programación de horarios y asignación de salas de clase en universidades.

Mousa, H. M., & El-Sisi, A. B. (2013). Design and implementation of course timetabling system based on genetic algorithm. In Proceedings - 2013 8th International Conference on Computer Engineering and Systems, ICCES 2013 (pp. 167–171).

Neira, G. V. Y. (2014). El problema de Timetabling para colegios chilenos. Solución mediante Algoritmos Genéticos. 70.

Rojas Pradenas, L., Oliva San Martín, C., & Saldaña Crovo, A. (2007). Modelos De Programación Entera Para Un Problema De Programación De Horarios Para Universidades Models (Vol. 15).

Saldaña, C; San Martín, O; Pradenas Rojas, C (2007). Modelos de programación entera para un problema de programación de horarios para universidades.

Silva, J. J., Teórico, M., & Arte, E. (2017). Heurística para la Planificación de Horarios de la Universidad EAFIT Índice general.

Vivanco, D. (2018). Universidad San Francisco De Quito Usfq.