
Modelo Matemático para la Asignación de Recursos Académicos en Instituciones de
Educación Superior (IES)

Sergio Luis Arroyo Morales

Corporación Universitaria del Caribe - CECAR
Facultad de Ciencias Básicas Ingenieras y Arquitectura
Programa de Ingeniería Industrial
Sincelejo - Sucre
2017

Modelo Matemático para la Asignación de Recursos Académicos en Instituciones de
Educación Superior (IES)

Sergio Luis Arroyo Morales

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Industrial

Director

Cesar José Vergara Rodríguez

Ingeniero Industrial, Especialista en Logística Integral

Maestría en Logística Integral en curso

Codirector

Guillermo Carlos Hernández Hernández

Ingeniero de Sistema, Especialista en Docencia, Maestría en Educación

Maestría en Software Libre

Corporación Universitaria del Caribe - CECAR

Facultad de Ciencias Básicas Ingenieras y Arquitectura

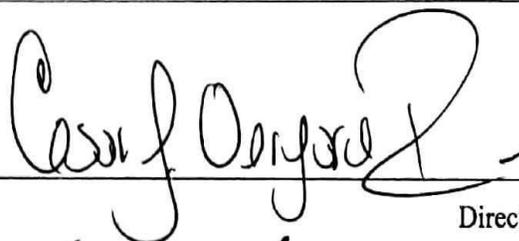
Programa de Ingeniería Industrial

Sincelejo - Sucre

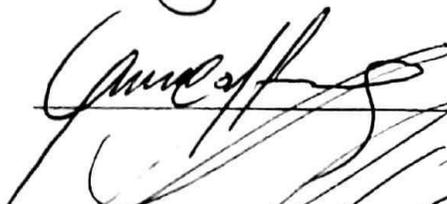
2017

Nota de Aceptación

4,15



Director



Codirector



Evaluador 1



Evaluador 2

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado para mis padres Heriberto Arroyo Márquez y Nuris Esther Morales Salón, a mis hermanos Franz José Arroyo Morales y Eylen Patricia Arroyo Morales, porque hicieron de mí una persona correcta, educada, respetuosa, honesta. Gracias por el esfuerzo que hicieron cada uno de ustedes para apoyarme semestre a semestre, gracias por la confianza que tuvieron, por motivarme día a día para alcanzar esta meta trazada en mi vida.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por llenarme de vida y fuerza día a día durante el transcurrir de mi carrera, agradezco nuevamente a mis padres, mis hermanos y resto de mi familia por guiarme por el mejor camino, agradezco al cuerpo de docentes que día a día iba aportando un granito de arena para ir creciendo profesional y personal, gracias por las enseñanzas que fueron cultivando en cada uno de sus estudiantes, agradezco al ingeniero Cesar Vergara por todas las enseñanzas en el ámbito de la investigación gracias por confiar en mí y tenerme paciencia en este proceso, por ultimo agradezco a mis amigos que me acompañaron durante el transcurrir de la carrera.

Contenido

Resumen.....	12
Abstract.....	13
Introducción	14
1. Estado del Arte	16
1.1 Timetabling	16
1.2 Clasificación de Problemas Timetabling en el Ámbito Académico	16
1.2.1 El primer caso, asignación de horarios escolares.....	17
1.2.2 El segundo caso, asignación de horarios universitario.	17
1.2.3 El Tercer Caso, Asignación de Exámenes.	18
1.3 Optimización	18
1.3.1 Métodos exactos o Técnicas tradicionales.....	18
1.3.2 Métodos aproximados o Técnicas no tradicionales.	19
1.4 Confort Térmico.....	21
1.4.1 Neutralidad.....	21
1.4.2 El Confort Térmico Visto desde un Enfoque Cuantitativo.....	21
1.4.3 El Confort Térmico Enfoque de Aproximación Racional	22
1.4.4 Evaluación ambiental.....	25
1.4.5 Parámetros Ambientales.	25
1.5 Antecedentes	26
1.5.1 Principales Trabajos Realizados en Asignación de Espacios Académicos en IES. 28	
1.5.2 Trabajos realizados calculando el confort térmico en instalaciones estudiantiles..	30
2. Metodología.....	32
2.1 Fase 1 revisión y análisis bibliográfico	32

2.2	Fase 2. Caracterización de una Institución de Educación Superior	32
2.3	Fase 3. Construcción y Modelización del Modelo Matemático.....	46
2.3.1	Modelo matemático conceptual	47
2.3.2	Formulación Matemática del Problema Timetibling	47
2.3.3	Supuestos generales del modelo matemático.....	51
2.4	Fase 4. Solucionar el modelo matemático.....	53
2.5	Fase 5. Validación del modelo matemático	53
3.	Resultados.....	55
4.	Recomendaciones	78
5.	Conclusiones.....	80
	Referencias Bibliográficas	82
	Anexos	87

Lista de Tablas

Tabla 1. Escala de valoración térmica de Fanger	23
Tabla 2. Comportamiento de la demanda de energía a nivel regional-GWh.....	24
Tabla 3. comportamiento por región - GWh.....	25
Tabla 4. Variables influyen en la pérdida de energía del cuerpo humano	26
Tabla 5. Estudios Realizados Mediante Métodos Exactos y Aproximados para la Solución de Problemas de Timetabling.	27
Tabla 6. costo promedio del año 2016 en (\$/kWh).....	34
Tabla 7. Costo del consumo energético por la variación de temperatura	35
Tabla 8. Matriz Costo por consumo de energía para mantener el confort térmico en las aulas ..	39
Tabla 9. Climatología de la ciudad de Sincelejo los días que se realizaron los estudios.....	40
Tabla 10. Instancia para validación del modelo matemático	54
Tabla 11. Resultados obtenidos por la herramienta optimizadora GAMS	55
Tabla 12. Análisis del costo por consumo de energía total para mantener confort térmico	56
Tabla 13. Horario de clases para primer semestre de ingeniería industrial	58
Tabla 14. Horario de clases para segundo semestre grupo 1 de ingeniería industrial	59
Tabla 15. Horario de clases para segundo semestre grupo 2 de ingeniería industrial	60
Tabla 16. Horario de clases para segundo semestre grupo 3 de ingeniería industrial	61
Tabla 17. Horario de clases para tercer semestre grupo 1de ingeniería industrial	62
Tabla 18. Horario de clases para tercer semestre grupo 2 de ingeniería industrial	63
Tabla 19. Horario de clases para cuarto semestre grupo 1 de ingeniería industrial.....	64
Tabla 20. Horario de clases para cuarto semestre grupo 2 de ingeniería industrial.....	65
Tabla 21. Horario de clases para cuarto semestre grupo 3 de ingeniería industrial.....	66
Tabla 22. Horario de clases para quinto semestre grupo 1 de ingeniería industrial	67
Tabla 23. Horario de clases para quinto semestre grupo 2 de ingeniería industrial	68
Tabla 24. Horario de clases para sexto semestre grupo 1 de ingeniería industrial	69
Tabla 25. Horario de clases para sexto semestre grupo 2 de ingeniería industrial	70
Tabla 26. Horario de clases para séptimo semestre de ingeniería industrial	71

Tabla 27. Horario de clases para octavo semestre grupo 1 de ingeniería industrial.....	72
Tabla 28. Horario de clases para octavo semestre grupo 2 de ingeniería industrial.....	73
Tabla 29. Horario de clases para noveno semestre grupo 1 de ingeniería industrial.....	74
Tabla 30. Horario de clases para noveno semestre grupo 2 de ingeniería industrial.....	75
Tabla 31. Horario de clases para decimo semestre grupo 1 de ingeniería industrial.....	76
Tabla 32. Horario de clases para decimo semestre grupo 2 de ingeniería industrial.....	77

Lista de Figuras

Figuras 1. Punto de monitorización, evaluación del confort térmico en aulas universitarias a través de un enfoque objetivo y el análisis de la preferencia subjetiva-2014.....	31
Figuras 2. Método para calcular el consumo energético.....	33
Figuras 3. Características Climatológicas de Ciudades Principales y Municipios Turísticos.....	36
Figuras 4. Equipo Microterm Heat Stress WBGT.....	37
Figuras 5. Equipo Anemómetro Digital.....	37
Figuras 6 Estadísticas de la población encuestada para el bloque A.....	41
Figuras 8. Estadísticas de la población encuestada para el bloque B.....	42
Figuras 9. Estadísticas de la población encuestada para el bloque C.....	43
Figuras 10. Estadísticas de la población encuestada para el bloque D.....	44
Figuras 11. Estadísticas de la población encuestada para el bloque E.....	45
Figuras 12. Estadísticas de la población encuestada para el bloque F.....	46

Lista de Anexos

Anexo 1. Formato para recolección de recursos académicos	87
Anexo 2. Formato para registrar la Medición de confort Térmico	88
Anexo 3. Medición del confort térmico en el bloque A	89
Anexo 4. Medición del confort térmico en el bloque B.....	90
Anexo 5. Medición del confort térmico en el bloque C.....	91
Anexo 6. Medición del confort térmico en el bloque D	92
Anexo 7. Medición del confort térmico en el bloque E.....	93
Anexo 8. Medición del confort térmico en el bloque F	94
Anexo 9. Matriz Costo por consumo de energía para mantener el confort térmico en las aulas..	95
Anexo 10. encuesta de caracterización estudiantil	99
Anexo 11. Lenguaje de programación en el programa GAMS	100
Anexo 12. Programación de restricciones en lenguaje GAMS.....	101
Anexo 13. Resultado a partir del programa GAMS.....	102
Anexo 14. Resultado de asignación de clases mediante el programa GAMS	103
Anexo 15. Resultado del costo de consumo energético que arroja el programa GAMS.....	104
Anexo 16. Evidencia en la medición de confort térmico.....	104

Resumen

El presente proyecto, nos muestra un aspecto significativo para dar solución al problema en la asignación de recursos académicos en Instituciones de Educación Superior (IES). Este problema se presenta con mucha frecuencia en las IES debido a que existen ciertas restricciones al momento de asignar sus recursos, por lo que se deben tener presentes, cuando se utiliza una herramienta que facilite la toma de decisión correcta. En este trabajo se desarrollará una metodología para darle solución a este problema asignación de aulas, frecuentemente presentado en el ámbito académico y utilizando como criterio de asignación de recursos académicos, variables de confort térmico y lógicamente el costo por consumo energético, asociado con el uso de ellos en las aulas de clase en las diferentes franjas horarias. Se construyó un modelo matemático de programación lineal entera mixta, para solucionar un problema de asignación de recursos académicos, y se utilizó una herramienta de optimización llamada General Algebraic Modeling System (GAMS) versión 23.5, con la cual se alcanzó a resolver el problema y se obtuvo una solución óptima con instancias construidas y reales.

Palabras clave: métodos exactos, métodos aproximados, problema de asignación de aulas, optimización de recursos académicos, problema de class-teacher of timetabling.

Abstract

The present project shows a significant aspect to solve the problem in the allocation of academic resources in Higher Education Institutions (HEI). This problem occurs very frequently in HEI because there are certain restrictions when assigning their resources, so they should be kept in mind when using a tool that facilitates the correct decision making. In this paper, a methodology will be developed to solve this problem, class allocation, frequently presented in the academic field and using as criteria of allocation of academic resources, variables of thermal comfort and logically the cost per energy consumption, associated with the use of them in classrooms in the different time zones. A mathematical model of mixed linear programming was constructed to solve a problem of allocation of academic resources, and an optimization tool called General Algebraic Modeling System (GAMS) version 23.5 was used, with which the problem was solved and obtained an optimal solution with built and real instances.

Keywords: accurate methods, approximate methods, problem of class assignment, optimization of academic resources, class-teacher of timetabling problem.

Introducción

En este trabajo se abordará principalmente el problema de asignación de horarios académicos, más conocido como Timetabling frecuentemente presentado en el ámbito académico, el cual está abarcado en el área de investigación de la logística.

Todas las instituciones de educación superior (IES), deben tener suficientes recursos en espacios físicos y medio académico para brindar una buena educación con calidad, por lo que estos recursos deben ser bien planificados, para que no falte o que no haya sobreoferta, lo cual puede afectar, en primer lugar, la calidad académica y, en segundo lugar, la economía de la institución.

Dada la complejidad del problema de asignación de recursos académicos en IES, se apoyó en la literatura especializada, donde autores se han tomado la tarea de investigar acerca de este problema, el cual se presenta frecuentemente, en actividades como por ejemplo, en instituciones educativas, instituciones superiores, departamentos de empresas, actividades de transporte, entre otras que involucren mano de obra y maquinaria de trabajo (Mejía, 2008).

Los problemas de timetabling consisten en la definir actividades y que se cumplan cada una de ellas, cuando hablamos de los problemas timetabling en las instituciones de educación superior, presenta mucha complejidad debido a que existen restricciones al momento de asignar, aulas, docentes, asignaturas, y el criterio con el que se aplican.

Generalmente, este problema se presenta al iniciar el semestre académico, debido que los directivos conocen la demanda de asignaturas al cual los alumnos asistirán, y deben tener presente los programas que manejan en la institución, los grupos que manejan por semestres, para poderlos distribuir en su planta física, de manera que los estudiantes reciban las clases que han solicitado (Baquero, Ocampo, & Rendón, 2008).

En este proyecto se busca alcanzar el objetivo general el cual es Diseñar un modelo matemático para la programación y asignación de aulas en las IES, en las zonas de clima cálido,

considerando variables de confort térmico y consumo energético, con el fin de darle solución al problema de asignación que se presenta.

El modelo que se planteó en este estudio, tiene presente variables de decisión, conjuntos principales, su función objetiva, sujeta a las principales restricciones y se incorporó criterios como lo son, variables de confort térmico y consumo energético. A continuación, se describirá como está distribuido este documento.

Inicialmente este documento cuenta con una introducción. Seguidamente se encuentra el primer capítulo que se desarrolla en esta investigación, el cual hace referencia estado del arte, aquí se examinaron investigaciones relacionadas con el estudio de problemas, que se presentan cuando se realiza la asignación de recursos académicos en instituciones académicas y diferentes metodologías que son utilizadas para darle solución a esta clase de problemas.

Seguidamente en el siguiente capítulo hace referencia a la metodología del trabajo la cual está sujeta a 5 fases metodológicas que precede a la siguiente lo que indica que no se puede interrumpir el orden de ellas.

En el siguiente capítulo que se desarrolla en este proyecto el cual hace énfasis en a los resultados de la investigación. Estos resultados que se obtuvieron hacen referencia a partir de la solución del modelo planteado y resuelto en la herramienta de optimización GAMS.

Seguidamente se encuentra el capítulo, el cual describe las sugerencias, conclusiones que se presentaron a partir de los resultados que se obtuvieron en esta investigación.

Por último se encuentra el capítulo, el cual hace énfasis en las referencias bibliográficas que se utilizaron en este proyecto, y los anexos que se adjuntó en este proyecto para que fuese más claro la información.

1. Estado del Arte

1.1 Timetabling

Los problemas de asignación de horarios (Timetabling), es aquel punto en el cual se asignan una serie de eventos como, exámenes, conferencias, sesiones de laboratorio, asignaturas, aulas, docentes, entre otras, dentro de un intervalo de tiempo, sujeto a un conjunto de restricciones (Mejía, 2008). Las cuales estas, están divididas en dos categorías las cuales son: restricciones blandas y duras, las restricciones duras no pueden ser violadas, y las restricciones blandas no son esenciales, pero la satisfacción dentro de la asignación, es altamente importante para así producir un calendario con alto contenido de calidad.

Las restricciones duras o fuertes no pueden ser violadas por lo que inhabilita la solución, estas restricciones duras tienen como ejemplo: que un aula no se puede usar en un periodo de tiempo por dos grupos diferentes, los estudiantes de un mismo semestre no pueden asistir simultáneamente a dos materias que corresponden al semestre que están cursando (Ahumada, 2014).

Las restricciones blandas o débiles no son esenciales, pero la satisfacción dentro de la asignación es importante, por ejemplo el aprovechamiento máximo de los recursos académicos. La satisfacción de estas restricciones es el que define el contenido de calidad que lleva el horario, para definir el grado de satisfacción de este tipo de restricciones se realiza la función objetivo del problema (M. Tallavó & Martínez, 2006).

1.2 Clasificación de Problemas Timetabling en el Ámbito Académico

Los problemas generados en la asignación de recursos académicos, en las Instituciones Educativas, de acuerdo a estudios en la literatura, estos problemas pueden ser clasificados de acuerdo al tipo de instituciones los cuales pueden ser colegios o universidades y por el tipo de evento a programar, ya sea clases o evaluaciones. Al realizar calendarios para las clases de colegios es un problema distinto al de universidad (Hernández, Miranda, & Rey, 2008).

Usualmente en las instituciones escolares los alumnos pertenecen a un determinado curso, en una determinada aula y toman las mismas asignaturas. En el caso de las IES deben existir ciertas flexibilidades en los horarios, en la selección de los cursos que desea cada estudiante (Hernández et al., 2008). Los problemas de asignación en IE, han presentado variaciones de acuerdo a las particularidades de cada institución. Por lo que se pueden identificar tres grupos: la asignación de horarios escolares, la asignación de horarios universitarios y asignación de horarios de exámenes.

1.2.1 El primer caso, asignación de horarios escolares.

Se considera el horario que se asignan las clases que deben tener las asignaturas de una escuela o colegio (Baquero et al., 2008) (Díaz, Wilmar; García, Cristian; Hernández, 2015). Dada la metodología que se utiliza se requiere cierta información como asignaturas, docentes, salones y la cantidad de sesiones que cada docente tendrá por cada materia asignada, el problema se basa en la asignación de cada clase en los intervalos de tiempos académicos, lo que garantiza que ninguna asignatura o docente tenga a lo más una clase en el mismo intervalo de tiempo y que todas las clases de cada asignatura estén presentes en el horario correspondiente.

1.2.2 El segundo caso, asignación de horarios universitario.

En este caso consiste en armar un horario, el cual debe tener en cuenta la cantidad de clases de un conjunto de asignaturas, teniendo presente el número de aulas en los periodos de tiempo adecuados. Una diferencia que existe entre un horario institución educativa y una institución educación superior, es la forma en cómo se consideran los alumnos (Baquero et al., 2008) (Díaz, Wilmar; García, Cristian; Hernández, 2015).

Mientras que en el campo escolar, los estudiantes son como una entidad, es decir, que hay grupos que toman las mismas clases, por el otro lado en el ámbito universitario los horarios son más flexibles, donde los estudiantes ven variedad de materias, por lo que hay materias en común con otros grupos de alumnos, otra diferencia es por parte de los docentes en el ámbito escolar, enseñan una materia y en las universidades los docentes generalmente enseñan de 1 a 4 asignaturas (Baquero et al., 2008). Por último en las escuelas las aulas se consideran aptas para

destinar a cualquier curso, mientras que en las universidades las aulas tienen su propio requerimiento con respecto a la materia.

1.2.3 El Tercer Caso, Asignación de Exámenes.

Este caso se base en asignar de forma correcta el horario de exámenes, el cual tiene que considerar la cantidad de aulas y los periodos de tiempos que se manejan para cada prueba. La cantidad de exámenes depende de la metodología que utilice la institución, para medir el desempeño del estudiante por asignatura (Baquero et al., 2008) (Díaz, Wilmar; García, Cristian; Hernández, 2015).

A continuación se inicia con el concepto de optimización, seguidamente se presentan las diferentes técnicas para solucionar los problemas de timetabling en instituciones de educación superior.

1.3 Optimización

La palabra optimizar significa mejorar, en un entorno científico optimización; nos referimos al proceso de obtener la mejor respuesta posible para determinados problemas que se esté estudiando, en estos problemas de optimización existen diferentes formas de solucionarlos, de forma precisa, estas problemáticas se puede decir cómo encontrar el valor de una variable de decisión (Martí, 2003), claro a lo que uno plantea una función objetivo en su valor máximo y mínimo, y estos resultados de la variable en ocasiones puede estar sujeto a restricciones. De acuerdo a la literatura, podemos encontrar métodos los cuales varios actores han descrito, para su solución de estos tipos de problemas de optimización, el cual corresponden a dos. Los métodos exactos o técnicas tradicionales y métodos aproximados, como heurísticas y metaheurísticas con el fin de buscar una mejor solución a partir de estos métodos.

1.3.1 Métodos exactos o Técnicas tradicionales.

Los métodos exactos o tradicionales nos referimos a programación lineal, programación entera, programación estera-mixta, backtracking, entre otras, estos métodos son conocidos por ser más completo y corren por todo el espacio de búsqueda al momento de encontrar una

solución factible para tomar una decisión correcta. Cabe resaltar que obtiene todas las posibles soluciones de un problema en específico, y su objeto de decisión varía de acuerdo al número de variables que intervienen en el problema (Arboleda & Mejia, 2010) (M. G. Tallavó & Martínez, 2005) (Restrepo & Moreno, 2011).

A continuación se define algunos de los métodos que son utilizados en solucionar los problemas de timetabling.

1.3.1.1 Programación lineal

Este método resuelve problemas en donde las relaciones de las variables son lineales, como en las restricciones y su función objetivo, el cual permite expresar en términos matemáticos y así plantear una mejor solución, la PL es una técnica la cual busca optimizar una función lineal y es conocida como la función objetivo, el conjunto de igualdades y desigualdades que se conocen como restricciones lineales (Bakarcic & Di Piazza, 2012) (Carlos & González-longatt, 2007).

1.3.1.2 Programación lineal entera y programación lineal entera mixta

Cuando hablamos de un modelo de programación lineal entera se refiere al modelo que maneja algunas o todas sus variables son números enteros no negativos, y la formulación con entera es parecido a la de programación lineal, pero dentro de esta programación se le anexa una condición donde al menos, una de las variables de decisión tomen valores enteros y por otra parte cuando dentro de la programación tome algunas variables enteras, variables continuas y también variables binarias entonces el modelo recibe el nombre de programación lineal entera mixta (Cornejo & Mejia, 2005) (Colina, 2011).

1.3.2 Métodos aproximados o Técnicas no tradicionales.

Los métodos aproximados o no tradicionales nos referimos, algoritmos genéticos, colonia de hormiga, el vecino más cercano, algoritmos voraces, búsqueda tabú, algoritmos evolutivos, entre otros, estos métodos conocidos por ser incompletos y estas no obtienen todas las soluciones

posible a un problema, lo que quiere decir que acotan el espacio de búsqueda (Arboleda & Mejia, 2010) (M. G. Tallavó & Martínez, 2005) (Restrepo & Moreno, 2011).

El problema de asignación de horarios en Instituciones de Educación Superior IES. A través del tiempo han utilizados metodologías exactas y aproximadas para resolver estos problemas en las IES, tales como:

Métodos secuenciales, Métodos de agrupación, Métodos de criterios múltiples, Relajación Lagrangiana, Modelos de período simple, Modelos multiperíodo, Modelos multiobjetivo, Métodos basados en razonamiento de casos, Coloramiento de grafos, Algoritmos Branch and Bound (BB), Algoritmos basados en Búsqueda Tabú, Algoritmos Genéticos, Colonia de Hormigas, Enfriamiento Simulado, Programación lógica de restricciones, Redes Neuronales, que en los últimos años han aportados resultados favorables para el problema de asignación de aulas (M. G. Tallavó & Martínez, 2005) (Restrepo & Moreno, 2011).

A continuación se define algunos de los métodos que son utilizados en solucionar los problemas de timetabling.

1.3.2.1 Algoritmos Genéticos

Este método sirve para resolver problemas muy complejos de optimización el cual tiene espacios de búsquedas muy grandes, y por lo general muestra muchas soluciones individuales en forma de conjunto, luego de esas soluciones individuales se complementan unas a otras para así formar una nueva solución (Abramson & Abela, 1992). Los AG simulan algo parecido a la evolución de algunas especies, donde las soluciones más aceptables sobreviven para ser utilizadas en otro conjunto, de tal manera este proceso se realiza si la solución es eficiente y sea aceptable para el problema que se está trabajando y el procedimiento llega a su fin, de lo contrario se genera otro conjunto hasta encontrar una solución aceptable (Karanik, 2006).

1.3.2.2 Algoritmos de Búsqueda Tabú

La búsqueda de tabú es una metaheurística la cual está diseñada para solucionar problemas de optimización combinatoria, la cual está basada en la realización de una búsqueda local y se apoya

en los principios generales de inteligencia artificial, TS inicia de igual manera que una búsqueda local ordinaria encontrando una solución hasta que satisfaga el criterio de finalización, con respecto a la búsqueda local esta coge la mejor solución de la población sin importar que esta no haya sido mejor que la anterior, y de esta manera se deberá permanecer con la solución encontrada en toda la búsqueda que se efectuó en el momento (M. G. Tallavó & Martínez, 2005).

1.4 Confort Térmico

El Confort térmico representado en diversos estudios sobre el cambio climático ha mostrado como concluyentes sobre la percepción este riesgo. Este cambio obedece al calentamiento del sistema climático, haciéndose más evidente en el aumento de las temperaturas globales promedio de la atmosfera y los océanos. El deshielo de los polos ha generado un aumento del nivel medio del mar y la temperatura del aire han aumentado 0.74°C [0.56 a 0.92] entre los años 1906 y 2005 (Zorrilla, Conde, & Álvarez, 2007). Según la Norma ISO 7730 el confort térmico se define como “Esa condición de la mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”.

1.4.1 Neutralidad

Es la primera condición del confort térmico, se define como la ausencia de algún tipo de incomodidad térmica en el centro del cuerpo. Combinación instantánea de temperatura de la piel, Es cuando el individuo presenta sensación de calor o frio corporal, y la temperatura de la piel cae súbitamente de 34°C los sensores de la piel comienzan a enviar impulsos al cerebro, e igualmente ocurre cuando la temperatura de la piel sobre pasa súbitamente los 37°C (Chávez del Valle, 2002).

1.4.2 El Confort Térmico Visto desde un Enfoque Cuantitativo

En la actualidad existen diversos estudios climatológicos, que investigan fundamentalmente la relación causa y efecto entre las variables involucradas generando así modelos matemáticos, para establecer estándares de condiciones climáticas y evaluar el

desempeño de los seres vivos, considerando en ellos las condiciones climatológicamente confortables y sensación térmica en los humano(Gomez, Bojórquez, & Ruiz, 2007).

Esto se reduce al estado de equilibrio resultante (valor de cero) del balance entre cargas térmicas que se entrelazan entre el medio ambiente inmediato y cuerpo humano, es decir, cuando el cuerpo humano no gana ni cede calor se siente una sensación de confort térmico. Por el contrario, cuando el resultado es diferente de cero, el cuerpo humano experimenta una sensación de incomodidad. Esto puede observarse mediante a la siguiente ecuación(Gomez et al., 2007).

$$M \pm W \pm R \pm C - E \pm C_{res} \pm E_{res} - E_d \pm C_{cond} \pm C_{cond.clo} = A$$

M = Energía metabólica producida por el organismo.

W= Trabajo mecánico desarrollado.

R = Intercambio de calor por radiación.

C = Intercambio de calor por convección.

E = Pérdida de calor por evaporación de sudor.

C_{res}= Intercambio de calor por convección respiratoria.

E_{res}= Pérdida de calor por convección respiratoria.

E_d = Pérdida de calor por evaporación de sudor.

C_{cond} = Intercambio de calor por conducción.

C_{cond.clo} = Conducción a través del vestido.

A = Pérdida o ganancia de calor por el cuerpo.

1.4.3 El Confort Térmico Enfoque de Aproximación Racional

Este enfoque es comúnmente utilizado por ingenieros especializados en climatización artificial, y es denominada como la escala de temperatura efectiva, determinando así el valor equivalente a la temperatura que el cuerpo humano experimenta por efectos de la humedad en la atmósfera, Esto puede observarse mediante a la siguiente Ecuación de Confort de Fanger(Gómez et al., 2007).

$$Lo = H - Ed - Esw - Ere - L - R - C$$

Lo = Acumulación de calor en el cuerpo.

H = Producción interna de calor.

Ed = Perdidas de calor por la difusión de vapor de agua por la piel.

Esw = Perdidas de calor debido a la sudoración.

Ere = Perdidas de calor latente debido a la respiración.

L = Perdidas de calor por respiración seca.

R = Perdidas de calor por radiación de la superficie del cuerpo vestido.

C = Perdidas de calor por convección de la superficie del cuerpo vestido.

Estudios como la experiencia de Bedford en el año 1936, establece una escala de siete puntos sobre individuos que seleccionaban cual era la más ajustada a su sensación de ambiente térmico (Gomez et al., 2007)

Tabla 1

Escala de valoración térmica de Fanger

Valor	Apreciación o “voto”
3	Sofocante
2	Caluroso
1	Ligeramente caluroso
0	Neutral
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frio

Fuente: artículo científico sobre el confort térmico: Dos enfoques teóricos enfrentados pág. 4

Estas determinantes se ven reflejadas en el resultado de su ecuación, el modelo de confort térmico sirve de base para la llegar a determinar la temperatura de “diseño” o temperatura óptima para la construcción de edificaciones, establecida así por la ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Gomez et al., 2007) (Today, 2002). Por otra parte el consumo energético los diferentes productos energéticos que son adquiridos por la

población, han generado un gran impacto económico, ya sean insumo muy utilizado en las industrias, comercio y hogares(DNP, 2013).

El incremento anual del consumo energético en zonas con temperatura cálida, especialmente en la región atlántica, se debe al crecimiento de la demanda de la energía eléctrica que existe en los mercados no regulado y regulado ya que como se encuentran en una zona de clima cálido tienen que mejorar el ambiente térmico para que las personas que se encuentren tomando el trabajo estén en óptimas condiciones, para desempeñarse en sus actividades(DNP, 2013).

Tabla 2

Comportamiento de la demanda de energía a nivel regional-GWh

Región	2011	2012	Crec	2013	Crec
Centro	15.140,1	15.433,7	1.9%	15.639,4	1.5%
Antioquia	8.491,1	8.650,5	1.8%	8.780,3	1.7%
Costa Atlántica	11.829,6	12.556,3	6.0%	13.248,4	5.8%
Valle	6.338,3	6.591,6	3.9%	6.767,8	2.9%
Oriente	5.842,1	6.097,1	4.2%	6.336,4	4.2%
CQR	2.411,7	2.415,8	0.1%	2.446,9	1.5%
THC	2.272,2	2.322,5	2.1%	2.400,1	3.6%
Sur	1.727,1	1.722,3	-0.4%	1.725,2	0.4%
Chocó	187,3	191,3	2.0%	198,6	4.1%
Guaviare	42,3	42,5	0.1%	46,6	10.2%
**Cargas STN	2.672,3	3.063,1	14.3%	3.045,9	-0.3%

Fuente: (*) El seguimiento de la demanda por región se realiza a partir de la demanda comercial. (**) Corresponden a cargas conectadas directamente al Sistema de Transmisión Nacional (STN) y no tienen asociado un Ordenador de Red (OR). No se incluyen las exportaciones a Ecuador.

Tabla 3

comportamiento por región - GWh

Región	Dic-2014	Crec	Dic-2015	Crec
Centro	16088.6	2.8%	16447.1	2.4%
Antioquia	9046.1	3.0%	9319.0	3.2%
Costa Atlántica	14055.1	6.1%	14958.0	6.5%
Valle	6922.5	2.3%	7170.2	3.7%
Oriente	6577.1	3.8%	6872.5	4.5%
CQR	2543.4	4.0%	2665.3	4.9%
THC	2513.1	4.7%	2678.1	6.6%
Sur	1793.6	3.9%	1859.7	3.7%
Chocó	213.0	7.2%	228.8	7.5%
Guaviare	48.5	3.9%	51.3	5.8%

Fuente: (**) El seguimiento de la demanda por operador de red (OR) se realiza a partir de la demanda comercial y por tipos de días.

1.4.4 Evaluación ambiental

De acuerdo al autor (Nico, Liuzzi, & Stefanizzi, 2015) plantea que cuando se va a construir una edificación sea para oficinas o escuelas se realiza una evaluación de la calidad ambiental interior con el fin de garantizar una mayor comodidad de los ocupantes con respecto al ambiente ya que las necesidades de los trabajadores y estudiantes que ingresan a aulas de clases con un ambiente confortable pueden mejorar sus rendimientos en materia de atención, concentración y aprendizaje. (Nico et al., 2015). También se presenta que cuando falta la comodidad causa discomfort ambiental mostrando una falla en la productividad y el cual tendrá una tendencia negativa.

1.4.5 Parámetros Ambientales.

El confort térmico es una condición donde las personas está bajo cierta comodidad ambiental dentro de un espacio físico, para así desarrollar de la mejor forma sus actividades, sin que haya desconcentración e insuficiencia en el rendimiento de sus tareas, debido a esto es necesario saber cómo se obtiene el cálculo de confort térmico dentro de aulas.

En este trabajo se tomó como referencia para estimar las condiciones de confort térmico que experimentaban los estudiante en las aulas de clase, al autor Francisco Javier Chávez del Valle(Chávez del Valle, 2002). Su estudio afirma que, para calcular el confort térmico dentro del aula, la persona debe sentir la pérdida de energía del cuerpo. Esto indica que los parámetros que se deben utilizar para medir el confort térmico de las personas dentro de las aulas, son los que afectan la perdida de la energía, los cuales son los siguientes: temperatura del aire, temperatura globo, velocidad del aire, humedad relativa; de acuerdo a esto, se sabrá en que valores de los parámetros anteriormente mencionados las personas se sienten en un ambiente cómodo dentro de un espacio cerrado o abierto.

Tabla4

Variables influyen en la pérdida de energía del cuerpo humano

T_a	Temperatura del aire	$^{\circ}\text{C}$
T_r	Temperatura radiante/Temperatura de globo	media $^{\circ}\text{C}$
V_a	Velocidad del aire	m/s
R_h	Humedad relativa	Pa

Fuente: Zona Variable de Confort Térmico, tesis doctoral art 2.

1.5 Antecedentes

A continuación, se presente mediante una tabla, investigaciones recientes que han tenido trascendencia en la historia, y han planteado soluciones a estos problemas de asignación de recursos mediante métodos aproximados y exactos, estableciendo la importancia y la necesidad de este modelo de gestión.

Tabla 5

Estudios Realizados Mediante Métodos Exactos y Aproximados para la Solución de Problemas de Timetabling.

AÑO	AUTOR	METODOS DE SOLUCIÓN	
		METODOS EXACTOS	METODOS APROXIMADOS
2006	Natashia Bolanda, Barry D. Hughesa, Liam T.G. Merlotb, Peter J. Stuckeyc	New integer linear programming approaches for course timetabling	
2006	S. Daskalaki A, T. Birbas B, E. Housos.	An integer programming formulation for a case study in university timetabling	
2007	Andrés Saldaña Crovo, Cristian Oliva San Martín, Lorena Pradenas Rojas.	Modelos de programación entera para un problema de programación de horarios para universidades	
2007	Rodrigo Hernandez, Jaime Miranda P, Pablo A. Rey.	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.	
2008	John Fredy Franco Baquero, Eliana Mirledy Toro Ocampo, Ramón Alfonso Gallego Rendón.		Problema de asignación óptima de salones resuelto con búsqueda tabú
2008	Javier Fiallos, M.Sc., Jorge García, M.Sc., Jaime Pérez, M.Sc.	Diseño de un sistema de asignación automática de horario de clases: caso unitec.	
2010	José Ma. Mejía Caballero, Carlos Paternina Arboleda.		Asignación de horarios de clases universitarias mediante algoritmos evolutivos

AÑO	AUTOR	METODOS DE SOLUCIÓN	
		METODOS EXACTOS	METODOS APROXIMADOS
2011	Marcos Gil Tallavo, Amadis Antonio Martinez.		Algoritmo basado en tabú search para el problema de asignación de horarios de clases.
2011	Javier Alberto Moreno González		Herramienta de software para la asignación de las aulas y espacios físicos requeridos para la programación de asignaturas y grupos ofrecidos por cada una de las escuelas semestralmente en la universidad industrial de Santander.
2012	Gerley E. Restrepo Ing, Luis Fernando Moreno Velásquez M. Sc.		Modelo para la asignación de recursos académicos en instituciones educativas utilizando la técnica metaheurística, búsqueda tabú
2012	Marcelo J. Karanik.		Asignación dinámica de aulas utilizando algoritmos genéticos
2013	Cheng Weng Fong A, Hishammuddin Asmunia, Barry Mccollumb, Paul Mcmullanb, Sigeru Omatuc.		A new hybrid imperialist swarm-based optimization algorithm for university timetabling problems.
2014	Rakesh P. Badoni, D.K. Gupta, Pallavi Mishra Department.		A new hybrid algorithm for university course timetabling problem using events based on groupings of students.

Fuentes: elaboración propia año 2017

Con base a las anteriores investigaciones consultadas, se observa que un 39% de las investigaciones encontradas solucionaron el problema de asignación de recursos académicos mediante metodologías exactas para encontrar la óptima gestión de los recursos en las instituciones de educación superior IES. En el resto de las investigaciones se encontró que un 61%, corresponden a metodologías aproximadas, como lo son heurísticas y meta heurísticas para encontrar una solución cercana al óptimo.

1.5.1 Principales Trabajos Realizados en Asignación de Espacios Académicos en IES

El problema de asignación de clases en Instituciones de Educación Superior (IES). Se ha venido trabajando por diferentes autores, los cuales plantean desde diferentes perspectivas la solución que optaron para mitigar el problema de asignación, en primer lugar los autores

Glasse y Mizrach en el año 1986, su investigación se basó en construir un modelo de programación binaria, el cual asignaron 4000 clases a 250 aulas y fue resuelto por medio de heurísticas (Badoni, Gupta, & Mishra, 2014) (Fiallos, García, & Pérez, 2008).

Los siguientes autores Shih y Sullivan en el año 1997 su investigación se basaron en construir modelos de programación binaria para la asignación de docentes cursos y horario, y no consideraron las aulas. Dimipoulo y Miliotis en el año 2001, su metodología de solución utilizaron programación entera para la asignar cursos, pero ellos no consideraron la asignación de profesores en su programación (Fiallos et al., 2008).

Los autores (Hernández et al., 2008) plantearon un modelo de programación entera el cual sirvió para asignar los horarios de los cursos y la asignación de aulas, el cual consideraron la capacidad de las aulas, los tipos de sala para las clases y la combinación de los bloques de horarios para un curso, este modelo propuesto cumplió satisfactoriamente los requerimientos obligatorios y entrega de manera eficiente los horarios y la asignación de aulas a las clases.

Los autores (Badoni et al., 2014) proponen un método aproximado, llamado algoritmo híbrido basado en la combinación de algoritmos genético y búsqueda local y usando eventos que se basan en agrupaciones de alumnos, lo que propone para darle solución al problema de horarios universitarios, el cual consiste dividir un conjunto de alumnos en una serie de subconjunto de alumnos y estos deben ser diferentes, y estos deben estar sujeto a un grupo de restricciones.

Los autores (Saldaña, San Martín, & Rojas, 2007) formularon modelos basados en programación lineal entera para problemas de asignación de horarios en universidades, el cual presenta métodos para la solución para cada uno de ellos que fueron relajación de restricciones, asignación con tipo de aula y combinación modelos de asignación directa de aulas y relajación de restricciones. Dentro de la solución tuvieron presente profesores, días, horarios, aulas y si la asignatura tenga la necesidad de dictarse en periodos consecutivos, el objetivo fundamental de este fue minimizar la asignación de periodos no deseados, este estudio se realizó en la facultad de ingeniería de la Universidad de la Concepción Chile y los tiempos computacionales cuando lo resolvieron son razonables, satisfaciendo la calidad deseada.

1.5.2 Trabajos realizados calculando el confort térmico en instalaciones estudiantiles.

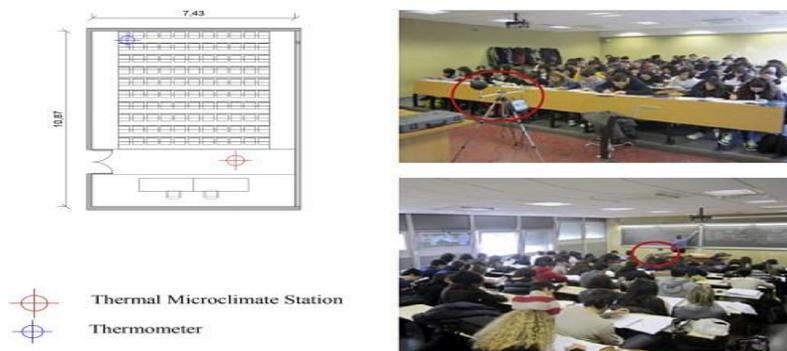
Dentro de la literatura especializada para el cálculo de un ambiente térmico agradable dentro de aulas universitarias encontramos trabajos realizados, según los autores (Dias, Raimondo, Paolo, & Gameiro, 2014) desarrollaron una investigación la cual, tiene como nombre evaluación de la calidad del aire interior y confort térmico en las aulas secundarias portugués, este trabajo se realizó en el colegio de Beja, en el sudeste de Portugal.

El estudio de campo tuvo en cuenta reconocimientos de parámetros físicos, y cuestionarios de monitoreo, estas mediciones se realizaron al mismo tiempo, durante los periodos de clases dentro de cada aula. La actividad, consistió en la medir parámetros como temperatura del aire, humedad relativa, concentraciones de CO₂ y valores de temperatura del exterior, el cual este estudio investigó la aceptabilidad térmica, la sensación térmica y la preferencia térmica, la cual tuvieron resultados como que los estudiantes encontraron un rango de temperatura más allá de la zona de comodidad aceptable hasta 25,2°C y confirmaron que el estado de neutralidad térmica no es el estado preferido de confort térmico.

Los autores (Mishra & Ramgopal, 2014) publicaron un artículo el cual tiene como nombre, el confort térmico en los laboratorios universitarios- un estudio de campo en Kharagpur India, este estudio de campo de confort térmico se realizó en un laboratorio con ventilación natural ubicada en una región climática tropicales de la India. El edificio que escogieron es utilizado por el programa de ingeniería. El objetivo de la investigación fue evaluar como los estudiantes perciben el entorno térmico, al momento de tomar las clases estando en un entorno de ventilación natural, para luego determinar la gama de temperatura adecuada, En el estudio se recolectaron parámetros ambientales tales como temperatura del aire, velocidad del aire, temperatura de globo, bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo y se aplicaron encuestas subjetivas a 121 estudiantes, registrando, el comportamiento de los ocupantes a las condiciones típicas. los resultados obtenidos muestran una zona de confort a 10°C, también una correlación entre la temperatura de confort térmico interior y las condiciones externas, y también se presentó

que los estudiantes tuvieron una tasa metabólica de 1,6 y fue encontrado el principio de comodidad.

También los autores (Nico et al., 2015) desarrollaron una investigación acerca de la evaluación del confort térmico en las aulas universitarias a través de un enfoque objetivo y el análisis de la preferencia subjetiva, este es un estudio de tipo experimental se realizó en la universidad politécnica de Bari Italia, durante los primeros días del mes de marzo a inicio de primavera, se tuvieron en cuenta aulas con diferentes características físicas, plantas de acondicionamiento y la exposición al sol, y fue aplicada en los horarios académicos a 126 estudiantes. Esta investigación se desarrolló en tres partes, en primer lugar se comparó el modelos de fanger y modelos de aceptabilidad, se realizó una comparación con los resultados que se obtuvieron y escala subjetiva, en la segunda parte se refirió en la sensación térmica de los alumnos y por último se hizo un estudio de correlación entre los parámetros ambientales y la sensación térmica.



Figuras 1. Punto de monitorización, evaluación del confort térmico en aulas universitarias a través de un enfoque objetivo y el análisis de la preferencia subjetiva-2014. Fuentes:(Nico et al., 2015).

De esta manera se tuvieron resultados entre los cuales se resalta que el ambiente térmico varía con, las dimensiones física de las aulas. También se encontró una diferencia con las encuestas que realizaron a los estudiantes, las mujeres tienden a sentir más frío, que la población masculina y tienden en ocasiones a llevar ropa más abrigada, por lo que las mujeres prefieren un ambiente más cálido y de esta manera se refirieron, que el aula estaba en un estado desagradable.

2. Metodología

El presente proyecto de investigación, es de carácter cuantitativo - explicativo. De enfoque cuantitativo, ya que el desarrollo de esta; es secuencial y posee una fase de validación, de igual forma cada fase metodológica precede a la siguiente y no se puede violar este orden (Sampieri & Lucio, 2006). Este proyecto se desarrolló a partir de cinco fases metodológicas, para darle cumplimiento al objetivo general, siendo propias de un enfoque cuantitativo de investigación. A continuación se mostrara detalladamente cada una de ellas.

2.1 Fase 1 revisión y análisis bibliográfico

En esta fase se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos, libros, tesis y trabajos relacionados con el modelamiento matemático para la gestión de recursos académicos en las instituciones de educación superior, el cual se indago en las principales bases de datos digitales, tales como Science Direct donde encontramos el gran parte de artículos que fueron fundamental para el desarrollo del estado del arte presentado en el capítulo primero de este documento, también fueron útiles documentos encontrados en Scopus, Scielo, Redalyc, artículos científicos, libros, con un total de más de 31 artículos que fueron útiles para diseñar el estado del arte y este proyecto de una manera aceptable.

2.2 Fase 2. Caracterización de una Institución de Educación Superior

La institución de educación superior que se escogió para realizar el presente estudio fue la Corporación Universitaria del Caribe CECAR en la ciudad de Sincelejo, ubicada en una zona de clima cálido colombiano. A continuación se describe como se tomó la información que se utilizó para obtener los datos que serían necesarios para el modelo matemático. Inicialmente se diseñaron formatos de toma de información para caracterizar las siguientes variables: confort térmico y consumo energético Estas variables sirvieron para determinar cuáles eran las condiciones de menor consumo energético, que garantizaran un ambiente de confort térmico para el desarrollo de la labor académica, teniendo en cuenta, diferentes bloques de salones y franjas horarias. Cabe aclarar que este estudio se limitó solo al programa de ingeniería industrial de la corporación.

Teniendo en cuenta que solo se limitó al programa de ingeniería industrial de la corporación, se describe como se recolectaron los siguientes datos . En primer lugar, se dirigió a la Facultad de Ciencias Básicas, Arquitectura e Ingenierías, para registrar la información referente a la proyección que se hizo para el periodo académico de 2017-2, en donde se miró el número de estudiantes, grupos por asignatura, número de asignaturas y número de semestres del programa. Estos datos se registraron en el formato recolección de recursos académicos, el cual se encuentra como anexo a este documento (ANEXO 1). Luego se dirigió al departamento de planeación de la Corporación Universitaria del Caribe CECAR, para solicitar la información acerca del número de aulas disponibles para tomar las clases académicas para el programa de Ingeniería Industrial.

Seguidamente se realizó un estudio del costo de energía de los equipos de ventilación artificial dentro de las aulas. En esta parte cabe recordar que por practicidad del estudio, se tomó como supuesto que todos los equipo de ventilación artificial eran igual al equipo que se utilizó en el estudio de costos de consumo de energía. Este consumo fue calculado mediante un contador digital adherido al sistema del equipo de ventilación véase la (Figura 2). Para calcular este costo se tuvieron en cuenta 3 niveles de consumo, asociados a 3 niveles de temperatura del equipo. Los niveles que se tomaron fueron a 30°C, 23°C y 16°C, este proceso duró una hora por cada variación y así saber cuánto consume dichas variaciones en kWh, y seguidamente se calculó el costo asociado a cada consumo.



Figuras 2. Método para calcular el consumo energético. Fuente: elaboración propia año 2017

Una vez obtenido el consumo de los niveles en que fueron variados el equipo de ventilación artificial, seguidamente se indago el costo de un kWh, este se obtuvo mediante un promedio del costo a lo largo del año 2016 que se ve reflejado en la facturación que se entrega por el operador local electricaribe. Con el fin de obtener un dato aceptable dentro del estudio, véase la tabla (Tabla 6) cabe resaltar que esta medición del consumo energético se realizó cuando el aula estaba ocupada.

Tabla 6

costo promedio del año 2016 en (\$/kWh)

Costo promedio anual del año 2016		
Meses	Tarifa Promedio mensual (\$/kWh)	Promedio anual
Enero	405.24	Tarifa promedio anual 359.263(\$/kWh)
Febrero	410.50	
Marzo	385.87	
Abril	371.67	
Mayo	356.89	
Junio	353.46	
Julio	334.24	
Agosto	370.63	
Septiembre	349.19	
Octubre	367.25	
Noviembre	354.42	
Diciembre	251.80	

Fuente: elaboración propia año 2017

Ya sabiendo el consumo de los niveles de temperatura y el costo promedio anual de kWh, entonces hacemos el cálculo del costo de energía para los niveles propuestos véase la (Tabla 7) en el cual se apreciara cada costo, este costo promedio por kWh que se utilizo fue de 356.263 pesos.

Tabla 7

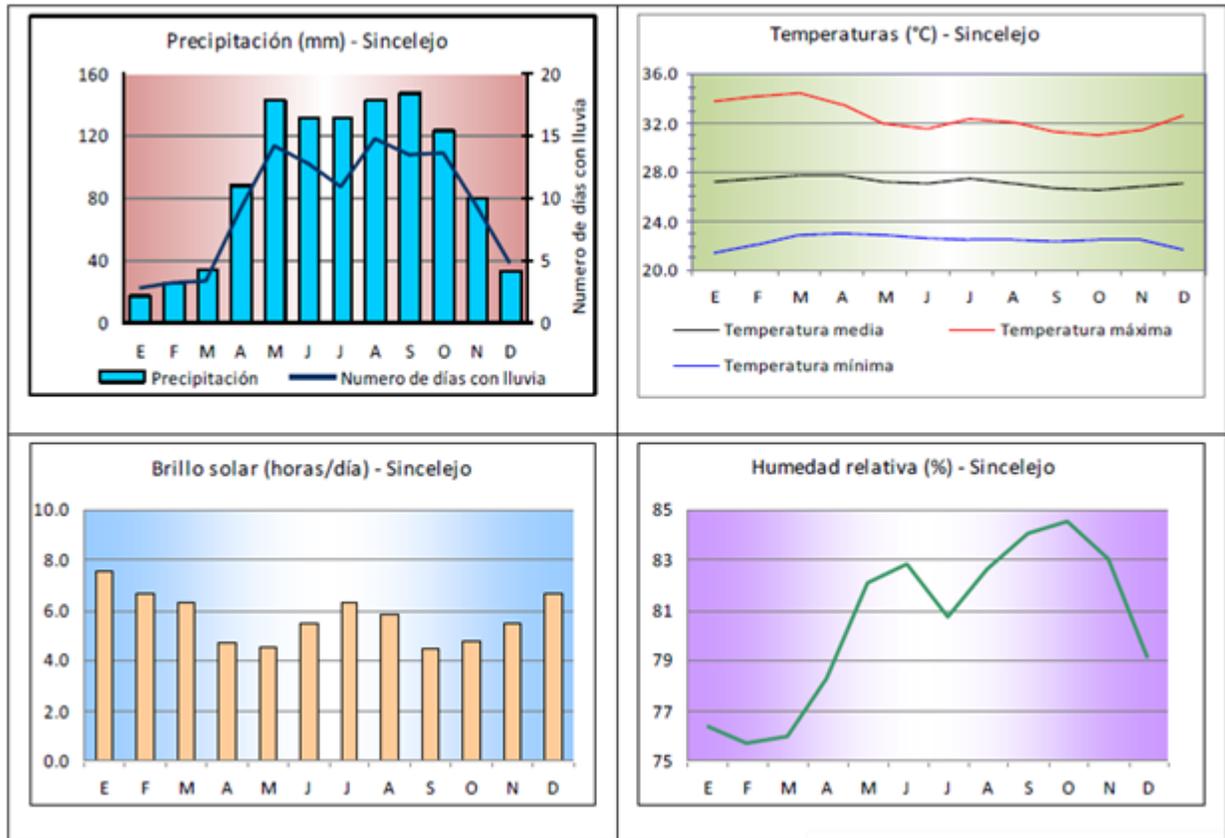
Costo del consumo energético por la variación de temperatura

Temperatura digital variada	Consumo Energético en KW/H		
	consumo por hora	Costo en pesos por kWh	Costo por hora por 2 aires
30°C	0.06 kWh	356.263	42.752 pesos
23°C	1.14 kWh	356.263	812.280 pesos
16°C	1.95 kWh	356.263	1389.43 pesos

Fuente: elaboración propia 2017

Seguidamente antes de realizar la medición del confort térmico, se investigó acerca de la climatología de la ciudad de Sincelejo el cual nos apoyamos en información del IDEAM (IDEAM, 2016), el cual describe la climatología de la ciudad de Sincelejo por medio de estadísticas, las cuales en primer lugar afirman que en la ciudad, en promedio de precipitaciones es de 1099mm. La ciudad de Sincelejo presenta una temporada lluviosa y una temporada seca durante todo el año, la época seca va desde diciembre hasta marzo con un periodo de lluvia de menos de 5 días por mes, la temporada con mayor lluvia de 15 a 18 días va desde mayo a octubre, los meses de abril y noviembre se consideran de transición y pueden presentarse 10 días de lluvia por mes.

La temperatura promedio en la ciudad de Sincelejo en de 27,1°C, durante el medio día la temperatura varía entre 31 y 35°C, por las madrugadas la temperatura minina varía entre 21 y 23°C, durante los periodos de lluvia el sol brilla 4 horas diarias, la humedad relativa de la ciudad de Sincelejo varía entre 76 y 84%, a continuación se presentan unas características climatológicas de la ciudad de Sincelejo véase la (Figura 3).



Figuras 3. Características Climatológicas de Ciudades Principales y Municipios Turísticos. Fuente: (IDEAM, 2016)

Sabiendo esto, se planificó un cronograma medición el cual iba desde los días 23, 24, 25, 26, 30, 31 del mes de Mayo del 2017, el cual tenía información referente a las clases durante todo el periodo académico que imparte la institución y la ubicación de cada clase en que salón y bloque, una vez se tuvo el cronograma, se asumió dentro de la investigación que para el cálculo del confort térmico se haría de la siguiente manera, se escogió un salón por bloque y se asumió que todos los salones pertenecientes a un bloque eran iguales en características físicas e igual equipo de ventilación al salón escogido, esta medición se realizó durante todas las franjas horarias que imparte la institución.

Para calcular el confort térmico dentro de las aulas de clase, se apoyó el autor (Chávez del Valle, 2002), que dice que las variables que influyen en la pérdida de energía del cuerpo humano dentro un espacio cerrado son, temperatura del aire, velocidad del aire, temperatura de globo, humedad relativa, por lo que proseguimos a medir el confort térmico en función de estos

variables, y se utilizaron los equipos, Microterm Heat Stress WBGT véase la (Figura 4), Anemómetro Digital véase la (Figura 5) para realizar las respectivas mediciones.



Figuras 4. Equipo Microterm Heat Stress WBGT. Fuente: propia 2017



Figuras 5. Equipo Anemómetro Digital. Fuente: propia 2017

Esta recolección de datos consistió de la siguiente manera, la medición del confort térmico dentro de las aulas se tomó a partir de los sensores que son los estudiantes que impartían la clase, el encargado de la medición entraba a los salones de clase, explicaba la metodología de la prueba y se proseguía a realizar las mediciones de temperatura, en los equipos de ventilación artificial, primero cuando el equipo estaba apagado, a 30°C, 23°C, 16°C respectivamente, cada

variación, tenían un lapso de tiempo de 10 minutos, al transcurrir ese tiempo se registraban los datos, que arrojaban los equipos en el siguiente formato, véase el (ANEXO 2).

Seguidamente se le preguntaba a los estudiantes, si se sentían bajo confort térmico, respondiendo con una respuesta corta SI o NO, con respecto a las condiciones de temperatura a las que habían sido expuestos, registrando esta respuesta en formato, esto se realizó en los tres niveles de temperatura y cuando el aire estaba apagado, para así tener presente en cuál de esas variaciones de temperatura se tenía confort térmico, estas mediciones se realizaron en todos los bloques de la institución con el fin de obtener todos los resultados.

Sumado a lo anterior se obtuvo los datos de cada variable dentro de las aulas de clases y diferentes franjas horarias, véase los ANEXOS 3, 4, 5, 6, 7 y 8, la caracterización del confort térmico en los diferentes bloques de la Corporación. Una vez terminado esta medición se asumió por practicidad para la programación de las clases del programa de ingeniería industrial, se escogió 7 aulas las cuales quedaron distribuidas así; 3 aulas pertenecientes al bloques A y 4 aulas pertenecientes al bloque F, se asumió de esta manera debido a que es donde más se asignan las clases del programa.

En primera instancia cuando se realizó la medición de confort térmico se asumió que la temperatura iba a ser igual en el intervalo de tiempo de dos horas, es decir que la temperatura de 6:00am a 7:00am es igual a la temperatura de 7:00am a 8:00am, así con el resto del día académico. La tabla que a continuación se presenta los resultados de 6:00am a 12:00m, y está dado por hora y salón, también cada franja que va desde 1 hasta 80 que representa las horas académicas de los 5 días hábiles que asumimos para asignar las clases dentro de esta investigación.

En segunda instancia cuando se realizó el estudio de consumo energético en las variaciones de temperatura, se obtuvo un consumo y por ende un costo asociado, el cual esta matriz de costos se logró mediante la caracterización de confort térmico, en donde existiera confort térmico pero el consumo asociado a él, en las diferentes franjas horarias y aulas de clases que se utilizaron para programar sus clases véase la (Tabla 8).

Tabla 8

Matriz Costo por consumo de energía para mantener el confort térmico en las aulas

	AULAS EN LAS QUE SE PROGRAMARAN LAS CLASES						
	BLOQUE F				BLOQUE A		
franjas horarias	AULA 1	AULA 2	AULA 3	AULA 4	AULA 5	AULA 6	AULA 7
6:00am-7:00am	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
7:00am-8:00am	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
8:00am-9:00am	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
9:00am-10:00am	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
10:00am-11:00am	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
11:00am-12:00m	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 1,389.43	\$ 1,389.43	\$ 1,389.43
	812.28	812.28	812.28	812.28	1,389.43	1,389.43	1,389.43

Fuente. Elaboración propia año 2017

Para observar el costo de confort térmico por consumo energético en todas las franjas del día y durante la semana, véase en su totalidad la matriz de costo por consumo energético asociado al confort térmico en las aulas, que se muestra en el (Anexo 9) de la investigación.

Este estudio se realizó los días 23,24,25,26,30,31 del mes de Mayo del año 2017 esos días la temperatura y precipitación según el (IDEAM, 2017), en la ciudad de Sincelejo fue la siguiente, esta información se muestra en la (Tabla 9).

Tabla 9

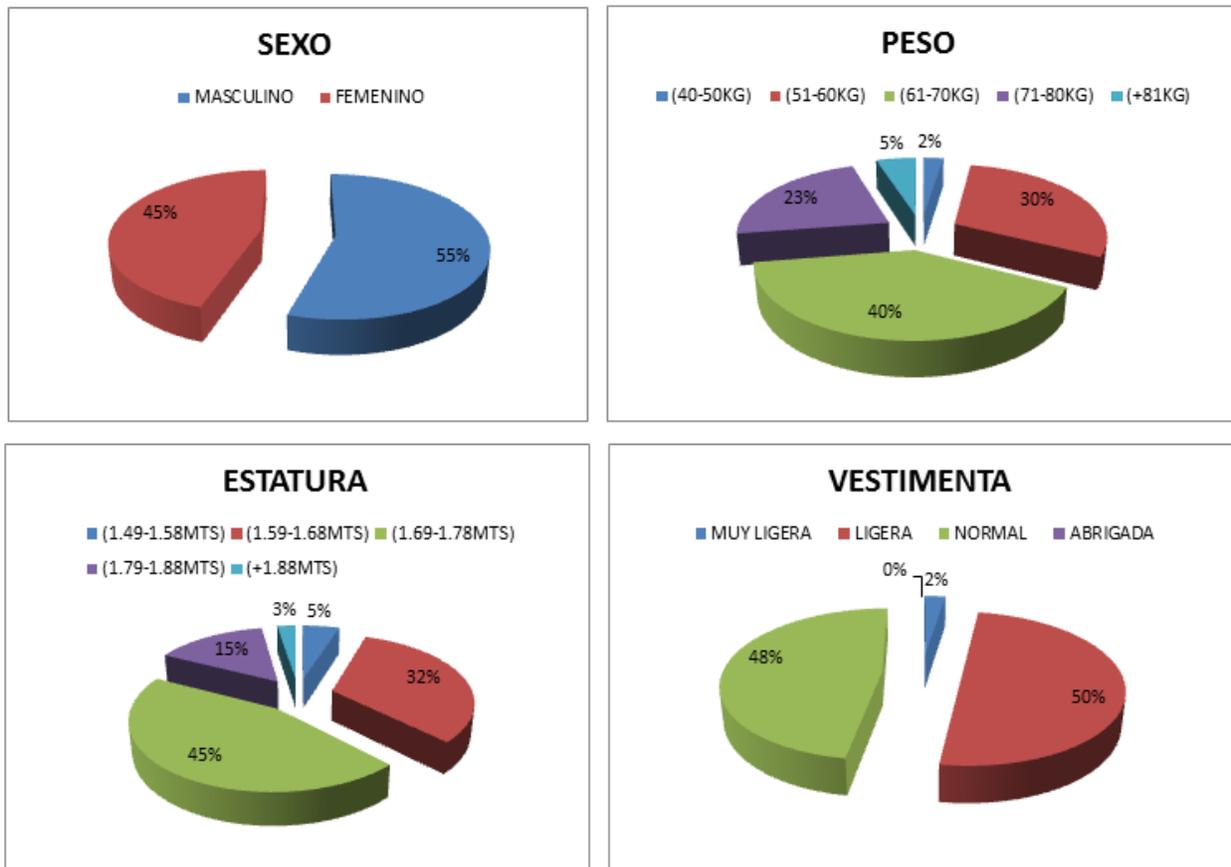
Climatología de la ciudad de Sincelejo los días que se realizaron los estudios

FECHA	Precipitación(mm)	Temp-max(°c)	Temp-min(°c)
23 de mayo de 2017	0.0	31.2	25.6
24 de mayo de 2017	0.0	34.4	26.0
25 de mayo de 2017	0.0	36.2	26.4
26 de mayo de 2017	2.3	31.0	24.2
30 de mayo de 2017	0.4	32.0	24.2
31 de mayo de 2017	22.2	34.0	21.8

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Servicios de Pronósticos y Alerta IDEAM-2017

También se realizó una encuesta para caracterizar la población estudiantil dentro de las aulas de clases, esta fue aplicada a 5 estudiantes escogidos aleatoriamente al final de la prueba con el fin de tener una caracterización no muy influyente dentro de la medición, este instrumento consistió en 4 preguntas véase el (ANEXO 10), con el fin de obtener una estadística de las características de las personas que asisten a las clases, estas encuestas fueron aplicadas en todas los intervalos de tiempo el cual asumimos de dos horas consecutivas partiendo desde las 6 de la mañana hasta las 10 de la noche, es decir que se aplicaron 40 encuestas durante el día en un bloque y así con los 5 bloques restantes. A continuación se presenta unos diagramas de torta mostrando la estadística de los datos recolectados por todos los bloques que maneja la institución.

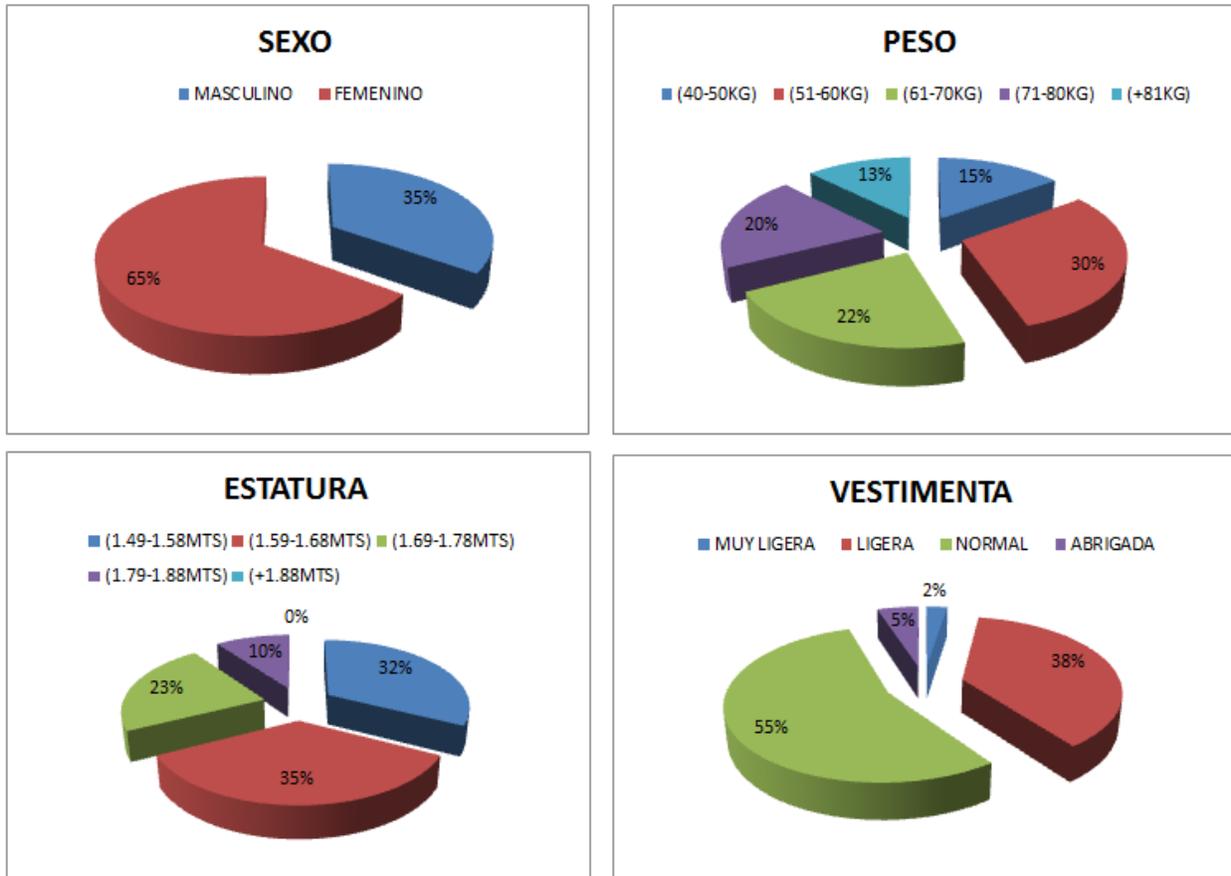
El primer análisis corresponde para el bloque A véase en la (figura 6) donde se muestra las estadísticas referentes a la caracterización que se aplicó al final medición del confort térmico, a los estudiantes que se encontraban tomando las clases, en primer lugar, el 55% de las personas encuestadas eran de sexo masculino y un 45% que representa el sexo femenino, para el tipo de vestimenta en primer lugar el 48% de los estudiantes marcaron que se vestían normal con camiseta, playera o camisa de manga larga y pantalón, un 2% de los encuestados vestían de forma muy ligera Camiseta y bermuda, por ultimo un 50% vestían de forma ligera es decir, playera, blusa y pantalón, dentro del aula de clase de la institución.



Figuras 6. Estadísticas de la población encuestada para el bloque A. Fuente: propia 2017

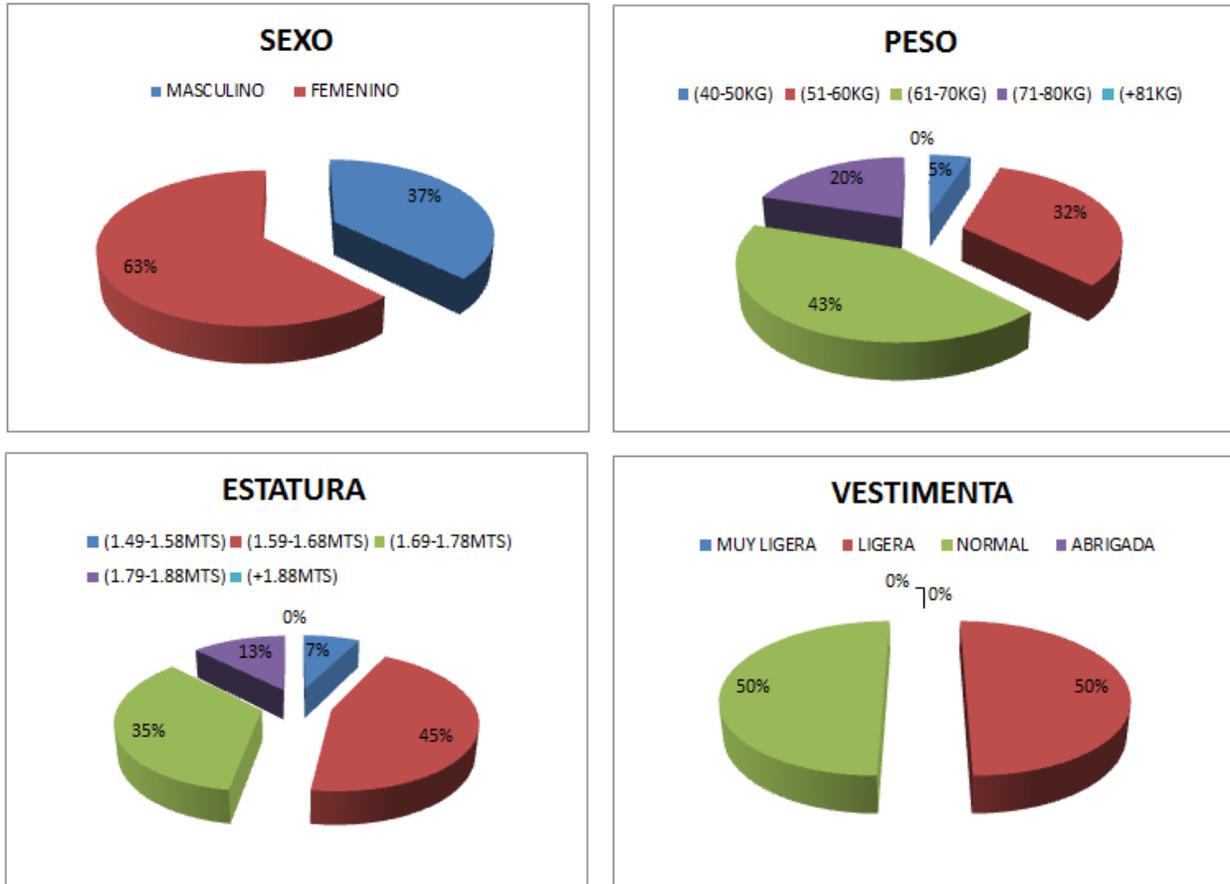
De igual forma para el bloque B se aplicó la misma encuesta y fue de igual metodología se realizaron un total de 40 encuestas, de las cuales el 65% de los estudiantes fueron de sexo femenino y un 45% restante representado con los estudiantes del sexo masculino, para parte de vestimenta se obtuvo que un 55% de las personas vestían de forma normal cual indica que viste de la siguiente manera camiseta, playera o camisa de manga larga y pantalón un 38% de los encuestados vestían de forma ligera, playera, blusa y pantalón, un 2% de los estudiantes vestían muy ligera, Camiseta y bermuda, y un 5% que representan a estudiantes que vestían de forma

abrigada, camiseta de manga larga, sudadera o pantalón o chaleco, véase la (Figura 7).



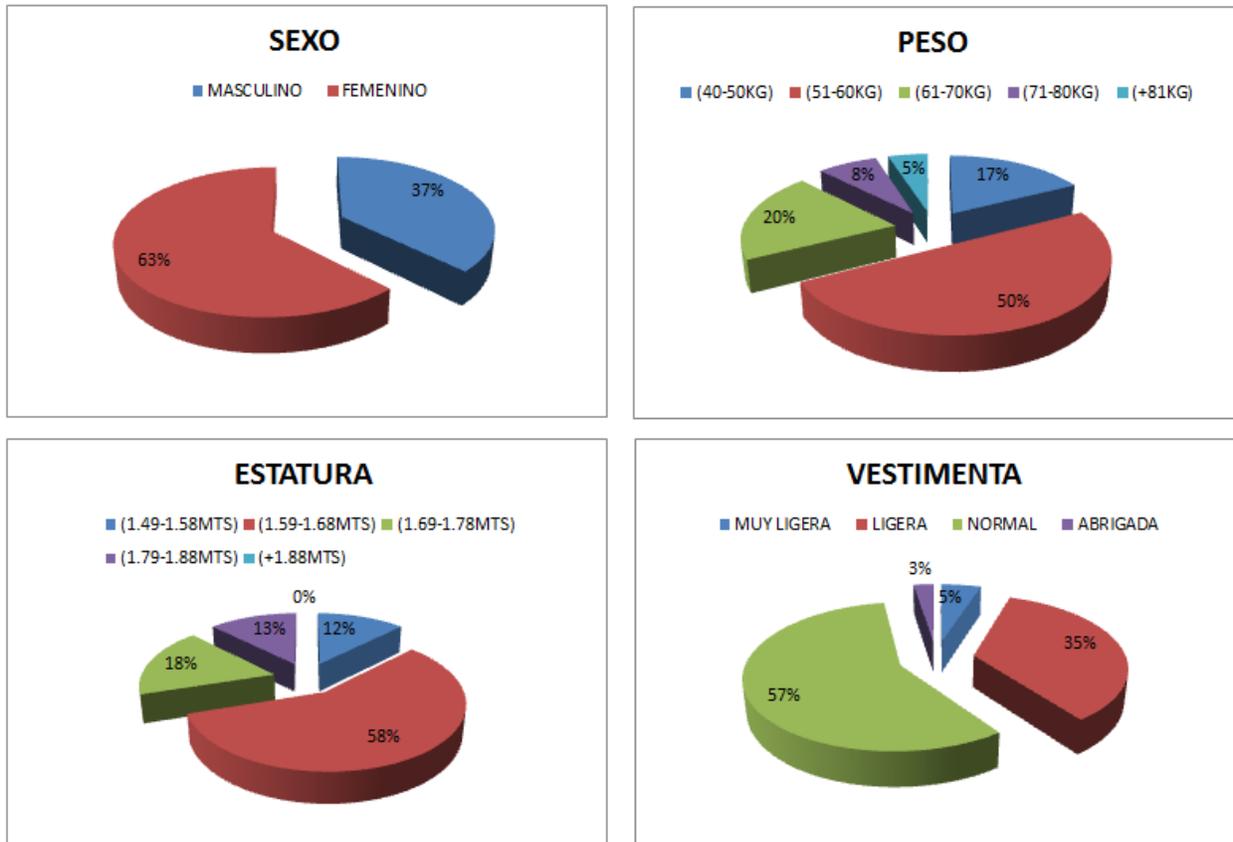
Figuras 7. Estadísticas de la población encuestada para el bloque B. Fuente: propia 2017

Para el bloque C, el cual también consistió en aplicar la encuesta para caracterizar la población con un total de 40 encuestas durante todo el periodo académico en intervalos de dos horas por toda la jordana, en primer lugar una de las preguntas era saber el sexo y se presentó que el 63% de los estudiantes encuestados pertenecen al sexo femenino y el resto de los estudiantes al sexo masculino representados con un 37% de la población, y el tipo de vestimenta la cual los estudiantes asisten a clase se tuvo la siguiente estadística, un 50% de la población estudiantil asiste a clase con ropa normal, es decir camiseta, playera o camisa de manga larga y pantalón, y un 50% de los encuestados vestían de forma ligera, playera, blusa y pantalón, y dentro de esta estadística indico que vestía con ropa muy ligera y abrigada véase la (Figura 8).



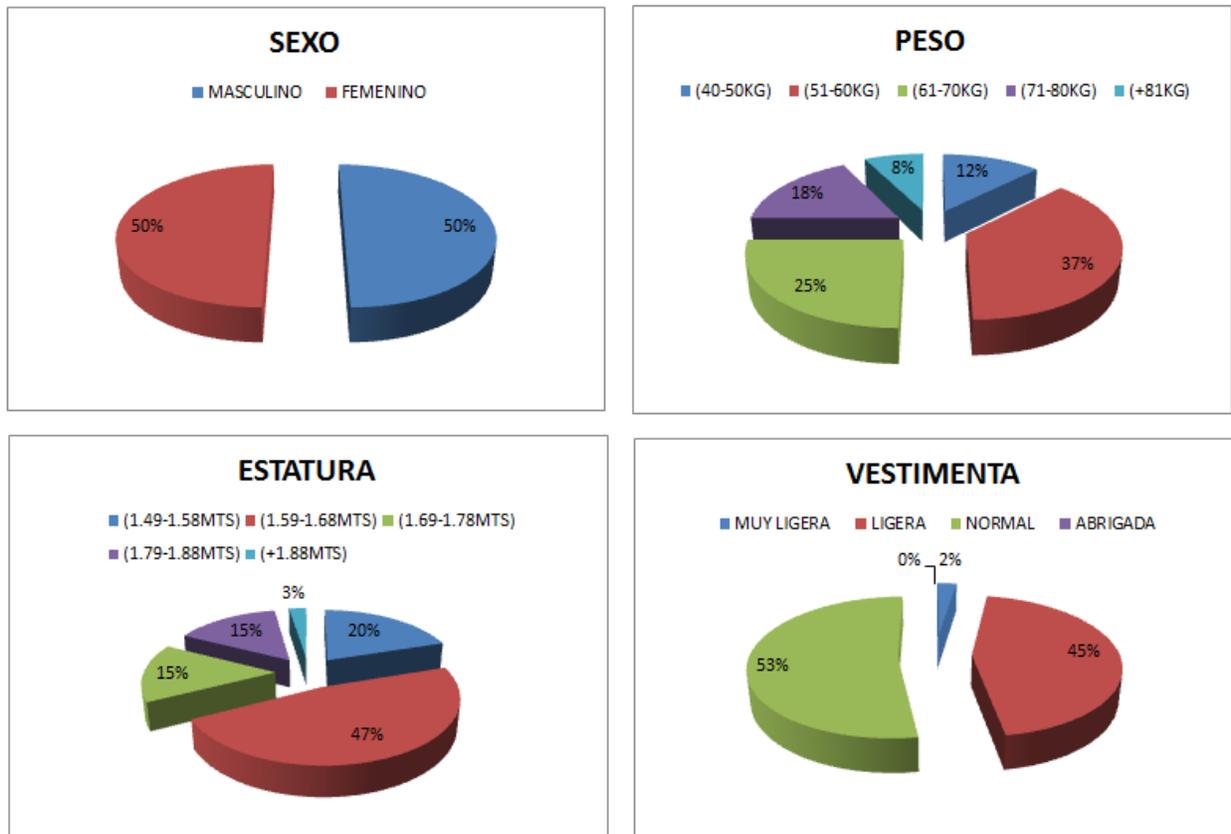
Figuras 8. Estadísticas de la población encuestada para el bloque C. Fuente: propia 2017

Para el bloque D se aplicó la misma encuesta y fue de igual metodología se realizaron un total de 40 encuestas, de las cuales el 63% de los estudiantes fueron de sexo femenino y un 37% restante representado con los estudiantes del sexo masculino, en otro lugar el tipo de vestimenta se obtuvo que un 57% de las personas vestían de forma normal cual indica que viste de la siguiente manera camiseta, playera o camisa de manga larga y pantalón, un 35% de los encuestados vestían de forma ligera, playera, blusa y pantalón, un 5% de los estudiantes vestían muy ligera, Camiseta y bermuda, y un 3% que representan a estudiantes que vestían de forma abrigada lo que indica que vestían con, camiseta de manga larga, sudadera o pantalón o chaleco véase la (Figura 9).



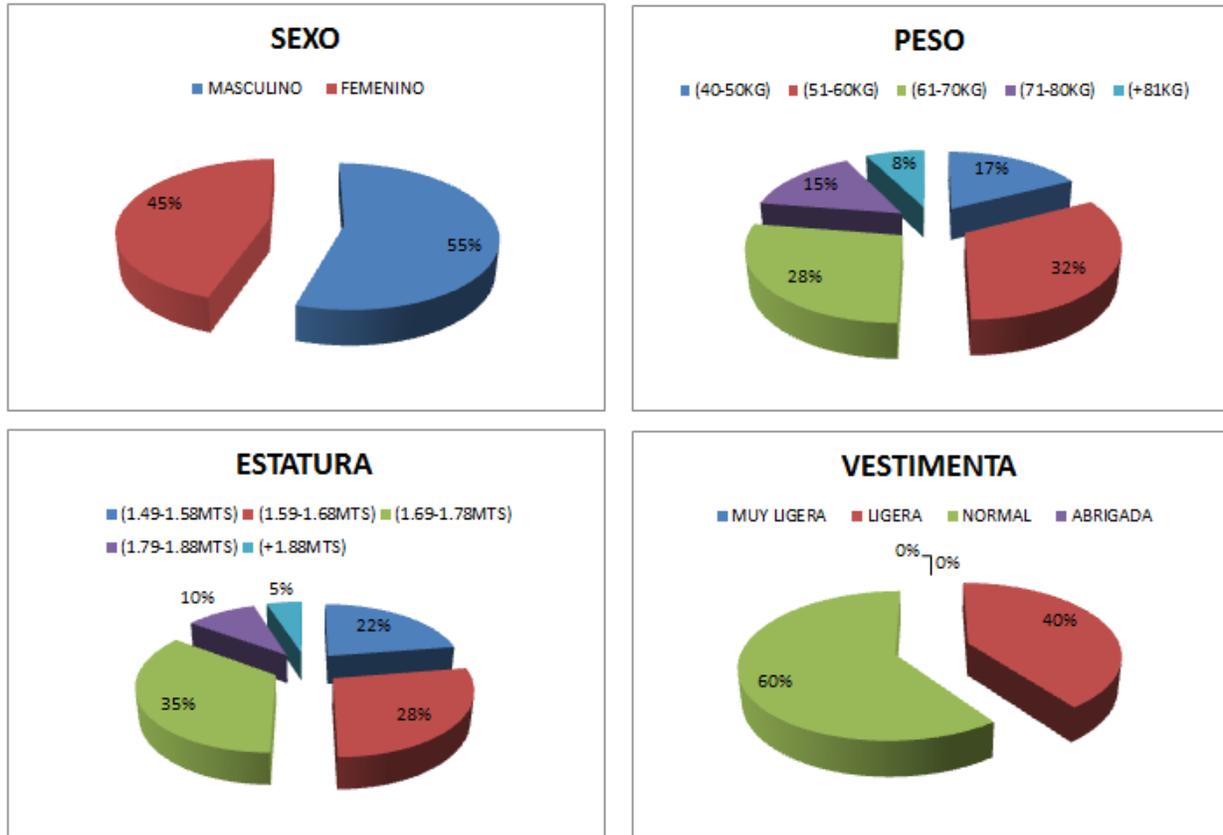
Figuras 9. Estadísticas de la población encuestada para el bloque D. Fuente: 2017

De igual forma para el bloque E se aplicó la misma encuesta y fue de igual metodología se realizaron un total de 40 encuestas, de las cuales el 50% de los estudiantes fueron de sexo femenino y un 50% restante representado con los estudiantes del sexo masculino, en otro lugar el tipo de vestimenta se obtuvo que un 53% de las personas vestían de forma normal cual indica que viste de la siguiente manera camiseta, playera o camisa de manga larga y pantalón, un 45% de los encuestados vestían de forma ligera, playera, blusa y pantalón, un 2% de los estudiantes vestían muy ligera, Camiseta y bermuda, véase la (Figura10).



Figuras 10. Estadísticas de la población encuestada para el bloque E. Fuente: propia 2017

De igual forma se trabajó para el bloque F, el cual también consistió en aplicar la encuesta para caracterizar la población con un total de 40 encuestas durante todo el periodo académico en intervalos de dos horas por toda la jordana, en primer lugar una de las preguntas era saber el sexo y se presentó que el 45% de los estudiantes encuestados pertenecen al sexo femenino, el resto de los estudiantes al sexo masculino representados con un 55% de la población, y el tipo de vestimenta la cual los estudiantes asisten a clase se tuvo la siguiente estadística, un 60% de la población estudiantil asiste a clase con ropa normal, es decir camiseta, playera o camisa de manga larga y pantalón, un 40% de los encuestados vestían de forma ligera, playera, blusa y pantalón véase la (figura 11).



Figuras 11. Estadísticas de la población encuestada para el bloque F. Fuente: propia 2017

2.3 Fase 3. Construcción y Modelización del Modelo Matemático

Esta fase se construyó el modelo matemático, a partir de la documentación recolectada mediante la literatura especializada y la necesidad de la institución en mejorar la asignación de sus recursos académicos a continuación se escribe de forma conceptual el modelo matemático.

2.3.1 Modelo matemático conceptual



Fuente: elaboración propia año 2017

2.3.2 Formulación Matemática del Problema Timetibling

Se formuló el modelo matemático para solucionar el problema de asignación de recursos académicos particularmente en programa de ingeniería industrial de la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura de la Corporación Universitaria del Caribe CECAR, este problema se solucionó mediante metodología exacta, la cual se le aplicó programación lineal entera mixta que permitió resolver el problema de asignación de recursos académicos se muestra

a continuación, este modelo se formuló a partir de la investigación (Torres, 2013), el cual se tomó como base para desarrollar este modelo, cambiando el criterio de asignación que fue en esta investigación el confort térmico y el consumo energético asociado al uso de los equipos de ventilación artificial.

En este segmento se describen los índices que se utilizaron en el modelo matemático planteado en esta investigación.

ÍNDICES

H = Franja Horaria /**F1*F80**/

A = Materias /**M1*M95**/

S = Aulas /**C1*C7**/

D = Docentes /**P1*P13**/

E = Semestres /**K1*K10**/

L = Días Hábiles /**D1*D5**/

En esta parte se describen cada uno de los conjuntos que se utilizaron y que se tuvieron en cuenta para construir el modelo matemático.

CONJUNTOS

U(s) = Capacidad del aula **c** en términos de alumnos. $\forall c \in \{1, \dots, S\}$

O(a) = Cantidad de estudiantes en la asignatura **m**. $\forall m \in \{1, \dots, A\}$

j(a) = Número de franjas horaria para la asignatura **a**

N(a) = Parámetro de 1 y, 1 si la asignatura **a** se puede dictar en bloque de 3 horas, 0 sino

V(a, s) = Asociación de asignatura **a** y salón **s**

W(a, e) = Asociación de asignaturas **a** y semestre **e**

Y(a, d) = Asociación de asignaturas **a** y docentes **d**

B(h, l) = Asociación de franja **h** y día **l**

R(h, a) = Asociación de asignatura **a** y franja **h**

$Q(h, d)$ = Asociación de docente d y franja h

$CCT(h, s)$ = Matriz de costo de consumo de energía por confort térmico de las aulas s en las franjas h.

A continuación se describe la variable de decisión la cual es de tipo binaria lo que indica que tomara valores enteros de ceros y unos.

VARIABLE DE DECISIÓN

$$X_{h, a, s} = \begin{cases} 1 & \text{si en el salón s es asignado a las asignatura a en la franja horaria h,} \\ 0 & \text{si no.} \end{cases}$$

FUNCIÓN OBJETIVO

$$\text{Min} \sum_{h \in CCT} \sum_{s \in CCT} \sum_A [CCT(h, s) * X_{h, a, s}] \quad (1)$$

SUJETO A

En la ecuación 2 se presenta que cada salón en una franja de horaria solo se puede programar a lo más una vez, garantizando que no se asigne dos materias en el mismo periodo de tiempo y salón.

$$\sum_A X_{h, a, s} \leq 1 \quad \forall h, \forall s \quad (2)$$

En la ecuación 3 garantiza que una asignatura se asigne a lo más una vez en una franja de horario.

$$\sum_{S \in V} X_{h, a, s} \leq 1 \quad \forall h \in R \quad \forall S \quad (3)$$

Para la ecuación 4, para todas las asignaturas se deben asignar, con respecto a la intensidad horaria semanal que tiene cada una de ellas.

$$\sum_{H \in R} \sum_{S \in V} X_{h, a, s} = J_a \quad \forall a \quad (4)$$

Esta ecuación 5 garantiza que los estudiantes que asistan a la asignatura a no exceda la capacidad del salón.

$$X_{h, a, s} O_a \leq US \quad \forall h \in R, \forall a, \forall s \quad (5)$$

La ecuación 6 nos garantiza que las materias que le corresponden a un docente nos sean programadas en las mismas franjas horarias, con el fin de que asista a todas sus clases.

$$\sum_{a \in Y} \sum_{S \in V} X_{h, a, s} \leq 1 \quad \forall D \in Q, \forall h \quad (6)$$

La ecuación 7, garantiza que si las asignaturas son de un mismo semestre, estas no se deben ser programas en las mismas franjas horarias, con el fin de que los estudiantes puedan asistir a todas las clases que les corresponden.

$$\sum_{A \in W} \sum_{S \in V} X_{h, a, s} \leq 1 \quad \forall E, \forall h \quad (7)$$

La ecuación 8 garantiza que si las materias se dictan en bloque máximo debe ser de 3 horas diarias y consecutivas.

$$\sum_{A \in B} \sum_{S \in V} X_{h, a, s} \leq 3 \quad \forall L, \forall A \in N \quad (8)$$

El conjunto de restricciones de la ecuación 9 hasta la ecuación 20 garantiza que si las asignaturas se dictan en bloque de 3 horas consecutivas, esta se cumpla a lo largo de todo un día.

$$\sum_s X_{h, a, s} + X_{h+3, a, s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (9)$$

$$\sum_s X_{h, a, s} + X_{h+4, a, s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (10)$$

$$\sum_s X_{h, a, s} + X_{h+5, a, s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (11)$$

$$\sum_s X_{h,a,s} + X_{h+6,a,s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (12)$$

$$\sum_s X_{h,a,s} + X_{h+8,a,s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (13)$$

$$\sum_s X_{h,a,s} + X_{h+9,a,s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (14)$$

$$\sum_s X_{h,a,s} + X_{h+10,a,s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (15)$$

$$\sum_s X_{h,a,s} + X_{h+11,a,s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (16)$$

$$\sum_s X_{h,a,s} + X_{h+12,a,s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (17)$$

$$\sum_s X_{h,a,s} + X_{h+13,a,s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (18)$$

$$\sum_s X_{h,a,s} + X_{h+14,a,s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (19)$$

$$\sum_s X_{h,a,s} + X_{h+15,a,s} \leq 1 \quad \forall h \in R, \forall L \in B, \forall a \in N \quad (20)$$

2.3.3 Supuestos generales del modelo matemático

En primer lugar para la asignación de recursos se trabajó mediante algunos supuestos, a continuación se describen.

- Para las aulas en donde se programaran las clases su capacidad se asumió que sería de 30 estudiantes por aula.
- El número de estudiantes por asignaturas se asumió que serían de 30 alumnos.
- Todas las materias que se asignaron, su intensidad horaria semanal fue de 3 horas.

- Se asumió que para el programa de ingeniería industrial los docentes que iban a dictar las clases se trabajó con 13 maestros.
- Se asumió que las aulas que se iban a utilizar para programar las clases del programa de ingeniería iban a ser 7, 4 aulas en el bloque F y 3 en el bloque A, esta decisión se tomó de porque es donde se asignan la gran mayoría de clases del programa.
- Se asumió que ninguna asignatura se iba asignar a los salones de clase de acuerdo a las características que lo requieran.

En segundo lugar para el cálculo de consumo energético del confort térmico dentro de las aulas de clase en las diferentes horas que imparte la corporación, se trabajó mediante algunos supuestos, a continuación se mencionan cada uno de ellos.

- Los resultados de las mediciones de las variables climáticas fueron los siguientes: La temperatura promedio en la ciudad de Sincelejo es de 27,1°C, una variación de temperatura promedio en el día entre 31.0 y 36.2°C, una variación de temperatura mínima entre 21.8 y 26.4°C, durante la madrugada y un periodo solar 4 horas diarias.
- Se asumió que el comportamiento de la temperatura en la ciudad de Sincelejo durante todo el año va a ser igual como cuando se realizó los estudios de confort térmico, es decir, que la matriz de costos de consumo energía por confort térmico en las aulas que se halló, se tomara para asignar las clases a lo largo de todo el año.
- Todos los aires acondicionados que se encontraban en los salones se asumió que todos tenían las mismas características, de marca TRANE de 180000 (7165-200000) Btu/h de capacidad de enfriamiento, corriente nominal 7.98A, voltaje tensión nominal de 208/230V/1.
- Asumimos que los salones de un bloque eran iguales, al que se escogió, para realizar la medición del confort térmico.

2.4 Fase 4. Solucionar el modelo matemático

Es esta fase se solucionó el modelo matemático propuesto para mejorar los problemas de timetabling en las instituciones de educación superior, en esta fase se necesitó una herramienta computacional, para correr la formulación matemática, esta herramienta que utilizamos fue El General Algebraic Modeling System (GAMS) versión 23.5, es un software de alto nivel para el modelado de sistema para la optimización matemática, luego se programó en su lenguaje, conjuntos, restricciones que se tuvieron en cuenta en el modelo matemático, véase los (ANEXO 11,12). Seguidamente véase el (ANEXO 13), donde refleja los resultados acerca de la solución dentro del programa que se utilizó en esta investigación.

A continuación también véase el (ANEXO 14), esta sección, se observa la asignación de las asignaturas, en sus respectivos horarios y aulas, este anexo solo muestra una parte de las franjas horarias y una parte de las materias, esto se hizo, con el fin de darle a conocer como la herramienta computacional utilizada arroja resultados a partir el modelo matemático programado, y por último, en la sección siguiente muestra el dato del costo de energía por mantener el confort térmico, que arroja GAMS, véase el (ANEXO 15).

2.5 Fase 5. Validación del modelo matemático

En esta etapa se validó el modelo matemático propuesto para darle solución al problema de asignación de recursos académicos para el programa de ingeniería industrial, de la Corporación Universitaria del Caribe CECAR, esta validación se realizó de la siguiente manera, se probó en una instancias pequeñas para ver si el modelo matemático planteado tuvo una solución óptima véase la (Tabla 10), donde se comparó los resultados de la programación manual y los resultados obtenidos por la herramienta optimizadora GAMS.

Tabla 10.

Instancia para validación del modelo matemático

programación Manual		Programación con GAMS	
Asignaturas	8	Asignaturas	8
Franjas Horarias	14	Franjas Horarias	14
Día 1	F1-F7	Día 1	F1-F7
Día 2	F8-F14	Día 2	F8-F14
Docentes	2	Docentes	2
Aulas	2	Aulas	2
Semestres	2	Semestres	2
Días Hábiles	2	Días Hábiles	2
Criterio Manual 16°C	1,389.426	Criterio GAMS	Mínimo Costo
Costo Actual	33,346.22	Costo GAMS	20,649.020

Fuente. Elaboración propia 2017

De esta manera se encontró los resultados obtenidos a partir de la programación manual la cual tiene un costo por confort térmico asociado al consumo energético de 33,346.22 pesos para los datos que muestra la (Tabla 10), en la programación manual que se realizó. Comparado con la programación que se realizó mediante la herramienta optimizadora GAMS arroja un valor de 20,649.020 pesos mediante el criterio de asignación que se planteó en esta investigación que fue de que asignar las clases en las franjas donde se garantiza confort y un consumo asociado al mínimo en el cual se ve una disminución en los costos de una programación manual a la que se plantea en esta investigación de un 38% lo que indica que el modelo es viable para la programación de las aulas de clase.

Después se siguió con la etapa de evolución la cual consistió en incorporar instancias más reales del programa de ingeniería industrial, los cuales fueron 95 asignaturas, en las 7 aulas que se asumió para el programa de ingeniería industrial, en los 5 días hábiles, 13 docentes, 10 semestres, con el fin de tener unos resultados reales.

3. Resultados

A continuación véase la (Tabla 11), los resultado obtenidos por la herramienta optimizadora GAMS, con respecto al criterio de asignación que se tuvo en cuenta en esta investigación, y los parámetros que se tuvieron en cuenta para dicha programación.

Tabla 11

Resultados obtenidos por la herramienta optimizadora GAMS

Resultados mediante la programación GAMS		
Asignaturas		95
Franjas Horarias		80
Día 1	Lunes	F1- F16
Día 2	Martes	F17-F32
Día 3	Miércoles	F33-F48
Día 4	Jueves	F49-F64
Día 5	Viernes	F65-F80
Docentes		13
Aulas		7
Semestres		10
Días Hábiles		5
Criterio GAMS		Mínimo Costo
Costo GAMS		\$ 725,921.984 pesos

Fuente. Elaboración propia año 2017

A continuación se presenta un análisis de resultados de la programación actual del programa de ingeniería industrial de la corporación universitaria del caribe CECAR, donde se aplicó el costo de consumo de energía a cada una de las franjas que se asignaron en las materias, se asumió que todas las materias tenían intensidad horaria de 3 horas, y el consumo de energía por aire acondicionado fue de \$1,389.426 pesos para los dos equipos de ventilación artificial que tiene por salón, en un periodo de una hora, el cual tomó este valor debido a que los equipos de ventilación en la programación real están trabajando en su máxima capacidad, que es a 16°C, y costo de energía asociado a esa temperatura. Por lo que las 95 materias de intensidad horaria 285 horas semanales, el costo por consumo de energía asociado al confort térmico, es de \$ 1,583,945.3 pesos por mes.

En comparación con los resultados que arrojo, el modelo matemático que se planteó para asignar los recursos académicos en instituciones de educación superior y teniendo en cuenta el criterio de confort térmico, que se realizó en las aulas de clases de la institución, el cual fue resuelto en el software optimizador GAMS 23.5, los resultados del costo de consumo de energía por confort térmico para asignar las 95 materias con intensidad horaria de 285 horas semanales tiene un total de \$ 725,921.984 pesos por mes, garantizando que con la utilidad del modelo matemático los resultados fueron menores a la programación manual, garantizando confort de los estudiantes en las aulas de clases que se asignaron para el programa de ingeniería industrial, de esta manera se ve reflejado una disminución en los costos de la que se plantea en esta investigación de un 54.1% con respecto a la programación manual, véase la (Tabla 12) la cual muestra todos los datos tenidos en cuenta para la programación manual y mediante la programación por la herramienta optimizadora GAMS.

Tabla 12

Análisis del costo por consumo de energía total para mantener confort térmico

COMPARACIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA ENTRE PROGRAMACIÓN REAL Y MEDIANTE MODELO MATEMATICO PLANTEADO			
Costo por Consumo de energía programación real de horarios		Costo por Consumo de energía propuesto mediante el modelo matemáticos propuesto en la investigación	
Asignaturas	95	Asignaturas	95
Franjas Horarias	80	Franjas Horarias	80
Día 1 Lunes	F1- F16	Día 1 Lunes	F1- F16
Día 2 Martes	F17-F32	Día 2 Martes	F17-F32
Día 3 Miércoles	F33-F48	Día 3 Miércoles	F33-F48
Día 4 Jueves	F49-F64	Día 4 Jueves	F49-F64
Día 5 Viernes	F65-F80	Día 5 Viernes	F65-F80
Docentes	13	Docentes	13
Aulas	7	Aulas	7
Semestres	10	Semestres	10
Días Hábiles	5	Días Hábiles	5
Criterio Manual 16°C	\$1,389.426	Criterio GAMS	Mínimo Costo
Costo Actual Mensual	1,583,945.3 pesos	Costo GAMS Mensual	\$ 725,921.984 pesos

Fuente: elaboración propia año 2017

A continuación se presentan cada uno de los horarios de cada semestre del programa de Ingeniería Industrial, de acuerdo al criterio de asignación en el que fueron programadas las clases que fue el confort térmico y consumo energético asociado a él, donde se ve reflejado que cumplió con restricciones que se tuvieron en cuenta en este modelo, como que no haya cruces de horarios, respetar la disponibilidad de cada docente, materias de un mismo semestre no se programó en la misma hora del día.

Tabla 13

Horario de clases para primer semestre de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA PRIMER SEMESTRE DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					
07:00 Am					
08:00 Am				Matemática Básica (aula 2)	
09:00Am	Técnicas de aprendizaje(aula 1)			Matemática Básica (aula 2)	
10:00 Am	Técnicas de aprendizaje(aula 1)			Matemática Básica (aula 2)	
11:00 Am	Técnicas de aprendizaje(aula 1)				
12:00 M					
01:00 Pm			Introducción a la Ingeniería Industrial (aula 3)		
02:00 Pm			Introducción a la Ingeniería Industrial (aula 3)		Taller de Lengua I (aula 2)
03:00 Pm			Introducción a la Ingeniería Industrial (aula 3)		Taller de Lengua I (aula 2)
04:00Pm					Taller de Lengua I (aula 2)
05:00Pm					
06:00Pm					
07:00Pm	Dibujo de ingeniería (aula 5)	Fundamentos de programación I (aula 5)	Vida Universitaria (aula 3)		
08:00Pm	Dibujo de ingeniería (aula 5)	Fundamentos de programación I (aula 5)	Vida Universitaria (aula 3)		
09:00Pm	Dibujo de ingeniería (aula 5)	Fundamentos de programación I (aula 5)	Vida Universitaria (aula 3)		

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 14

Horario de clases para segundo semestre grupo 1 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA SEGUNDO SEMESTRE GRUPO 1 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					Taller de lengua II (aula 3)
07:00 Am					Taller de lengua II (aula 3)
08:00 Am					Taller de lengua II (aula 3)
09:00Am		Calculo I (aula 2)			
10:00 Am		Calculo I (aula 2)			
11:00 Am		Calculo I (aula 2)			
12:00 M					
01:00 Pm	Algebra Lineal (aula 1)				
02:00 Pm	Algebra Lineal (aula 1)				
03:00 Pm	Algebra Lineal (aula 1)				Lógica matemática (aula 1)
04:00Pm					Lógica matemática (aula 1)
05:00Pm					Lógica matemática (aula 1)
06:00Pm					
07:00Pm			Creatividad (aula 4)	Fundamentos de Programación II (aula 5)	
08:00Pm			Creatividad (aula 4)	Fundamentos de programación II (aula 5)	
09:00Pm			Creatividad (aula 4)	Fundamentos de programación II (aula 5)	

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 15

Horario de clases para segundo semestre grupo 2 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA SEGUNDO SEMESTRE GRUPO 2 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					
07:00 Am					
08:00 Am					
09:00Am				Taller de lengua II (aula 3)	
10:00 Am				Taller de lengua II (aula 3)	
11:00 Am				Taller de lengua II (aula 3)	
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm					
04:00Pm			Creatividad (aula 4)	Lenguaje de programación II (aula 5)	
05:00Pm			Creatividad (aula 4)	Lenguaje de programación II (aula 5)	
06:00Pm			Creatividad (aula 4)	Lenguaje de programación II (aula 5)	
07:00Pm	Algebra línea (aula 1)	Calculo I (aula 2)			Lógica matemática (aula 1)
08:00Pm	Algebra línea (aula 1)	Calculo I (aula 2)			Lógica matemática (aula 1)
09:00Pm	Algebra línea (aula 1)	Calculo I (aula 2)			Lógica matemática (aula 1)

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 16

Horario de clases para segundo semestre grupo 3 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA SEGUNDO SEMESTRE GRUPO 3 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am			Fundamentos de programación II (aula 5)		
07:00 Am			Fundamentos de programación II (aula 5)		
08:00 Am			Fundamentos de programación II (aula 5)		
09:00Am					
10:00 Am					
11:00 Am					
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm					
04:00Pm					
05:00Pm					
06:00Pm					
07:00Pm					
08:00Pm					
09:00Pm					

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 17

Horario de clases para tercer semestre grupo 1 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA TERCER SEMESTRE GRUPO 1 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am	Administración general (aula 2)				
07:00 Am	Administración general (aula 2)				
08:00 Am	Administración general (aula 2)				
09:00Am					
10:00 Am					
11:00 Am					
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm					Física I y laboratorio (aula 5)
04:00Pm				Epistemología (aula 3)	Física I y laboratorio (aula 5)
05:00Pm				Epistemología (aula 3)	Física I y laboratorio (aula 5)
06:00Pm				Epistemología (aula 3)	
07:00Pm		Calculo II (aula 3)	Electiva formación integral I (aula 1)	Materiales de ingeniería (aula 3)	
08:00Pm		Calculo II (aula 3)	Electiva formación integral I (aula 1)	Materiales de ingeniería (aula 3)	
09:00Pm		Calculo II (aula 3)	Electiva formación integral I (aula 1)	Materiales de ingeniería (aula 3)	

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 18

Horario de clases para tercer semestre grupo 2 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA TERCER SEMESTRE GRUPO 2 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					
07:00 Am					
08:00 Am					
09:00Am					
10:00 Am					
11:00 Am					
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm					
04:00Pm					
05:00Pm					
06:00Pm					
07:00Pm					Física I y laboratori o (aula 5)
08:00Pm					Física I y laboratori o (aula 5)
09:00Pm					Física I y laboratori o (aula 5)

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 19

Horario de clases para cuarto semestre grupo 1 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA CUARTO SEMESTRE GRUPO 1 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					
07:00 Am					
08:00 Am					
09:00Am	Calculo III (aula 3)		Estadística I (aula 2)		Fundamentos de Economía (aula 1)
10:00 Am	Calculo III (aula 3)		Estadística I (aula 2)		Fundamentos de Economía (aula 1)
11:00 Am	Calculo III (aula 3)		Estadística I (aula 2)		Fundamentos de Economía (aula 1)
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm			Física II y laboratorio (aula 7)		
03:00 Pm			Física II y laboratorio (aula 7)		
04:00Pm		Electiva formación integra II (aula 1)	Física II y laboratorio (aula 7)		Termodinám ica (aula 3)
05:00Pm		Electiva formación integra II (aula 1)			Termodinám ica (aula 3)
06:00Pm		Electiva formación integra II (aula 1)			Termodinám ica (aula 3)
07:00Pm					
08:00Pm					
09:00Pm					

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 20

Horario de clases para cuarto semestre grupo 2 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA CUARTO SEMESTRE GRUPO 2 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am			Estadística I (aula 2)		
07:00 Am			Estadística I (aula 2)		
08:00 Am			Estadística I (aula 2)		
09:00Am					
10:00 Am					
11:00 Am					
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm	Calculo III (aula 3)				
03:00 Pm	Calculo III (aula 3)				
04:00Pm	Calculo III (aula 3)				
05:00Pm					
06:00Pm					
07:00Pm	Fundamentos de Economía (aula 3)	Electiva formación integra II (aula 1)		Física II y laboratorio (aula 7)	Termodinámica (aula 3)
08:00Pm	Fundamentos de Economía (aula 3)	Electiva formación integra II (aula 1)		Física II y laboratorio (aula 7)	Termodinámica (aula 3)
09:00Pm	Fundamentos de Economía (aula 3)	Electiva formación integra II (aula 1)		Física II y laboratorio (aula 7)	Termodinámica (aula 3)

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 21

Horario de clases para cuarto semestre grupo 3 de ingeniería industrial

HORAS	HORARIO ACADÉMICO PARA CUARTO SEMESTRE GRUPO 3 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL				
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					
07:00 Am					
08:00 Am					
09:00Am					
10:00 Am					
11:00 Am					
12:00 M					
01:00 Pm				Física II y laboratorio (aula 7)	
02:00 Pm				Física II y laboratorio (aula 7)	
03:00 Pm				Física II y laboratorio (aula 7)	
04:00Pm					
05:00Pm					
06:00Pm					
07:00Pm					
08:00Pm					
09:00Pm					

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 22

Horario de clases para quinto semestre grupo 1 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA QUINTO SEMESTRE GRUPO 1 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am		Sistema de costeo (aula 5)			
07:00 Am		Sistema de costeo (aula 5)			
08:00 Am		Sistema de costeo (aula 5)			
09:00Am		Electrotecnia (aula 4)			
10:00 Am		Electrotecnia (aula 4)			
11:00 Am		Electrotecnia (aula 4)			
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					Resistenci a de Materiales (aula 4)
03:00 Pm			Estadística II (aula 5)		Resistenci a de Materiales (aula 4)
04:00Pm	Ecuaciones Diferenciales (aula 2)		Estadística II (aula 5)	Física III y laboratorio (aula 7)	Resistenci a de Materiales (aula 4)
05:00Pm	Ecuaciones Diferenciales (aula 2)		Estadística II (aula 5)	Física III y laboratorio (aula 7)	
06:00Pm	Ecuaciones Diferenciales (aula 2)			Física III y laboratorio (aula 7)	
07:00Pm					
08:00Pm					
09:00Pm					

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 23

Horario de clases para quinto semestre grupo 2 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA QUINTO SEMESTRE GRUPO 2 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					
07:00 Am				Física III y laboratorio (aula 7)	
08:00 Am				Física III y laboratorio (aula 7)	
09:00Am				Física III y laboratorio (aula 7)	
10:00 Am					
11:00 Am					
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm					
04:00Pm		Sistema de costeo (aula 5)			
05:00Pm		Sistema de costeo (aula 5)			
06:00Pm		Sistema de costeo (aula 5)			
07:00Pm	Ecuaciones Diferenciales (aula 2)	Electrotecnia (aula 4)	Estadística II (aula 5)		Resistencia de Materiales (aula 4)
08:00Pm	Ecuaciones Diferenciales (aula 2)	Electrotecnia (aula 4)	Estadística II (aula 5)		Resistencia de Materiales (aula 4)
09:00Pm	Ecuaciones Diferenciales (aula 2)	Electrotecnia (aula 4)	Estadística II (aula 5)		Resistencia de Materiales (aula 4)

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 24

Horario de clases para sexto semestre grupo 1 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA SEXTO SEMESTRE GRUPO 1 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am		Gestión del Talento Humano I (aula 4)			
07:00 Am		Gestión del Talento Humano I (aula 4)			
08:00 Am		Gestión del Talento Humano I (aula 4)			
09:00Am				Matemática Financiera (aula 1)	Mercado (aula 4)
10:00 Am				Matemática Financiera (aula 1)	Mercado (aula 4)
11:00 Am				Matemática Financiera (aula 1)	Mercado (aula 4)
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm	Estudio del trabajo (aula 4)		Investigación de Operaciones I (aula 6)		
04:00Pm	Estudio del trabajo (aula 4)		Investigación de Operaciones I (aula 6)	Procesos de Manufacturas (aula 4)	
05:00Pm	Estudio del trabajo (aula 4)		Investigación de Operaciones I (aula 6)	Procesos de Manufacturas (aula 4)	
06:00Pm				Procesos de Manufacturas (aula 4)	
07:00Pm					
08:00Pm					
09:00Pm					

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 25

Horario de clases para sexto semestre grupo 2 de ingeniería industrial

HORAS	HORARIO ACADÉMICO PARA SEXTOSEMESTRE GRUPO 2 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL				
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am			Procesos de Manufacturas (aula 1)		Mercado (aula 4)
07:00 Am			Procesos de Manufacturas (aula 1)		Mercado (aula 4)
08:00 Am			Procesos de Manufacturas (aula 1)		Mercado (aula 4)
09:00Am	Estudio del trabajo (aula 4)				
10:00 Am	Estudio del trabajo (aula 4)				
11:00 Am	Estudio del trabajo (aula 4)				
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm					
04:00Pm		Gestión del Talento Humano I (aula 4)			
05:00Pm		Gestión del Talento Humano I (aula 4)			
06:00Pm		Gestión del Talento Humano I (aula 4)			
07:00Pm			Investigación de Operaciones I (aula 6)	Matemática Financiera (aula 1)	
08:00Pm			Investigación de Operaciones I (aula 6)	Matemática Financiera (aula 1)	
09:00Pm			Investigación de Operaciones I (aula 6)	Matemática Financiera (aula 1)	

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 26

Horario de clases para séptimo semestre de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA SÉPTIMO SEMESTRE DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					
07:00 Am	Análisis Financiero (aula 6)		Gestión de la Producción I (aula 6)		
08:00 Am	Análisis Financiero (aula 6)		Gestión de la Producción I (aula 6)		
09:00Am	Análisis Financiero (aula 6)		Gestión de la Producción I (aula 6)		
10:00 Am					
11:00 Am					
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm					
04:00Pm		Control de Calidad (aula 3)			Investigación de Operaciones II (aula 6)
05:00Pm		Control de Calidad (aula 3)			Investigación de Operaciones II (aula 6)
06:00Pm		Control de Calidad (aula 3)			Investigación de Operaciones II (aula 6)
07:00Pm				Gestión del Talento humano II (aula 4)	
08:00Pm				Gestión del Talento humano II (aula 4)	
09:00Pm				Gestión del Talento humano II (aula 4)	

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 27

Horario de clases para octavo semestre grupo 1 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA OCTAVO SEMESTRE GRUPO 1 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am	Elab. y Evaluación de Proyectos (aula 7)				
07:00 Am	Elab. y Evaluación de Proyectos (aula 7)			Gestión de la Producción II (aula 6)	
08:00 Am	Elab. y Evaluación de Proyectos (aula 7)			Gestión de la Producción II (aula 6)	
09:00Am		Etica Professional (aula 3)	Gestión de la Calidad (aula 1)	Gestión de la Producción II (aula 6)	
10:00 Am		Etica Professional (aula 3)	Gestión de la Calidad (aula 1)		
11:00 Am		Etica Professional (aula 3)	Gestión de la Calidad (aula 1)		
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm	Simulación (aula 6)				
04:00Pm	Simulación (aula 6)				
05:00Pm	Simulación (aula 6)				
06:00Pm					
07:00Pm					Salud Ocupacional (aula 7)
08:00Pm					Salud Ocupacional (aula 7)
09:00Pm					Salud Ocupacional (aula 7)

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 28

Horario de clases para octavo semestre grupo 2 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA OCTAVO SEMESTRE GRUPO 2 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am		Ética Profesional (aula 6)			
07:00 Am		Ética Profesional (aula 6)			Salud Ocupacional (aula 7)
08:00 Am		Ética Profesional (aula 6)			Salud Ocupacional (aula 7)
09:00Am					Salud Ocupacional (aula 7)
10:00 Am					
11:00 Am					
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm			Gestión de la Calidad (aula 1)		
04:00Pm			Gestión de la Calidad (aula 1)		
05:00Pm			Gestión de la Calidad (aula 1)		
06:00Pm					
07:00Pm	Elab. y Evaluación de Proyectos (aula 7)	Simulación (aula 6)		Gestión de la Producción II (aula 6)	
08:00Pm	Elab. y Evaluación de Proyectos (aula 7)	Simulación (aula 6)		Gestión de la Producción II (aula 6)	
09:00Pm	Elab. y Evaluación de Proyectos (aula 7)	Simulación (aula 6)		Gestión de la Producción II (aula 6)	

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 29

Horario de clases para noveno semestre grupo 1 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA NOVENO SEMESTRE GRUPO 1 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					
07:00 Am					
08:00 Am					
09:00Am	Electiva profesional I (aula 2)				
10:00 Am	Electiva profesional I (aula 2)				
11:00 Am	Electiva profesional I (aula 2)				
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm					
04:00Pm				Logística (aula 6)	
05:00Pm				Logística (aula 6)	
06:00Pm				Logística (aula 6)	
07:00Pm		Enfoque Sistémico (aula 7)	Formación Investigativa I (aula 7)		Práctica Profesional (aula 6)
08:00Pm		Enfoque Sistémico (aula 7)	Formación Investigativa I (aula 7)		Práctica Profesional (aula 6)
09:00Pm		Enfoque Sistémico (aula 7)	Formación Investigativa I (aula 7)		Práctica Profesional (aula 6)

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 30

Horario de clases para noveno semestre grupo 2 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA NOVENO SEMESTRE GRUPO 2 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					
07:00 Am					
08:00 Am					
09:00Am					
10:00 Am					
11:00 Am					
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm					
04:00Pm					
05:00Pm					
06:00Pm					
07:00Pm	Práctica Profesional (aula 4)				
08:00Pm	Práctica Profesional (aula 4)				
09:00Pm	Práctica Profesional (aula 4)				

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 31

Horario de clases para decimo semestre grupo 1 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA DECIMO SEMESTRE GRUPO 1 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am			Electiva Profesional III (aula 3)		
07:00 Am			Electiva Profesional III (aula 3)		
08:00 Am			Electiva Profesional III (aula 3)		
09:00Am		Electiva Profesional II (aula 1)			
10:00 Am		Electiva Profesional II (aula 1)			
11:00 Am		Electiva Profesional II (aula 1)			
12:00 M					
01:00 Pm					
02:00 Pm					
03:00 Pm					
04:00Pm					
05:00Pm					
06:00Pm					
07:00Pm	Distribución en Planta (aula 6)				Formación Investigativa II (aula 2)
08:00Pm	Distribución en Planta (aula 6)				Formación Investigativa II (aula 2)
09:00Pm	Distribución en Planta (aula 6)				Formación Investigativa II (aula 2)

Fuente: elaboración propia año 2017

Tabla 32

Horario de clases para decimo semestre grupo 2 de ingeniería industrial

HORARIO ACADÉMICO PARA DECIMO SEMESTRE GRUPO 2 DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOL ES	JUEVES	VIERNES
06:00 Am					
07:00 Am					
08:00 Am					
09:00Am					Formación Investigativa II (aula 2)
10:00 Am					Formación Investigativa II (aula 2)
11:00 Am					Formación Investigativa II (aula 2)
12:00 M					
01:00 Pm		Distribución en Planta (aula 6)			
02:00 Pm		Distribución en Planta (aula 6)			
03:00 Pm		Distribución en Planta (aula 6)			
04:00Pm	Electiva Profesional II (aula 5)				
05:00Pm	Electiva Profesional II (aula 5)				
06:00Pm	Electiva Profesional II (aula 5)				
07:00Pm				Electiva Profesional III (aula 2)	
08:00Pm				Electiva Profesional III (aula 2)	
09:00Pm				Electiva Profesional III (aula 2)	

Fuente: elaboración propia año 2017

4. Recomendaciones

Una de las principales recomendaciones que se puede sugerir a partir de los resultados que se mostraron después solucionar el problema de asignación de recursos académicos para el programa de ingeniería industrial, es que la Corporación Universitaria del Caribe CECAR adopte o estudie la posibilidad de aplicar esta herramienta matemática como política asignación de sus recursos académicos, principalmente en el programa de ingeniería industrial que fue donde se limitó el estudio. Debido a que esta herramienta garantiza que los docentes no tengan cruces en sus horarios, que las materias de un mismo semestre no se programen en una misma franja horaria, que la capacidad de las aulas sean respetadas y lo más importante es que la asignación se realizó en las franjas donde hay menor consumo energético por equipo de ventilación artificial, garantizando que también los estudiantes estén en confort térmico.

Seguidamente se sugiere que el modelo matemático tenga una ampliación en el cual aborde todos los programas de la corporación universitaria del caribe Cekar, con el fin de que haya una buena asignación de sus recursos académicos y así brindarles a los estudiantes una educación con altos contenidos de calidad y utilizando como criterio de asignación de recursos académicos, variables de confort térmico y lógicamente el costo por consumo energético, asociado con el uso de ellos en las aulas de clase en las diferentes franjas horarias.

El modelo con el cual se realizó esta investigación es un modelo base, el cual permite incorporar nuevas restricciones, tales como: que las aulas a asignar se programen de acuerdo a las características de cada asignatura, que se tenga en cuenta la variabilidad de los equipos de ventilación artificial que tiene la corporación, que se programen materias con diferente intensidad horaria semanal dentro del modelo.

Se recomienda que el estudio de confort térmico se desarrolle, a largo de todo el año ya que en esta investigación se trabajó en el primer semestre del año y se asumió que el segundo semestre el comportamiento era similar, lo cual no siempre se da ya que el consumo de energía por los equipos de ventilación artificial es distinto en épocas de lluvias a épocas de temporada

seca y propone que se trabaje mediante un modelo de regresión lineal, para identificar el cambio que hay a lo largo de todo el año.

Quinta recomendación, de acuerdo a los resultados que se obtenidos y en donde se mostró que las franjas en donde hay menor consumo energético por equipos artificiales de ventilación fue en las franjas de la noche, donde se sugiere que estas clases se tomen en este horario ya que es donde presenta menor costo de consumo energético, teniendo en cuenta los programas nocturnos y la disponibilidad de los docentes.

Se recomienda desarrollar un dispositivo sensor para controlar la temperatura de los equipos de ventilación artificial que se encuentran en cada aula de clases de la corporación, y tomar el estudio de confort térmico que se hizo en las aulas, con el fin de que este prototipo genere la temperatura adecuada por cada franja horaria.

Seguidamente se plantea soluciones alternas como suministros de energía por medio de generadores a través de paneles solares y del suministro de máquinas térmicas por medio de tecnologías usadas en la actualidad como maquinas térmicas que usan chiller como medio de generación de condiciones de aire acondicionado o por turbina.

5. Conclusiones

En este trabajo se diseñó un modelo matemático mediante programación lineal entera mixta para dar solución al problema de asignación de recursos académicos al programa de ingeniería industrial de la corporación universitaria del caribe CECAR, en donde este modelo tiene una particularidad de que las clases se asignaron de acuerdo al confort térmico que se presentaba en las distintas franjas horarias, salones y donde ese consumo energía por los quipos de ventilación fuese menor, este modelo fue resuelto mediante una herramienta computacional optimizador llamado GAMS versión 23.5, mostrando resultados favorables para tomar decisiones aceptables.

Dentro de los resultados que se obtuvo, respecto a la metodología que se utilizó, que fue métodos exactos el cual fue programación lineal entera mixta (MIP), este modelo fue resuelto en tiempo computacional pequeños mediante la herramienta optimizadora GAMS, por lo que puede ser muy útil para resolver estas tipos de problemas. De lo que se concluye que el objetivo general fue encontrar una solución a estos tipos de problemas.

Para resolver este problema de asignación fue necesario construir el modelo matemático, en el cual se describieron las restricciones de interés y deseables, la variable de decisión, la función objetivo, y se incluyó como criterio de asignación, el confort térmico con el fin de tener resultados óptimos y aceptables.

Estos tipos de problemas de asignación aulas, horarios, más conocidos como problemas de timetabling tienen mucha complejidad cuando se toma la decisión de agregar nuevas restricciones, su complejidad se hace más alta, debido a que se tiene que estudiar el cumplimiento de ella y el conflicto que se puede presentar con las demás restricciones.

Este modelo que se utilizó dentro de esta investigación permitió resolver el problema de asignación de recursos académicos en el programa de ingeniería industrial de la Corporación Universitaria del Caribe CECAR, el cual permite obtener los horarios de los estudiantes con el criterio que se tuvo en cuenta que fue el confort térmico, y consumo energético, donde satisfizo

todas las restricciones que se tuvieron presente dentro el modelo matemático, como capacidad de las aulas, horarios de cada grupo de estudiantes, donde respeto la disponibilidad de cada docente.

Para futuras investigaciones, relacionadas con modelamiento matemático para solucionar problemas de asignación de recursos académicos, se propone esta investigación como insumo preliminar.

Referencias Bibliográficas

- Abramson, D., & Abela, J. (1992). A Parallel Genetic Algorithm for Solving the School Timetabling Problem. *Division of Information Technology, C.S.I.R.O.*, 1–11. recuperdo de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.55.2679&rep=rep1&type=pdf>
- Ahumada, J. (2014). Generacion de Horarios Academicos en INACAP Utilizando Algoritmos Geneticos. recuperdo de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131197/Generación-de-horarios-académicos-en-INACAP-utilizando-algoritmos-genéticos.pdf?sequence=1>
- Arboleda, C., & Mejia, J. (2010). Asignación de horarios de clases universitarias mediante algoritmos evolutivos, 140–149. recuperdo de http://www.acofi.edu.co/revista/Revista9/2010_I_22.pdf
- Badoni, R. P., Gupta, D., & Mishra, P. (2014). A new hybrid algorithm for university course timetabling problem using events based on groupings of students q. *Computers & Industrial Engineering*, 78, 12–25. <http://doi.org/10.1016/j.cie.2014.09.020>
- Bakarcic, D., & Di Piazza, G. (2012). Ruteo de vehiculos y asignacion de conductores : un enfoque combinado. recuperdo de <https://www.dc.uba.ar/academica/tesis-de-licenciatura/2012/bakarcic.pdf>
- Baquero, J., Ocampo, E., & Rendón, R. (2008). Problema de asignación óptima de salones resuelto con Búsqueda Tabú. *Ingeniería Y Desarrollo*, (24), 149–175. recuperdo de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=43375401&lang=es&site=ehost-live>
- Carlos, O., & González-longatt, S. F. M. (2007). Optimización y la Programación Lineal : Generalidades Optimización. recuperdo de <http://fglongatt.org/OLD/Reportes/RPT2007-07.pdf>
- Chávez del Valle, F. J. (2002). Zona Variable De Confort Termico, Conceptos Generales sobre

- Ambiente y Confort Térmico., 19–36. recuperdo de
<http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6104/07capitulo2.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Colina, B. (2011). Aplicaciones de programación lineal, entera y mixta. recuperdo de
<http://www.redalyc.org/html/2150/215024822007/>
- Cornejo, C., & Mejia, M. (2005). Modelo de programación lineal entera mixta para el planeamiento de las importaciones en régimen aduanero definitivo parte 1. recuperdo de
<http://www.redalyc.org/pdf/816/81680209.pdf>
- Dias, L., Raimondo, D., Paolo, S., & Gameiro, M. (2014). Assessment of indoor air quality and thermal comfort in Portuguese secondary classrooms : Methodology and results. *Building and Environment*, 81, 69–80. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.06.008>
- Diaz, Wilmar; Garcia, Cristian;Hernandez, J. (2015). Herramienta Basada En Técnicas De Inteligencia Artificial, Para La Asignación De Horarios Y Recursos Académicos, En El Proyecto Curricular De Ingeniería De Sistemas De La Universidad Distrital Francisco José De Caldas. recuperdo de
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2437/1/DiazCortesWilmarAlirio2015.pdf>
- Departamento Nacionl de Planeación (DNP), (2013). Informe Sectorial Energía Eléctrica , Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo. recuperdo de
<http://www.superservicios.gov.co/content/download/8267/70214>
- Fiallos, J., García, J., & Pérez, J. (2008). Diseño de un sistema de asignación automática de horario de clases: Caso UNITEC. In *Sixth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2008). "Partnering to Success: Engineering, Education, Research and Development" June 4–June 6 2008, Tegucigalpa, Honduras*. recuperdo de http://www.laccei.org/LACCEI2008-Honduras/Papers/PO131_Fiallos.pdf
- Gomez, G., Bojórquez, G., & Ruiz, M. (2007). El confort térmico : dos enfoques teóricos

enfrentados, 2, 45–57. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/948/94820107.pdf>

Hernández, R., Miranda, J., & Rey, P. (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. *Control*, 121–141. recuperdo de http://www.dii.uchile.cl/ris/RISXXII/horariosUDP_RISVersion_FINAL.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), (2016). Características Climatológicas De Ciudades Principales y Municipios Turísticos. recuperdo de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), (2017). Información Diaria de Precipitación y Temperatura de las Principales Ciudades. recuperdo de http://www.pronosticosyalertas.gov.co/informacion-diaria-de-precipitacion-y-temperatura-de-los-principales-aeropuertos-del-pais/-/document_library_display/Lt2Ln17x39tn/view/24063105?_110_INSTANCE_Lt2Ln17x39tn_redirect=http%3A%2F%2Fwww.pronosticosyalertas

Karanik, M. J. (2006). Asignación Dinámica de Aulas Utilizando Algoritmos Genéticos. recuperdo de <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/21142/12.pdf?sequence=1>

Martí, R. (2003). Procedimientos Metaheurísticos en Optimización Combinatoria, 1–60. recuperdo de <http://www.uv.es/~rmarti/paper/docs/heurl.pdf>

Mejía, J. M. (2008). Asignación de Horarios de Clases Universitarios Mediante Algoritmos Evolutivos. recuperdo de http://www.acofi.edu.co/revista/Revista9/2010_I_22.pdf

Mishra, A. K., & Ramgopal, M. (2014). Thermal comfort in undergraduate laboratories d A field study in. *Building and Environment*, 71, 223–232. recuperdo de <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.10.006>

Nico, M. A., Liuzzi, S., & Stefanizzi, P. (2015). Evaluation of thermal comfort in university classrooms through objective approach and subjective preference analysis. *Applied*

- Ergonomics*, 48, 111–120. recuperdo de <http://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.11.013>
- Restrepo, G. E., & Moreno, L. F. (2011). Modelo para la asignación de recursos académicos en instituciones educativas utilizando la técnica metaheurística, búsqueda tabú. recuperdo de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=133122679014>
- Saldaña, A., San Martin, C. O., & Rojas, L. P. (2007). Modelos de Programacion Entera Para un Problema de Programación de Horarios para Universidades, *15*, 245–259. recuperdo de <http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v15n3/art05.pdf>
- Sampieri, R. H., & Lucio, P. B. (2006). Metodología de la investigación. recuperdo de https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia de la investigación 5ta Edición.pdf
- Tallavó, M. G., & Martinez, A. (2005). Algoritmo Basado en Tabu Search Para el Problema de Asignacion De Horarios De Clases. recuperdo de <http://faraute.facyt.uc.edu.ve/sites/default/files/articulos/Algoritmo-basado-en-Tabu-Search-para-el-problema-de-asignación-de-horarios-de-clases.pdf>
- Tallavó, M., & Martinez, A. (2006). Algoritmo Basado en Tabu Search para el Problema de Asignacion de Horarios de clases. *Faraute de Ciencias Y Tecnología*, 1. recuperdo de <http://faraute.facyt.uc.edu.ve/sites/default/files/articulos/Algoritmo-basado-en-Tabu-Search-para-el-problema-de-asignación-de-horarios-de-clases.pdf>
- Today, Bac. (2002). ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) Journal. Oct. recuperdo de https://www.ashrae.org/File%20Library/docLib/Public/2003627133958_326.pdf
- Torres, C. (2013). Programación De Horarios Y Asignación De Aulas De Clases Universitarias. recuperdo de [https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/9346/Camilo Torres Ovalle \(TESIS\).pdf;sequence=1](https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/9346/Camilo Torres Ovalle (TESIS).pdf;sequence=1)
- Zorrilla, S., Conde, C., & Álvarez, S. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe : Impactos , vulnerabilidad y adaptación Edición especial cambio climático, *23(2000)*, 23–30.

recuperdo de <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Economia-Desarrollo/39.pdf>

Anexos

Anexo 1.

Formato para recolección de recursos académicos

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL			
Numero Estudiantes por Asignatura	Asignaturas	Grupos por Asignatura	Semestre

Fuente: elaboración propia año 2017

Anexo 2.

Formato para registrar la Medición de confort Térmico

 CECAR Corporación Universitaria del Caribe			INSTRUMENTO PARA MEDIR VARIABLES DE CONFORT TERMICO				
			BLOQUE				
INTERVALO DE TIEMPO	TEMPERATURA DE DISPLAY		TEMPERATURA DEL AIRE °C	VELOCIDAD DEL AIRE Cm/s	TEMPERATURA DE GLOBO °C	HUMEDAD %	SE ALCANZA CONFORT TERMICO
6:00am- 8:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO					
	30°	30°					
	23°	23°					
8:00am- 10:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO					
	30°	30°					
	23°	23°					
10:00am- 12:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO					
	30°	30°					
	23°	23°					
12:00m- 2:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO					
	30°	30°					
	23°	23°					
2:00pm- 4:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO					
	30°	30°					
	23°	23°					
4:00pm- 6:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO					
	30°	30°					
	23°	23°					
6:00pm- 8:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO					
	30°	30°					
	23°	23°					
8:00pm- 10:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO					
	30°	30°					
	23°	23°					

Fuente: elaboración propia año 2017

Anexo 3.

Medición del confort térmico en el bloque A

 CECAR Corporación Universitaria del Caribe			INSTRUMENTO PARA MEDIR VARIABLES DE CONFORT TERMICO				
			Aula	228	Bloque	A	
INTERVALO DE TIEMPO	TEMPERATURA DE DISPLAY		TEMPERATURA DEL AIRE °C	VELOCIDAD DEL AIRE Cm/s	TEMPERATURA DE GLOBO °C	HUMEDAD %	SE ALCANZA CONFORT TERMICO
6:00am- 8:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.9°C	0	28.4	89.1%	NO
	30°	30°	28.1°C	0.0055	28.5	89.20%	NO
	23°	23°	27.8°C	0.00625	28	81.7%	SI
	16°	16°	27.2°C	0.007	27.5	74.20%	SI
8:00am- 10:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.0°C	0	27.6	89.70%	NO
	30°	30°	27.0°C	0.0055	27.4	82.90%	NO
	23°	23°	26.3°C	0.00625	26.5	70.70%	SI
	16°	16°	25.1°C	0.007	25.4	64.10%	SI
10:00am- 12:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	29.6	0.00075	29.5	89.30%	NO
	30°	30°	29.5°C	0.0055	30	85.90%	NO
	23°	23°	29.1°C	0.00625	29.5	78.70%	NO
	16°	16°	27.5°C	0.007	27.7	73.70%	SI
12:00m- 2:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.2°C	0	28.5	75.80%	NO
	30°	30°	27.5°C	0.0055	27.8	79.70%	NO
	23°	23°	26.4°C	0.00625	26	67.00%	NO
	16°	16°	25.5°C	0.007	24.4	55.00%	SI
2:00pm- 4:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	26.5°C	0	26.8	92.70%	NO
	30°	30°	26.4°C	0.0055	26.8	87.50%	NO
	23°	23°	26.2°C	0.00625	26.3	74.30%	SI
	16°	16°	25.6°C	0.007	26	65.30%	SI
4:00pm- 6:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	26.7°C	0.00175	26.4	85.30%	NO
	30°	30°	26.1°C	0.0055	26	80.40%	NO
	23°	23°	25.1°C	0.00625	25.8	77.40%	SI
	16°	16°	24.1	0.007	24.6	67.40%	SI
6:00pm- 8:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	25.7	0.00525	26.2	75.5	NO
	30°	30°	25	0.0055	25.1	74.9	NO
	23°	23°	24.5	0.00625	24.4	73.4	SI
	16°	16°	23.6	0.007	23.7	71.6	SI
8:00pm- 10:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	24.9	0	25.3	70.4	NO
	30°	30°	24.6	0.0055	25	67.5	SI
	23°	23°	24.4	0.00625	24.8	63.4	SI
	16°	16°	24.1	0.007	24.5	58.6	NO

Fuente: elaboración propia año 2017

Anexo 4.

Medición del confort térmico en el bloque B

 CECAR Corporación Universitaria del Caribe			INSTRUMENTO PARA MEDIR VARIABLES DE CONFORT TERMICO				
			AULA	304	BLOQUE	B	
INTERVALO DE TIEMPO	TEMPERATURA DE DISPLAY		TEMPERATURA DEL AIRE °C	VELOCIDAD DEL AIRE Cm/s	TEMPERATURA DE GLOBO °C	HUMEDAD %	SE ALCANZA CONFORT TERMICO
	Equipo 1	Equipo 2					
6:00am- 8:00am	APAGADO	APAGADO	27.4	0	27.6	81.2	NO
	30°	30°	27.3	0.0025	27.5	79.5	NO
	23°	23°	27.1	0.0065	27.3	76.5	SI
	16°	16°	26.4	0.009	26.9	73.2	SI
8:00am- 10:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.8	0	28.5	80.5	NO
	30°	30°	27.4	0.0025	27.8	78.7	NO
	23°	23°	26.8	0.0065	27.2	75.6	SI
	16°	16°	26.3	0.009	26.7	70.5	SI
10:00am- 12:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.9	0	28.8	77.5	NO
	30°	30°	27.5	0.0025	28.5	77.3	NO
	23°	23°	27.4	0.0065	28.3	74.2	SI
	16°	16°	27	0.009	27.8	72.5	SI
12:00m- 2:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	30.6	0	31.2	78.8	NO
	30°	30°	30.2	0.0025	30.9	77.6	NO
	23°	23°	29.7	0.0065	30.2	75.5	NO
	16°	16°	29.3	0.009	29.8	73.3	SI
2:00pm- 4:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	29.6	0.001	30.1	77.6	NO
	30°	30°	29.4	0.0025	29.9	76.4	NO
	23°	23°	28.8	0.0065	29.2	73.5	NO
	16°	16°	28.4	0.009	28.7	72.2	SI
4:00pm- 6:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.7	0	28.1	80.1	NO
	30°	30°	27.5	0.0025	28.3	76.5	NO
	23°	23°	27.3	0.0065	27.8	73.6	SI
	16°	16°	27.1	0.009	27.6	72.4	SI
6:00pm- 8:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	26.6	0.00175	26.5	85.5	NO
	30°	30°	26.4	0.0025	27	81.6	NO
	23°	23°	26.3	0.0065	26.6	75.1	SI
	16°	16°	26	0.009	25.3	72.4	SI
8:00pm- 10:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	26.4	0.002	26.5	80.3	NO
	30°	30°	26.2	0.0025	26.3	75.5	SI
	23°	23°	25.4	0.0065	25.8	72.3	SI
	16°	16°	25.2	0.009	25.5	70.4	SI

Fuente: elaboración propia año 2017

Anexo 5.

Medición del confort térmico en el bloque C

 CECAR Corporación Universitaria del Caribe			INSTRUMENTO PARA MEDIR VARIABLES DE CONFORT TERMICO				
			AULA	200	BLOQUE	C	
INTERVALO DE TIEMPO	TEMPERATURA DE DISPLAY		TEMPERATURA DEL AIRE °C	VELOCIDAD DEL AIRE Cm/s	TEMPERATURA DE GLOBO °C	HUMEDAD %	SE ALCANZA CONFORT TERMICO
6:00am- 8:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.4	0	29.5	82.4	NO
	30°	30°	27.8	0.00125	28.8	81.2	NO
	23°	23°	27.4	0.002	28.4	79.2	SI
	16°	16°	26.8	0.00625	28.1	76.8	SI
8:00am- 10:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.1	0	28.8	86.3	NO
	30°	30°	27.8	0.00125	28.5	84.2	NO
	23°	23°	27.6	0.002	28.1	79.4	SI
	16°	16°	27.3	0.00625	27.6	75.3	SI
10:00am- 12:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.6	0.00375	29.2	88.6	NO
	30°	30°	28.7	0.00125	28.8	84,,1	NO
	23°	23°	28.4	0.002	28.2	80.3	SI
	16°	16°	27.5	0.00625	27.9	77.2	SI
12:00m- 2:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.9	0	28.7	86.3	NO
	30°	30°	28.6	0.00125	28.6	86.1	NO
	23°	23°	28.4	0.002	28.4	82.2	NO
	16°	16°	27.5	0.00625	27.7	74.5	SI
2:00pm- 4:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	30.1	0	30.1	77.2	NO
	30°	30°	29	0.00125	29.3	75.7	NO
	23°	23°	28.7	0.002	28.9	72.5	NO
	16°	16°	27.6	0.00625	27.8	71.1	SI
4:00pm- 6:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.2	0	29.3	78.3	NO
	30°	30°	27.9	0.00125	29	77.4	NO
	23°	23°	27.5	0.002	28.6	75.3	SI
	16°	16°	27.1	0.00625	28.1	72.5	SI
6:00pm- 8:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.4	0.001	27.7	77.4	NO
	30°	30°	26.5	0.00125	27.3	77.1	NO
	23°	23°	25,9,	0.002	26.8	73.5	SI
	16°	16°	25.6	0.00625	26.7	70.1	SI
8:00pm- 10:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	26.5	0	26.9	72.8	NO
	30°	30°	25.7	0.00125	26.5	71.2	NO
	23°	23°	25.4	0.002	26.1	68.5	SI
	16°	16°	25	0.00625	25.8	67.4	SI

Anexo 6.

Medición del confort térmico en el bloque D

 CECAR Corporación Universitaria del Caribe			INSTRUMENTO PARA MEDIR VARIABLES DE CONFORT TERMICO				
			AULA	304	BLOQUE	D	
INTERVALO DE TIEMPO	TEMPERATURA DE DISPLAY		TEMPERATURA DEL AIRE °C	VELOCIDAD DEL AIRE Cm/s	TEMPERATURA DE GLOBO °C	HUMEDAD %	SE ALCANZA CONFORT TERMICO
6:00am- 8:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.6	0	28.8	76.8	NO
	30°	30°	27.9	0.0075	28.2	76.4	NO
	23°	23°	27.8	0.0085	28.1	73.8	SI
	16°	16°	27.7	0.0105	28	72.7	SI
8:00am- 10:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.3	0.00125	28.8	88.4	NO
	30°	30°	28	0.0075	28.4	84.2	NO
	23°	23°	28	0.0085	28.4	81.2	SI
	16°	16°	27.8	0.0105	28.1	77.2	SI
10:00am- 12:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.9	0.0025	29.1	78.2	NO
	30°	30°	28.6	0.0075	28.7	76.1	NO
	23°	23°	28.4	0.0085	28.4	75.3	SI
	16°	16°	27.8	0.0105	28.3	75.2	SI
12:00m- 2:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.5	0.00175	29.3	78.2	NO
	30°	30°	28.4	0.0075	28.9	75.3	NO
	23°	23°	28	0.0085	28.5	72.2	NO
	16°	16°	27.3	0.0105	28.3	71.1	SI
2:00pm- 4:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.6	0.00125	28.5	78.3	NO
	30°	30°	27.5	0.0075	28	77.3	NO
	23°	23°	27.5	0.0085	27.8	73.7	SI
	16°	16°	27.3	0.0105	27.7	70.7	SI
4:00pm- 6:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	25.4	0.001	26.4	77.2	NO
	30°	30°	24.9	0.0075	25.6	76.8	SI
	23°	23°	22.7	0.0085	25.2	67.4	SI
	16°	16°	20.3	0.0105	22.8	58.6	SI
6:00pm- 8:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	26.3	0.001	27.2	74.2	NO
	30°	30°	25.2	0.0075	26.4	70.2	NO
	23°	23°	23.2	0.0085	23.7	65.2	SI
	16°	16°	20.1	0.0105	20.5	56.2	SI
8:00pm- 10:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	22.4	0.00275	23.4	65.2	NO
	30°	30°	20.3	0.0075	22.5	63.3	SI
	23°	23°	19.8	0.0085	21.4	55.8	SI
	16°	16°	19.4	0.0105	20.8	52.3	SI

Fuente: elaboración propia año 2017

Anexo 7.

Medición del confort térmico en el bloque E

 CECAR Corporación Universitaria del Caribe			INSTRUMENTO PARA MEDIR VARIABLES DE CONFORT TERMICO				
			Aula	202	Bloque	E	
INTERVALO DE TIEMPO	TEMPERATURA DE DISPLAY		TEMPERATURA DEL AIRE °C	VELOCIDAD DEL AIRE Cm/s	TEMPERATURA DE GLOBO °C	HUMEDAD %	SE ALCANZA CONFORT TERMICO
	Equipo 1	Equipo 2					
6:00am- 8:00am	APAGADO	APAGADO	27.3	0	27.6	84.5	NO
	30°	30°	27	0.0035	27.3	82.2	NO
	23°	23°	26.5	0.0045	27	79.8	SI
	16°	16°	26	0.0055	26.5	75.8	SI
8:00am- 10:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.2	0.00475	28.8	82.8	NO
	30°	30°	27.8	0.0035	28.2	81.5	NO
	23°	23°	27.3	0.0045	27.7	80.8	SI
	16°	16°	27.1	0.0055	27.5	79.5	SI
10:00am- 12:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	30.6	0	30.9	87.8	NO
	30°	30°	30.4	0.0035	30.8	83.3	NO
	23°	23°	30.2	0.0045	30.5	78.4	SI
	16°	16°	30.1	0.0055	30.4	74	SI
12:00m- 2:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	30.8	0	31.2	85.3	NO
	30°	30°	30.4	0.0035	30.7	86.1	NO
	23°	23°	30.4	0.0045	30.7	83.7	NO
	16°	16°	30.3	0.0055	30.5	80.2	SI
2:00pm- 4:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	31.2	0	32.4	86.4	NO
	30°	30°	31	0.0035	31.9	83.5	NO
	23°	23°	30.7	0.0045	31.7	82.3	NO
	16°	16°	30.4	0.0055	30.5	79.7	SI
4:00pm- 6:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	29.9	0	31.8	87.5	NO
	30°	30°	29.7	0.0035	30.4	87.1	NO
	23°	23°	28.5	0.0045	30.3	85.3	SI
	16°	16°	28.1	0.0055	30.2	79.7	SI
6:00pm- 8:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.7	0	29.4	82.4	NO
	30°	30°	27.5	0.0035	29.1	82.1	NO
	23°	23°	26.7	0.0045	28.5	81.2	SI
	16°	16°	26.3	0.0055	27.6	77.1	SI
8:00pm- 10:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.8	0	28.9	81.3	NO
	30°	30°	27.5	0.0035	28.7	80.1	SI
	23°	23°	27.3	0.0045	28.1	77.2	SI
	16°	16°	26.9	0.0055	27.5	73.4	SI

Fuente: elaboración propia año 2017

Anexo 8.

Medición del confort térmico en el bloque F

 CECAR Corporación Universitaria del Caribe			INSTRUMENTO PARA MEDIR VARIABLES DE CONFORT TERMICO				
			Aula	201	Bloque	F	
INTERVALO DE TIEMPO	TEMPERATURA DE DISPLAY		TEMPERATURA DEL AIRE °C	VELOCIDAD DEL AIRE Cm/s	TEMPERATURA DE GLOBO °C	HUMEDAD %	SE ALCANZA CONFORT TERMICO
6:00am- 8:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.8	0	28.9	85.3	NO
	30°	30°	27.4	0.0155	28.2	84.2	NO
	23°	23°	27	0.0185	27.9	82.1	SI
8:00am- 10:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.7	0	29.4	87.7	NO
	30°	30°	28	0.0155	28.4	85.4	NO
	23°	23°	27.5	0.0185	27.8	80.5	SI
10:00am- 12:00am	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.8	0	29.8	89.3	NO
	30°	30°	28.2	0.0155	28.3	85.4	NO
	23°	23°	27.3	0.0185	27.6	75.4	SI
12:00m- 2:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	28.3	0	28.9	87.4	NO
	30°	30°	28.1	0.0155	28.6	87.2	NO
	23°	23°	27.5	0.0185	28	85.1	SI
2:00pm- 4:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.5	0.0105	27.8	83.5	NO
	30°	30°	27.1	0.0155	27.5	82.3	NO
	23°	23°	26.9	0.0185	27.3	78.5	SI
4:00pm- 6:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.4	0.01225	27.7	82.9	NO
	30°	30°	27.3	0.0155	27.5	82.3	NO
	23°	23°	26.6	0.0185	26.9	77.7	SI
6:00pm- 8:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.4	0.01525	28.4	81.5	NO
	30°	30°	27.4	0.0155	27.3	80.6	NO
	23°	23°	27.1	0.0185	27.5	79.1	SI
8:00pm- 10:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	27.3	0.0135	27.7	80.4	NO
	30°	30°	26.7	0.0155	27.1	81.3	SI
	23°	23°	26.4	0.0185	27	76.2	SI
8:00pm- 10:00pm	Equipo 1	Equipo 2					
	APAGADO	APAGADO	25.7	0.02	26.1	72.5	SI

Fuente: elaboración propia año 2017

	COSTO ENERGETICO EN CADA UNA DE LAS FRAJAS HORARIAS SEMANAL						
FRANJAS HORARIAS	AULA 1	AULA 2	AULA 3	AULA 4	AULA 5	AULA 6	AULA 7
F62	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F63	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75
F64	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75
F65	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F66	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F67	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F68	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F69	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	1,389.43	1,389.43	1,389.43
F70	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	1,389.43	1,389.43	1,389.43
F71	\$ 1,389.43	\$ 1,389.43	\$ 1,389.43	\$ 1,389.43	1,389.43	1,389.43	1,389.43
F72	\$ 1,389.43	\$ 1,389.43	\$ 1,389.43	\$ 1,389.43	1,389.43	1,389.43	1,389.43
F73	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F74	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F75	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F76	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F77	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F78	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28	\$ 812.28
F79	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75
F80	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75	\$ 42.75

Fuente: elaboración propia año 2017

Anexo 10.

encuesta de caracterización estudiantil

 <p>CECAR Corporación Universitaria del Caribe</p>	<p>FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS</p>	FECHA
		HORA
		AULA

DATOS GENERALES

Facultad:

Programa:

Semestre:

Marque su opción con una (X).

Sexo M F

Constitución física

Peso (kg)

(40-50kg) (51-60kg) (61-70kg) (71-80kg) (+81kg)

Estatura (mts)

(1.49-1.58) (1.59-1.68) (1.69- 1.78) (1.79- 1.88) (+1.89)

Tipo de vestimenta

<input type="checkbox"/>  <p>MUY LIGERA</p>	<input type="checkbox"/>  <p>LIGERA</p>	<input type="checkbox"/>  <p>NORMAL</p>	<input type="checkbox"/>  <p>ABRIGADA</p>
Camiseta y Bermuda	Playera, blusa y Pantalón.	Camiseta, playera, o camisa de manga larga y pantalón.	Camiseta, playera, o camisa de manga larga, sudadera o suéter y pantalón.

Anexo 11.

Lenguaje de programación en el programa GAMS

```
GAMS Rev 235 WEX-VS8 23.5.1 x86/MS Windows 08/17/17 23:32:09 Page 1
General Algebraic Modeling System
Compilation
```

```
1 *Modelo de asignacion de aulas.
2 SET
3 H FRANJA HORARIA /F1*F80/
4 *CADA FRANJA HORARIA REPRESENTA UNA HORA Y SU DIA
5 A MATERIAS /M1*M95/
6 *LAS MATERIAS ESTAN CODIFICADAS POR ASIGNATURA Y GRUPO
7 S AULAS /C1*C7/
8 D DOCENTES /P1*P13/
9 E SEMESTRES /K1*K10/
10 L DIAS HABLES /D1*D5/
11
12 W(a,e) Asociacion de asignatura y semestre / (M1,M2,M3,M4,M5,M6,M7) .K1, (M8,
M9,M10,M11,M12,M13,M14,M15,M16,M17,M18,M19,M20) .K2, (M21,M22,M23,M24,M25,M2
6,M27) .K3, (M28,M29,M30,M31,M32,M33,M34,M35,M36,M37,M38,M39,M40) .K4,
13 (M41,M42,M43,M44,M45,M46,M47,M
48,M49,M50,M51,M52) .K5, (M53,M54,M55,M56,M57,M58,M59,M60,M61,M62,M63,M64) .K
6, (M65,M66,M67,M68,M69) .K7, (M70,M71,M72,M73,M74,M75,M76,M77,M78,M79,M80,M8
1) .K8,
14 (M82,M83,M84,M85,M86,M87) .K9, (
M88,M89,M90,M91,M92,M3,M94,M95) .K10/
15 Y(a,d) Asociacion de asignatura y docente / (M12,M47,M48,M55,M56,M68,M72,M8
3) .P1, (M6,M10,M11,M41,M42,M49,M50) .P2, (M23,M24,M30,M31,M34,M35,M36) .P3, (M1
,M27,M28,M29,M57,M63,M64) .P4, (M25,M26,M37,M38,M67,M76,M77) .P5,
```

Anexo 12.

Programación de restricciones en lenguaje GAMS

```

COSTO.. SUM((h,a,s)$R(h,a),CT(h,s)*X(h,a,s))=E=Z;
* Cada aula en una franja horaria solo se puede asignar máximo una vez
REST1(h,s).. SUM(a,X(h,a,s))=1=1;
* Una misma asignatura no se programe dos veces en la misma franja horaria
REST2(h,a)$R(h,a).. SUM(s$V(a,s),X(h,a,s))=L=1;
* Cada asignatura se programe según la intensidad horaria semanal de la misma
REST3(a).. SUM((h)$R(h,a),SUM((s)$R(h,a)AND V(a,s)),X(h,a,s))=E=J(a);
* No se debe exceder la capacidad de las aulas
REST4(h,a,s)$R(h,a).. X(h,a,s)*O(a)=L=U(s);
* Las asignaturas dictadas por el mismo docente no se programen en la misma franja horaria
REST5(d,h)$Q(d,d).. SUM((a,s)$Y(a,d)AND V(a,s)),X(h,a,s))=L=1;
* Las materias del mismo semestre queden programadas a diferentes horas
REST6(e,h).. SUM((a,s)$W(a,e) AND V(a,s)),X(h,a,s))=L=1;
* Si una materia se dicta el mismo día máximo se dicta en tres franjas horarias y estas franjas deben ser consecutivas (bloques)
REST7(l,a)$N(a).. SUM((h,s)$B(h,l)AND V(a,s)),X(h,a,s))=L=3;
*No mas de 3 horas diarias
REST8(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+3,a,s))=L=1;
REST9(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+4,a,s))=L=1;
REST10(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+5,a,s))=L=1;
REST11(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+6,a,s))=L=1;
REST12(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+7,a,s))=L=1;
REST13(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+8,a,s))=L=1;
REST14(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+9,a,s))=L=1;
REST15(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+10,a,s))=L=1;
REST16(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+11,a,s))=L=1;
REST17(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+12,a,s))=L=1;
REST18(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+13,a,s))=L=1;
REST19(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+14,a,s))=L=1;
REST20(h,l,a)$B(h,l)AND R(h,a) AND N(a).. SUM(s,X(h,a,s)+X(h+15,a,s))=L=1;

```

Anexo 13.

Resultado a partir del programa GAMS

```

                S O L V E      S U M M A R Y

MODEL  TIMTTABLE2          OBJECTIVE  Z
TYPE   MIP                 DIRECTION MINIMIZE
SOLVER CPLEX              FROM LINE  483

**** SOLVER STATUS      1 Normal Completion
**** MODEL STATUS      1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE          181480.4960

RESOURCE USAGE, LIMIT          1.518      1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT        328      2000000000

IBM ILOG CPLEX   Jul  4, 2010 23.5.1 WIN 18414.18495 VS8 x86/MS Windows
Cplex 12.2.0.0, GAMS Link 34
GAMS/Cplex licensed for continuous and discrete problems.

Cplex MIP uses 1 of 2 parallel threads. Change default with option THREADS.
MIP status(101): integer optimal solution
Fixed MIP status(1): optimal
Proven optimal solution.

MIP Solution:          181480.496000      (328 iterations, 0 nodes)
Final Solve:          181480.496000      (0 iterations)

Best possible:        181480.496000
Absolute gap:         0.000000
Relative gap:         0.000000
    
```

Anexo 14.

Resultado de asignación de clases mediante el programa GAMS

```

---- 481 VARIABLE X.L 1 si la franja h se le asigna a la asignatura a en el
                          aula s y 0 de otra forma

```

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F1 .M21		1.000				
F2 .M21		1.000				
F2 .M65						1.000
F3 .M21		1.000				
F3 .M65						1.000
F4 .M6	1.000					
F4 .M28			1.000			
F4 .M54				1.000		
F4 .M65						1.000
F4 .M82		1.000				
F5 .M6	1.000					
F5 .M28			1.000			
F5 .M54				1.000		
F5 .M82		1.000				
F6 .M6	1.000					
F6 .M28			1.000			
F6 .M54				1.000		
F6 .M82		1.000				
F8 .M8	1.000					
F9 .M8	1.000					

Anexo 15.

Resultado del costo de consumo energético que arroja el programa GAMS

```
---- 481 VARIABLE Z.L          = 38225.376 costo por el consumo
                                     energetico para mante
                                     ner el cofort termico

EXECUTION TIME      =      0.639 SECONDS      9 Mb WIN235-235 Jul 2, 2010

USER: Gary Goldstein          G010614:2121CA-WIN
      Decision Ware, Inc.      DC2807

**** FILE SUMMARY

Input      C:\Users\Eylen Arroyo\Desktop\SERGIO 2017 MODELO FINAL.gms
Output     C:\Users\Eylen Arroyo\Documents\gamsdir\projdir\SERGIO 2017 MODELO FI
           NAL.lst
```

Anexo 16.

Evidencia en la medición de confort térmico



