

---

# Mathematical Model of University Schedule in COVID time.

---

**Paula Fernanda Marín-Céspedes<sup>1</sup>, Lina María Martínez-López<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Grupo de investigación, Unidad académica, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia.  
correo electrónico: paula.marin@mail.escuelaing.edu.co

<sup>2</sup>grupo de investigación, Unidad académica, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia.  
correo electrónico: lina.martinez@mail.escuelaing.edu.co

## Resumen

El presente artículo expone un modelo matemático basado en programación binaria que resuelve el problema de asignación de horarios universitarios para el programa de ingeniería industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se analizan dos escenarios enfocados a mitigar el contagio de COVID-19 en la presencialidad; el primero busca equilibrar el número de cursos a dictar en cada una de las franjas disponibles a lo largo del día y, el segundo pretende optimizar el número de profesores requeridos para dictar las materias que se encuentran consignadas en el plan de estudios 8 del programa, en cada uno de los escenarios se analizaron la ocupación de los profesores, el número de cursos en cada franja horaria, la utilización de los 21 salones y la ocupación de los días a lo largo de la semana. Además, se sugieren algunas alternativas para mejorar la programación de los horarios teniendo en cuenta condiciones de bioseguridad.

**Palabras clave:** programación binaria, programación de horarios universitarios, COVID-19, Franjas horarias, Minimización de profesores, Ingeniería Industrial

## Abstract

This article presents a mathematical model based on binary programming that solves the collage scheduling problem in the industrial engineering career of Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. In this paper two alternatives are analyzed and approached to mitigate the contagion of COVID-19 during in-person classes. the first alternative seeks to balance the number of courses to be taught in each of the available slots throughout the day and, the second alternative seeks to optimize the number of teachers required to teach the subjects that are listed in the syllabus 8 of this career, in each of the alternatives the occupation of teachers, the number of courses in each time slot, the use of the 21 classrooms and the occupation of the days throughout the week were analyzed. Furthermore, authors suggest some recommendations to improve the class scheduling taking into account biosafety conditions.

**Keywords:** timetabling, class scheduling, binary programming, COVID-19, time slot, teachers minimizing, Industrial Engineering

### 1.1. Introducción

La programación de horarios universitarios consiste en disponer de recursos como profesores, asignaturas e instalaciones dentro de franjas horarias definidas, teniendo en cuenta todas las restricciones sujetas a los mismos. Este problema se ha desarrollado y evaluado por años, obteniendo soluciones factibles, ya sea a través de métodos exactos o inexactos. En esta sección, se analizan diferentes métodos para dar solución al problema de horarios, los cuales fueron consultados en la revisión de la literatura presentada por Olufemi et al (2020) con algunas actualizaciones de otras investigaciones recientes.

En un primer momento se identifican métodos de solución exactos en los cuales es posible encontrar una solución óptima o de calidad garantizada (Olufemi et al. 2020). En un resumen de métodos exactos de solución de problemas de horarios se pueden encontrar, Programación Entera o Programación Entera Mixta (Dorneles et al. 2012, Sorensen y Stidsen 2013, Poulsen y Bandeira 2013, Kristiansen et al. 2015), Column Generation (Papoutsis et al. 2003), Branch-And-Price (Santos et al. 2012), Branch-And-Bound (Landman 2005), Ejection chain and specialised procedure (Kingston 2014).

Por otro lado, algunas veces se prefiere sacrificar la optimalidad de las soluciones para obtener soluciones buenas o factibles en tiempos de ejecución razonables, debido a la complejidad de este tipo de problemas, estos se conocen como métodos de solución aproximados, pero a diferencia de los métodos exactos expuestos anteriormente, no garantizan soluciones óptimas. Dentro de estos métodos aplicados al problema de programación de horarios, se encuentran los métodos heurísticos clásicos como Heurísticas directas (Junginger 1986), Heurísticas constructivas/secuenciales; como coloración de grafos (Perera y Land 2016, Bello et al. 2008) y flujo de red (Hertz y Robert 1998), Heurísticas constructivas (Pimmer y Raidl 2013) y Heurísticas de mejora (Aust 1976).

Otros métodos de solución aproximado usados en la solución de problemas de horarios corresponden a métodos basados en restricciones, los cuales incluyen la programación de restricciones (CP), la programación lógica de restricciones (Kang and White 1992) y las técnicas de satisfacción de restricciones (Chorbev et al. 2008). En general, los métodos basados en restricciones, por sí solos pueden generar soluciones factibles de manera eficiente. Sin embargo, la mayoría de estos métodos de búsqueda carecen de la capacidad de mejorar aún más la calidad de la solución generada, por lo que se

Aplican ampliamente como enfoque de hibridación (con otros métodos de búsqueda locales) (Brailsford et al. 1999, Qu et al. 2009).

Uno de los más grandes subgrupos dentro de los métodos aproximados son las Metaheurísticas, las cuales comienzan con una o más soluciones iniciales y generalmente actualizan las posibles soluciones, y emplean estrategias de búsqueda para encontrar la solución óptima de un problema dado, tratando de evitar el óptimo local en el proceso (Valoux y Housos, 2000, Myszkowski y Norberciak 2003). Una clase de metaheurísticas son los algoritmos estocásticos, los cuales se centran en la introducción de la aleatoriedad en los métodos heurísticos, algunos ejemplos son: Hill Climbing (Barriga 2016, Fonseca et al. 2013), Búsqueda aleatoria, Búsqueda de vecindario variable (Fonseca y Santos 2014), Búsqueda local híbrida (Fonseca et al. 2016) y Búsqueda Tabú (Minhet et al. 2010, Liu et al. 2009, Baquero et al. 2008).

Otra clase encontrada son los algoritmos físicos los cuales se inspiran en la naturaleza y procesos físicos, algunos ejemplos aplicados al problema de horarios son: Recocido simulado (Brito et al. 2012, Fonseca et al. 2012, Santos et al. 2012), Búsqueda local híbrida (Odeniyi et al. 2015) y Algoritmo memético (Nugroho y Hermawan 2018, Fonseca y Santos 2013). También son métodos heurísticos de solución los algoritmos evolutivos y algoritmos genéticos (Sutar y Bichkar 2017, Shambouret et al. 2013), algoritmos de Swarm Intelligence (SI); como Algoritmo de enjambre de peces artificiales (AFS), algoritmo de enjambre de partículas (PSO) (Katsaragakis 2015) y colonia de hormigas (Peñuela et al. 2008) y, por último, los algoritmos neuronales (Carrasco y Pato 2004); los cuales inspiran en la plasticidad y las cualidades de aprendizaje del sistema nervioso humano (Olufemi et al. 2020).

Dentro de los métodos aproximados, como extensiones de las metaheurísticas, se han desarrollado algoritmos híbridos para mejorar el rendimiento y explotar simultáneamente las ventajas de los algoritmos metaheurísticos originales (Olufemi et al. 2020), en los problemas de horarios escolares se ha aplicado hibridación entre Búsqueda Tabú y algoritmo genético (Sutar and Bichkar 2017), entre Búsqueda Tabú y Búsqueda de Vecindario Variable (Muklason et al. 2019) y entre muchos otros más.

Se encontró que, a partir de las limitaciones que presentan las metaheurísticas con respecto a costos y adaptación, se desarrollan métodos adaptativos y basados en conocimiento, los cuales operan a un nivel superior de generalidad (Olufemi et al. 2020), dentro de estos se encuentran las Hiperheurísticas, las cuales son una

especie de hibridación de múltiples heurísticas que se utilizan como métodos de solución (Burke et al. 2003a), sin embargo, de estas ha habido muy poca aplicación en problemas de horarios (Ahmed et al. 2015, Pillay y Raghavjee 2015).

Finalmente, con base en la investigación realizada y las necesidades del problema en cuestión, el presente artículo desarrolla un problema de horarios universitarios utilizando programación binaria como el método de solución y el software GAMS para formular y correr el modelo matemático.

## 1.2. Método(s), metodología

En esta sección se define matemáticamente el problema de programación de horarios universitarios, específicamente en la carrera de Ingeniería Industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. La formulación matemática se basó en programación binaria, y se decide evaluar diferentes aspectos en la función objetivo obteniendo 2 escenarios: la minimización de las franjas horarias, minimización de profesores.

El problema se define a partir de diferentes conjuntos: sea  $i$  el conjunto de salones con los que cuenta la institución educativa, el cual varía de 1 a 21. Sea  $j$  el conjunto de profesores del complejo educativo que varía de 1 a 20. Sea  $k$  el conjunto de cursos que hacen parte del plan de estudios 8 de ingeniería industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, el cual varía de 1 a 88. Sea  $l$  el conjunto de franjas horarias que en este momento tiene la universidad de lunes a sábado y varían a 1 a 8. Finalmente, sea  $diash$  los días de lunes a sábado y por lo tanto varía de 1 a 6.

Para la solución al problema se definieron los siguientes parámetros: Donde  $disp(j,l)$  representa la disponibilidad de cada profesor en cada franja,  $demanda\_franjas(k)$  representa el número de franjas demandadas por curso,  $mat(j,k)$  es la matriz que contiene los cursos que cada profesor puede dictar,  $cub\_blo(k)$  es la matriz que representa las materias que se deben dictar en bloque, es decir en dos franjas horarias seguidas,  $dias2(l,diash)$  representa las franjas existentes según el día de la semana,  $pon(diash, l)$  asignación de una ponderación para los días hábiles

Para este modelo se definieron 3 variables de decisión, las cuales son de tipo binario y se muestran a continuación con su respectiva descripción:

$$X_{jkildiash} = \begin{cases} 1 & \text{Si el profesor } j \text{ se le asigna al curso } k \text{ en el salón } i \text{ en la franja horaria } l \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

$$Y_{kj} = \begin{cases} 1 & \text{Si el curso } k \text{ se le asigna al profesor } j \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

$$W_{kdiash} = \begin{cases} 1 & \text{Si el curso } k \text{ que es en bloque se dicta en el día } diash \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

$$T_{kldiash} = \begin{cases} 1 & \text{si el curso } k \text{ el bloque empieza en la franja } l \text{ en el día } diash \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

La función objetivo del modelo en el escenario inicial es minimizar las franjas horarias, para ello se utiliza la matriz  $pon(diash, l)$  en donde se da una ponderación igual a todas las franjas horarias  $l$  en cada día hábil ( $diash$ ), la cual es afectada directamente por la asignación del profesor  $j$  a curso  $k$ , salón  $i$  y en una franja horaria  $l$ .

$$Min z = \sum_j \sum_k \sum_i \sum_{diash} pon(diash, l) * X(j, k, i, diash) \quad (1)$$

El segundo escenario se basa en la minimización de profesores, en la función objetivo se encuentra la variable de asignación del curso  $k$  se le asigna al profesor  $j$ .

$$Min z = \sum_j \sum_k Y(k, j) \quad (2)$$

El tercer escenario tiene como objetivo maximizar el número de bloques en la ecuación encuentra la variable de asignación del curso  $k$  que es en bloque en el  $diash$ .

$$Máx = \sum_k \sum_{diash} W(k, diash) \quad (3)$$

El modelo está sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum_j \sum_k X_{jkildiash} \leq 1 \quad \forall_i \forall_l \forall_{diash} \quad (4)$$

$$\sum_{diash} \sum_i \sum_j \sum_l X_{jkildiash} = demanda\_franjas(k) \quad \forall_k \quad (5)$$

$$\sum_i \sum_j X_{jkildiash} \leq 1 \quad \forall_k \forall_l \forall_{diash} \quad (6)$$

$$\sum_i \sum_{k \in mat(j,k) > 0} X_{jkildiash} \leq 1 \quad \forall_j \forall_l \forall_{diash} \quad (7)$$

La restricción (4) garantiza que cada salón en cada franja horaria se asigna máximo a un solo curso. La restricción (5) asegura que cada curso se programe el número de franjas que requiere. La restricción (6) establece que cada curso en cada franja se asigna máximo a un salón. La restricción (7) garantiza que cada profesor en cada franja horaria se asigna máximo una vez. La restricción (8) prohíbe asignar un profesor en una franja horaria en la que no tenga disponibilidad.

$$\sum_i \sum_k X_{jkildiash} = 0 \quad \forall_j \forall_{l \in disp(j,l)=0} \forall_{diash} \quad (8)$$

$$\sum_j \sum_k X_{jk} \text{dias} \leq 1 \quad \forall_i \quad \forall_l \quad \forall_{diash} \quad (9)$$

$$\sum_j Y_{kj} = 1 \quad \forall_k \quad (10)$$

$$\sum_{diash} \sum_i \sum_l X_{jk} \text{dias} \leq 10000000 * Y_{kj} \quad \forall_k \quad \forall_j \quad (11)$$

$$\sum_{diash} \sum_i \sum_l X_{jk} \text{dias} \geq Y_{kj} \quad \forall_k \quad \forall_j \quad (12)$$

$$\sum_{diash} \sum_i \sum_l Y_{kj} = 0 \quad \forall_k \quad \forall_{j \in \text{mat}(j,k)} \quad (13)$$

$$\sum_j \sum_i \sum_{l \in \text{dias2}(l, diash) > 0} X_{jk} \text{dias} = 2 * W_{kdiash} \quad \forall_{diash} \quad \forall_{k \in \text{cub\_blo}(k) = 0} \quad (14)$$

$$\sum_i \sum_{j \in \text{mat}(j,k) > 0} X_{jk} \text{dias} + X_{jki+2diash} \leq 1 \quad \forall_l \quad \forall_{diash} \quad \forall_k \quad (15)$$

$$\sum_i \sum_{j \in \text{mat}(j,k) > 0} X_{jk} \text{dias} + X_{jki+3diash} \leq 1 \quad \forall_l \quad \forall_{diash} \quad \forall_k \quad (16)$$

$$\sum_i \sum_{j \in \text{mat}(j,k) > 0} X_{jk} \text{dias} + X_{jki+4diash} \leq 1 \quad \forall_l \quad \forall_{diash} \quad \forall_k \quad (17)$$

$$\sum_i \sum_{j \in \text{mat}(j,k) > 0} X_{jk} \text{dias} + X_{jki+5diash} \leq 1 \quad \forall_l \quad \forall_{diash} \quad \forall_k \quad (18)$$

$$\sum_i \sum_{j \in \text{mat}(j,k) > 0} X_{jk} \text{dias} + X_{jki+6diash} \leq 1 \quad \forall_l \quad \forall_{diash} \quad \forall_k \quad (19)$$

$$\sum_i \sum_{j \in \text{mat}(j,k) > 0} X_{jk} \text{dias} + X_{jki+7diash} \leq 1 \quad \forall_l \quad \forall_{diash} \quad \forall_k \quad (20)$$

$$\sum_i \sum_{j \in \text{mat}(j,k) > 0} X_{jk} \text{dias} + X_{jki+8diash} \leq 1 \quad \forall_l \quad \forall_{diash} \quad \forall_k \quad (21)$$

La restricción (9) asegura que se asigne máximo un curso a cada salón en cada franja horaria. La restricción (10) establece que cada curso se asigna máximo a un solo profesor. La restricción (11) garantiza que, si no se asigna un curso a un profesor, no debe asignarse salón a ese curso con ese profesor. La restricción (12) asegura que, si se asigna un curso a un profesor, se asigna un salón a ese curso con ese profesor. La restricción (13) prohíbe asignar un profesor a un curso que no dicte. La restricción (14) establece que las materias que se dictan en bloque, sus dos franjas se dicten el mismo día. La restricción (15) a la (21) garantizan que las materias que se dictan en bloque sus dos franjas estén seguidas.

### 1.3. Resultados



Anexo.xlsx

Con base en el modelo formulado, se quiso enfocar el estudio en la situación mundial actual con respecto a la pandemia COVID-19, por lo tanto, se postularon 2

escenarios y se obtuvieron sus resultados mediante el software GAMS, dichos resultados se exponen en la presente sección.

#### Escenario 1

El primer escenario establece como objetivo la minimización de las franjas horarias, dando una ponderación igual a todas las franjas a lo largo de cada día hábil, con el fin de evitar que se dicten más cursos en una que, en otra, previniendo aglomeraciones de personas en una misma franja horaria tanto a la entrada como a la salida de las instalaciones de la universidad.

A continuación, se presentan los horarios obtenidos para cada uno de los 20 profesores asignados, estos se realizan a lo largo de una semana que comprende los días de lunes a viernes, excluyendo el día sábado:

#### Horario Profesor 1

Tabla 1 Horario del profesor 1

| Profesor 1   |                                  |                               |                               |                                     |                                     |
|--------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| HORA         | LUNES                            | MARTES                        | MIÉRCOLES                     | JUEVES                              | VIERNES                             |
| 7:00 - 8:30  | MODELOS ESTOCÁSTICOS 2 (Salón 3) |                               | CÁLCULO INTEGRAL 1 (Salón 15) | FUNDAMENTOS ECONÓMICOS 1 (Salón 15) | FUNDAMENTOS ECONÓMICOS 1 (Salón 15) |
| 8:30 - 10:00 | MODELOS ESTOCÁSTICOS 2 (Salón 3) | CÁLCULO INTEGRAL 1 (Salón 17) | CÁLCULO INTEGRAL 1 (Salón 15) | CÁLCULO INTEGRAL 1 (Salón 3)        | FUNDAMENTOS ECONÓMICOS 1 (Salón 15) |

#### Horario Profesor 2

Tabla 2 Horario del profesor 2

| Profesor 2  |                                       |  |                                      |   |  |
|-------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|---|--|
| HORA        | LUNES                                 | MARTES                                   | MIÉRCOLES                            | JUEVES                                    | VIERNES                                  |
| 7:00 - 8:30 |                                       |  | GESTIÓN CICLO DE VIDA 1 (Salón 13)   |   |  |
| 10:00-11:30 | ECUACIONES DIFERENCIALES 3 (Salón 15) | FÍSICA DEL ELECTROMAGNETISMO 3 (Salón 7) | EQUACIONES DIFERENCIALES 3 (Salón 5) |   | GESTIÓN CICLO DE VIDA 1 (Salón 3)        |
| 11:30-1:00  | GESTIÓN CICLO DE VIDA 1 (Salón 14)    | ELECTROMAGNETISMO 3 (Salón 7)            | EQUACIONES DIFERENCIALES 3 (Salón 5) | FÍSICA DEL ELECTROMAGNETISMO 3 (Salón 13) | FÍSICA DEL ELECTROMAGNETISMO 3 (Salón 4) |

#### Horario Profesor 3

Tabla 3 Horario del profesor 3

| Profesor 3 |                                       |                                      |                     |                                     |                                       |
|------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| HORA       | LUNES                                 | MARTES                               | MIÉRCOLES           | JUEVES                              | VIERNES                               |
| 11:30-1:00 | EQUACIONES DIFERENCIALES 2 (Salón 13) | EQUACIONES DIFERENCIALES 2 (Salón 2) | QUÍMICA 1 (Salón 6) | QUÍMICA 1 (Salón 15)                | EQUACIONES DIFERENCIALES 2 (Salón 14) |
| 1:00-2:30  | FUNDAMENTOS DE MECÁNICA 3 (Salón 2)   | QUÍMICA 1 (Salón 9)                  |                     | FUNDAMENTOS DE MECÁNICA 3 (Salón 5) | FUNDAMENTOS DE MECÁNICA 3 (Salón 7)   |

#### Horario Profesor 4

Tabla 4 Horario del profesor 4

| Profesor 4 |                                  |                                 |  |   |  |
|------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---|--|
| HORA       | LUNES                            | MARTES                          | MIÉRCOLES  | JUEVES  | VIERNES  |
| 1:00-2:30  | QUÍMICA 1 (Salón 1)              | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 1 (Salón 1) | FÍSICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTÍCULAS 1 (Salón 6) | QUÍMICA 1 (Salón 18)                              | FÍSICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTÍCULAS 1 (Salón 3) |
| 2:30-4:00  | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 1 (Salón 12) | QUÍMICA 1 (Salón 9)             | FÍSICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTÍCULAS 1 (Salón 6) | FÍSICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTÍCULAS 1 (Salón 10) | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 1 (Salón 15)                 |

#### Horario Profesor 5

Tabla 5 Horario del profesor 5

| Profesor 5 |  |                                     |                                       |                                     |                                       |
|------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| HORA       | LUNES                                      | MARTES                              | MIÉRCOLES                             | JUEVES                              | VIERNES                               |
| 2:30-4:00  | DISEÑO DE PLANTAS INDUSTRIALES 1 (Salón 5) | CÁLCULO INTEGRAL 3 (Salón 19)       | CÁLCULO 2 (Salón 15)                  | MODELADO MATEMÁTICO 2 (Salón 19)    | CÁLCULO INTEGRAL 3 (Salón 2)          |
| 4:00-5:30  | DISEÑO DE PLANTAS INDUSTRIALES 1 (Salón 5) | CÁLCULO INTEGRAL 3 (Salón 19)       | ALGORITMOS Y PROGRAMACIÓN 2 (Salón 7) | MODELADO MATEMÁTICO 2 (Salón 19)    | ALGORITMOS Y PROGRAMACIÓN 2 (Salón 7) |
| 5:30-7:00  | CÁLCULO 2 (Salón 17)                       | FUNDAMENTOS ECONÓMICOS 2 (Salón 18) | CÁLCULO INTEGRAL 3 (Salón 19)         | FUNDAMENTOS ECONÓMICOS 2 (Salón 14) | FUNDAMENTOS ECONÓMICOS 2 (Salón 13)   |

Horario Profesor 6

Tabla 6 Horario del profesor 6

| Profesor 6   |                                   |   |   |   |  |
|--------------|-----------------------------------|---|---|---|--|
| HORA         | LUNES                             | MARTES  | MIERCOLES   | JUEVES  | VIERNES  |
| 7:00 - 8:30  | CALCULO DIFERENCIAL 1 [Salón 7]   | FISICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTICULAS 2 [Salón 21] | FISICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTICULAS 2 [Salón 17] | ANALISIS GEOMETRICO 3 [Salón 21]                  | FINANZAS DE CORTO PLAZO 1 [Salón 8]              |
| 8:30 - 10:00 | ANALISIS GEOMETRICO 2 [Salón 20]  |   | ECUACIONES DIFERENCIALES 1 E INV 2 [Salón 14]     | ECUACIONES DIFERENCIALES 1 [Salón 11]             | PLANIFICACION Y CONTROL DE OP E INV 2 [Salón 1]  |
| 10:00-11:30  |                                   | CALCULO DIFERENCIAL 1 [Salón 21]                  | PLANIFICACION Y CONTROL DE OP E INV 2 [Salón 14]  | FISICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTICULAS 2 [Salón 7]  | PLANIFICACION Y CONTROL DE OP E INV 2 [Salón 1]  |
| 11:30-1:00   | CALCULO INTEGRAL 3 [Salón 1]      | EXPRESSION GRAFICA 1 1 [Salón 12]                 | CALCULO DIFERENCIAL 1 [Salón 1]                   | CALCULO DIFERENCIAL 4 [Salón 20]                  | FISICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTICULAS 3 [Salón 5] |
| 1:00-2:30    |                                   | FISICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTICULAS 2 [Salón 19] | CALCULO DIFERENCIAL 4 [Salón 4]                   | CALCULO INTEGRAL 5 [Salón 15]                     | PRECALCULO 1 [Salón 8]                           |
| 2:30-4:00    | EXPRESSION GRAFICA 1 1 [Salón 13] | CALCULO DIFERENCIAL 4 [Salón 4]                   | CALCULO DIFERENCIAL 4 [Salón 7]                   | FISICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTICULAS 3 [Salón 13] | CALCULO DIFERENCIAL 1 [Salón 9]                  |
| 4:00-5:30    | PRECALCULO 1 [Salón 18]           | PRECALCULO 1 [Salón 10]                           | FINANZAS DE CORTO PLAZO 1 [Salón 5]               | FISICA DE CALOR Y ONDAS Y PARTICULAS 3 [Salón 13] | CALCULO INTEGRAL 5 [Salón 5]                     |
| 5:30-7:00    |                                   | ANALISIS GEOMETRICO 2 [Salón 21]                  | ECUACIONES DIFERENCIALES 1 [Salón 20]             | PRECALCULO 1 [Salón 10]                           | CALCULO INTEGRAL 5 [Salón 5]                     |

Horario Profesor 7

Tabla 7 Horario del profesor 7

| Profesor 7 |                               |                               |                               |   |                               |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|
| HORA       | LUNES                         | MARTES                        | MIERCOLES                     | JUEVES  | VIERNES                       |
| 11:30-1:00 | CALCULO INTEGRAL 4 [Salón 15] | CALCULO INTEGRAL 4 [Salón 14] | CALCULO INTEGRAL 4 [Salón 21] | INTRODUCCION INGENIERIA INDUSTRIAL 3 [Salón 14] | CALCULO INTEGRAL 4 [Salón 21] |

Horario Profesor 8

Tabla 8 Horario del profesor 8

| Profesor 8 |                                      |                                  |                                  |                                     |                                      |
|------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| HORA       | LUNES                                | MARTES                           | MIERCOLES                        | JUEVES                              | VIERNES                              |
| 11:30-1:00 | FUNDAMENTOS DE MECANICA 2 [Salón 12] | CALCULO DIFERENCIAL 3 [Salón 20] | CALCULO DIFERENCIAL 3 [Salón 10] | FINANZAS DE CORTO PLAZO 2 [Salón 7] | CALCULO DIFERENCIAL 3 [Salón 7]      |
| 1:00-2:30  | FUNDAMENTOS DE MECANICA 2 [Salón 12] |                                  | CALCULO DIFERENCIAL 3 [Salón 10] | FINANZAS DE CORTO PLAZO 2 [Salón 7] | FUNDAMENTOS DE MECANICA 2 [Salón 14] |

Horario Profesor 9

Tabla 9 Horario del profesor 9

| Profesor 9 |                                |                                |                                |        |                                |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|--------------------------------|
| HORA       | LUNES                          | MARTES                         | MIERCOLES                      | JUEVES | VIERNES                        |
| 1:00-2:30  | CALCULO VECTORIAL 3 [Salón 21] | CALCULO VECTORIAL 3 [Salón 17] | CALCULO VECTORIAL 3 [Salón 18] |        | CALCULO VECTORIAL 3 [Salón 15] |

Horario Profesor 10

Tabla 10 Horario del profesor 10

| Profesor 10  |   |   |  |   |   |
|--------------|---|---|--|---|---|
| HORA         | LUNES   | MARTES  | MIERCOLES                                | JUEVES  | VIERNES   |
| 7:00 - 8:30  | FISICA MECANICA 4 [Salón 21]                      | PRECALCULO 4 [Salón 2]                            | ALGEBRA LINEAL 3 [Salón 18]              | ALGEBRA LINEAL 3 [Salón 16]                       | FISICA MECANICA 4 [Salón 17]                        |
| 8:30 - 10:00 | GERENCIA DEL TALENTO HUMANO 2 [Salón 21]          | ALGEBRA LINEAL 3 [Salón 13]                       |  | CALCULO VECTORIAL 2 [Salón 10]                    | FISICA MECANICA 4 [Salón 17]                        |
| 10:00-11:30  | FISICA MECANICA 1 [Salón 3]                       | OPTIMIZACION DE OPERACIONES 2 [Salón 11]          | PROCESOS DE FABRICACION 3 [Salón 2]      | EXPRESSION GRAFICA 1 2 [Salón 4]                  | NEGOCIACION Y RELACIONES CONTRACTUALES 2 [Salón 18] |
| 11:30-1:00   | FUNDAMENTOS DE GERENCIA DE PROYECTOS 2 [Salón 11] | OPTIMIZACION DE OPERACIONES 2 [Salón 11]          | PROCESOS DE FABRICACION 3 [Salón 2]      | FISICA MECANICA 4 [Salón 21]                      | NEGOCIACION Y RELACIONES CONTRACTUALES 2 [Salón 18] |
| 1:00-2:30    | ESTUDIO DEL TRABAJO 2 [Salón 10]                  | FISICA MECANICA 1 [Salón 13]                      | CINCA DE LOS MATERIALES 3 [Salón 8]      | GERENCIA DEL TALENTO HUMANO 2 [Salón 19]          | ESTUDIO DEL TRABAJO 2 [Salón 11]                    |
| 2:30-4:00    | CINCA DE LOS MATERIALES 3 [Salón 17]              | FISICA MECANICA 1 [Salón 13]                      | GERENCIA DEL TALENTO HUMANO 2 [Salón 19] | FUNDAMENTOS DE GERENCIA DE PROYECTOS 2 [Salón 18] | CALCULO VECTORIAL 2 [Salón 11]                      |
| 4:00-5:30    | PRECALCULO 4 [Salón 2]                            | EXPRESSION GRAFICA 1 2 [Salón 7]                  | PRECALCULO 4 [Salón 1]                   | ESTUDIO DEL TRABAJO 2 [Salón 18]                  | CALCULO VECTORIAL 2 [Salón 11]                      |
| 5:30-7:00    | CALCULO VECTORIAL 2 [Salón 1]                     | FUNDAMENTOS DE GERENCIA DE PROYECTOS 2 [Salón 20] | PRECALCULO 4 [Salón 1]                   | FISICA MECANICA 1 [Salón 1]                       | PROCESOS DE FABRICACION 3 [Salón 15]                |

Horario Profesor 11

Tabla 11 Horario del profesor 11

| Profesor 11 |                                      |                                      |           |        |                                      |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------|--------|--------------------------------------|
| HORA        | LUNES                                | MARTES                               | MIERCOLES | JUEVES | VIERNES                              |
| 4:00-5:30   | PROCESOS DE FABRICACION 2 [Salón 12] | PROCESOS DE FABRICACION 2 [Salón 12] |           |        | PROCESOS DE FABRICACION 2 [Salón 18] |

Horario Profesor 12

Tabla 12 Horario del profesor 12

| Profesor 12 |                               |                               |                               |   |                                      |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------------|
| HORA        | LUNES                         | MARTES                        | MIERCOLES                     | JUEVES  | VIERNES                              |
| 2:30-4:00   | CALCULO INTEGRAL 2 [Salón 10] | CALCULO INTEGRAL 2 [Salón 14] | CALCULO INTEGRAL 2 [Salón 11] | INTRODUCCION INGENIERIA INDUSTRIAL 2 [Salón 15] | ALGEBRA LINEAL 1 [Salón 14]          |
| 4:00-5:30   | CALCULO INTEGRAL 2 [Salón 10] | ALGEBRA LINEAL 1 [Salón 20]   | ALGEBRA LINEAL 1 [Salón 13]   | CINCA DE LOS MATERIALES 2 [Salón 5]             | CINCA DE LOS MATERIALES 2 [Salón 17] |

Horario Profesor 13

Tabla 13 Horario del profesor 13

| Profesor 13 |  |  |  |   |   |
|-------------|--|--|--|---|---|
| HORA        | LUNES                                    | MARTES                                   | MIERCOLES                              | JUEVES  | VIERNES                                   |
| 11:30-1:00  | FISICA DEL ELECTROMAGNETISMO 1 [Salón 3] | FISICA DEL ELECTROMAGNETISMO 1 [Salón 3] | ALGORITMOS Y PROGRAMACION 3 [Salón 14] | ERGONOMIA Y CONDICIONES DE TRABAJO 2 [Salón 11] |   |
| 1:00-2:30   |  | FISICA DEL ELECTROMAGNETISMO 1 [Salón 3] | ALGORITMOS Y PROGRAMACION 3 [Salón 14] | ERGONOMIA Y CONDICIONES DE TRABAJO 2 [Salón 11] | FISICA DEL ELECTROMAGNETISMO 1 [Salón 21] |

Horario Profesor 14

Tabla 14 Horario del profesor 14

| Profesor 14 |   |   |                                     |   |                                      |
|-------------|---|---|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| HORA        | LUNES   | MARTES  | MIERCOLES                           | JUEVES  | VIERNES                              |
| 10:00-11:30 | GESTION DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 1 [Salón 21] |   | FUNDAMENTOS DE MECANICA 1 [Salón 7] | GESTION DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 1 [Salón 13] | FUNDAMENTOS DE MECANICA 1 [Salón 20] |
| 11:30-1:00  | FUNDAMENTOS DE MECANICA 1 [Salón 20]                | GESTION DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 1 [Salón 13] |                                     |   |                                      |

Horario Profesor 15

Tabla 15 Horario del profesor 15

| Profesor 15  |                              |                                     |                                   |                                      |                                   |
|--------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| HORA         | LUNES                        | MARTES                              | MIERCOLES                         | JUEVES                               | VIERNES                           |
| 8:30 - 10:00 | FISICA MECANICA 3 [Salón 19] | PROCESOS DE FABRICACION 1 [Salón 5] | GESTION CICLO DE VIDA 2 [Salón 8] | PROCESOS DE FABRICACION 1 [Salón 20] | GESTION CICLO DE VIDA 2 [Salón 7] |
| 10:00-11:30  | FISICA MECANICA 3 [Salón 19] | PROCESOS DE FABRICACION 1 [Salón 5] | GESTION CICLO DE VIDA 2 [Salón 8] | FISICA MECANICA 3 [Salón 2]          | FISICA MECANICA 3 [Salón 19]      |

Horario Profesor 16

Tabla 16 Horario del profesor 16

| Profesor 16  |   |  |                     |                     |                    |
|--------------|---|--|---------------------|---------------------|--------------------|
| HORA         | LUNES   | MARTES                                   | MIERCOLES           | JUEVES              | VIERNES            |
| 7:00 - 8:30  | NEGOCIACION Y RELACIONES CONTRACTUALES 1 [Salón 10] | OPTIMIZACION DE OPERACIONES 1 [Salón 15] | QUIMICA 2 [Salón 8] | QUIMICA 2 [Salón 2] | CAUDA 1 [Salón 18] |
| 8:30 - 10:00 | NEGOCIACION Y RELACIONES CONTRACTUALES 1 [Salón 10] | OPTIMIZACION DE OPERACIONES 1 [Salón 15] | CAUDA 1 [Salón 19]  | QUIMICA 2 [Salón 2] |                    |

Horario Profesor 17

Tabla 17 Horario del profesor 17

| Profesor 17  |                               |        |                               |                                |                             |
|--------------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| HORA         | LUNES                         | MARTES | MIERCOLES                     | JUEVES                         | VIERNES                     |
| 7:00 - 8:30  | CALCULO VECTORIAL 1 [Salón 8] |        | CALCULO VECTORIAL 1 [Salón 9] | FISICA MECANICA 2 [Salón 12]   | FISICA MECANICA 2 [Salón 4] |
| 8:30 - 10:00 | FISICA MECANICA 2 [Salón 7]   |        | CALCULO VECTORIAL 1 [Salón 9] | CALCULO VECTORIAL 1 [Salón 15] | FISICA MECANICA 2 [Salón 4] |

Horario Profesor 18

Tabla 18 Horario del profesor 18

| Profesor 18  |  |  |  |  |  |
|--------------|--|--|--|--|--|
| HORA         | LUNES                                    | MARTES                                   | MIERCOLES  | JUEVES                                   | VIERNES  |
| 8:30 - 10:00 | FISICA DEL ELECTROMAGNETISMO 2 [Salón 8] | ALGEBRA LINEAL 2 [Salón 1]               | FISICA DEL ELECTROMAGNETISMO 2 [Salón 8]           | ALGORITMOS Y PROGRAMACION 1 [Salón 5]    | DISENO DE PLANTAS INDUSTRIALES 2 [Salón 2]         |
| 10:00-11:30  | CALCULO DIFERENCIAL 2 [Salón 17]         | CALCULO DIFERENCIAL 2 [Salón 4]          | MODELADO MATEMATICO 1 [Salón 11]                   | PRECALCULO 3 [Salón 15]                  | DISENO DE PLANTAS INDUSTRIALES 2 [Salón 2]         |
| 11:30-1:00   | ANALISIS GEOMETRICO 3 [Salón 8]          | PRECALCULO 2 [Salón 19]                  | PRECALCULO 2 [Salón 19]                            | PRECALCULO 2 [Salón 8]                   | PRECALCULO 3 [Salón 12]                            |
| 1:00-2:30    | PRECALCULO 2 [Salón 9]                   | PRECALCULO 3 [Salón 10]                  | GESTION DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 2 [Salón 2] | FISICA DEL ELECTROMAGNETISMO 2 [Salón 2] | EXPRESSION GRAFICA 1 3 [Salón 16]                  |
| 2:30-4:00    | PRECALCULO 2 [Salón 9]                   | FISICA DEL ELECTROMAGNETISMO 2 [Salón 2] | GESTION DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 2 [Salón 2] | ALGEBRA LINEAL 2 [Salón 17]              | INTRODUCCION INGENIERIA INDUSTRIAL 1 [Salón 8]     |
| 4:00-5:30    |  | ANALISIS GEOMETRICO 3 [Salón 2]          | ALGORITMOS Y PROGRAMACION 1 [Salón 10]             | EXPRESSION GRAFICA 1 3 [Salón 21]        | CALCULO DIFERENCIAL 2 [Salón 13]                   |
| 5:30-7:00    | ALGEBRA LINEAL 2 [Salón 19]              | ANALISIS GEOMETRICO 3 [Salón 4]          | PRECALCULO 3 [Salón 10]                            | CALCULO DIFERENCIAL 2 [Salón 4]          | GESTION DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 2 [Salón 9] |

Horario Profesor 19

Tabla 19 Horario del profesor 18

| Profesor 19  |   |   |   |   |   |
|--------------|---|---|---|---|---|
| HORA         | LUNES   | MARTES  | MIERCOLES   | JUEVES  | VIERNES   |
| 8:30 - 10:00 | ERGONOMIA Y CONDICIONES DE TRABAJO 1 [Salón 18] | FUNDAMENTOS DE GERENCIA DE PROYECTOS 1 [Salón 18] | FUNDAMENTOS DE GERENCIA DE PROYECTOS 1 [Salón 18] | FUNDAMENTOS DE GERENCIA DE PROYECTOS 1 [Salón 17] | ERGONOMIA Y CONDICIONES DE TRABAJO 1 [Salón 18] |

Horario Profesor 20

Tabla 20 Horario del profesor 20

| Profesor 20 |  |  |   |  |  |        |
|-------------|--|--|---|--|--|--------|
| HORA        | LUNES                                    | MARTES   | MÉRCOLES                                | JUEVES   | VIERNES                                  | SÁBADO |
| 10:00-11:30 |  | Ecuaciones diferenciales 4 [Salón 15]            | Ciencia de los materiales 4 [Salón 15]  | Planificación y control de OP E INV 1 [Salón 11] | Gerencia del talento humano 1 [Salón 17] |        |
| 11:30-1:00  |  |  | Optimización de operaciones 1 [Salón 3] | Planificación y control de OP E INV 1 [Salón 11] | Estudio del trabajo 1 [Salón 13]         |        |
| 1:00-2:30   | Gerencia del talento humano 1 [Salón 18] | Estudio del trabajo 1 [Salón 19]                 |   | Modelos estocásticos 1 [Salón 16]                |  |        |
| 2:30-4:00   | Gerencia del talento humano 1 [Salón 18] | Planificación y control de OP E INV 2 [Salón 11] | Ecuaciones diferenciales 4 [Salón 15]   | Modelos estocásticos 1 [Salón 16]                | Ciencia de los materiales 1 [Salón 15]   |        |
| 4:00-5:30   |  | Planificación y control de OP E INV 1 [Salón 11] |   | Estudio del trabajo 1 [Salón 16]                 | Ecuaciones diferenciales 4 [Salón 15]    |        |

En la siguiente tabla se muestra la asignación académica de cada curso a su respectivo profesor, para visualizar la tabla completa dirigirse al Anexo hoja “Tabla1 ALT1”.

Tabla 21 Asignación académica Escenario 1

| MATERIAS              | PROFESORES | Profesor 1 | Profesor 2 | Profesor 3 | Profesor 4 | Profesor 5 | Profesor 6 | Profesor 7 | Profesor 8 | Profesor 9 | Profesor 10 |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| CALCULO INTEGRAL 1    |            | 1          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |
| CALCULO INTEGRAL 2    |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |             |
| CALCULO INTEGRAL 3    |            |            |            |            |            | 1          |            | 1          |            |            |             |
| CALCULO INTEGRAL 4    |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |             |
| CALCULO INTEGRAL 5    |            |            |            |            |            |            | 1          |            |            |            |             |
| CALCULO DIFERENCIAL 1 |            |            |            |            |            |            | 1          |            |            |            |             |
| CALCULO DIFERENCIAL 2 |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |             |
| CALCULO DIFERENCIAL 3 |            |            |            |            |            |            |            |            | 1          |            |             |
| CALCULO DIFERENCIAL 4 |            |            |            |            |            |            | 1          |            |            |            |             |
| CALCULO VECTORIAL 1   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |             |
| CALCULO VECTORIAL 2   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 1           |

Por último, además de las 14 materias que debían dictarse en bloque obligatoriamente, se asignaron 31 materias más, en esta parte, como se prefiere que las materias que se dictan en bloque se asignen en el mismo salón para las dos franjas seguidas, la asignación se realizó de manera manual.

Escenario 2

El segundo escenario establece como objetivo la minimización del número de profesores, debido a la situación económica actual del país, de esta manera se pueden dictar los mismos cursos con la menor cantidad de profesores posible. El número mínimo de profesores asignados es 19 profesores, eliminando al profesor 7. A continuación, se presentan los horarios obtenidos para cada profesor, los cuales se realizan a lo largo de una semana que comprenden los días de lunes a sábado:

Horario Profesor 1

Tabla 22 Horario del profesor 1

| Profesor 1   |                                |  |  |  |                                |                                   |
|--------------|--------------------------------|--|--|--|--------------------------------|-----------------------------------|
| HORA         | LUNES                          | MARTES                                   | MÉRCOLES                                 | JUEVES                                   | VIERNES                        | SÁBADO                            |
| 7:00 - 8:30  | Calculo vectorial 2 [Salón 16] | Procesos de fabricación 2 [Salón 2]      | Procesos de fabricación 2 [Salón 2]      | Gerencia del talento humano 1 [Salón 17] | Calculo vectorial 2 [Salón 16] | Modelos estocásticos 2 [Salón 12] |
| 8:30 - 10:00 | Calculo vectorial 2 [Salón 16] | Gerencia del talento humano 1 [Salón 18] | Gerencia del talento humano 1 [Salón 17] | Procesos de fabricación 2 [Salón 2]      | Calculo vectorial 2 [Salón 16] | Modelos estocásticos 2 [Salón 12] |

Horario Profesor 2

Tabla 23 Horario del profesor 2

| Profesor 2    |   |                                     |   |   |   |                                 |
|---------------|---|-------------------------------------|---|---|---|---------------------------------|
| HORA          | LUNES                                     | MARTES                              | MÉRCOLES                                  | JUEVES                                    | VIERNES   | SÁBADO                          |
| 7:00 - 8:30   |   |                                     | Física del electromagnetismo 2 [Salón 21] |   |   |                                 |
| 8:30 - 10:00  |   | Fundamentos de mecánica 1 [Salón 6] |   |   | Física del electromagnetismo 2 [Salón 21]           |                                 |
| 10:00 - 11:30 | Física del electromagnetismo 2 [Salón 21] | Calculo diferencial 3 [Salón 2]     | Fundamentos de mecánica 1 [Salón 6]       | Física del electromagnetismo 2 [Salón 21] | Negociación y relaciones contractuales 1 [Salón 11] | Calculo diferencial 3 [Salón 2] |
| 11:30-1:00    | Calculo diferencial 3 [Salón 2]           | Fundamentos de mecánica 1 [Salón 6] |   | Calculo diferencial 3 [Salón 2]           |   |                                 |

Horario Profesor 3

Horario Profesor 3

Tabla 24 Horario del profesor 3

| Profesor 3 |  |        |                                      |  |  |                                      |
|------------|--|--------|--------------------------------------|--|--|--------------------------------------|
| HORA       | LUNES  | MARTES | MÉRCOLES                             | JUEVES                                 | VIERNES                                  | SÁBADO                               |
| 1:30-1:00  | Introducción ingeniería industrial 1 [Salón 1] |        |                                      | Procesos de fabricación 1 [Salón 12]   | Optimización de operaciones 3 [Salón 19] | Procesos de fabricación 1 [Salón 16] |
| 1:00-2:30  |  |        | Procesos de fabricación 3 [Salón 18] | Algoritmos y programación 1 [Salón 11] |  |                                      |

Horario Profesor 4

Tabla 25 Horario del profesor 4

| Profesor 4 |                               |                               |          |        |         |        |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|--------|---------|--------|
| HORA       | LUNES                         | MARTES                        | MÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO |
| 1:00-2:30  | Calculo integral 4 [Salón 15] | Calculo integral 4 [Salón 15] |          |        |         |        |
| 2:30-4:00  | Calculo integral 4 [Salón 15] | Calculo integral 4 [Salón 15] |          |        |         |        |

Horario Profesor 5

Tabla 26 Horario del profesor 5

| Profesor 5 |  |   |          |        |         |        |
|------------|--|---|----------|--------|---------|--------|
| HORA       | LUNES                                      | MARTES  | MÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO |
| 3:30-4:00  | Diseño de plantas industriales 1 [Salón 5] | Negociación y relaciones contractuales 1 [Salón 11] |          |        |         |        |
| 4:00-5:30  | Diseño de plantas industriales 1 [Salón 5] | Negociación y relaciones contractuales 1 [Salón 11] |          |        |         |        |

Horario Profesor 6

Tabla 27 Horario del profesor 6

| Profesor 6   |   |   |   |   |   |        |
|--------------|---|---|---|---|---|--------|
| HORA         | LUNES   | MARTES  | MÉRCOLES  | JUEVES  | VIERNES   | SÁBADO |
| 7:00 - 8:30  | Precalculo 4 [Salón 15]                           | Física de calor y ondas y partículas 3 [Salón 18] | Física de calor y ondas y partículas 3 [Salón 18] | Física de calor y ondas y partículas 3 [Salón 18] | Algebra lineal 1 [Salón 19]                       |        |
| 8:30 - 10:00 | Calculo diferencial 4 [Salón 15]                  | Precalculo 3 [Salón 10]                           | Expresión grafica 1 [Salón 9]                     | Calculo diferencial 2 [Salón 14]                  | Calculo diferencial 2 [Salón 14]                  |        |
| 10:00-11:30  | Física de calor y ondas y partículas 2 [Salón 17] | Algebra lineal 1 [Salón 2]                        | Física de calor y ondas y partículas 2 [Salón 17] | Precalculo 3 [Salón 10]                           | Física de calor y ondas y partículas 2 [Salón 17] |        |
| 11:30-1:00   |   |   | Calculo diferencial 2 [Salón 14]                  | Calculo diferencial 2 [Salón 14]                  | Calculo diferencial 4 [Salón 15]                  |        |
| 1:00-2:30    | Calculo diferencial 2 [Salón 14]                  | Física mecánica 2 [Salón 10]                      |   | Física del electromagnetismo 3 [Salón 21]         | Física de calor y ondas y partículas 1 [Salón 8]  |        |
| 2:30-4:00    | Física de calor y ondas y partículas 3 [Salón 2]  | Física mecánica 2 [Salón 10]                      | Física mecánica 2 [Salón 10]                      | Fundamentos de gerencia de proyectos 1 [Salón 10] | Física mecánica 2 [Salón 10]                      |        |
| 4:00-5:30    | Algebra lineal 1 [Salón 15]                       | Física del electromagnetismo 3 [Salón 18]         | Fundamentos de gerencia de proyectos 1 [Salón 10] | Física de calor y ondas y partículas 3 [Salón 18] | Expresión grafica 1 1 [Salón 9]                   |        |
| 5:30-7:00    | Física de calor y ondas y partículas 3 [Salón 18] | Física del electromagnetismo 3 [Salón 18]         | Fundamentos de gerencia de proyectos 1 [Salón 10] | Física de calor y ondas y partículas 3 [Salón 18] | Física de calor y ondas y partículas 3 [Salón 18] |        |

Horario Profesor 8

Tabla 28 Horario del profesor 8

| Profesor 8  |                                      |  |                         |                                      |  |                         |
|-------------|--------------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------|
| HORA        | LUNES                                | MARTES   | MÉRCOLES                | JUEVES                               | VIERNES  | SÁBADO                  |
| 7:00 - 8:30 |                                      |  |                         |                                      |  | Precalculo 4 [Salón 16] |
| 11:30-1:00  | Precalculo 4 [Salón 15]              | Planificación y control de OP E INV 2 [Salón 11] | Precalculo 4 [Salón 17] | Fundamentos de mecánica 2 [Salón 14] | Planificación y control de OP E INV 2 [Salón 16] |                         |
| 1:00-2:30   | Fundamentos de mecánica 2 [Salón 14] | Planificación y control de OP E INV 2 [Salón 11] | Precalculo 4 [Salón 17] | Fundamentos de mecánica 2 [Salón 14] | Planificación y control de OP E INV 2 [Salón 16] |                         |

Horario Profesor 9

Tabla 29 Horario del profesor 9

| Profesor 9 |                                       |                                       |          |                                       |         |        |
|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------|---------------------------------------|---------|--------|
| HORA       | LUNES                                 | MARTES                                | MÉRCOLES | JUEVES                                | VIERNES | SÁBADO |
| 1:00-2:30  | Ecuaciones diferenciales 4 [Salón 15] | Ecuaciones diferenciales 4 [Salón 15] |          | Ecuaciones diferenciales 4 [Salón 15] |         |        |

Horario Profesor 10

Tabla 30 Horario del profesor 10

| Profesor 10  |                                      |   |  |  |                                    |                                   |
|--------------|--------------------------------------|---|--|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| HORA         | LUNES                                | MARTES                                  | MÉRCOLES                               | JUEVES                                 | VIERNES                            | SÁBADO                            |
| 7:00 - 8:30  | Física mecánica 4 [Salón 11]         |   | Precalculo 2 [Salón 20]                | Ecuaciones diferenciales 2 [Salón 8]   |                                    | Estudio del trabajo 2 [Salón 9]   |
| 8:30 - 10:00 | Calculo vectorial 3 [Salón 8]        | Optimización de operaciones 2 [Salón 5] | Estudio del trabajo 2 [Salón 9]        | Algoritmos y programación 2 [Salón 9]  | Física mecánica 4 [Salón 11]       | Guiraca 3 [Salón 11]              |
| 10:00-11:30  |                                      | Optimización de operaciones 2 [Salón 5] | Calculo vectorial 3 [Salón 8]          | Gestión ciclo de vida 1 [Salón 20]     |                                    | Gestión ciclo de vida 3 [Salón 6] |
| 11:30-1:00   |                                      |   | Procesos de fabricación 3 [Salón 19]   | Calculo vectorial 3 [Salón 8]          | Estudio del trabajo 2 [Salón 9]    | Física mecánica 4 [Salón 11]      |
| 1:00-2:30    | Precalculo 2 [Salón 4]               |   |  | Ecuaciones diferenciales 2 [Salón 8]   | Precalculo 2 [Salón 20]            |                                   |
| 2:30-4:00    | Ecuaciones diferenciales 2 [Salón 8] | Gestión ciclo de vida 3 [Salón 11]      | Ciencia de los materiales 3 [Salón 13] | Precalculo 2 [Salón 11]                | Fundamentos económicos 1 [Salón 7] |                                   |
| 4:00-5:30    | Química 3 [Salón 12]                 | Algoritmos y programación 2 [Salón 9]   | Química 3 [Salón 12]                   | Ciencia de los materiales 3 [Salón 13] | Fundamentos económicos 1 [Salón 7] |                                   |
| 5:30-7:00    | Procesos de fabricación 3 [Salón 19] | Procesos de fabricación 3 [Salón 19]    | Fundamentos económicos 1 [Salón 19]    | Física mecánica 4 [Salón 11]           | Calculo vectorial 3 [Salón 8]      |                                   |



Horario Profesor 11

Tabla 31 Horario del profesor 11

| Profesor 11 |                                   |                                      |                                     |                                   |                                      |                                   |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| HORA        | LUNES                             | MARTES                               | MIERCOLES                           | JUEVES                            | VIERNES                              | SÁBADO                            |
| 7:00 - 8:30 |                                   |                                      |                                     |                                   |                                      | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 1 [Sesión 10] |
| 8:30-9:30   | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 1 [Sesión 14] | FUNDAMENTOS ECONÓMICOS 2 [Sesión 19] | FUNDAMENTOS ECONÓMICOS 2 [Sesión 8] | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 1 [Sesión 20] | FUNDAMENTOS ECONÓMICOS 2 [Sesión 18] |                                   |

Horario Profesor 12

Tabla 32 Horario del profesor 12

| Profesor 12 |                                   |                       |   |  |         |                                   |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------|---|--|---------|-----------------------------------|
| HORA        | LUNES                             | MARTES                | MIERCOLES                               | JUEVES                                       | VIERNES | SÁBADO                            |
| 7:00 - 8:30 |                                   |                       |   |  |         | EXPRESIÓN GRÁFICA 1 2 [Sesión 12] |
| 2:30-4:00   | QUÍMICA 1 [Sesión 21]             | QUÍMICA 1 [Sesión 19] | CENICIA DE LOS MATERIALES 1 [Sesión 11] | DISEÑO DE PLANTAS INDUSTRIALES 2 [Sesión 14] |         |                                   |
| 4:00-5:30   | EXPRESIÓN GRÁFICA 1 2 [Sesión 21] |                       | CENICIA DE LOS MATERIALES 1 [Sesión 11] | QUÍMICA 1 [Sesión 1]                         |         |                                   |

Horario Profesor 13

Tabla 33 Horario del profesor 13

| Profesor 13  |                                   |   |                                  |   |                                   |                                   |
|--------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| HORA         | LUNES                             | MARTES                                  | MIERCOLES                        | JUEVES                                  | VIERNES                           | SÁBADO                            |
| 8:30 - 10:00 |                                   |   |                                  |   |                                   | CÁLCULO DIFERENCIAL 1 [Sesión 15] |
| 11:30-1:00   |                                   | ALGORITMOS Y PROGRAMACIÓN 3 [Sesión 21] | CÁLCULO INTEGRAL 2 [Sesión 19]   | ALGORITMOS Y PROGRAMACIÓN 3 [Sesión 18] | CÁLCULO DIFERENCIAL 1 [Sesión 18] |                                   |
| 1:00-2:30    | CÁLCULO DIFERENCIAL 1 [Sesión 21] | CÁLCULO INTEGRAL 2 [Sesión 20]          | CÁLCULO DIFERENCIAL 1 [Sesión 3] | CÁLCULO INTEGRAL 2 [Sesión 2]           | CÁLCULO INTEGRAL 2 [Sesión 4]     |                                   |

Horario Profesor 14

Tabla 34 Horario del profesor 14

| Profesor 14  |                                |                                |                               |                               |                               |                               |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| HORA         | LUNES                          | MARTES                         | MIERCOLES                     | JUEVES                        | VIERNES                       | SÁBADO                        |
| 8:30 - 10:00 |                                |                                |                               |                               |                               | FÍSICA MECÁNICA 1 [Sesión 14] |
| 10:00-11:30  | CÁLCULO INTEGRAL 1 [Sesión 19] | CÁLCULO INTEGRAL 1 [Sesión 18] | FÍSICA MECÁNICA 1 [Sesión 13] | FÍSICA MECÁNICA 1 [Sesión 14] | FÍSICA MECÁNICA 1 [Sesión 21] |                               |
| 11:30-1:00   | CÁLCULO INTEGRAL 1 [Sesión 19] |                                | CÁLCULO INTEGRAL 1 [Sesión 9] | CAUDADO 2 [Sesión 17]         | CAUDADO 2 [Sesión 18]         |                               |

Horario Profesor 15

Tabla 35 Horario del profesor 15

| Profesor 15  |  |   |  |  |  |                                |
|--------------|--|---|--|--|--|--------------------------------|
| HORA         | LUNES                                  | MARTES                                  | MIERCOLES                              | JUEVES                                 | VIERNES                                | SÁBADO                         |
| 8:30 - 10:00 | ECUACIONES DIFERENCIALES 1 [Sesión 17] |   | ECUACIONES DIFERENCIALES 1 [Sesión 20] | CENICIA DE LOS MATERIALES 2 [Sesión 9] | ECUACIONES DIFERENCIALES 1 [Sesión 21] | CÁLCULO INTEGRAL 3 [Sesión 18] |
| 10:00-11:30  |  | CENICIA DE LOS MATERIALES 2 [Sesión 14] | CÁLCULO INTEGRAL 3 [Sesión 10]         | CÁLCULO INTEGRAL 3 [Sesión 9]          | CÁLCULO INTEGRAL 3 [Sesión 21]         |                                |

Horario Profesor 16

Tabla 36 Horario del profesor 16

| Profesor 16  |   |   |                                   |                       |   |                       |
|--------------|---|---|-----------------------------------|-----------------------|---|-----------------------|
| HORA         | LUNES                                     | MARTES                                    | MIERCOLES                         | JUEVES                | VIERNES                                   | SÁBADO                |
| 7:00 - 8:30  | GERENCIA DEL TALENTO HUMANO 2 [Sesión 14] | CAUDADO 1 [Sesión 21]                     | EXPRESIÓN GRÁFICA 1 3 [Sesión 15] |                       | GERENCIA DEL TALENTO HUMANO 2 [Sesión 14] | CAUDADO 1 [Sesión 19] |
| 8:30 - 10:00 |   | GERENCIA DEL TALENTO HUMANO 2 [Sesión 11] | EXPRESIÓN GRÁFICA 1 3 [Sesión 15] | QUÍMICA 2 [Sesión 19] | QUÍMICA 2 [Sesión 4]                      | QUÍMICA 2 [Sesión 10] |

Horario Profesor 17

Tabla 37 Horario del profesor 17

| Profesor 17  |                                       |                                   |  |  |  |  |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--|--|--|--|
| HORA         | LUNES                                 | MARTES                            | MIERCOLES  | JUEVES                                 | VIERNES                                | SÁBADO   |
| 7:00 - 8:30  | FUNDAMENTOS DE MECÁNICA 3 [Sesión 8]  | MODELAGO MATEMÁTICO 1 [Sesión 20] | FUNDAMENTOS DE MECÁNICA 3 [Sesión 10]            | FINANZAS DE CORTO PLAZO 1 [Sesión 20]  | ECUACIONES DIFERENCIALES 3 [Sesión 21] | ERGONOMIA Y CONDICIONES DE TRABAJO 1 [Sesión 21] |
| 8:30 - 10:00 | ECUACIONES DIFERENCIALES 3 [Sesión 7] | MODELAGO MATEMÁTICO 1 [Sesión 20] | ERGONOMIA Y CONDICIONES DE TRABAJO 1 [Sesión 19] | ECUACIONES DIFERENCIALES 3 [Sesión 11] | FUNDAMENTOS DE MECÁNICA 3 [Sesión 18]  | FINANZAS DE CORTO PLAZO 1 [Sesión 4]             |

Horario Profesor 18

Tabla 38 Horario del profesor 18

| Profesor 18  |  |  |  |   |   |                                |
|--------------|--|--|--|---|---|--------------------------------|
| HORA         | LUNES  | MARTES   | MIERCOLES  | JUEVES  | VIERNES                                       | SÁBADO                         |
| 8:30 - 10:00 | GESTIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 1 [Sesión 11] | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 2 [Sesión 21]                | ALGEBRA LINEAL 3 [Sesión 4]                          | ERGONOMIA Y CONDICIONES DE TRABAJO 1 [Sesión 20]    | FÍSICA MECÁNICA 3 [Sesión 5]                  | CÁLCULO VECTORIAL 1 [Sesión 1] |
| 10:00-11:30  |  | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 2 [Sesión 21]                |  | GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS 2 [Sesión 21]       | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 2 [Sesión 15]             |                                |
| 11:30-1:00   | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 3 [Sesión 3]                     | ERGONOMIA Y CONDICIONES DE TRABAJO 1 [Sesión 17] | CÁLCULO VECTORIAL 1 [Sesión 3]                       | GESTIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 1 [Sesión 6] | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 3 [Sesión 15]             |                                |
| 1:00-2:30    |  | CÁLCULO VECTORIAL 1 [Sesión 18]                  | ANÁLISIS GEOMÉTRICO 2 [Sesión 12]                    |   | CÁLCULO INTEGRAL 5 [Sesión 17]                |                                |
| 2:30-4:00    | FÍSICA MECÁNICA 3 [Sesión 19]                        | GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS 2 [Sesión 11]    | GESTIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 1 [Sesión 20] | ALGEBRA LINEAL 2 [Sesión 12]                        | GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS 2 [Sesión 11] |                                |
| 4:00-5:30    | CÁLCULO INTEGRAL 1 [Sesión 3]                        | FÍSICA MECÁNICA 3 [Sesión 20]                    | FÍSICA MECÁNICA 3 [Sesión 20]                        | ALGEBRA LINEAL 2 [Sesión 21]                        | ALGEBRA LINEAL 2 [Sesión 3]                   |                                |
| 5:30-7:00    | CÁLCULO VECTORIAL 1 [Sesión 19]                      |  | CÁLCULO INTEGRAL 5 [Sesión 10]                       |   | ALGEBRA LINEAL 2 [Sesión 11]                  |                                |

Horario Profesor 19

Tabla 39 Horario del profesor 19

| Profesor 19  |  |  |  |  |         |  |
|--------------|--|--|--|--|---------|--|
| HORA         | LUNES                                      | MARTES                                     | MIERCOLES                                  | JUEVES                                     | VIERNES | SÁBADO   |
| 8:30 - 10:00 | FÍSICA DEL ELECTROMAGNETISMO 1 [Sesión 22] | FÍSICA DEL ELECTROMAGNETISMO 1 [Sesión 21] | MÓDULOS DE ELECTROMAGNETISMO 1 [Sesión 18] | FÍSICA DEL ELECTROMAGNETISMO 1 [Sesión 18] |         | INTRODUCCIÓN INGENIERÍA INDUSTRIAL 1 [Sesión 21] |
|              |  |  |  |  |         | INTRODUCCIÓN INGENIERÍA INDUSTRIAL 3 [Sesión 20] |

Horario Profesor 20

Tabla 40 Horario del profesor 20

| Profesor 20  |  |  |  |  |         |  |
|--------------|--|--|--|--|---------|--|
| HORA         | LUNES  | MARTES   | MIERCOLES  | JUEVES   | VIERNES | SÁBADO   |
| 8:30 - 10:00 |  |  |  |  |         | GESTIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 1 [Sesión 21] |
| 10:00-11:30  |  | MÓDULOS ESTOCÁSTICOS 1 [Sesión 3]              | FUNDAMENTOS DE GERENCIA DE PROYECTOS 2 [Sesión 11] | FINANZAS DE CORTO PLAZO 2 [Sesión 20]                |         |  |
| 11:30-1:00   | GESTIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 2 [Sesión 20] | MÓDULOS ESTOCÁSTICOS 1 [Sesión 3]              | FUNDAMENTOS DE GERENCIA DE PROYECTOS 2 [Sesión 11] | GESTIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO 2 [Sesión 20] |         | PRECÁLCULO 3 [Sesión 12]                             |
| 1:00-2:30    | PRECÁLCULO 3 [Sesión 3]                              | ESTUDIO DEL TRABAJO 1 [Sesión 19]              | ESTUDIO DEL TRABAJO 1 [Sesión 19]                  | ESTUDIO DEL TRABAJO 1 [Sesión 20]                    |         | PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OPE RV1 [Sesión 4]        |
| 2:30-4:00    | PRECÁLCULO 3 [Sesión 3]                              | PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OPE RV1 [Sesión 15] | OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES 1 [Sesión 18]          | PRECÁLCULO 3 [Sesión 13]                             |         | PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OPE RV1 [Sesión 4]        |
| 4:00-5:30    | FUNDAMENTOS DE GERENCIA DE PROYECTOS 2 [Sesión 8]    | PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OPE RV1 [Sesión 15] | OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES 1 [Sesión 18]          |  |         | FINANZAS DE CORTO PLAZO 2 [Sesión 19]                |

En la siguiente tabla se muestra la asignación académica de cada curso a su respectivo profesor, para visualizar la tabla completa dirigirse al Anexo hoja “Tabla1 ALT2”.

Tabla 41 Asignación académica Escenario 2

| MATERIAS              | PROFESORES |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--|
|                       | Profesor 1 | Profesor 2 | Profesor 3 | Profesor 4 | Profesor 5 | Profesor 6 | Profesor 8 | Profesor 9 | Profesor 10 |  |
| CÁLCULO INTEGRAL 1    |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO INTEGRAL 2    |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO INTEGRAL 3    |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO INTEGRAL 4    |            |            |            |            | 1          |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO INTEGRAL 5    |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO DIFERENCIAL 1 |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO DIFERENCIAL 2 |            |            |            |            |            |            |            | 1          |             |  |
| CÁLCULO DIFERENCIAL 3 |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO DIFERENCIAL 4 |            |            |            | 1          |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO DIFERENCIAL 5 |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO VECTORIAL 1   |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO VECTORIAL 2   |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO VECTORIAL 3   |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO VECTORIAL 4   |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| CÁLCULO VECTORIAL 5   |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| ANÁLISIS GEOMÉTRICO 1 |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |
| ANÁLISIS GEOMÉTRICO 2 |            |            |            |            |            |            |            |            |             |  |

Finalmente, además de las 14 materias que debían dictarse en bloque obligatoriamente, se asignaron 12 materias más, en esta parte, como se prefiere que las materias que se dictan en bloque se asignen en el mismo salón para las dos franjas seguidas, la asignación se realizó de manera manual.

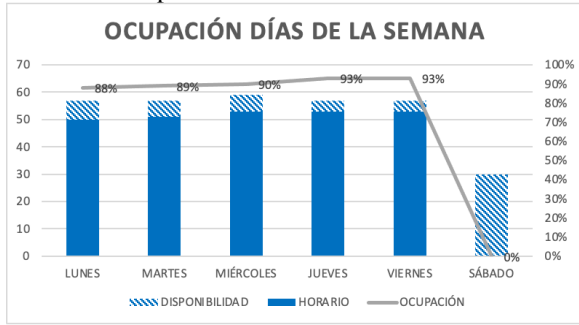
1.4. Conclusiones

Una vez obtenidos los resultados, se realizó el análisis de cada escenario con el fin de mostrar la objetividad de cada uno ellos, es por ello que

Escenario 1

Para este escenario, se ocupan los días de la semana de lunes a viernes, en donde se aprovecha la disponibilidad horaria, debido a que, el porcentaje de ocupación a lo largo de la semana se encuentra por encima del 87% y hasta el 93%, además se observa uniformidad con un promedio de ocupación del 91%.

Grafica 1 Ocupación días de la semana



En la tabla 42 se muestra el número de cursos que se asignaron en cada una de las franjas horarias con las que cuenta la Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito. Se puede observar que en la franja horaria de 5:30 pm a 7:00 pm se dicta una menor cantidad de cursos comparando con las demás franjas; esto se debe a la disponibilidad de los profesores, sin embargo, es posible decir que hay un balance, pues la cantidad de cursos oscila entre 3 y 9.

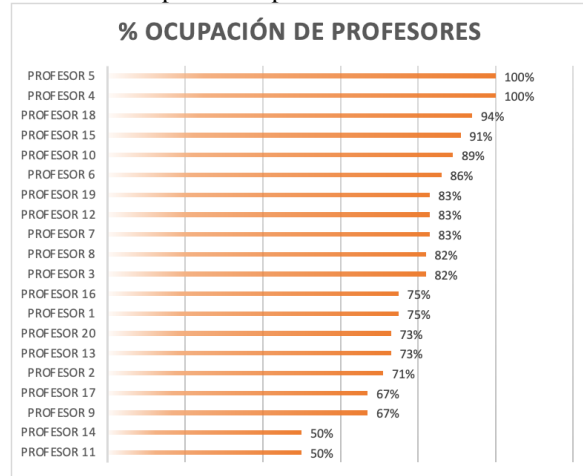
Tabla 42 Número de cursos en cada una de las franjas

| HORA         | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES |
|--------------|-------|--------|-----------|--------|---------|
| 7:00 - 8:30  | 5     | 3      | 6         | 5      | 5       |
| 8:30 - 10:00 | 8     | 7      | 7         | 8      | 7       |
| 10:00-11:30  | 5     | 6      | 7         | 6      | 7       |
| 11:30-1:00   | 9     | 9      | 9         | 9      | 8       |
| 1:00-2:30    | 8     | 8      | 8         | 8      | 8       |
| 2:30-4:00    | 7     | 7      | 7         | 7      | 7       |
| 4:00-5:30    | 5     | 7      | 5         | 6      | 7       |
| 5:30-7:00    | 3     | 4      | 4         | 4      | 4       |

Entrando en detalle en los horarios expuestos en la anterior sección, se observa que a los profesores 6, 10 y 18, se les programaron horarios muy exigentes debido a que tienen una jornada laboral prácticamente sin descanso en cada uno de los días durante toda la semana.

Con respecto a la ocupación de los profesores, en la gráfica 2 se evidencia un aprovechamiento de la disponibilidad horaria, debido a que, la menor ocupación presentada corresponde a un 50%, el cual es el caso solamente de dos profesores, el 14 y el 11, los demás se mantienen entre 67% y 100%, asignándoles a los profesores 4 y 5 toda su disponibilidad horaria.

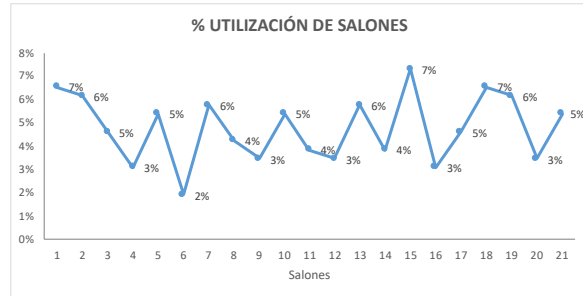
Grafica 2 Ocupación de profesores



Para observar la ocupación diaria de cada profesor se pueden visualizar las gráficas encontradas en el Anexo hoja “OCUPACIÓN ALTI”.

En cuanto a la utilización de los salones, es posible observar que la asignación se realiza de manera balanceada, debido a que el porcentaje de utilización varía entre 2% y 7%, se utilizan todos los 21 salones y no existe un salón que se utilice mucho más, ni uno que se utilice mucho menos que otro.

Grafica 3 Utilización de salones

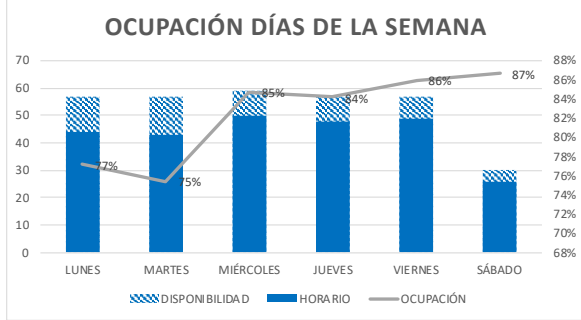


Escenario 2

Para este escenario, se ocupan todos los días hábiles disponibles, en donde el aprovechamiento de la disponibilidad horaria es menor que en el escenario anterior, debido a que, el porcentaje de ocupación se encuentra entre el 75% y el 87%, obteniendo un promedio de 82%.



Grafica 4 Ocupación días de la semana



En la tabla 43 se muestra el número de cursos que se asignaron en cada una de las franjas horarias con las que cuenta la Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito, al igual que en el primer escenario, se puede observar que en la franja horaria de 5:30 pm a 7:00 pm se dicta una menor cantidad de cursos comparando con las demás franjas, esto se debe a la disponibilidad de los profesores, sin embargo, el rango en el que oscila la cantidad de cursos es más grande (3 a 12 cursos).

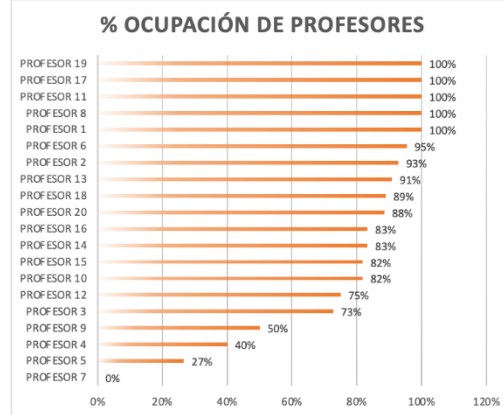
Tabla 43 Número de cursos en cada una de las franjas

| HORA          | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SÁBADO |
|---------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|
| 7:00 - 8:30   | 5     | 4      | 6         | 4      | 4       | 8      |
| 8:30 - 10:00  | 7     | 7      | 9         | 8      | 8       | 12     |
| 10:00 - 11:30 | 3     | 7      | 5         | 7      | 5       | 3      |
| 11:30 - 1:00  | 6     | 6      | 7         | 9      | 9       | 3      |
| 1:00 - 2:30   | 7     | 6      | 8         | 7      | 7       | 0      |
| 2:30 - 4:00   | 6     | 5      | 6         | 5      | 6       | 0      |
| 4:00 - 5:30   | 7     | 5      | 6         | 5      | 7       | 0      |
| 5:30 - 7:00   | 3     | 3      | 3         | 3      | 3       | 0      |

Analizando los horarios expuestos en la anterior sección, se observa que al profesor 6, se le programó un horario muy exigente debido a que tiene una jornada laboral prácticamente sin descanso en cada uno de los días durante toda la semana. En este escenario el profesor 10 aunque tiene una jornada laboral larga, tienen descansos en la mitad del día en casi todos los días de la semana, el profesor 18, 3 de 5 días laborales tiene descansos durante la jornada laboral.

Con respecto a la ocupación a la ocupación de los profesores, hay tres que se ocupan el 50% o menos, el 5, 4 y 9 con un 27%, 40% y 50% respectivamente, sin embargo, a los profesores 19, 17, 11, 8 y 1 se les asignó toda su disponibilidad horaria.

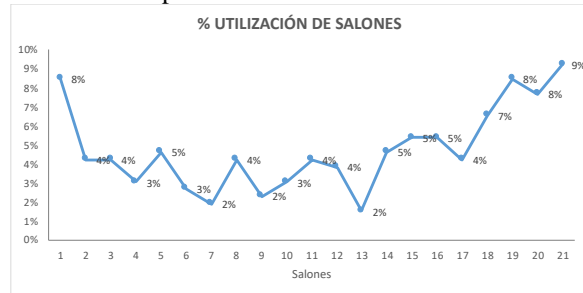
Grafica 5 Ocupación de profesores



Para visualizar la ocupación diaria de cada profesor se pueden visualizar las gráficas encontradas en el Anexo hoja “OCUPACIÓN ALT2”.

Se evidencia que la utilización de los salones en este escenario varía entre el 2% y 9%, se utilizan todos los 21 salones, los salones que menos se utilizan son el 7 y 13 y los que más se utilizan son el 1 y el 21.

Grafica 6 Ocupación de salones



## 1.5. Recomendaciones

### Recomendación 1

Se sugiere cancelar labores académicas y administrativas para el día sábado, debido a que es necesario contar con un día hábil para desinfectar todas las instalaciones de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, esto realizado por el personal operativo (Servicios generales).

Esta recomendación optimiza la ocupación a lo largo de los días de la semana como se puede evidenciar en el escenario 1.

### Recomendación 2

Se propone incluir una restricción que establezca que cada salón se debe desinfectar a profundidad una vez al

día (Destinar una franja), con el fin de mitigar el contagio.

### Recomendación 3

Se aconseja que se tenga en cuenta los profesores que presentaron un porcentaje de ocupación igual o menor al 50% para realizar labores que se presenten eventualmente ya sea académica o administrativa para que estos se solucionen internamente en la institución.

### Recomendación 4

Otra sugerencia en cuanto a los profesores que presentaron un porcentaje de ocupación igual o menor al 50% es evaluar si es posible que otro profesor dicte esas materias, obteniendo así un profesor menos y aumentando el porcentaje de ocupación de otro.

### Recomendación 5

Se recomienda a todos los profesores asignar una hora de almuerzo, para evitar la programación de jornadas laborales muy exigentes.

## 1.6. Agradecimientos

Principalmente queremos darle las gracias a nuestra tutora de semillero Angélica Sarmiento Lepesqueur por todo el conocimiento y apoyo brindado a lo largo de este proceso.

## 1.7. Referencias

[A]bounacer, R. B. (2010). A hybrid Ant Colony Algorithm for the exam timetabling problem.

[K]atsaragakis, I. V. (2015). A comparative study of modern heuristics on the school timetabling problem. .

A. M. and Tsang, E. P. (2001). Constraint-based timetabling - a case study. Proceedings of ACS/IEEE international conference on computer systems and applications.

Aarts, E. H. (1989). Simulated Annealing and Boltzmann Machines: A Stochastic Approach to Combinatorial Optimization and Neural Computing:.

Abboud, N. S. (1998). School scheduling using threshold accepting. *Cybernetics and Systems*,.

Abdullah, S. (2006). Heuristic approaches for university timetabling problems.

Abramson, D. (1992). Constructing school timetables using simulated annealing: Sequential and parallel algorithms.

Abramson, D. a. (1991). A parallel genetic algorithm for solving the school timetabling problem. Proceedings of 15th Australian Conference: Division of Information Technology .

Abramson, D. K. (1996). Simulated annealing cooling schedules for the school timetabling problem. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*.

Ab-Wahab, M. N.-M. (2015). A Comprehensive Review of Swarm Optimization Algorithms.

Ali, M. Z. (2014). A novel class of niche hybrid cultural algorithms for continuous engineering optimization. *Information Sciences*.

Alia, M. Z. (2016). A novel hybrid Cultural Algorithms framework with trajectory-based search for global numerical optimization.

Alkan A. and Ozcan, E. (2003). Memetic algorithms for timetabling evolutionary computation. Proceedings of the 2003 IEEE Congress on Evolutionary Computation.

Alvarez-Valdes, R. M. (1996). Constructing good solutions for the Spanish school timetabling problem. *Journal of the Operational Research Society*.

Alvarez-Valdes, R. P. (2002). A tabu search algorithm for assigning teachers to courses. TOP: An Official Journal of the Spanish Society of Statistics and Operations Research.

Al-Yakoob, S. M. (2007). A mixed-integer programming approach to a class timetabling problem: A case study with gender policies and traffic considerations. *European Journal of Operational Research*.

Amine, K. (2019). Multiobjective Simulated Annealing: Principles and Algorithm, In: I. Kacem (editor), Variants. *Advances in Operations Research*.

Appleby, J. S. (1961). Techniques for producing school timetables on a computer and their application to other scheduling problems. *The Computer Journal*,.

Asratian, A. S. (2002). *European Journal of Operational Research*, 143(3), 531-542. [21]Aust, R. J. (1976). An improvement algorithm for school timetabling. *Computer Journal*.

Aust, R. J. (1976). An improvement algorithm for school timetabling.

Avella, P. D. (2007). A computational study of local search algorithms for Italian high school timetabling. *Journal of Heuristics*,.

Ayob, M. A. (2007). A Practical Examination Timetabling Problem at the Universiti Kebangsaan Malaysia, *International Journal of Computer Science and Network Security*,.

Baghil, M. A. (20212). Survey of Meta-Heuristic Algorithms for Combinatorial Optimisation.

- Becerra, R. L. (2006). Cultured differential evolution for constrained optimization. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*.
- Bedoya, C. F. (2003). A non-standard genetic algorithm approach to solve constrained school timetabling problems.
- Beligiannis, G. N. (2008). Applying evolutionary computation to the school timetabling problem: the Greek case. *Computers and Operations Research*.
- Beligiannis, G. N. (2009). A genetic algorithm approach to school timetabling. *Journal of the Operational Research Society*.
- Bello, G. R. (2008). An approach for the class/teacher timetabling problem using graph coloring.
- Bello, G. R. (2008). An approach for the class/teacher timetabling problem using graph coloring, In proceedings of the 7th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling.
- Birbas, T. D. (1997). Timetabling for Greek high schools. *Journal of the Operational Research Society*.
- Birbas, T. D. (2009). School timetabling for quality student and teacher schedules. *Journal of Scheduling*.
- Blum C, R. A. (2005). An introduction to metaheuristic techniques. In: E. Alba (editor), *Parallel metaheuristics, a new class of algorithm*.
- Blum, C. a. (2003). Metaheuristics in combinatorial optimisation: Overview and conceptual comparison. *ACM Computing Survey*.
- Boland, N. H. (2008). New integer linear programming for course timetabling. *Computers and Operations Research*.
- Brailsford, S. C. (1999). Constraint satisfaction problems: Algorithms and applications.
- Brailsford, S. C. (1999). Constraint satisfaction problems: Algorithms and applications. *European Journal of Operational Research*.
- Brito, S. S. (2012). A SA-VNS approach for the high school timetabling problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, Elsevier.
- Brownlee, J. (2011). *Clever Algorithms: Nature-Inspired Programming Recipes*.
- Bufe, M. F. (2001). Automated solution of highly constrained school timetabling problem.
- Burke, E. K. (1996). A memetic algorithm for university exam timetabling.
- Carrasco, M. P. (2004). A comparison of discrete and continuous neural network approaches to solve the class/teacher timetabling problem.
- Chorbey, I. L. (2008). Solving the High School Scheduling Problem Modelled with Constraints Satisfaction Using Hybrid Heuristic Algorithms.
- Dorneles, A. P. (2012). The impact of compactness requirements on the resolution of high school timetabling problem.
- Dorneles, A. P. (2012). The impact of compactness requirements on the resolution of high school timetabling problem. Pre-anais: XVI CLAIO - XLIV SBPO - LIASGT.
- Fonseca, G. a. (2013). Memetic Algorithms for the High School Timetabling Problem.
- Fonseca, G. H. (2014). Variable neighbourhood search based algorithms for high school timetabling.
- Fonseca, G. H. (2016). GOAL solver: a hybrid local search based solver for high school timetabling.
- H., A. D. (1993). School Timetable: A Case Study in Simulated Annealing, In *Applied Simulated Annealing*, Springer.
- Hertz, A. a. (1998). Constructing a course schedule by solving a series of assignment type problems.
- Junginger, W. (1986). Timetabling in Germany- a survey. *Interfaces*.
- Kang, L. a. (1992). A logic approach to a resolution of constraints in timetabling.
- Kingston, J. H. (2014). An algorithm for high school timetabling.
- Kristiansen, S. a. (2013). A comprehensive study of educational timetabling - a survey.
- Kristiansen, S. S. (2015). Integer programming for the generalized high school timetabling problem. *Journal of Scheduling*.
- Landman, R. (2005). Creating good-quality timetables for Dutch high schools.
- Liu, Y. Z. (2009). A simulated annealing algorithm with a new neighborhood structure for the timetabling problem.
- Minh, K. N. (2010). Using tabu search for solving a high school timetabling problem.
- Odeniyi, O. A. (2015). Development of a modified simulated annealing to school timetabling problem.
- OLABIYISI, O. A. (2020). *School Timetabling: Solution Methodologies and Applications*.
- Papoutsis, K. V. (2003). A column generation approach for the timetabling problem of Greek high schools. *Journal of Operational Research Society*.
- Pillay, N. a. (2015). A genetic algorithm selection perturbative hyper-heuristic for solving the school timetabling problem.
- Pimmer, M. R. (2013). A timeslot-filling heuristic approach to construct high-school timetables.
- Poulsen, C. J. (2013). A heuristic efficient based on the strategy of division-e conquest for School Timetabling Problem.

- Qu, R. B. (2009). A survey of search methodologies and automated system development for examination timetabling.
- Shambour, M. K. (2013). A two stage approach for high school timetabling.
- Sorensen, M. S. (2013). Integer programming and adaptive large neighborhood search for real world instances of high school timetabling.
- Valouxis, C. a. (2000). Hybrid Optimization Techniques for the Workshift and Rest Assignment of Nursing Personnel.