

## Aplicación del Recocido Simulado en la determinación de horarios de clases bajo múltiples restricciones y limitaciones

Dr. Sergio M. Ramírez Campos<sup>1</sup>, M.A. Eduardo Marroquín Espinoza<sup>2</sup>, M.C. Juan C. Cisneros Torres<sup>3</sup>, M.I.I. Juan C. Padilla Hernández<sup>4</sup>, M.I.I. José R. Reyes Torres<sup>5</sup>

**Resumen:** Se presenta el diseño y aplicación del método de recocido simulado (RS) en un caso real de determinación de horarios de clases el cual se atendió anteriormente con un algoritmo genético (AG) por Ramírez et al. (2019). Los resultados se compararon y se encontró que el algoritmo de RS fue capaz de determinar una mejor solución bajo las mismas condiciones: atender una demanda de 275 cursos lo cual implica impartir 1,313 horas presenciales por semana. La planta de maestros fue de 15 docentes de tiempo completo, 5 de tres cuartos de tiempo, 4 de medio tiempo y 42 de menos de medio tiempo (sin incluir docentes eventuales). Esto representó contar con un total máximo de 976 horas semanales para impartir clase. La utilidad de estas horas se reduce aún más al considerar la diversidad de jornadas de trabajo (lo que provoca que el intervalo o intervalos para impartir clase de cada docente fueran muy variables), así como las horas establecidas para cada curso, las cuales se fijaron para formar bloques de horas de los cursos para que el alumno asistiera a clases en un horario compactado. Ello limitó las horas alternas que se pudieran considerar para cada curso. También se incluyó como restricción suave, que los horarios de cada docente también estuvieran compactados. Una restricción dura importante también es el hecho de que cada docente está preparado para impartir solo cierto tipo de cursos. Se encontró que el RS asignó docentes al 55% de dichos cursos a la vez que incrementó en 41% el número de docentes de planta asignados en relación al AG, es decir, asignó 55 docentes en lugar de los 28 que asignó el AG, de un total de 66 docentes de planta.

**Palabras clave:** Recocido Simulado, horarios de clase, recursos limitados

### Introducción

En el área educativa, la programación del conjunto de actividades relacionadas con cursos, profesores, horas de clase y aulas, entre otros, en un periodo de tiempo dado, se considera como un escenario amplio con muchas restricciones, lo cual lo convierte en un problema combinatorio complejo, difícil y que consume tiempo, según Komijan y Koupaei (2012).

La investigación en relación a la determinación de horarios inició con un enfoque secuencial simple en los 60's y luego surgió el enfoque basado en restricciones de acuerdo a Rosyidi et al. (2019). Actualmente, la aplicación de las técnicas metaheurísticas está dominando en este campo. Por ejemplo, Abdullah et al. (2012) desarrollaron una metaheurística híbrida para resolver el problema de programación de cursos concluyendo que es una herramienta poderosa y competitiva para este tipo de escenarios. Bykov y Petrovic (2016) proponen un nuevo algoritmo de búsqueda local para resolver el problema de la programación de exámenes universitarios, demostrando que es mejor que otras metaheurísticas. Demirović y Musliu (2017) desarrollaron un modelo general del problema de programación de cursos universitarios basado en bivectores y con el cual se pueden calcular las desviaciones en cuanto a las restricciones en los algoritmos de búsqueda local como el recocido simulado (RS).

El RS desarrollado por Kirkpatrick et al. (1983) se basa en conceptos de mecánica estadística relacionados con la analogía del comportamiento de procesos de recocido físico. Es un método de optimización global que no requiere alguna suposición en cuanto a la función objetivo (como la convexidad).

Este método de RS ha sido aplicado en diversas áreas de la optimización combinatoria. Así, Chen et al. (2010) aplicaron RS con éxito para encontrar la secuencia óptima de decisiones de TMT. Alqahtani et al. (2014) compararon la programación entera mixta (PEM), el Algoritmo Genético (AG) y el RS para el problema de localización de pozos para la extracción de reservas petroleras. Encontraron que para alcanzar la solución óptima es mejor la PEM y con un esfuerzo computacional mucho más eficiente son mejores el AG y el RS para lograr una solución cercana a la óptima.

<sup>1</sup> El Dr. Sergio M. Ramírez Campos es jefe de proyectos de investigación del Tecnológico Nacional de México campus Saltillo, [sramirez@itsaltillo.edu.mx](mailto:sramirez@itsaltillo.edu.mx) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> El maestro Eduardo Marroquín Espinoza es jefe del departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México campus Saltillo, [emarroquin@itsaltillo.edu.mx](mailto:emarroquin@itsaltillo.edu.mx)

<sup>3</sup> El maestro Juan C. Cisneros Torres es jefe de laboratorio de Manufactura del Tecnológico Nacional de México campus Saltillo, [jc.cisneros.torres@gmail.com](mailto:jc.cisneros.torres@gmail.com)

<sup>4</sup> El maestro Juan C. Padilla Hernández es profesor del Tecnológico Nacional de México campus Saltillo, [itnlcarlos@hotmail.com](mailto:itnlcarlos@hotmail.com)

<sup>5</sup> El maestro José R. Reyes Torres es profesor del Tecnológico Nacional de México campus Saltillo, [j.ricardo.reyes.t@gmail.com](mailto:j.ricardo.reyes.t@gmail.com)

Tan (2018) lo aplicó en la optimización de la construcción y administración de la operación de ductos para maximizar las ganancias, comparando un algoritmo genético cuántico y el RS, encontrando que éste último requiere determinar menos parámetros, no es fácil que quede atrapado en óptimos locales y su rendimiento es más estable. Gallo y Capozzi (2019) lo utilizaron para determinar la secuencia de asignación de  $n$  trabajos en  $m$  máquinas tal que el orden de los  $n$  trabajos sea el mismo en las  $m$  máquinas logrando resultados positivos.

En la presente investigación, se desarrolla el diseño y aplicación del método de recocido simulado en un caso real de determinación de horarios de clases el cual se atendió anteriormente con un algoritmo genético (AG) por Ramírez et al. (2019). El objetivo principal de esta investigación se origina por el hecho de que en la literatura se menciona que una desventaja del AG es que es un algoritmo lento en comparación a otros como es el RS. En las conclusiones de esta investigación, se hace referencia a ello, confirmando que el RS es más rápido. Además, el resultado es mejor que el obtenido con el AG. Otra ventaja del RS en relación al AG es que posee una estructura más sencilla. El AG requiere que se cumplan ciertas premisas, entre otras, que los hijos se asemejen a los padres, lo cual en ocasiones puede resultar un reto. Asimismo, en el paso de la reproducción, es común que se generen hijos infactibles en una alta proporción, siendo también un reto diseñar un procedimiento apropiado. En el caso del RS, el paso referente a perturbar una solución para generar otra, es menos difícil, en general y es el único paso que puede representar cierta dificultad.

### Metodología

Antes de mostrar los pasos del RS, es necesario considerar la siguiente nomenclatura:

1. Carga académica (**ca**). Estas son las horas por semana (**hs**) que un docente debe cubrir con impartición de clases y que se distribuyen en uno o más días dependiendo de la jornada del docente (ver anexo 1). Al asignar clases a un docente, deben estar dentro de la jornada de trabajo del docente y representa una restricción dura. Estas horas dependen del nombramiento del docente y pueden ser desde 4 **hs** hasta 24 **hs**.
2. Horas-clase (**hc**). Una clase puede consistir de 1 hasta 5 horas por semana y cubrirse en uno o hasta en cinco días de la semana.
3. Horas-disponibles (**hd**). Estas son las horas en que el docente puede atender una clase durante la semana. A medida que se le asignan clases, se van reduciendo las **hd**.
4. Horas-pagadas (**hp**). Estas son las horas que se están pagando a un docente para ejercer su actividad.
5. Docente de planta (**D<sub>p</sub>**). Se refiere a un docente contratado de manera permanente.
6. Docente eventual (**D<sub>e</sub>**). Se refiere a un docente contratado de manera temporal.

Como restricción dura, solo se consideran clases que ya haya impartido el docente en los últimos 5 semestres o menos (ver anexo 2). Asimismo, otra restricción dura corresponde a las horas de clase que forman bloques compactados para que el alumno pueda inscribir cursos en un horario corrido (ver anexo 3).

#### *Pasos del Recocido Simulado (RS) diseñado*

En el desarrollo del RS, se va a utilizar el concepto de cromosoma y de gen que se utilizaron en Ramírez et al. (2019), ya que ello facilita el diseño del RS, lo cual permitiría identificar el diseño como un algoritmo híbrido.

Temperatura inicial	Temperatura final	Velocidad de enfriamiento	Número de sub-iteraciones
<b>T<sub>0</sub></b>	<b>T<sub>f</sub></b>	<b>S</b>	<b>n</b>

Tabla 1. Parámetros de RS

**Paso A:** Fijar los parámetros iniciales. En la tabla 1 se muestran dichos parámetros.

**Paso B:** Generar, al azar, una solución inicial factible ( $R_0$ ):

1. Seleccionar al azar un docente que no tenga completa la **ca**.
2. Seleccionar un curso sin docente y que el docente en turno haya impartido al menos una vez.
3. Verificar que las horas en que debe impartirse el curso están dentro de la jornada del docente.
4. Verificar que las horas en que debe impartirse el curso no hay empalme o traslape con otro u otros cursos que el docente ya tiene asignados.
5. Calcular las horas adicionales de clase (**hc**).
6. Verificar que no se exceda la **ca** del docente.
7. Si procede, se asigna el curso en turno, haciendo **hd** = **hd** – **hc**.
8. Continuar en el paso 2 hasta que ya no sea posible asignarle un curso.
9. Continuar en el paso 1 hasta que se hayan considerado todos los docentes disponibles.

Estos pasos del 1 al 9 generan una solución al azar. En la figura 1 se muestra parcialmente un ejemplo de ello.

La parte que se resalta (encerrada con un rectángulo) corresponde a un gen, ya que es un mismo docente (en este caso, es el docente identificado como 156). Los cursos que no se pudieron asignar a un docente, corresponden a otro gen cuyo *profesor* es 0 (sin docente). Se puede observar, por lo tanto, que la longitud de un cromosoma es variable.

**Paso C.** Calcular la aptitud (**A**) de la solución generada de acuerdo a la función de aptitud mostrada en la ecuación 1.

$$A = D_c + C_d + H_p \quad (1)$$

Donde,

**D<sub>c</sub>** = Número de docentes a quienes se les asignó al menos una clase

**C<sub>d</sub>** = Número de clases (o cursos) que se les asignó docente

**H<sub>p</sub>** = Número de hp utilizadas dado **D<sub>c</sub>** (solo las impartidas por un **D<sub>p</sub>**)

Se identifica la aptitud de la solución inicial como **V<sub>0</sub>** = **A**

No.	clave	Asignatura	grupo	hora inicia	hora termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	profesor	folio	vigencia	aula	Nivel	osier
134	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	C	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	59	1	1		LIC	
135	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	D	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	59	1	1		LIC	
136	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	C	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	61	1	1		LIC	
137	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	C	13:00	15:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	61	1	1		LIC	
138	Di2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	D	18:00	19:00	X	X	X	---	---	---	Clase	73	1	1		LIC	
139	Di2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	A	21:00	22:00	X	X	X	---	---	---	Clase	73	1	1		LIC	
140	Ci3	CALIDAD	B	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2	1		LIC	
141	Fm5	CALIDAD	B	20:00	21:00	X	X	---	---	---	---	Clase	140	2	1		LIC	
142	Fm5	CALIDAD	B	20:00	21:00	---	---	L	L	---	---	Lab.	140	2	1		LIC	
143	Am8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	07:00	08:00	X	X	X	---	---	---	Clase	156	1	1		LIC	
144	Am8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	07:00	08:00	---	---	---	L	L	---	Lab.	156	1	1		LIC	
145	Am8	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	D	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1	1		LIC	
146	En5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	A	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	156	1	1		LIC	
147	Ch5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	A	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	160	1	1		LIC	
148	Di8	GESTIÓN DE PROYECTOS	A	11:00	12:00	X	X	---	---	---	---	Clase	160	1	1		LIC	
149	Di8	GESTIÓN DE PROYECTOS	A	11:00	12:00	---	---	X	X	---	---	Clase	160	1	1		LIC	
150	Ch5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	B	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	160	1	1		LIC	
151	Ch5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	C	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	160	1	1		LIC	
153	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	B	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	185	1	1		LIC	
152	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	B	07:00	09:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	185	1	1		LIC	
154	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	G	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	185	1	1		LIC	
155	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	G	09:00	11:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	185	1	1		LIC	
156	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	185	1	1		LIC	
157	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	12:00	14:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	185	1	1		LIC	
158	Fj3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	248	1	1		LIC	
159	Fj3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	17:00	19:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	248	1	1		LIC	
160	Df3	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	A	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	321	1	1		LIC	

Figura 1. Vista parcial de una solución al azar

Para ilustrar este paso, se pueden utilizar los datos mostrados en la figura 1. En la columna de *profesor* se pueden contar 9 docentes (números diferentes), lo cual sería **D<sub>c</sub>**. Para **C<sub>d</sub>** se verifican las columnas *clave* y *grupo* y cada *clave-grupo* diferente es una clase a contar. Para **H<sub>p</sub>** se observa que la diferencia de las columnas *hora termina* y *hora inicia* representa la duración por día de cada clase. Las columnas *L*, *M*, *M*, *J*, *V* y *S* son los días de la semana que se imparte una clase y se representa por un “X” o una “L”. La suma

correspondiente de un renglón serían las horas de clase totales en una semana para una clase. Acumulando esta suma para todos los renglones de un cromosoma, se obtendría  $H_p$  (limitando dichos renglones a aquellos que muestran en la columna *folio* un valor diferente de 4, ya que este valor se refiere a docentes eventuales).

**Paso D.** Inicializar tres parámetros adicionales. En la tabla 2 se muestran dichos parámetros.

Temperatura de la $i$ -ésima sub-iteración	La mejor solución en la $i$ -ésima sub-iteración	Aptitud de $R$
$T_i = T_0$	$R = R_0$	$V = V_0$

Tabla 2. Inicialización de tres parámetros

**Paso E.** Si  $(T_i \leq T_f)$  inicializar  $k = 1$  (contador de las sub-iteraciones) e ir al paso F. En caso contrario, termina el algoritmo.

**Paso F.** Si  $(k > n)$  se disminuye la temperatura de acuerdo a la ecuación 2 y se continúa en el paso E. En caso contrario, ir al paso G.

$$T_i = s * T_i \quad (2)$$

**Paso G.** Realizar la perturbación de la solución  $R_0$ . La perturbación consiste en seleccionar al azar un gen de la solución en turno el cual contiene un docente diferente de cero (con  $ca$  mayor que cero) y reemplazarlo por otro gen con un docente cuya  $ca$  es cero. Para ello, se identifican todos los docentes con  $ca$  de cero (se incluyen los docentes  $D_e$ ). Se forma el gen como sigue:

1. Se selecciona al azar un docente del grupo con  $ca$  de cero.
2. Los cursos que ha impartido el docente se ordenan de menor a mayor antigüedad (ver anexo 2).
3. Seleccionar el  $i$ -ésimo curso (en el orden de menor a mayor antigüedad).
4. Verificar que el curso seleccionado no tenga docente asignado en la solución actual.
5. Verificar que las horas en que debe impartirse el curso están dentro de la jornada del docente.
6. Verificar que las horas en que debe impartirse el curso no hay empalme o traslape con otro u otros cursos que el docente ya tenga asignados.
7. Calcular las horas adicionales de clase ( $hc$ ).
8. Verificar que no se exceda la  $ca$  del docente.
9. Si procede, se asigna el curso en turno, haciendo  $hd = hd - hc$ .
10. Continuar en el paso 3 hasta que ya no sea posible asignarle un curso.

Este nuevo gen reemplaza al anterior con lo cual termina la perturbación. En el caso de que al nuevo docente no se le pueda asignar ningún curso, se vuelve a repetir el proceso anterior con otro docente. La nueva solución perturbada se denomina  $R_1$ .

**Paso H.** Calcular la aptitud ( $A$ ) de la solución perturbada  $R_1$  de acuerdo a la función de aptitud mostrada en la ecuación 1 y se identifica como  $V_1 = A$ .

**Paso I.** Si  $(V_1 < V_0)$  calcular la probabilidad  $P = e^{-\frac{(V_1 - V_0)}{T_i}}$ , en caso contrario hacer  $P = 1$ .

**Paso J.** Generar un número aleatorio uniforme  $r \sim U$ .

**Paso K.** Si  $(V_1 > V_0)$  o  $(r > P)$  hacer  $R_0 = R_1$  y  $V_0 = V_1$  e ir al paso L. En caso contrario ir al paso M.

**Paso L.** Si  $(V_1 > V)$  hacer  $V = V_0$  y  $R = R_0$

**Paso M.** Incrementar  $k = k+1$  e ir al paso F.

### Pruebas y resultados

Después de probar varios parámetros, se escogieron los mostrados en la tabla 3.

$T_0 = 1000$	$T_f = 10$	$s = 0.97$	$n = 4$
--------------	------------	------------	---------

Tabla 3. Parámetros para las corridas

Se llevaron a cabo 25 corridas y los resultados promedio se muestran en la figura 2, en donde se puede apreciar que el algoritmo es consistente y tiende a estabilizarse.

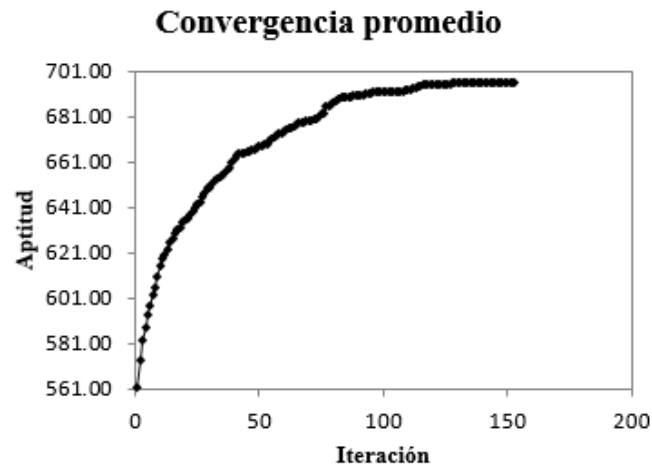


Figura 2. Resultados promedio

Todas las soluciones son factibles, es decir, se respetan las restricciones duras: no se excede la carga académica de cada docente, se asignan solo clases que ya ha impartido el docente, las horas de clase están dentro de la jornada de trabajo del docente sin empalmes de horas y se conservan los bloques de horarios de clases. En la figura 3 se muestra una parte de la mejor solución. La jornada de trabajo del docente 156 es de 7 am a 3 pm y es de tiempo completo, es decir, su carga debe ser entre 20 y 24 horas y las clases que se le asignaron, ya las ha impartido. En el anexo 4 se muestra la solución completa.

No.	clave	Asignatura	grupo	hora inicia	hora termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	profesor	folio
125	Df3	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	A	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	59	1
126	Df3	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	B	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	59	1
127	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	A	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	59	1
128	Ei5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	A	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	59	1
129	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	61	1
130	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	12:00	14:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	61	1
131	Bj8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	C	14:00	15:00	X	X	X	---	---	---	Clase	61	1
132	Di2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	D	18:00	19:00	X	X	X	---	---	---	Clase	73	1
133	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	E	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1
134	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	R	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1
135	Ah6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	C	21:00	22:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1
136	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	A	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
137	Ai1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	A	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
138	Ai7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	A	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
139	Ch7	PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE INSTALACIONES	C	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
140	Am8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	07:00	08:00	X	X	X	---	---	---	Clase	156	1
141	Am8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	07:00	08:00	---	---	---	L	L	---	Lab.	156	1
142	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	G	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1
143	Eh7	LOGÍSTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	D	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1
144	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	A	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1
145	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	E	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1
146	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	D	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	160	1

Figura 3. Mejor resultado

### Conclusiones

En la tabla 4 se muestra el desglose de la aptitud de ambos métodos. El algoritmo de RS alcanzó una aptitud **A** mayor a la del AG, además, aumentó significativamente el número de docentes de planta asignados. La carga de los docentes de planta (tabla 5 columna 4) se refiere al porcentaje en que se cubren las horas mínimas de clase que debe tener asignado el docente. La diferencia de dicha carga es explicable dado el incremento en el número de docentes asignados.

	Aptitud	Docentes de planta con al menos un curso ( <b>D<sub>c</sub></b> )	Horas-clase cubiertas ( <b>h<sub>p</sub></b> )	Cursos con docente de planta o eventual ( <b>ca</b> )
AG	591	28	413	150
RS	721	55	514	152

Tabla 4. Desglose de la aptitud

	Docentes eventuales con al menos un curso (no.)	Cursos con docente (%)	Carga de los docentes de planta (%)
AG	7	54.55	92.66
RS	1	55.27	82.75

Tabla 5. Otros resultados

El tiempo promedio de una corrida en el RS fue de 1 hora y 32 minutos y en el caso del AG, 3 horas y 42 minutos. Las corridas se realizaron en un procesador Intel Core i7-4790 de 64 bits, 3.60 Ghz y 8 GB en RAM.

En resumen, el algoritmo RS resultó mejor ya que se aprovechan más los docentes de planta, solo se requiere un docente eventual y es más rápido. En ambos métodos, la cobertura de cursos es muy similar.

El reducir los docentes eventuales es importante ya que no tienen contrato permanente y normalmente son jóvenes con poca experiencia, lo cual no es conveniente en cuanto al nivel académico que la institución busca mantener y mejorar. Asimismo, los docentes de planta con al menos un curso pasaron de 28 a 55 lo cual es crucial ya que los docentes de planta tienen contratos permanentes y si la carga no se les completa, se estaría incurriendo en una ineficiencia significativa en el manejo de los recursos. También, las horas-clase cubiertas pasaron de 413 a 514 lo cual implica que se están atendiendo mayor número de cursos que demandan más horas por semana.

Finalmente se resalta que, en este escenario complejo, un algoritmo más sencillo fue mejor, lo cual lleva a concluir, que no siempre es mejor un algoritmo más sofisticado.

### Referencias

- Abdullah S., Turabieh H., McCollum B., McMullan P. (2012). A hibryd metaheuristic approach to the university course timetabling problem. *J Heuristics*, 18, 1–23.
- Alqahtani G. D., Alzahabi A., Spinner T., Soliman M. Y. (2014). A Computational Comparison between Optimization Techniques for Wells Placement Problem: Matematical Formulations, Genetic Algorithms and Very Fast Simulated Annealing. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 2, 59-73.
- Bykov Y., Petrovic S. (2016). A Step Counting Hill Climbing Algorithm Applied to University Examination Timetabling. *J Sched* 19, 479–492.
- Chen Y., Ge Y., Song Z., Lv M. (2010). Decision-Making Optimization of TMT: A Simulated Annealing Algorithm Analysis. *J. Service Science & Management*, 3, 363-368.
- Demirović E., Musliu N. (2017). Modeling high school timetabling with bivectors. *Ann Oper Res*, 252, 215–238.
- Gallo, C., Capozzi, V. (2019). A Simulated Annealing Algorithm for Scheduling Problems. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 7, 2579-2594.
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., Vechhi, M. P. (1983). Optimization by Simulated Annealing. *Science, New Series*, Vol. 220, No. 4598, 671-680.

- Komijan and Koupaei (2012). A new binary model for university examination timetabling: a case study. *Journal of Industrial Engineering International*, 8-28.
- Ramírez C. S. M., Pimentel G. I. V., De la Cruz G. M., Salas H. P., Ramírez J. A. L. (2019). Determinación de horarios de clases bajo múltiples restricciones y limitaciones. *Revista de la Ingeniería Industrial (AcademiaJournals.com)*, Vol. 13, No. 1, 1-12.
- Rosyidi, C. N., Budiningsih, E., Jauhari, W. A. (2019). Scheduling of undergraduate thesis examination: a case study in Industrial Engineering Department of Universitas Sebelas Maret. *Journal of Industrial Engineering International*, 15 (Suppl 1), S209–S221.
- Tan, K. (2018). Revenue Optimization of Pipelines Construction and Operation Management Based on Quantum Genetic Algorithm and Simulated Annealing Algorithm. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 6, 1215-1229.

### Anexo 1

Se muestran, a manera de ejemplo, cuatro casos diferentes de jornadas de trabajo en las tablas 6, 7, 8 y 9.

	L	M	M	J	V	S
Entrada	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	
Salida	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	

Tabla 6. Jornada de trabajo

	L	M	M	J	V	S
Entrada	16:00	16:00	17:00	17:00		
Salida	21:00	21:00	21:00	21:00		

Tabla 7. Jornada de trabajo

	L	M	M	J	V	S
Entrada	07:00	07:00	07:00	07:00		
Salida	14:30	14:30	14:30	14:30		

Tabla 8. Jornada de trabajo

	L	M	M	J	V	S
Entrada	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	
Salida	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	

Tabla 9. Jornada de trabajo

### Anexo 2.

Se muestran, a manera de ejemplo, tres casos de las materias que han impartido tres docentes, en las tablas 10, 11 y 12 (solo se consideran los últimos 5 semestres).

cu_1	cu materia	Descripción	Año	semes- tre	consi- derar
102	Fh3B	ESTUDIO DEL TRABAJO I	2019	1	1
102	Dh4B	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	2019	1	1
102	Fh3B	ESTUDIO DEL TRABAJO I	2018	2	1
102	Dh4B	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	2018	2	1
102	Fh3B	ESTUDIO DEL TRABAJO I	2018	1	1
102	Dh4B	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	2018	1	1
102	Fh3B	ESTUDIO DEL TRABAJO I	2017	2	1
102	Dh4A	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	2017	2	1
102	Fh3B	ESTUDIO DEL TRABAJO I	2017	1	1
102	Fh4C	ESTUDIO DEL TRABAJO II	2017	1	1
102	Dh6B	SIMULACIÓN	2017	1	1

Tabla 10. Materias impartidas por el docente 102



cu_1	cu materia	Descripción	año	semes- tre	Consi- derar
4201	Bh6B	INGENIERÍA ECONÓMICA	2019	1	1
4201	Dh5E	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	2019	1	1
4201	Ih8B	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	2019	1	1
4201	Ci5B	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	2018	2	1
4201	Ch6C	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	2018	2	1
4201	Bh6E	INGENIERÍA ECONÓMICA	2018	2	1
4201	Ih8B	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	2018	2	1
4201	Ci6B	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	2018	1	1
4201	Dh6C	SIMULACIÓN	2018	1	1
4201	Ih8D	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	2018	1	1
4201	Ch5E	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	2017	2	1
4201	Gi8B	SEMINARIO DE COMPETITIVIDAD	2017	2	1
4201	Di4A	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	2017	1	1
4201	Dh8B	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	2017	1	1

Tabla 11. Materias impartidas por el docente 4201

cu_1	cu materia	Descripción	año	semes- tre	Consi- derar
1291	Gh4F	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	2019	1	1
1291	Gh4E	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	2018	2	1
1291	Ah7C	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	2018	2	1
1291	Di2A	INGENIERÍA DE SISTEMAS	2017	2	1

Tabla 12. Materias impartidas por el docente 1291

### Anexo 3.

En las tablas 13 y 14 se muestran dos ejemplos de bloques de clases.

Sem.	Clave	Nombre de la asignatura	Grupo	Hora inicio	Hora termina	L	M	M	J	V	S
1	Fh1	DIBUJO INDUSTRIAL	A	7	9					L	
1	Fh1	DIBUJO INDUSTRIAL	A	8	9	x	x	x	x		
1	Ch1	CALCULO DIFERENCIAL	A	9	10	x	x	x	x	x	
1	Eh1	QUIMICA	A	10	11	x	x	x	x		
1	Dh1	TALLER DE HERRA. INTELECTUALES	A	11	12	x	x	x	x		
1	Bh1	TALLER DE ETICA	A	12	13	x	x	x	x		
1	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	A	13	14	x	x	x	x		

Tabla 13. Bloque A de clases del primer semestre

Sem.	Clave	Nombre de la asignatura	Grupo	Hora inicio	Hora termina	L	M	M	J	V	S
3	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	7	8	X	X	X	X		
3	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	7	9					L	
3	Ah3	METROLOGIA Y NORMALIZACION	A	8	9	X	X	X	X		
3	Dh3	ECONOMIA	A	9	10	X	X	X	X		
3	Ch3	CALCULO VECTORIAL	A	10	11	X	X	X	X	X	
3	Eh3	ESTADISTICA INFERENCIAL I	A	11	12	X	X	X	X	X	
3	Bh3	ALGEBRA LINEAL	A	12	13	X	X	X	X	X	

Tabla 14. Bloque A de clases para el semestre 3.

#### Anexo 4.

En las tablas 15a, 15b, 15c y 15d se muestra la solución completa de cursos con docente.

No.	clave	Asignatura	grupo	Inicia	Termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	Docente	folio
124	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	G	13:00	14:00	X	X	X	X	X	---	Clase	4	12
125	Df3	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	A	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	59	1
126	Df3	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	B	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	59	1
127	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	A	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	59	1
128	Ei5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	A	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	59	1
129	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	61	1
130	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	12:00	14:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	61	1
131	Bj8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	C	14:00	15:00	X	X	X	---	---	---	Clase	61	1
132	Di2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	D	18:00	19:00	X	X	X	---	---	---	Clase	73	1
133	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	E	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1
134	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	R	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1
135	Ah6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	C	21:00	22:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1
136	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	A	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
137	Ai1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	A	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
138	Ai7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	A	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
139	Ch7	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE INSTALACIONES	C	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
140	Am8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	07:00	08:00	X	X	X	---	---	---	Clase	156	1
141	Am8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	07:00	08:00	---	---	---	L	L	---	Lab.	156	1
142	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	G	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1
143	Eh7	LOGÍSTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	D	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1
144	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	A	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1
145	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	E	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1
146	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	D	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	160	1
147	Di8	GESTIÓN DE PROYECTOS	A	11:00	12:00	X	X	---	---	---	---	Clase	160	1
148	Di8	GESTIÓN DE PROYECTOS	A	11:00	12:00	---	---	X	X	---	---	Clase	160	1
149	Df3	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	C	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	160	1
150	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	B	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	185	1
151	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	B	07:00	09:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	185	1
152	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	G	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	185	1
153	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	G	09:00	11:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	185	1
154	Fh7	GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD	B	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	185	1

Tabla 15a. Solución completa (continúa)

No.	clave	Asignatura	grupo	Inicia	Termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	Docente	folio
155	Bi7	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	A	14:00	15:00	X	X	X	---	---	---	Clase	185	1
156	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	D	16:00	17:00	X	X	X	---	---	---	Clase	198	3
157	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	C	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	248	1
158	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	C	16:00	18:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	248	1
159	Bi6	INGENIERÍA ECONÓMICA	B	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	316	3
160	Bh6	INGENIERÍA ECONÓMICA	C	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	321	1
161	Bh6	INGENIERÍA ECONÓMICA	F	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	321	1
162	Bh6	INGENIERÍA ECONÓMICA	E	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	321	1
163	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	B	07:00	08:00	X	X	X	X	---	---	Clase	335	3
164	Hh8	SIMULACIÓN AVANZADA	C	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	403	11
165	Ki8	SEMINARIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS	B	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	403	11
166	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	B	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	418	11
167	Ah6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	A	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	470	1
168	Ch6	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	D	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	470	1
169	Ch6	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	A	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	470	1
170	Ah6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	B	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	470	1
171	Dh6	SIMULACIÓN	D	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	497	2
172	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	A	10:00	11:00	X	X	X	X	X	---	Clase	517	1
173	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	A	11:00	12:00	X	X	X	---	---	---	Clase	517	1
174	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	B	13:00	14:00	X	X	X	X	X	---	Clase	517	1
175	Gi4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	C	20:00	21:00	X	X	X	X	X	---	Clase	517	1
176	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	C	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	517	4
177	Ji8	MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA	B	19:00	20:00	X	X	X	X	X	---	Clase	517	4
178	Eh7	LOGÍSTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	B	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	532	2
179	Di7	SISTEMAS DE MANUFACTURA	A	20:00	21:00	X	X	X	X	X	---	Clase	556	1
180	Dh6	SIMULACIÓN	A	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	603	1
181	Ah8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	08:00	09:00	X	X	X	X	X	---	Clase	642	1
182	Ch7	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE INSTALACIONES	B	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	642	1
183	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	C	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	653	1
184	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	B	11:00	12:00	X	X	X	---	---	---	Clase	653	1
185	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	B	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	653	1
186	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	A	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	653	2
187	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	B	10:00	11:00	X	X	X	---	---	---	Clase	670	3
188	Hh7	INGENIERÍA DE CALIDAD	B	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	676	1
189	Hh7	INGENIERÍA DE CALIDAD	F	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	676	1
190	Hh7	INGENIERÍA DE CALIDAD	D	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	676	1
191	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	B	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	726	1
192	Li8	SEMINARIO DE COMPETITIVIDAD	B	20:00	21:00	X	X	X	X	X	---	Clase	726	1
193	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	07:00	08:00	X	X	X	X	---	---	Clase	794	1
194	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	07:00	09:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	794	1
195	Gh5	ERGONOMÍA	A	11:00	12:00	X	X	X	X	X	---	Clase	794	1
196	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	F	13:00	15:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	794	1
197	Gh5	ERGONOMÍA	D	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	794	2
198	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	F	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	794	2

Tabla 15b. Solución completa (continúa)

No.	clave	Asignatura	grupo	Inicia	Termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	Docente	folio
199	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	D	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	814	1
200	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	D	10:00	12:00	---	---	---	---	X	---	Clase	814	1
201	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	D	11:00	12:00	---	---	---	X	---	---	Clase	814	1
202	Df5	SIMULACIÓN	B	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	814	1
203	Bj8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	13:00	14:00	X	X	X	---	---	---	Clase	814	1
204	Ch6	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	B	14:00	15:00	X	X	X	X	---	---	Clase	814	1
205	Ch5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	A	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	854	1
206	Dh7	SISTEMAS DE MANUFACTURA	F	10:00	11:00	X	X	X	X	X	---	Clase	854	1
207	Ch5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	B	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	854	1
208	Ch5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	C	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	854	1
209	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	H	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	880	2
210	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	H	16:00	18:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	880	2
211	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	E	18:00	19:00	X	X	X	X	X	---	Clase	880	2
212	Eh6	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	E	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	882	3
213	Ei6	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	B	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	882	3
214	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	E	19:00	20:00	X	X	X	---	---	---	Clase	884	2
215	Dh7	SISTEMAS DE MANUFACTURA	G	20:00	21:00	X	X	X	X	X	---	Clase	884	2
216	Ai5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	A	21:00	22:00	X	X	X	---	---	---	Clase	884	2
217	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	E	15:00	16:00	X	X	X	X	X	---	Clase	906	1
218	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	F	16:00	17:00	X	X	X	X	X	---	Clase	906	1
219	Dh6	SIMULACIÓN	C	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	906	4
220	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	A	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	946	2
221	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	G	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	953	2
222	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	G	09:00	11:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	953	2
223	Ih8	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	A	13:00	14:00	X	X	X	X	X	---	Clase	962	11
224	Di4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	B	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	967	11
225	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	E	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	969	11
226	Ii8	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	A	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	969	11
227	Bj8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	E	18:00	19:00	X	X	X	---	---	---	Clase	969	11
228	Di8	GESTIÓN DE PROYECTOS	B	16:00	17:00	X	X	---	---	---	---	Clase	978	1
229	Di8	GESTIÓN DE PROYECTOS	B	16:00	17:00	---	---	X	X	---	---	Clase	978	1
230	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	F	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1000	3
231	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	G	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1000	3
232	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	D	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1000	4
233	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	G	12:00	14:00	---	---	---	---	X	---	Clase	1016	2
234	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	G	13:00	14:00	---	---	---	X	---	---	Clase	1016	2
235	Fm5	CALIDAD	A	08:00	09:00	X	X	---	---	---	---	Clase	1036	1
236	Fm5	CALIDAD	A	08:00	09:00	---	---	L	L	---	---	Lab.	1036	1
237	Cl3	CALIDAD	A	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1036	1
238	Fh7	GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD	D	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1036	1
239	Bj8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	B	19:00	20:00	X	X	X	---	---	---	Clase	1059	1
240	Bh6	INGENIERÍA ECONÓMICA	A	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1063	2
241	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	C	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1063	2
242	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	A	13:00	14:00	X	X	X	---	---	---	Clase	1063	2

Tabla 15c. Solución completa (continúa)

No.	clave	Asignatura	grupo	Inicia	Termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	Docente	folio
243	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	B	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1072	2
244	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	B	10:00	12:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	1072	2
245	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	B	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1072	2
246	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	A	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1072	2
247	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	E	14:00	15:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1075	1
248	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	F	15:00	16:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1075	1
249	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	B	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1075	4
250	Gh5	ERGONOMÍA	F	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1075	4
251	Ah6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	D	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1114	1
252	Ah6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	E	14:00	15:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1114	1
253	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	E	15:00	17:00	---	---	---	---	X	---	Clase	1143	2
254	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	E	16:00	17:00	---	---	---	X	---	---	Clase	1143	2
255	Ci7	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE INSTALACIONES	A	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1143	2
256	Bi7	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	B	18:00	19:00	X	X	X	---	---	---	Clase	1143	2
257	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	F	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1143	4
258	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	D	13:00	14:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1171	2
259	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	F	14:00	15:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1171	2
260	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	H	15:00	16:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1171	2
261	Ai6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	A	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1183	2
262	Fi4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1183	2
263	Fi4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	18:00	20:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	1183	2
264	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	G	13:00	15:00	---	---	---	---	X	---	Clase	1238	2
265	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	G	13:00	14:00	---	---	---	X	---	---	Clase	1238	2
266	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	C	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1254	2
267	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	G	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1254	2
268	Gi5	ERGONOMÍA	B	19:00	20:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1288	2
269	Gi4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	A	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1291	2
270	Ch6	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	E	15:00	16:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4198	3
271	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	C	14:00	15:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4220	4
272	Hh8	SIMULACIÓN AVANZADA	B	15:00	16:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4220	4
273	Di6	SIMULACIÓN	A	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4220	4
274	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	D	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4220	4
275	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	F	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4220	4

Tabla 15d. Solución completa