



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría
Doctorado en Planeación Estratégica y Dirección de
Tecnología

Un modelo basado en optimización para balancear planes de estudio en
Instituciones de Educación Superior

Tesis que para obtener el Grado de Doctor
en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología
Presenta
José Antonio Aguilar Solís

Puebla, México.

Mayo 2005



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría
Doctorado en Planeación Estratégica y Dirección de
Tecnología

Se aprueba para su disertación la Tesis:


“Un modelo basado en optimización para balancear planes de estudio en
instituciones de educación superior”

Presentada por:

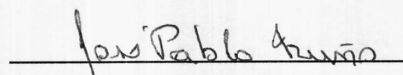
José Antonio Aguilar Solís

ATTE:

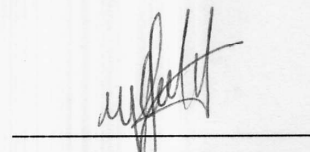
Comité Doctoral



José Luis Martínez Flores
Director de Tesis



José Pablo Nuño de la Parra
Asesor



Mauricio Cabrera Ríos
Asesor

Puebla, México.

6 de mayo de 2008

DEDICATORIAS

A Andrea Fernanda, la luz de mi vida

A mi esposa Magui

A mi padre

AGRADECIMIENTOS

A los profesores y funcionarios:

Dr. José Luis Martínez Flores, por su guía y consejos para este trabajo

Dr. Mauricio Cabrera Ríos, por su inmensa amabilidad e interés

Dr. Pablo Nuño de la Parra, por su dedicada labor docente y de servicio

Mtro. Ricardo López Fabre, por haberme impulsado a lograr este paso

A la comunidad UPAEP:

Al Fondo Concursable, que con su apoyo esto no hubiera sido posible

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Propósito de la investigación	3
1.3 Objetivo general	4
1.4 Objetivos específicos	4
1.5 Justificación de la investigación	5
1.6 Alcances y limitaciones	6
1.7 Resultados esperados	7
1.8 Organización del estudio	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Educación, currículum y diseño curricular	9
2.1.1 La Educación y su papel en el desarrollo	9
2.1.2 Currículum	10
2.1.3 Diseño curricular	12
2.1.4 Experiencias de rediseño curricular	18
2.1.5 Plan curricular	20
2.2 Optimización	23
2.2.1 Definiciones	23
2.2.2 Programación entera y combinatoria	26
2.2.3 Preproceso	35
2.3 El problema de balancear un plan de estudios o BACP	35
2.4 Conclusión del capítulo	40

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE MODELOS	41
3.1 Definición del modelo base o BACP-0	41
3.2 Análisis de restricciones actuales	43
3.2.1 Carga académica	43
3.2.2 Asignaturas por periodo	43
3.2.3 Asignación de curso a periodo	44
3.2.4 Relaciones de pre-requisito	44
3.2.5 El Modelo BACP-1	45
3.2.6 Flexibilización de restricciones	45
3.2.7 El Modelo BACP-2	46
3.3 Estudio de nuevas restricciones	47
3.3.1 Ubicación conveniente de asignaturas	47
3.3.2 El Modelo BACP-3	48
3.4 Análisis de funciones objetivo	49
3.4.1 El concepto de balance	49
3.4.2 Propuestas al concepto de balance	50
3.4.3 El Modelo BACP-4	52
3.4.4 El Modelo BACP-5	53
3.4.5 El Modelo BACP-6	55
3.4.6 El Modelo BACP-7	56
3.5 Conclusión del capítulo	58

CAPÍTULO 4. ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS		
MODELOS		59
4.1	Descripción de los planes de estudio de muestra	59
4.2	Recolección de datos de los planes de estudio	60
4.2.1	Diseño de la investigación de datos	61
4.2.2	Selección de la muestra	62
4.2.3	Recolección de datos	62
4.2.4	Despliegue de datos	63
4.2.5	Software	64
4.3	Resultados de modelos BACP-0 a BACP-3	65
4.3.1	Resultados en el modelo BACP-0	65
4.3.2	Resultados en el modelo BACP-1	65
4.3.3	Resultados en el modelo BACP-2	66
4.3.4	Resultados en el modelo BACP-3	67
4.3.5	Concentrado de resultados BACP-0 a BACP-3	68
4.4	Resultados de modelos BACP-3 a BACP-7	72
4.4.1	Resultados de modelos BACP-4	73
4.4.2	Resultados de modelos BACP-5	74
4.4.3	Resultados de modelos BACP-6	75
4.4.4	Resultados de modelos BACP-7	76
4.4.5	Concentrado de resultados BACP-3 a BACP-7	77
4.4.6	Evaluación cruzada de resultados	80
4.5	Establecimiento de la propuesta final de modelo	87
4.5.1	Clasificación de resultados	87
4.5.2	Propuesta final del modelo	91

4.6 Comparación con planes vigentes UPAEP	92
4.7 Conclusión del capítulo	96

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
--------------------------------------------	----

REFERENCIAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de Tyler	14
Figura 2. Esquemas de estructuración curricular	21
Figura 3. Solución lineal vs. solución entera	27
Figura 4. Árbol decisional de B&B	29
Figura 5. Cortes de Gomory	30
Figura 6. Árbol decisional del algoritmo aditivo	32
Figura 7. Modelo de Castro y Manzano	37
Figura 8. Modelo híbrido ILP-CP	39
Figura 9. Modelo base o BACP-0	42
Figura 10. Modelo BACP-1	45
Figura 11. Parámetros de Modelo BACP-2	46
Figura 12. Restricciones ajustadas para BACP-2	46
Figura 13. Modelo BACP-2	47
Figura 14. Modelo BACP-3	49
Figura 15. Modelo BACP-4	53
Figura 16. Modelo BACP-5	54
Figura 17. Modelo BACP-6	56
Figura 18. Modelo BACP-7	58
Figura 19. Variables de la propuesta final o BACP-7	96
Figura 20. Modelo de la propuesta final o BACP-7	97
Figura 21. Relación esquemas-sistematización	99

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Rendimientos de modelos BACP en Prob030-8	69
Gráfica 2. Rendimientos de modelos BACP en Prob030-10	70
Gráfica 3. Rendimientos de modelos BACP en Prob030-12	70
Gráfica 4. Rendimientos de modelos BACP en Ici-06	70
Gráfica 5. Rendimientos de modelos BACP en Iag-03	71
Gráfica 6. Rendimientos de modelos BACP en Ima-03	71
Gráfica 7. Rendimientos de modelos BACP en Ind-06	71
Gráfica 8. Rendimientos de modelos BACP en Iqm-06	72
Gráfica 9. Rendimientos de modelos BACP en Prob030-8	78
Gráfica 10. Rendimientos de modelos BACP en Prob030-10	78
Gráfica 11. Rendimientos de modelos BACP en Prob030-12	78
Gráfica 12. Rendimientos de modelos BACP en Ici-06	79
Gráfica 13. Rendimientos de modelos BACP en Iag-03	79
Gráfica 14. Rendimientos de modelos BACP en Ima-03	79
Gráfica 15. Rendimientos de modelos BACP en Ind-06	80
Gráfica 16. Rendimientos de modelos BACP en Iqm-06	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del modelo de Castro y Manzano	38
Tabla 2. Resultados del modelo en Hnich <i>et al.</i>	39
Tabla 3. Resultados de modelo de Lambert <i>et al.</i>	40
Tabla 4. Modelos BACP según criterios de balance	52
Tabla 5. Elementos BACP-4 con respecto a BACP-3	52
Tabla 6. Elementos BACP-5 con respecto a BACP-3	54
Tabla 7. Elementos BACP-6 con respecto a BACP-3	55
Tabla 8. Elementos BACP-7 con respecto a BACP-3	57
Tabla 9. Características generales de los planes de muestra	60
Tabla 10. Dimensiones y variables del instrumento	62
Tabla 11. Características complementarias de los programas	63
Tabla 12. Resultados del BACP-0 en planes de muestra	65
Tabla 13. Resultados del BACP-1 en planes de muestra	66
Tabla 14. Resultados del BACP-2 en planes de muestra	67
Tabla 15. Resultados del BACP-3 en planes de muestra	68
Tabla 16. Concentrado de iteraciones BACP-0 a BACP-3	68
Tabla 17. Concentrado de tiempos BACP-0 a BACP-3	69
Tabla 18. Resultados del BACP-4 en planes de muestra	73
Tabla 19. Resultados del BACP-5 en planes de muestra	74
Tabla 20. Resultados del BACP-6 en planes de muestra	75
Tabla 21. Resultados del BACP-7 en planes de muestra	76

Tabla 22. Concentrado de iteraciones BACP-3 a BACP-7	77
Tabla 23. Concentrado de tiempos BACP-3 a BACP-7	77
Tabla 24. Carga académica de Prob030-8 por propuesta	81
Tabla 25. Evaluación cruzada de Prob030-8 por propuesta	81
Tabla 26. Carga académica de Prob030-10 por propuesta	82
Tabla 27. Evaluación cruzada de Prob030-10 por propuesta	82
Tabla 28. Carga académica de Prob030-12 por propuesta	83
Tabla 29. Evaluación cruzada de Prob030-12 por propuesta	83
Tabla 30. Carga académica de Ici-06 por propuesta	83
Tabla 31. Evaluación cruzada de Ici-06 por propuesta	84
Tabla 32. Carga académica de Iag-03 por propuesta	84
Tabla 33. Evaluación cruzada de Iag-03 por propuesta	84
Tabla 34. Carga académica de Ima-03 por propuesta	85
Tabla 35. Evaluación cruzada de Ima-03 por propuesta	85
Tabla 36. Carga académica de Ind-06 por propuesta	85
Tabla 37. Evaluación cruzada de Ind-06 por propuesta	86
Tabla 38. Carga académica de Iqm-06 por propuesta	86
Tabla 39. Evaluación cruzada de Iqm-06 por propuesta	86
Tabla 40. Concentrado de valores cruzados	87
Tabla 41. Clasificación de modelos BACP de Prob030-8	88
Tabla 42. Clasificación de modelos BACP de Prob030-10	88
Tabla 43. Clasificación de modelos BACP de Prob030-12	89
Tabla 44. Clasificación de modelos BACP de Ici-06	89

Tabla 45. Clasificación de modelos BACP de Iag-03	90
Tabla 46. Clasificación de modelos BACP de Ima-03	90
Tabla 47. Clasificación de modelos BACP de Ind-06	91
Tabla 48. Clasificación de modelos BACP de Iqm-06	91
Tabla 49. Comparativo de distribuciones Iag-03	93
Tabla 50. Comparativo de distribuciones Ici-06	94
Tabla 51. Comparativo de distribuciones Ima-03	94
Tabla 52. Comparativo de distribuciones Ind-06	95
Tabla 53. Comparativo de distribuciones Iqm-06	95

RESUMEN

El problema de balancear un plan de estudios, un producto final del proceso de diseño curricular, puede ser considerado como un problema de optimización, ya que se desea que la carga de asignaturas del plan de estudios esté distribuida lo más uniformemente posible. En este trabajo se describe el ámbito del problema, se explora un conjunto de modelos alternos de programación lineal entera, se estudian sus principales componentes, restricciones y función objetivo, y se lleva a cabo el análisis de sus resultados. Esta evaluación se realiza sobre la base de aplicar los modelos a un conjunto de planes de estudios definidos. Finalmente, el estudio establece cuáles son los componentes que generan un modelo más eficiente y rápido para resolver, con la mejor calidad de solución.

ABSTRACT

The Balanced Academic Curriculum Problem, known as BASC, a final product of the curricular design process, can be considered as an optimization problem, since the load of courses of a study plan should be uniform distributed as possible, subject to load restrictions, as well as of prerequisites and locations. In this work the framework of the problem is described, a set of alternative models are explored, the main components are analyzed, and an alternative integer linear programming model is proposed. This model includes additional aspects that are presented in real problems. Later, this model was applied to a set of curriculums in a university, and the solution of the model was compared with the current distribution of the referred set. Finally, possible extensions and additional aspects were suggested to study in the future.

INTRODUCCIÓN

Desde hace años, la educación constituye un elemento indispensable en los planes de desarrollo de los países, debido a que forma valores y crea identidades, promueve el dominio de habilidades básicas, y permite desarrollar conocimientos científicos y tecnológicos. La competencia entre instituciones de educación superior (IES), sobre todo entre las instituciones privadas, es cada vez mayor debido al deseo de aumentar y diversificar su oferta educativa. Los clientes, es decir, los usuarios de las IES, tienen diversas necesidades y exigen calidad académica y a la vez esquemas que les faciliten el aprendizaje. Además, en ocasiones las IES encuentran competencia adicional en organizaciones que, bajo el esquema de *certificaciones*, ofrece alternativas atractivas para un determinado grupo de estudiantes o profesionistas. Por otro lado, la globalización hace que aquellos interesados tengan la posibilidad de elegir instituciones que se encuentren en cualquier parte del mundo, aumentando así la competencia. Las tecnologías de la información y las comunicaciones, más allá de las acepciones tradicionales didácticas, suponen un cambio ya que afectan la estructura del espacio social y educativo. Estos aspectos, si bien pueden parecer amenazantes, fueron descritos por Porter en 1979 como fuerzas que influyen en la estrategia competitiva de una empresa, determinando las consecuencias de su desempeño a largo plazo. Las fuerzas se combinan con otras variables para crear otra fuerza, el nivel de competencia en una industria o, en este caso, del sector educativo.

Así, el desarrollo de estructuras y planes curriculares de manera organizada y sistematizada es un aspecto estratégico – y vital – para las IES y sus *stakeholders*:

- Para la IES: favorece la departamentalización y sus consecuentes ahorros en costos, así como facilita concordar y obtener requisitos de acreditación.

- Para los alumnos: una buena distribución de planes de estudio permite planear las cargas y los esfuerzos académicos.
- Para los padres de familia: la carga de asignaturas y créditos de los planes permite planear los esfuerzos, financieramente sobre todo. Adicionalmente, permite – tanto al aspirante como a sus familias – comparar planes y programas.
- Para la sociedad: permite a los planes ajustarse de mejor manera a las necesidades de la sociedad, de manera que los egresados puedan insertarse fácilmente en ésta.

El surgimiento de nuevos planes y programas, la rivalidad existente entre programas e IES, el poder de los proveedores de servicios educativos, el poder de los clientes, la amenaza de sustitutos, constituyen un reto a la hora de desarrollar nuevos programas académicos, o cuando se realizan revisiones de programas vigentes.

Por otro lado, el área de Investigación de Operaciones, que se ha venido desarrollando desde principios del siglo XX, ha cobrado cada vez mayor importancia en el desarrollo de modelos cuantitativos para la toma de decisiones, especialmente con el advenimiento y mejora de las computadoras. Una razón de este desarrollo es que en nuestra sociedad contemporánea, el ambiente político, económico, tecnológico y los factores competitivos interactúan en una forma muy compleja. En términos más fundamentales, las dificultades y complejidades de la toma de decisiones se deben en general a, entre otros aspectos, la inconsistencia de valores y metas con respecto a la organización de los responsables de la decisión, sus creencias, actitudes de riesgo y poco conocimiento de la situación; los recursos limitados y la capacidad de organización y su gente; la complejidad de la situación transitoria, la naturaleza múltiple de las metas y objetivos que se intentan lograr; el número de alternativas posibles que se deben escoger, los eventos o estados posibles múltiples que pueden ocurrir, las posibles consecuencias que pueden resultar cuando se toma una acción y ocurre un conjunto de eventos; y la interacción de las decisiones hechas por diferentes tomadores de decisión.

La Investigación de Operaciones, que forma parte del enfoque científico en la toma de decisiones, proporciona beneficios tales que quienes toman las decisiones tengan un conjunto de conceptos y herramientas que los capacitan para tomar decisiones de manera lógica, consistente y con tanta precisión como sea posible, y suministra a quienes toman las decisiones una visión mejorada del proceso de toma de decisiones, donde la formalización y la cuantificación del problema facilitan la comunicación y la coordinación. De esta manera, las preferencias divergentes y la información entre individuos puede reconciliarse y las decisiones se pueden coordinar. Además, la formalización facilita el desarrollo de mejores sistemas de planeación organizacional, control y operación. Finalmente, sirve para mantener registros, que es de gran valor histórico y corriente; así los gerentes pueden seguir el desarrollo de un sistema y las revisiones del mismo se pueden efectuar más fácilmente.

En el ámbito del desarrollo de planes de estudio, si bien la gran mayoría de los procesos y aspectos están orientados al ámbito pedagógico, tales como el desarrollo, formulación y puesta en práctica de procesos y herramientas de enseñanza y aprendizaje, existe un conjunto de aspectos que pueden ser abordados con un enfoque cuantitativo. Así, los modelos de optimización y de toma de decisiones pueden tener cabida en ciertos *problemas* que los expertos en pedagogía y diseño de currículum pueden aprovechar. Después de todo, los problemas de *búsqueda de una solución bajo un conjunto de restricciones* son recurrentes en una gran cantidad de ámbitos.

Por la razón anterior, es importante desarrollar modelos y métodos de representación y solución de este tipo de problemas de búsqueda de soluciones, tanto para sistematizar y explorar escenarios o alternativas de solución como para proporcionar herramientas para la integración de sistemas de soporte para la toma de decisiones. Estos métodos y modelos de solución podrán así ser incorporados a los sistemas de soporte para la toma de decisiones de las instituciones que así lo consideren.

Así, este trabajo busca aportar una solución cuantitativa para un problema de esta naturaleza: la distribución de un plan de estudios, donde el propósito es encontrar la mejor ubicación de asignaturas o cursos a periodos académico, sujeto a un conjunto de limitaciones surgidas de las características propias del plan académico.

Por último, queda recordar que el uso de estas herramientas ayudará a los especialistas del área docente a reforzar características esenciales de toda organización moderna: poder examinar las relaciones funcionales, que le dará una visión sistémica de la situación; la utilización de grupos interdisciplinarios, tiene la ventaja de que reconoce que la mayor parte de los problemas tienen múltiples aspectos tales como económicos, físicos, psicológicos, sociológicos, estadísticos y de ingeniería; y el uso del método científico, ya que tendrá a su alcance modelos que representan la estructura del sistema, los cuales podrá manipular y analizar.

CAPÍTULO 1

PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En el sector educativo, una de las principales preocupaciones de las instituciones de educación superior (IES) es el proporcionar las herramientas y los procesos necesarios para que el egresado pueda desempeñarse con éxito, ya sea dentro de la sociedad o en el nivel superior de educación al cual se dirija. El principal instrumento para llevar a cabo los procesos de transformación y modernización de las sociedades es la educación, y dentro de ella las IES son una fuente primordial (Casas, 2005).

En las IES, al ser para una gran cantidad de personas una opción para acceder a mejores oportunidades en la vida, deben preocuparse porque el egresado pueda obtener las competencias – entendidas éstas como la capacidad de actuar desde lo que la persona es, con sus valores y actitudes, haciendo algo con lo que sabe (Checcia y Fernández, 2005) – para estar a la par de egresados de otras instituciones, en cualquier ámbito.

Para poder tener un mejor aprovechamiento de los recursos, tales como profesores, laboratorios, o aulas, muchas universidades trabajan a través del esquema de departamentalización. Esto es, que las asignaturas de un área determinada, que se imparten en varias carreras, así como los planes de estudio relacionados son administrados por entidades específicas: los departamentos. Así, todo funciona como una estructura matricial, donde los departamentos se coordinan con los responsables de los programas de estudio para la determinación de la oferta de cursos durante cada ciclo académico (Acosta, 2005).

De acuerdo a las necesidades estratégicas de las IES, es necesario establecer revisiones periódicas de los planes y programas de estudio, a fin de que éstos sean actuales y respondan a la dinámica de los cambios actuales. Si bien hay ocasiones en que se puede realizar la revisión de la currícula de algún o algunos programas académicos en particular, también hay veces en que la necesidad es llevar a cabo revisiones periódicas de grandes grupos de planes de estudio de la institución.

Para Acuña y Vega (1978), citados en Díaz *et al.* (1992), el proceso de diseño curricular consta de:

- El estudio de la realidad social y educativa,
- El establecimiento de un diagnóstico y un pronóstico con respecto a las necesidades sociales,
- La elaboración de una propuesta curricular como posibilidad de solución de las necesidades advertidas, y
- La evaluación interna y externa de la propuesta.

De forma tal que, para poder llevar a cabo una revisión – o rediseño – del plan de estudios de un programa de manera armónica, es necesario que los departamentos involucrados realicen actividades conjuntas que incluyen, entre otras:

- Diagnóstico de necesidades y estudios de mercado.
- Definición de perfiles y campos de aplicación.
- Estudio de organismos acreditadores y sus requerimientos.
- Análisis de requerimientos internos y externos – laboratorios, equipo y personal especializado, herramientas de enseñanza/aprendizaje –.
- Recopilación y envío de documentos a los organismos rectores.

Estas actividades se realizan, además, de acuerdo a las normativas proporcionadas por los gobiernos regionales, estatales y del país, que regulan la actividad educativa.

Así, el proceso de rediseño o revisión curricular involucra a una gran cantidad de actores y entidades, tanto dentro como fuera de la institución. Los procesos que se llevan a cabo son también variados:

- Pedagógicos: modalidad del programa, actividades de enseñanza-aprendizaje.
- Administrativos: documentación de planes, generación de oficios.
- Las propias de cada carrera: definición de líneas curriculares, características de las asignaturas, plan de materias.
- Las de la institución en lo general: líneas y asignaturas institucionales.

Una actividad que, aún cuando se identifica como responsabilidad de los administradores de los planes de estudio, pero que tiene impacto en varios departamentos o unidades académicas, es la del diseño del plan de materias. Esta actividad ilustra el periodo, o ciclo, en que se impartirán cada una de las diferentes asignaturas o unidades de estudio.

Con respecto a esta actividad, autores como Arnaz (1989) solamente indican “que un plan debe tener una secuencia y organización tal que se facilite aprender lo complejo a partir de lo simple, así como integrar en un todo coherente, sistemático, el conjunto de aprendizajes que se adquiera”. Casarini (1999) propone que esta estructura debe ser específica, e identifica formas de organización básicas: plan lineal, plan modular y plan mixto. Así, a pesar de que se reconoce que un plan de materias debe ser específico, autores en pedagogía no abordan el asunto de cómo hacerlo específico.

Por tanto, el ubicar cada asignatura en el lugar indicado en cada nuevo o rediseñado plan de materias, llamado aquí problema de balance curricular, es un problema que puede abordarse mediante un enfoque de optimización, dada la existencia de restricciones de ubicación y de criterios para elegir configuraciones capaces de ser expresados en términos cuantitativos.

Así, se tiene entonces un problema que puede llegar a ser de gran impacto – el balance de planes de estudios, con una gran cantidad de asignaturas y restricciones – que pudiendo serlo, no ha sido abordado profusamente con un enfoque de optimización.

1.2 Propósito de la investigación

Actualmente, hay poca evidencia de que el problema de balancear un plan de estudios se haya abordado cuantitativamente de manera específica y sistemática. Existen actividades posteriores al diseño de planes de estudio que han sido abordadas desde la perspectiva de optimización, como es el caso del problema de Timetabling, descrito por Carrasco y Pato (2004) como una actividad de calendarización que ocurre al menos una vez al año en las instituciones educativas y consiste en programar cursos, exámenes o maestros de manera óptima y así evitar traslapes y otras restricciones. Se han aplicado diversas heurísticas para su solución, tales como el Tabu Search (López-García y Posada-Bolívar, 2004).

De manera más sencilla y para propósitos didácticos, en la literatura se reportan el estudio y análisis de problemas similares de elección o calendarización, a manera de ejercicios o problemas a resolver. En estos casos el tamaño de los modelos resultantes es más bien pequeño, de menos de 15 variables, y es posible resolverlos con software de tipo académico (Winston, 1991, Wolsey, 1998).

Por lo expresado anteriormente, el propósito de este trabajo es el de coadyuvar a mejorar la distribución de las asignaturas en los planes de estudio mediante el enfoque cuantitativo y – en relación a la UPAEP – sentar las bases para el desarrollo de una herramienta computacional para este propósito, que se integre a los DSS de la universidad.

1.3 Objetivo general

Desarrollar una metodología de optimización de balance curricular óptimo que definirá, para cada plan de estudios, en qué ciclo académico deberá estar cada asignatura (distribución vertical), de cada línea curricular (distribución horizontal), de cada entidad que la administra (distribución transversal), cumpliendo con las restricciones y requisitos, institucionales y departamentales, de todos los involucrados en dicho plan de materias.

1.4 Objetivos específicos

- Definir las principales restricciones institucionales, departamentales y particulares, para los programas de estudio.
- Definir la función objetivo del balance curricular.
- Construir el modelo del balance curricular.
- Establecer una forma de resolver el modelo.
- Elegir y utilizar el software necesario para su solución e interpretación.
- Validar el modelo de balance curricular, aplicándolo a un caso práctico – caso UPAEP –.

1.5 Justificación de la investigación

Cuando se detecta la necesidad de realizar una evaluación curricular extensa, es decir, que afecta a una gran cantidad o todos los programas de una institución, la cantidad de trabajo de revisión/rediseño curricular crece de acuerdo al número de cursos y sus relaciones entre las currículas, puesto que la mayoría de los departamentos puede aprovechar la ocasión para evaluar o rediseñar las asignaturas a su cargo.

Como consecuencia de lo anterior, la gran mayoría de los planes de estudio se ven alterados o reemplazados por nuevos y surge el problema de balancear cada nuevo plan de materias. El ubicar cada asignatura depende de varios factores, entre los cuales se pueden contar:

- Los pre-requisitos duros: asignaturas que en el plan de materias se deben acreditar para poder tomar la siguiente.
- Los pre-requisitos suaves: asignaturas previas que, aunque en plan de materias no están ligadas formalmente, convendría que se acreditaran para que el alumno pueda tomar una asignatura determinada. Así, se puede plantear una ubicación deseada. El motivo generalmente es la relación entre temas de las asignaturas.
- Requerimientos institucionales: para algunas asignaturas que se consideran institucionales, se plantean asimismo ubicaciones convenientes.
- Requisitos internos para cada carrera: se pueden establecer ubicaciones convenientes para cada asignatura. Dichas ubicaciones están en términos tanto del tipo de asignatura – básica o profesional (Castro, 2000) – como con relación a la línea curricular a la cual pertenece dentro del programa.
- Requisitos de los departamentos: los departamentos que administran las asignaturas pueden tener recomendaciones para ubicar dichas asignaturas en los planes.

En lo general, la ubicación de las asignaturas en cada uno de los planes de estudio se hace sobre la base de prueba y error. En general, se desea que la distribución de asignaturas a lo largo del plan de materias siga una determinada conducta, donde por lo general los criterios para realizar esta distribución se basan en el número de asignaturas o créditos por semestre, ya sea en general o atendiendo a líneas curriculares. Sin embargo, este enfoque es reduccionista y no sistemático, pues no hay forma de saber si la distribución resultante es la mejor.

1.6 Alcances y limitaciones

Para esta investigación, se tendrán los siguientes:

Alcances

- Los programas académicos sujetos de estudio serán los pertenecientes a los planes académicos de las licenciaturas.
- Si bien el estudio se avocará principalmente a los requisitos duros, se abordarán los principales requisitos suaves para cada plan, especialmente los de mayor orden.

Para el caso UPAEP

- La base de los datos serán las versiones 2007 UPAEP de los planes de estudio.

Limitaciones

- El estudio partirá de que cada plan de materias ya tiene definidas sus asignaturas. No se abarca de ninguna forma el proceso curricular del cómo se llegaron a esas asignaturas, ni cuestiona su contenido o su aportación a los objetivos del plan académico.
- No se incluirán programas de posgrados o especialización, debido a que manejan diferentes esquemas o modalidades.
- No se incluirán licenciaturas abiertas o a distancia, debido a su modalidad.

Para el caso UPAEP

- Solamente se tomarán en cuenta licenciaturas ofrecidas en UPAEP Campus Central (Puebla).
- Debido a que cuando se inició este trabajo ya había concluido el rediseño curricular 2006-2007, las conclusiones de este trabajo no podrán aplicarse a este evento, aunque dará pauta para una mejor construcción de currículas para futuros procesos de rediseño.

1.7 Resultados esperados

Al haber pocos estudios de esta naturaleza en el sector educativo, este trabajo contribuye significativamente en:

- Desarrollar un modelo cuantitativo a un proceso que generalmente, por costumbre o por considerarse la parte final de un fuerte proyecto de índole curricular, no se le toma mucha importancia y se tiende a realizar de manera informal.
- Proporcionar una herramienta para mejorar la distribución de las asignaturas en los planes de materias.
- Ayudar a planificar la oferta de las asignaturas para cada ciclo académico de la institución que la aplique.
- Al sistematizar la actividad de búsqueda de una adecuada distribución de asignaturas, se reduce así el tiempo de ejecución de ésta.
- Generar herramientas que permitirán apoyar al proceso de rediseño curricular de nuevos planes de estudio.
- Además, esta investigación generará un conocimiento específico que puede aprovecharse en la elaboración de software para beneficio para de las instituciones educativas que se interesen.

1.8 Organización de la tesis

En el capítulo 1 se presentaron los aspectos relativos al propósito y organización de la investigación: el planteamiento del problema, que describe el entorno del mismo; el propósito de la investigación, que da las razones del para qué se hará ésta; el objetivo general, que define a lo que se desea llegar con el estudio; la justificación, en forma de beneficios hacia la organización y su manera de trabajar; los alcances y limitaciones, que establecen las fronteras espaciales y temporales del trabajo.

En el capítulo 2 se presenta el marco teórico, con los conceptos fundamentales para soportar el presente trabajo, divididos fundamentalmente en: currículo y diseño curricular, que establece las bases conceptuales de currículum y diseño curricular, así como su interpretación y uso por parte de la UPAEP; optimización, que explora su significado, sus técnicas y métodos, así como sus categorías de modelos y principales aplicaciones; el problema del balance de planes de estudio, que documenta los esfuerzos de trabajos anteriores con respecto a esta problemática.

En los capítulos 3 y 4 se lleva a cabo la metodología para el estudio y desarrollo del modelo y su solución, así como la recolección de la información necesaria para su validación mediante su aplicación a planes existentes. En el Capítulo 3 se analizan las principales propuestas de trabajos previos, y se establecen los modelos a ser evaluados. En el Capítulo 4 se realiza la evaluación de los modelos, mediante su aplicación a un conjunto de planes de estudio, para determinar qué modelo es el que mejores resultados proporciona.

En el capítulo 5 se realiza la conclusión de trabajo y las recomendaciones, respondiendo a los objetivos establecidos en este capítulo.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Educación, currículum y diseño curricular

2.1.1 La Educación y su papel en el desarrollo

El sector educativo es un motor importante en las sociedades, tanto para su desarrollo cultural como para su economía y competitividad como país. Así lo ha reconocido Porter (1990) quien considera que, para la creación de valor en el entorno competitivo nacional, debe haber contacto entre las empresas y las instituciones de educación. Este contacto se puede lograr de formas tales como el envío de personal a estudiar en instituciones educativas, proveerles de apoyo financiero, trabajar conjuntamente con las instituciones para desarrollar planes de estudio reconocidos, o mediante trabajo conjunto entre catedráticos y directivos para explorar áreas de oportunidad, o la realización de trabajo coordinado entre instituciones – o departamentos – para reforzarse entre sí, e incrementar su competitividad (Curran, 2000).

Trejo *et al.* (1992) reconocen que existe una interrelación entre la educación y el crecimiento económico, vía la introducción del cambio tecnológico. Este cambio no sólo está compuesto por las innovaciones, sino que también se conforma por la calidad de la mano de obra. Así, la educación es una inversión tan, o más, rentable que la inversión en capital físico, especialmente en los países en vías de desarrollo. Además, la educación constituye el principal vehículo de movilidad social, puesto que permite a los individuos acceder a mejores oportunidades de desarrollo profesional y personal.

Para Padua (1993) cierto tipo de industrialización es posible en condiciones de dependencia tecnológica. Sin embargo, reconoce que la independencia tecnológica es un factor clave en el desarrollo de las sociedades, siendo necesario fortalecer programas educativos conducentes a superar el problema de la dependencia tecnológica. Las estrategias de industrialización requieren del desarrollo de planes y programas educativos necesarios para lograrlo.

Las tecnologías de información y comunicación han desempeñado un papel fundamental en la configuración de las empresas y las sociedades. Éstas son utilizadas de modo creciente como entornos a través de los cuales tendrán lugar procesos de enseñanza-aprendizaje (Area, 2001). El desarrollo tecnológico permite, además, la oportunidad de diversificar la cobertura de la educación, mediante esquemas para la *liberación* de ciertas tareas que realizan las personas (Mcanally-Salas *et al.*, 2006). Esto permite la oportunidad de ampliar la oferta de planes académicos y alternativas educativas. También, se ponen a prueba paradigmas de enseñanza y aprendizaje, debido a estos procesos de cambio e innovación.

2.1.2 Currículum

Autores como De-Alba (2002) definen, de manera general, que por currículum se entiende a la síntesis de elementos culturales – conocimientos, valores, costumbres, creencias, hábitos – que conforman una propuesta político-educativa, pensada e impulsada por diversos grupos y sectores sociales, cuyos intereses pueden ser diversos y contradictorios.

El término ha sido usado desde hace años en la teoría de la educación como un marco conceptual para entender y determinar la educación y como ámbito y fenómeno de la realidad educativa (Robledo *et al.*, 2001). Otros autores lo han definido como un intento de comunicar los principios esenciales de una propuesta educativa de tal forma que quede abierta al escrutinio crítico y pueda ser traducida efectivamente a la práctica, estableciendo al currículum como un puente entre los principios y la práctica educativos (Kemmis, 1998).

De manera más puntual, Fernández y Sarramona (1987) citados en Barrera (1995) definen al currículum como una normativa oficial sobre la estructuración de los estudios a realizar por los alumnos en los diferentes niveles de la enseñanza, como un constructo formal que integra el marco general de prescripciones y orientaciones que legitiman el quehacer didáctico en la práctica de la enseñanza. Aspectos específicos tales como el diseño y la evaluación de los programas pertenecen al espacio de la definición del currículum.

El concepto de currículum ha cambiado a lo largo del tiempo, desde su conceptualización sobre la base de los principios de la administración científica, hasta las ideas actuales, donde existe la necesidad de generar innovación en el campo educativo (De-Alba, 2002). Las discusiones sobre el tema también han generado conceptos tales como *currículum oculto* que es – según Arciniegas (1998) citado en Casarini (1999) – el proveedor de enseñanzas encubiertas, latentes, no explícitas, o *currículum paralelo*, que viene a ser todas aquellas actividades complementarias y de apoyo al *currículum formal*: ampliación y mejora del currículum escolar, uso de nuevas tecnologías, educación para el ocio y tiempo libre, uso didáctico de nuevas fuentes documentales, campañas/conmemoraciones/días festivos, preparación de personal no docente (Rico, 1998).

En cuanto al formal, Casarini (1999) identifica cuatro enfoques distintos del currículum:

- Como suma de exigencias académicas, haciendo énfasis en la función de transmisión y formación, así como en la planificación del aprendizaje.
- Como base de experiencias de aprendizaje planificadas, propiciadas tanto por el maestro como por la institución.
- Como sistema de producción tecnológico, donde el currículum se transforma en un documento en el que se especifican los resultados obtenidos en el sistema de producción (Barrera, 1995).
- Como puente entre teoría y práctica.

Parte del currículum lo conforman (Robledo *et al.*, 2001), entre otros: las intenciones educativas, los objetivos académicos, las actividades de aprendizaje, los medios de socialización, la misión y filosofía institucionales, las normas de disciplina de la institución, el plan de estudios, los temarios de las asignaturas. De éstos, algunos como el plan de estudios y los programas de los cursos representan la parte documental de un currículum (Casarini, 1999).

Para la UPAEP, currículum es la expresión operativa o documental de la filosofía educativa de una institución u organización. A través de su desarrollo se busca promover el desarrollo personal e intelectual de los educandos y fomentar el pensamiento crítico, creativo y auto-reflexivo (UPAEP, 2000).

2.1.3 Diseño curricular

El diseño curricular consta de un conjunto de actividades que forman parte de la formación de un currículum. En el caso de este trabajo el marco teórico se enfoca a los aspectos y conceptos principales, de currículum y diseño curricular, de forma general y tal como lo define la UPAEP. Algunas definiciones o explicaciones del término dadas por diversos autores son las siguientes:

Para Fuentes (1991) el diseño curricular es un sistema conceptual sobre el cual se basan las actividades específicas de la formación universitaria, como un *mapa del aprendizaje* que guía la práctica educativa.

Para Díaz-Barriga (1981) citado en Díaz *et al.* (1992), el diseño curricular es una respuesta no sólo a los problemas de carácter educativo, sino también a los de carácter económico, político y social.

Según Tyler (1970, citado en Cordero y Garduño, 2004), el diseño curricular debe responder a aspectos relacionados con los fines de la institución, las experiencias educativas para alcanzar esos fines, la manera de organizar esos fines, y el cómo comprobar si se han alcanzado los objetivos propuestos.

Las descripciones anteriores describen al diseño – o desarrollo – curricular como los procesos de elaboración y concreción del currículum. “Es un proceso dinámico, continuo, participativo y técnico” (Arredondo, 1981, citado en Díaz *et al.*, 1992). Al elaborar el currículum se ha de procurar que sea un buen instrumento, que sirva para algo valioso; los resultados de su utilización práctica pueden permitir confirmar si efectivamente el instrumento construido es adecuado o, por el contrario, necesita ser modificado o hasta sustituido (Arnaz, 1989).

En el caso de la UPAEP, el diseño curricular es concebido como el conjunto ordenado de fundamentos, métodos y técnicas, que es declarado como el medio más conveniente para hacer posible el logro de los objetivos educativos que persigue la institución, para con sus estudiantes y para con su propia identidad (Castro, 2000).

Sobre lo concerniente al establecer de qué pasos o etapas consiste el diseño curricular, a continuación se mostrarán las principales que consideran varios autores, donde las principales diferencias se centran en su amplitud – para cualquier nivel educativo u orientado a uno en específico –.

Acuña y Vega (1978) proponen, de manera general, que el proceso de diseño curricular contemple las siguientes fases:

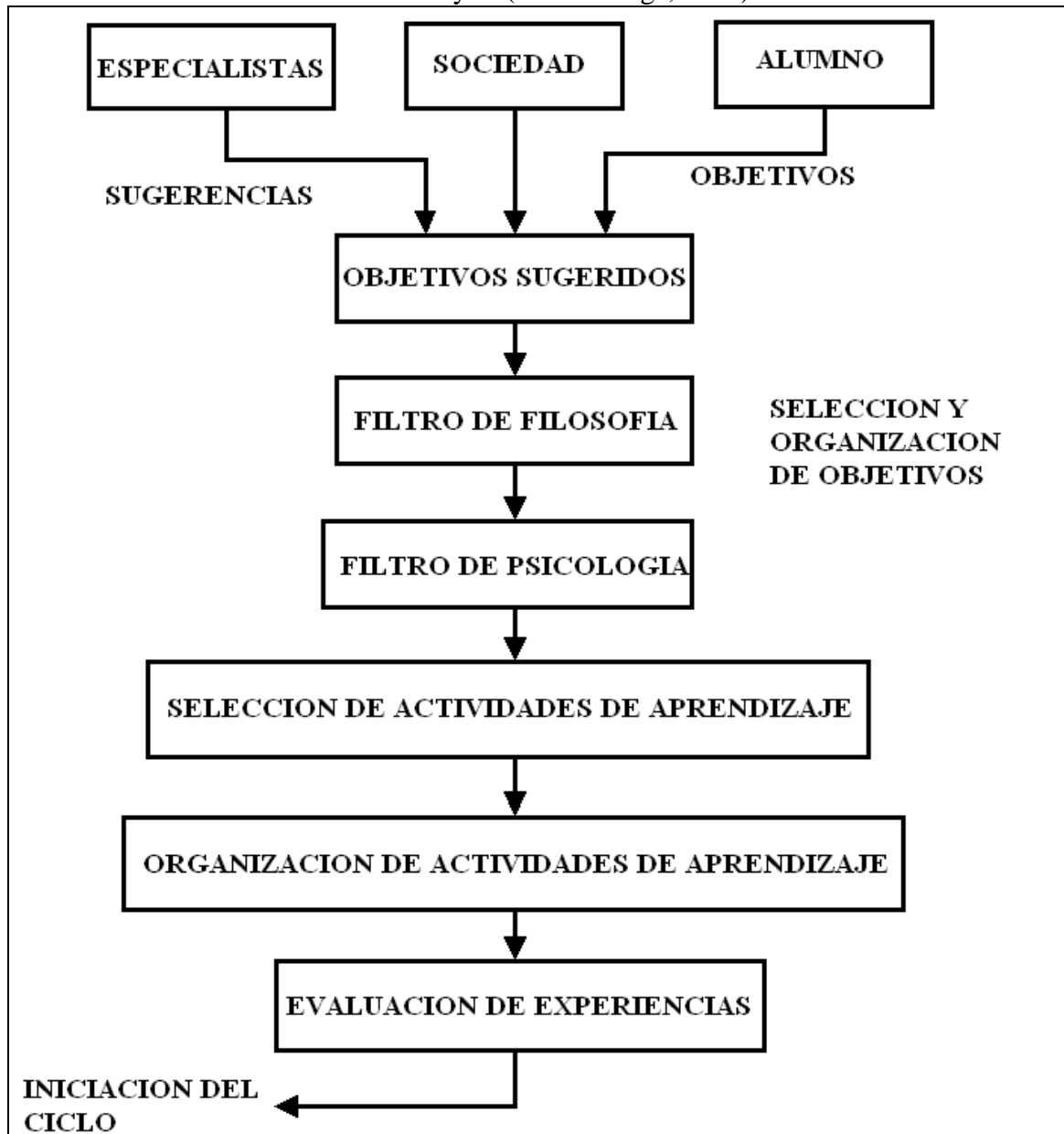
- Estudio de la realidad social y educativa.
- Establecimiento de un diagnóstico y un pronóstico con respecto a las necesidades sociales.
- Elaboración de una propuesta curricular como posibilidad de solución de las necesidades advertidas.
- Evaluación interna y externa de la propuesta.

Modelo de Tyler.

Para Tyler (1970, citado en Díaz-Barriga, 1990), las decisiones, en relación con el aprendizaje, que deben promoverse deben ser el resultado del análisis de diversas investigaciones: sobre los alumnos y sus necesidades, sobre la sociedad, los procesos culturales, sobre la función y el desarrollo de contenidos. A los resultados de estas investigaciones los denomina *fuentes*, indicando que ninguna fuente por sí sola puede brindar una base para la toma de decisiones. Estos fundamentos se traducirán en objetivos conductuales, los cuales se armonizarán por el paso a través de la filosofía y la psicología. A estos dos les denomina *filtros* y su fin es organizar objetivos filosóficamente coherentes y factibles.

El modelo propuesto por Tyler se puede representar esquemáticamente como se muestra en la Figura 1.

Figura 1
Modelo de Tyler (Díaz-Barriga, 1990)



Modelo de Taba

Según Taba (1976) citado en Díaz-Barriga (1990), para realizar el juicio ordenado que permita tomar decisiones en relación con los programas escolares, enumera siete pasos:

1. Diagnóstico de necesidades.
2. Formulación de objetivos.
3. Selección del contenido.
4. Organización del contenido.
5. Selección de las actividades de aprendizaje.
6. Organización de las actividades de aprendizaje.
7. Determinación de lo que se va a evaluar y las maneras de hacerlo.

Modelo de Arnaz

Según Arnaz (1989), los pasos y subpasos que llevan al desarrollo de un currículum son los siguientes:

1. Elaborar el currículum.
 - Formular los objetivos particulares.
 - Elaborar el plan de estudios.
 - Diseñar el sistema de evaluación.
 - Elaborar las cartas descriptivas.
2. Instrumentar el currículum.
 - Entrenar a los profesores.
 - Elaborar los instrumentos de evaluación.
 - Seleccionar y/o elaborar los recursos didácticos.
 - Ajustar el sistema administrativo al currículum.
 - Adquirir y/o adaptar las instalaciones físicas.
3. Aplicar y evaluar el currículum.
 - Aplicar el currículum.
 - Evaluar el currículum.

Para Arredondo (1981), citado en Díaz *et al.* (1992) en el desarrollo curricular se distinguen cuatro fases:

1. Análisis previo: analizar las características, condiciones y necesidades del contexto social, político, económico, educativo, del educando y de los recursos disponibles y requeridos.
2. Se especifican los fines y los objetivos educacionales con base en el análisis previo, se diseñan los medios, contenidos y procedimientos, y se asignan los recursos humanos, materiales, informativos, financieros temporales y organizativos, con la idea de lograr dichos fines.
3. Aplicación curricular: se llevan a la práctica lo diseñado.
4. Evaluación de la relación que tienen entre ellos los fines, los objetivos, los medios, los procedimientos y los recursos, y se evalúan la eficacia y eficiencia de los componentes para lograr los fines propuestos.

Las descripciones anteriores están básicamente orientadas a cualquier nivel educativo. En el caso particular de metodologías para diseño de currícula orientadas a algún nivel más específico, se tienen:

Propuesta de Díaz *et al.* (1992).

Proponen una metodología básica de diseño curricular para la educación superior, que consta de las siguientes etapas:

1. Fundamentación de la carrera profesional.

Investigación de las necesidades que serán abordadas por el profesionista.

Justificación de la perspectiva a seguir con viabilidad para abarcar las necesidades.

Investigación del mercado ocupacional para el profesionista.

Investigación de las instituciones nacionales que ofrecen carreras afines a la propuesta.

Análisis de principios y lineamientos universitarios pertinentes.

Análisis de la población estudiantil.

2. Elaboración del perfil profesional.

Investigación de los conocimientos, técnicas y procedimientos de la disciplina aplicables a la solución de problemas.

Investigación de las áreas en las que podría laborar el profesionista.

Análisis de las tareas potenciales del profesionista.

Determinación de poblaciones donde podría laborar el profesionista.

Desarrollo de un perfil profesional a partir de la integración de las áreas, tareas y poblaciones determinadas.

Evaluación del perfil profesional.

3. Organización y estructuración curricular.

Determinación de los conocimientos y habilidades requeridas para alcanzar los objetivos especificados en el perfil profesional.

Determinación y organización de áreas, tópicos y contenidos que contemplen los conocimientos y habilidades especificados anteriormente.

Elección y elaboración de un plan curricular determinado.

Elaboración de los programas de estudio de cada curso del plan curricular.

4. Evaluación continua del currículo.

Diseño de un programa de evaluación externa.

Diseño de un programa de evaluación interna.

Diseño de un programa de reestructuración curricular basado en los resultados de las evaluaciones anteriores.

Modelo UPAEP de diseño curricular (Villanueva, 2001).

En la UPAEP, para la realización del proyecto de rediseño curricular que se llevó a cabo en forma institucional para la generación de los planes de licenciatura 2001, el comité de diseño curricular de la institución presentó, en mayo del año 2000, el *modelo de diseño curricular*.

Este modelo consta de un conjunto de siete etapas que están enfocadas a cubrir las necesidades concretas de la UPAEP. Estos siete pasos son, de manera sintética, los siguientes:

1. **Fundamentación del plan de estudios.**
De acuerdo a la filosofía institucional, plasmados en el ideario, la misión y la visión de la universidad.
2. **Análisis del entorno.**
Análisis a nivel internacional, nacional, regional/estatal y local de la situación política, social, económica y cultural.
3. **Antecedentes y actualidad del programa.**
Historia del programa a revisar/proponer, fundación, eventos relevantes y cambios importantes hasta la actualidad.
4. **Perfil de ingreso.**
Establece las características deseables de todo aquel que desee ingresar al programa, en función de aptitudes, actitudes y valores.
5. **Perfil profesional.**
Características deseables de todo egresado del programa UPAEP, en función de aptitudes, actitudes y valores.
6. **Organización y estructura.**
En esta etapa se elabora el plan curricular (niveles, líneas curriculares, pre-requisitos) y los programas de estudio (objetivos, horas por tema/sección/unidad, formas de evaluación, recursos didácticos) de dicho plan.
7. **Requerimientos para la instrumentación.**
Determinación de condiciones físicas, de planta docente, software, instalaciones, alianzas y otros, que sea necesario llevar a cabo para instrumentar el programa.

2.1.4 Experiencias de rediseño curricular

Esencialmente, cuando una institución realiza un rediseño curricular, sea de un plan de estudios o de todos se obtiene, además de la documentación oficial que se entrega a las autoridades normativas, un conjunto de experiencias que no siempre son documentadas. También puede suceder que estas experiencias, al contener aspectos internos de la institución, no conviene que sean publicadas, al menos en su totalidad.

Sin embargo, en este trabajo se rescatan experiencias provenientes de diversas instituciones. A continuación se enlistan algunas de ellas, describiendo brevemente cada una:

- University of South Carolina – programas de Emprendedores en Artes (Beckman, 2007)

Aplicación de un estudio nacional consolidado para perfilar las mejores prácticas en la generación de programas de emprendedores en artes, y mejorar la comprensión sobre su estructura curricular, áreas de interés, y proyección. Incluye entrevistas a expertos, decisores y estudiantes sobre el tema para tener en claro el interés en estos programas emergentes.

- Universidad Central de Venezuela – programas en Información y Comunicación (Mastromatteo, 2005).

Este trabajo responde a las tendencias actuales del campo curricular, y constituye un punto de partida para el debate de futuros estudios. Como consecuencia del estudio, se encontró con que el profesional de la información ha visto que sus roles se han modificado, como consecuencia del proceso de revisión curricular. El plan de estudios fue planificado en concordancia con las bases y perfiles establecidos. Además, la estructura del plan de estudios contempla contenidos relativos a fundamentos teóricos, gestión, fuentes y recursos, tecnologías. Finalmente, proponen posibles nuevos planes, relativos al área de la informática.

- Universidad de Guadalajara – modificación para la departamentalización (Acosta, 2005).

Este trabajo consiste en una exploración realizada desde la perspectiva del análisis de cambio institucional, y evalúa este cambio, ocurrido en el periodo 1994-2005. Se analizan en este trabajo algunos de los resultados y condiciones operativas de los departamentos y planes de estudio de la universidad. La principal conclusión obtenida en este trabajo es que es necesario fortalecer no solamente los procesos de evaluación, sino también la identificación de nuevas oportunidades para el desarrollo de planes curriculares.

- Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela – posgrado en Estrategias de Aprendizaje (De La Cruz, 2004).

Este estudio se centró en evaluar el diseño curricular del programa de Posgrado en Estrategias de Aprendizaje, a nivel de especialización y maestría, y determinar su formulación, estructuración y relación de los elementos que lo integran. Dentro de los resultados se destacan que el diseño curricular cumple con los elementos requeridos. Sin embargo, el diseño curricular satisface las expectativas de formación a nivel de especialización, pero a nivel de maestría presenta debilidades en algunos componentes.

- University of Michigan – estudio de programas en Psicología (Friedrich *et al.*, 2000).

Consta de una investigación de programas de psicología en los Estados Unidos, en cuanto a su estructura y perfil. Los resultados revelaron una gran diversidad en enfoques y ofertas. Se discutieron opciones de secuenciación de cursos, enfoques de éstos, y las ofertas de temas avanzados y de especialización.

- Universidad de Buenos Aires – programas de Ingeniería (Glas *et al.*, 1998).

Partiendo del proyecto educativo institucional para los estudiantes, la Facultad de Ingeniería desarrolló y adaptó sus programas del estudio de acuerdo al desarrollo tecnológico, las demandas sociales y los desafíos de la producción. Se documentaron las nuevas estructuras de planes de estudios, se definieron la duración de cursos y planes de ingeniería, se ajustaron los créditos, y se estructuraron las asignaturas.

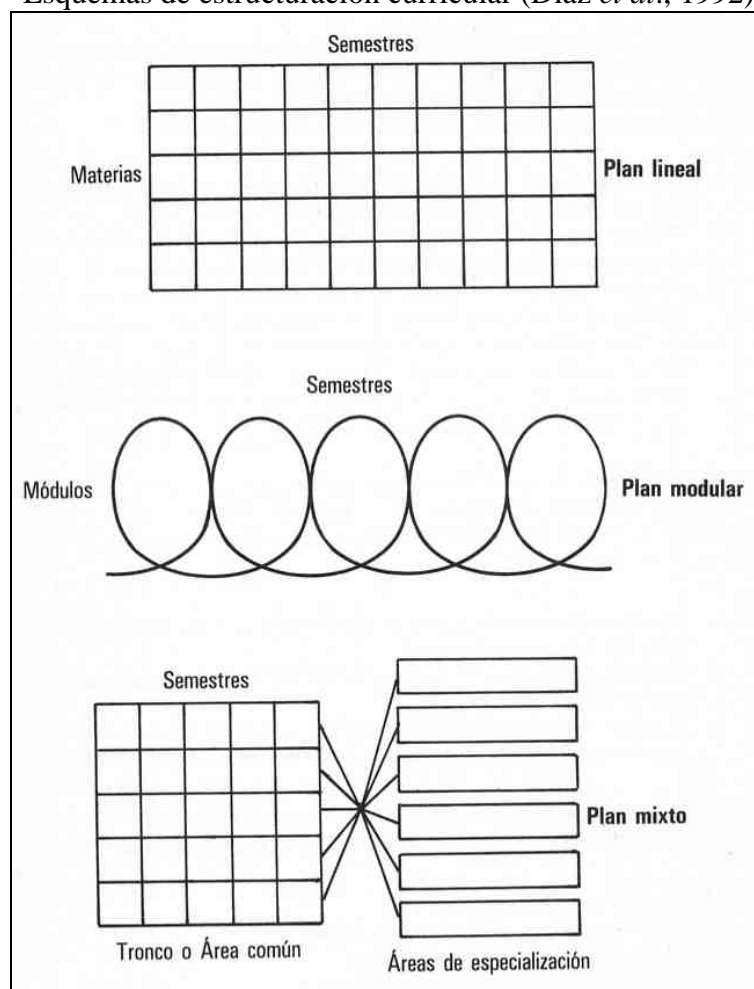
2.1.5 Plan curricular

El plan curricular, identificado por algunos autores como *pensum* (Cañas y Saxe, 2005) se puede conceptualizar como la forma en que están estructurados los contenidos en el currículo (Díaz *et al.*, 1992), donde el tipo de plan que se adopta depende de ciertas consideraciones:

- Los lineamientos que determine la institución.
- Si se trata del rediseño de un plan o el diseño de uno nuevo.
- Los recursos materiales, humanos y temporales de que se dispone.

Las estructuras de planes curriculares más comunes son el plan lineal, el plan modular y el plan mixto. La Figura 2 proporciona una representación de los tres tipos de esquemas básicos de organización curricular.

Figura 2
Esquemas de estructuración curricular (Díaz *et al.*, 1992)



A continuación se hace una breve descripción de estas estructuras.

- **Plan lineal.**

De acuerdo con Casarini (1999), comprende una organización horizontal y vertical de los contenidos estructurados en unidades, materias o asignaturas. La ventaja de esta organización consiste en la posibilidad de profundizar en los conocimientos a partir de la selección requerida por la materia o asignatura. La principal desventaja radica, según Panzsa (1981) citado en Díaz *et al.* (1992), en la fragmentación del conocimiento, ya que puede caer en una concepción mecanicista del aprendizaje humano.

- Plan modular.

Se busca, a través de módulos, otorgarle integración al currículum (Casarini, 1999). Con el plan modular se pretende basarse en una concepción que considera al conocimiento como un proceso de acercamiento progresivo, en el cual la teoría y práctica se vinculan (Panzsa, 1981, citado en Díaz *et al.*, 1992). El punto fuerte de esta organización es la idea de la totalidad – de lo simple a lo complejo –. El punto débil lo constituye la amenaza de la superficialidad, puesto que la integración de los contenidos se puede lograr en detrimento de la profundización de éstos.

- Plan mixto.

Comparte características de los anteriores. Una de sus ventajas es que permite al alumno especializarse en un área particular de una disciplina o profesión. Si lo anterior es conveniente, o no, a un cierto nivel educativo es discutible, y existen controversias al respecto (Díaz *et al.*, 1992).

El plan más comúnmente adoptado en las instituciones de enseñanza superior es el plan lineal o por asignaturas, entendiendo por asignatura el conjunto de contenidos referidos a uno o más temas relacionados, los cuales se imparten durante un periodo.

Si bien no existen guías precisas para establecer un plan de estudios, se reconoce que existen categorías de cursos, tales como de tronco básico, profesional y terminal (Castro, 2000). Estas categorías pueden dar guías de cómo ubicar estos cursos a lo largo del plan de estudios. Así, la estructura de un plan de estudios debe ser específica (Casarini, 1999), donde esta especificación puede recaer en un comité avalado por los maestros, como parte de la tarea o responsabilidad del claustro docente, o una mezcla de ambos.

Por otro lado, una de las principales formas de *medir* una materia o asignatura es mediante el concepto de crédito. El crédito es la valoración cuantitativa de los contenidos curriculares, que permiten observar congruencia e integridad del plan de estudios (Castro, 2000). Adjudicar un determinado número de créditos debe ser consecuencia de analizar el peso de un curso en el plan de estudios y sus características.

2.2 Optimización

El contenido de esta sección trata tanto de los conceptos generales de optimización como de los enfoques particulares usados en este trabajo.

2.2.1 Definiciones

En el lenguaje común, optimizar es perfeccionar algo hasta que se consigue la mejor solución, el *sumum bonum* (Van Gigch, 1995).

Los modelos de optimización forman parte, a su vez, de lo que se conoce como *Investigación de Operaciones*, definida ésta como la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas hombre-máquina, a fin de producir soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización (Prawda, 2002). La investigación de operaciones y sus métodos así como la optimización, se hicieron importantes a partir del crecimiento, tanto en tamaño como en complejidad, de las organizaciones, provocando a su vez que sea cada vez más difícil asignar los recursos disponibles a las diferentes actividades de la organización de la manera más eficaz. Así, la meta es identificar el mejor curso de acción o la mejor distribución de recursos posible (Hillier y Lieberman, 1997).

En general, los modelos de optimización tienen en común lo siguiente: se define un problema, se formula un objetivo de optimización, se expresa un objetivo, se elige una medida de eficacia para expresar el objetivo, se crea el modelo, se utiliza un procedimiento – algoritmo – para resolver el modelo y proceder al óptimo (Winston, 1994).

La optimización sirve para encontrar la respuesta que proporciona el mejor resultado, la que logra mayores ganancias, mayor producción o beneficios o la que logra el menor costo, desperdicio o daño. Estos problemas implican utilizar de la manera más eficiente los recursos, tales como dinero, tiempo, maquinaria, personal, o existencias (Arsham, 2006).

La bibliografía sobre modelos de optimización es cada vez más grande. Las áreas de estudio más conocidas son (Van Gigch, 1995):

- Cálculo diferencial.

Es en realidad el método de optimización más antiguo. Puede determinar el valor máximo o mínimo de una función sin restricciones. De manera general, se define como $\max/\min\{f(X)\}$, donde $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ (Cárdenas, 1992).

- Técnica multiplicativa de Lagrange.

Utiliza el cálculo diferencial, pero toma en cuenta ciertas restricciones o condiciones limitantes. Una definición general sería la siguiente (Cárdenas, 1992): $\max/\min\{f(X)\}$ sujeto a limitaciones del tipo $g(X)=b$.

Estos métodos son indirectos o analíticos en el sentido de que buscan el óptimo no numéricamente sino indirectamente mediante el cálculo de derivadas y ecuaciones simultáneas.

- Análisis incremental.

También llamado análisis marginal, se utiliza principalmente en estudios de ingeniería económica para la comparación de alternativas múltiples. En general, la solución se encuentra donde el beneficio marginal se equilibra con el costo adicional (DeGarmo *et al.*, 1993).

- Técnicas de programación lineal.

La programación lineal – PL – es una de las técnicas de modelación y solución de problemas más utilizadas. El adjetivo lineal implica que todas las funciones del modelo deben ser lineales. En este caso, la palabra programación se aplica como un sinónimo de planeación. Así, la programación lineal trata de la planeación de actividades para obtener un resultado óptimo entre todas las alternativas de solución (Hillier y Lieberman, 1997).

La formulación general de un modelo de programación lineal es (Ríos *et. al.*, 1998):

$$\max/\min\{f(X)=c_1x_1 + \dots + c_nx_n\}$$

Sujeto a las restricciones

$$g_j(X)=a_{j1}x_1 + \dots + a_{jn}x_n - b \leq 0$$

$$x_i \in R^+ \quad (\text{reales no negativos})$$

Se han desarrollado varias técnicas para resolver este tipo de modelos. Entre las que destaca el método símplex, desarrollado por Dantzing en 1947, que ha dado pie a mejoras posteriores, tales como el símplex revisado (Prawda, 2002), que permite la solución de problemas de gran tamaño sin requerir el almacenamiento de toda la información, y el método de descomposición lineal, que ataca problemas con relativamente pocos coeficientes. También se han desarrollado otros algoritmos, tales como los de punto interior, que tienen gran potencial para problemas de tamaños que están fuera del alcance del método símplex, en cuanto a eficiencia. Un ejemplo típico de un algoritmo de esta clase es el desarrollado por Karmarkar en 1984 (Hillier y Lieberman, 1997).

- Programación por objetivos.

La programación multiobjetivo es una aproximación más reciente y muchas veces más realista al análisis de problemas de gestión. Considera la optimización de varias funciones objetivo en situaciones en las que no es posible o deseable reducirlas a una única función objetivo, y por tanto hay que considerarlas de manera conjunta (Ríos *et al.*, 1998). Para poder trabajar con varias funciones objetivo, se han desarrollado diversos métodos, entre los cuales se mencionan: método de las soluciones eficientes – que parte de la consideración de que una solución que optimice un objetivo en general no optimizará los restantes –; la programación por metas, originado por los trabajos de Charnes y Cooper en 1961, que considera a las diferentes funciones objetivo como metas a alcanzar, pudiéndose así clasificarse por medio de prioridades o mediante una secuencia (Moskowitz y Wright, 1982).

- Programación dinámica.

Es un proceso matemático diseñado principalmente para mejorar la eficiencia de cálculo de ciertos problemas de programación matemática, descomponiéndolos en subproblemas de menor tamaño y, por consiguientes, más fáciles de calcular (Taha, 1995). La programación dinámica resuelve el problema en etapas, donde en cada una de ellas interviene solamente una variable de optimización. Los cálculos en las diferentes etapas se enlazan a través de cálculos recursivos, para obtener una solución.

- Programación no lineal.

Aunque en esencia la suposición de que todas las funciones – objetivo y restricciones – son lineales se cumple en muchos problemas prácticos, en otros no es así. De hecho, según Hillier y Lieberman (1997) muchos economistas han encontrado que cierto grado de no linealidad es la regla, y no la excepción, en los problemas de planeación económica. Esto implica el uso de algoritmos de programación no lineal.

De manera general, el problema de programación no lineal consiste en encontrar los valores de X para los cuales

$$\max/\min\{f(X)\}$$

Sujeto a

$$g_j(X) \leq b_i \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m$$

Donde $f(X)$, $g_j(X)$, o ambos, son expresiones no lineales.

No se dispone de un algoritmo que resuelva todos los problemas, pero se han hecho logros en lo que respecta a casos especiales importantes. Algunos de estos tipos de modelos son: programación cuadrática, programación convexa, programación separable, programación geométrica, entre otros.

- Programación entera.
- Optimización combinatoria.

2.2.2 Programación entera y combinatoria

Una definición simple de un problema de programación lineal entera – PLE – es que es un modelo de programación lineal en el cual algunas de las variables, o todas, tienen que ser número enteros no negativos (Winston, 1994). Así, una formulación general de un modelo de programación entera sería (Ríos *et al.*, 1998):

$$\max/\min\{f(x_1, \dots, x_n) = c_1x_1 + \dots + c_nx_n\}$$

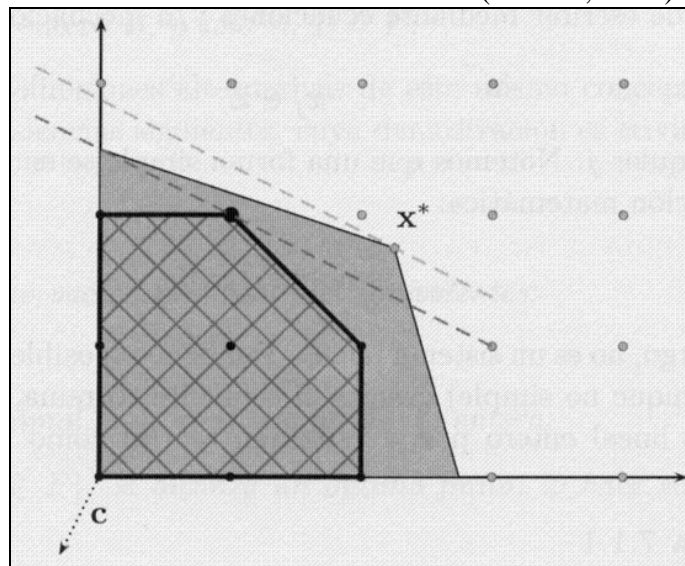
Sujeto a las restricciones

$$g_j(x_1, \dots, x_n) = a_{j1}x_1 + \dots + a_{jn}x_n - b \leq 0_j$$

$$x_i \in Z^+ \quad (\text{enteros no negativos})$$

Naturalmente, todo modelo de PLE pertenece al conjunto de modelos de PL, puesto que $Z^+ \subseteq R^+$. Esto es, que una solución óptima de un modelo de PLE es solución factible en el modelo lineal correspondiente (Nemhauser y Wolsey, 1999). La Figura 3 muestra la relación que hay entre la solución entera y la solución lineal, o *relajada*, de un modelo de PLE.

Figura 3
Solución lineal vs. solución entera (Salazar, 2001)



Puede parecer que los modelos de PLE son más fáciles de resolver que los de PL, debido a que los problemas de PLE puros – donde todas las variables deben ser enteros – con una región factible acotada tienen un número finito de soluciones. Sin embargo, hay dos problemas importantes a considerar (Hillier y Lieberman, 1997): en primer lugar, el hecho de que exista un número finito de soluciones no implica que este número sea pequeño; por el contrario, generalmente el número de soluciones es tan grande que en la mayor parte de los casos no es práctico realizar una enumeración exhaustiva. Por otro lado, la mayor efectividad de los métodos de PL radica en que los valores óptimos, si existen, se encuentran siempre en los vértices – y ocasionalmente en las aristas – del espacio de solución factible, lo que no necesariamente ocurre con las soluciones enteras. Esto último implica considerar los puntos interiores, lo que no ocurre con los métodos de PL.

Aunque en algunos casos se da la coincidencia de que la solución lineal sea la misma que la solución entera, existen algunos casos especiales donde se da este fenómeno. Algunos de estos casos son (Hillier y Lieberman, 1997): problemas de flujo de costo mínimo – con parámetros enteros –, el problema de transporte/transbordo/asignación, el problema de la ruta más corta, el problema de flujo máximo en redes.

Una clasificación simple de los modelos de PLE es la siguiente (Taha, 1995): modelos de PLE puros, cuando todas las variables de decisión están restringidas a valores enteros; modelos de PLE mixtos, cuando algunas variables de decisión están restringidas a valores enteros; modelos de PLE binarios o modelos de PEB, cuando las variables de decisión están restringidas a valores binarios. Si bien los modelos de PEB se pueden considerar un caso particular de los modelos de PLE, el hecho de que estén restringidos a únicamente dos valores ha dirigido la atención para explotar esta propiedad a fin de desarrollar algoritmos eficientes para estos modelos.

A continuación se hace una recopilación de las principales técnicas usadas para resolver los modelos de PLE y PEB.

- Algoritmo de ramificación y acotación.

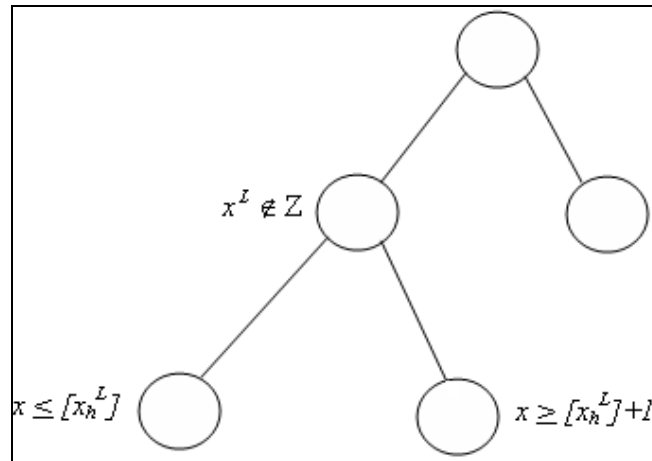
Conocido como B&B, por sus siglas en inglés (branch & bound), es un algoritmo de tipo enumerativo, esto es, que divide y examina distintas zonas del espacio de soluciones factibles, hasta encontrar el óptimo. El primer algoritmo lo presentaron Land y Doig en 1960, fue modificado en 1965 por Dakin, y el nombre definitivo lo da Little en 1968 (Prawda, 2002).

El algoritmo B&B comienza con la solución del modelo en su versión lineal – llamado también relajación lineal –, obteniendo $\mathbf{x}^L = (x_1^L, x_2^L, \dots, x_n^L)$ como la solución óptima lineal. Si \mathbf{x}^L es la solución del modelo de PLE, entonces termina el algoritmo. De lo contrario, existe un componente x_h^L no entera y la solución óptima se encuentra en alguno de los dos subespacios: $x \leq [x_h^L]$ o $x \geq [x_h^L]+1$, donde $[x_h^L]$ es el valor entero truncado de x_h^L (Salazar, 2001).

Durante este proceso se van eliminando diversos subproblemas, cuando éstos arrojan soluciones de calidad inferior a la mejor que se ha encontrado. Además, se puede evitar la ramificación de un problema cuando su solución arroja: resultado no factible, solución entera, o de calidad inferior – llamado dominado –.

Durante este proceso enumerativo, los diversos subproblemas suelen representarse mediante un árbol decisional. Así, cada problema es un nodo, y la creación de subproblemas es el proceso de ramificación. El primer nodo del árbol – el nodo raíz – es representado por el problema con relajación lineal, ver Figura 4.

Figura 4
Árbol decisional de B&B



- Algoritmos de planos de corte.

La idea de los algoritmos de planos de corte es reducir el espacio de soluciones factibles mediante restricciones secundarias que *obliguen* a que sus soluciones sean las óptimas. Esto se logra mediante técnicas de corte – de espacio de soluciones –, siendo una de las principales los llamados cortes de Gomory.

De manera genérica, los cortes de Gomory se definen de la siguiente forma (Nemhauser y Wolsey, 1999):

Suponga que se ha obtenido una solución óptima relajada para el problema entero, entonces el problema entero puede describirse como

$$\max x_0$$

sujeto a

$$x_{Bi} + \sum_{j \in H} \overline{a_{ij}} x_j = \overline{a_{i0}} \quad \text{para } i = 0, 1, \dots, m \quad \left(\text{donde } \overline{a_{ij}} \text{ es la parte fraccionaria positiva de } \overline{a_{ij}} \right)$$

$$x_{B0} \in Z, x_{Bi} \in Z_+^1 \quad \text{para } i = 0, 1, \dots, m, \quad x_j \in Z_+^1 \quad \text{para } j \in H$$

donde $x_0 = x_{B0}$, x_{Bi} para para $i = 0, 1, \dots, m$, son las variables básicas y x_j $j \in H \in N = \{1, \dots, n\}$ son las variables no básicas.

Suponiendo que existe un valor i tal que $\overline{a_{i0}} \notin Z^1$, los resultados llevan a la siguiente proposición – corte de Gomory –:

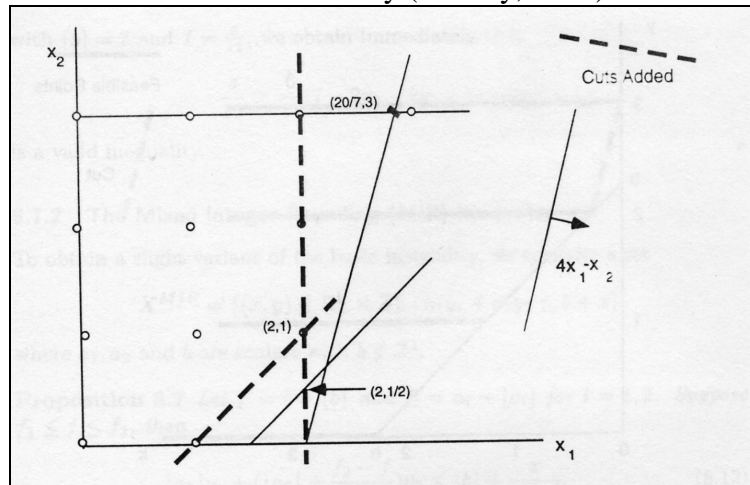
Si $\overline{a_{i0}} \notin Z^1$, entonces $\sum_{j \in H} f_{ij} x_{ij} = \overline{f_{i0}} + x_{n+1}$, $x_{n+1} \in Z_+^1$,

donde $f_{ij} = \overline{a_{ij}} - [a_{ij}]$ y $f_{i0} = \overline{a_{i0}} - [a_{i0}]$

La restricción $\sum_{j \in H} f_{ij} x_{ij} = \overline{f_{i0}} + x_{n+1}$ es la ecuación de restricción que define el

llamado corte fraccional, que se agrega al modelo (ver Figura 5).

Figura 5
Cortes de Gomory (Wolsey, 1998)



Si la nueva solución es entera, termina el procedimiento. En cualquier otro caso se construye un nuevo corte fraccional del modelo resultante.

El algoritmo fraccional tiene sus desventajas (Taha, 1995):

- Los errores de redondeo que resultan pueden proporcionar la solución entera óptima equivocada, en especial al aumentar el tamaño del problema.
- La solución permanece infactible en el sentido de que ninguna solución entera puede obtenerse hasta que se alcanza la óptima entera, lo que significa que no se pueden alcanzar *buenas* soluciones enteras si el método se detiene por anticipado.

Existe una variante de este método para la obtención de soluciones para problemas enteros mixtos. Asimismo, también se han hecho estudios acerca de la fuerza o vigor de los cortes – es decir, qué tanto un corte reduce el espacio de soluciones factibles –.

- Algoritmo aditivo.

Este método se aplica para la solución de modelos de PEB. Es, en realidad, una variante del método B&B en cuanto a la forma de explorar el problema. Sin embargo, el algoritmo original no abarca la solución de ningún problema lineal, sino que utiliza operaciones aritméticas – evaluando la factibilidad de las restricciones – para llevar a cabo una enumeración implícita. Por esta razón se le conoce como algoritmo aditivo (Taha, 1995).

Así, si el problema a resolver es (Prawda, 2002):

$$\min Z = \sum_{j=1}^n c_j X_j$$

$$\text{sujeto a} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad i = 0, 1, \dots, m,$$

$$X_j = \{0, 1\} \quad j = 0, 1, \dots, n$$

$$c_j \geq 0 \quad j = 0, 1, \dots, n$$

$$\text{sea} \quad X_j^+ = \begin{cases} X_j & \text{si } X_j > 0 \\ 0 & \text{si } X_j \leq 0 \end{cases} \quad X_j^- = \begin{cases} 0 & \text{si } X_j > 0 \\ X_j & \text{si } X_j \leq 0 \end{cases}$$

A un conjunto específico de variables que describen un problema que se le denominará solución parcial. Aquellas variables que no se especifican en la solución parcial se les llaman variables libres o no especificadas. Una solución parcial $t+1$ es continuación de la solución parcial t si todos los elementos de la solución $t+1$ aparecen en la misma posición que en la solución t .

Se denota a una solución parcial cualquiera por (j_k^*, \dots) cuyo significado es el siguiente:

j_k^{++} X_{j_k} ha sido seleccionada con valor uno de acuerdo a las reglas del método.

j_k^{--} X_{j_k} ha sido seleccionada con valor cero de acuerdo a las reglas del método.

j_k^{+-} X_{j_k} ha sido seleccionada con valor uno como consecuencia de de la continuación de una solución parcial previa.

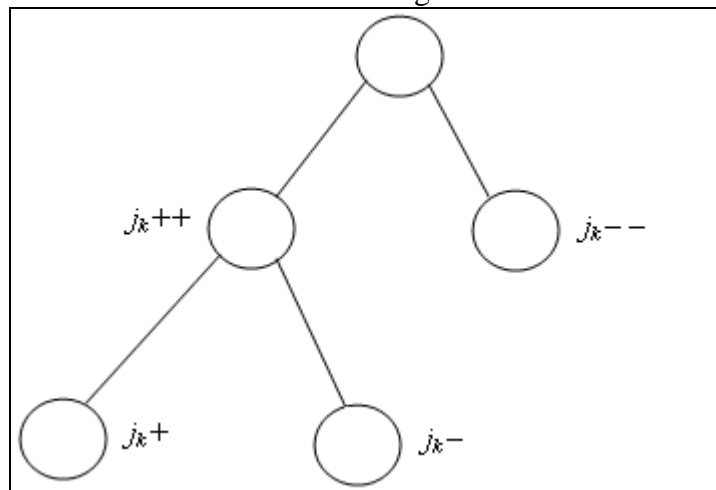
También puede significar que X_{j_k} es uno debido a que todas las posibles continuaciones de $(j_1, j_2, \dots, j_k - -)$ han sido implícitamente analizadas.

$j_k -$ X_{j_k} ha sido seleccionada con valor cero como consecuencia de de la continuación de una solución parcial previa.

También puede significar que X_{j_k} es uno debido a que todas las posibles continuaciones de $(j_1, j_2, \dots, j_k ++)$ han sido implícitamente analizadas.

El árbol decisional resultante es de la forma mostrada en la Figura 6.

Figura 6
Árbol decisional del algoritmo aditivo



De la forma similar al algoritmo B&B los nodos resultantes – correspondientes a soluciones parciales – pueden agotarse debido a eliminación implícita o por ser soluciones no factibles.

Por otro lado, otro tipo de problema es el problema de optimización combinatoria, que aborda la clasificación de problemas de programación con enteros, de acuerdo con la complejidad de algoritmos conocidos para resolverlos y con el diseño de algoritmos apropiados para resolver subclases especiales de problemas. Particularmente, se estudian problemas de flujos de red, correspondencias y asignaciones. La optimización combinatoria es un elemento unificador de la investigación de operaciones, la combinatoria, la optimización y la computación científica (Arsham, 2006).

La optimización combinatoria trata de desarrollar algoritmos para afrontar problemas de optimización caracterizados por tener un número finito – aunque grande – de soluciones factibles. Así, la optimización combinatoria en general estudia problemas del tipo $\min\{f(x): x \in S\}$, siendo $|S| < \infty$ (Salazar, 2001). De hecho, modelos de PLE puros pueden conceptuarse como problemas de optimización combinatoria (Papadimitrou y Steiglitz, 1998).

Así, en muchos problemas de esta clase el conjunto de soluciones es tan grande que la localización de una solución óptima es prácticamente imposible en un tiempo corto o mediano. Por ello, para estos problemas es necesario el uso de diversos métodos heurísticos para encontrar soluciones que no necesariamente sean las óptimas.

Existe un gran número de problemáticas y sus aplicaciones, tanto generales como específicas, en que se ha utilizado los enfoques de programación entera, optimización combinatoria, o ambos, para la solución de estas aplicaciones. A continuación se enlistan algunas de estas aplicaciones:

- El problema del agente viajero o TSP, por sus siglas en inglés, es un problema de obtener la ruta más corta al visitar un conjunto de ubicaciones, de tal forma que regrese al punto de arranque. A pesar de un estudio intensivo por expertos en matemáticas, ciencias de la computación, investigación de operaciones, y otros, durante los últimos 50 años, sigue siendo una pregunta abierta si existe o no un método de solución general eficiente (Cook, 2007).

Algunas de los métodos usados para resolver este problema son: la del vecino más cercano, métodos de inserción, métodos de planos de corte – mediante el uso de la programación lineal –, entre otros.

- Problemas de flujo máximo: es uno de los problemas más estudiados de flujos en redes. La versión clásica considera un único flujo sobre una red conexa dirigida con un único nodo fuente y un único nodo destino. Ford y Fulkerson en 1956 estudiaron y resolvieron este problema proponiendo el conocido método de los caminos incrementales (Greenberg, 1998), que toma como base el denominado teorema de flujo-máximo corte-mínimo. Adicionalmente, problemas de flujo máximo clásicos también se pueden caracterizar como problemas de programación lineal.

- Problemas de flujo de costo mínimo, que consisten en encontrar el flujo de menor costo en una red (Cook *et al.*, 1998). El primer algoritmo para este tipo de problemas fue propuesto por Kantorovich en 1942 y es un algoritmo de agregación sobre la base del menor costo. Posteriormente se desarrollaron mejoras al método, llegando al conocido método símplex de red – o en inglés, network simplex method –, que es una interpretación del método de programación lineal aplicado al problema, y desarrollado inicialmente por Helgason y Kennington en 1977 (Kelly y O’Neill, 1991).
- El problema de la mochila, conocido como KP, por sus siglas en inglés, en donde el problema es determinar, dado un conjunto $j = 1, \dots, n$ objetos, donde cada uno está caracterizado por un peso p_j y un valor v_j , cuáles de ellos conviene introducir en un contenedor – con una capacidad máxima de peso P – de manera que el peso total de los objetos contenidos no supere la capacidad máxima, y que al tiempo el valor total del contenido sea máximo (Salazar, 2001). La motivación para el estudio de este problema es porque aparece en numerosas aplicaciones donde hay que seleccionar un conjunto de objetos, o tareas, en presencia de limitaciones de cupo.
- Los problemas de calendarización – o scheduling problems – forman una clase importante de problemas de optimización combinatoria. Se trata problemas de programar una serie de tareas que se relacionan entre sí, usan o gastan un conjunto determinado de recursos, y están sujetas a restricciones tales como prioridades, *deadlines*, presupuestos, y otros. El objetivo es minimizar alguna función, usualmente de tiempo o de costo (Papadimitrou y Steiglitz, 1998). Un caso particular de calendarización es el timetabling educativo, que a su vez involucra a alguna de las siguientes categorías de problemas: de exámenes, de cursos, o de clase/profesor (Carrasco y Pato, 2004). En la primera categoría consiste en calendarizar los exámenes de un conjunto de cursos, la segunda en asignar cursos a estudiantes, y en la tercera categoría en asignar clases a maestros. En cualquiera de los tres casos, hay restricciones de traslape, tanto de tiempo como de recursos.
- En el problema de localización sin capacidades, el asunto es determinar qué plantas – del conjunto I de localizaciones para posibles plantas de producción –

conviene mantener abiertas y cómo asignar los clientes – de un conjunto J ya establecidos – a estas plantas, de tal manera que se minimice el costo de mantenimiento de las plantas más el costo de asignación, debiéndose satisfacer la demanda de los clientes (Salazar, 2001).

- Problemas de programación de restricciones: más que un problema particular, es una tecnología de software usada para la descripción y solución efectiva de grandes y complejos problemas combinatorios, sobre la base del enfoque de satisfacción de restricciones. Lo anterior implica resolver los problemas mediante la declaración de restricciones y consecuentemente encontrar soluciones que satisfagan – y en su caso optimicen – unos criterios determinados (Bartak, 1999).

2.2.3 Preproceso

Antes de buscar la resolución de cualquier modelo de optimización, es conveniente tratar de reducir el modelo o el número de soluciones al máximo (Salazar, 2001). Esta tarea puede hacerse tanto al modelo inicial como a versiones sucesivas. Este *preproceso* se puede realizar en varias vertientes:

- Eliminar variables o restricciones irrelevantes.
- Restringir los valores de las variables.
- Agregar restricciones o variables útiles, que faciliten la búsqueda de la solución.

El preproceso puede hacerse tanto analizando el modelo matemático (relaciones entre variables y restricciones) como la situación real de donde se obtuvo éste, donde puede permitir incluso generar soluciones iniciales.

2.3 El problema de balancear un plan de estudios o BACP

Los primeros trabajos orientados a generar, mediante modelos de optimización, planes de estudio balanceados surgieron de los trabajos de Castro y Manzano (2001). En estos trabajos se argumenta lo siguiente:

- Un factor importante para tener en cuenta al evaluar el éxito académico de los estudiantes es la carga académica que tienen en cada periodo académico.
- Esta carga académica es dada por la suma de los créditos de cada curso en el periodo.
- Existen algunas restricciones explícitas que se imponen al desarrollar un plan de estudios.
- Una carga de créditos balanceada favorece los hábitos de los estudiantes.
- Para obtener un plan académico balanceado es necesario desarrollar y resolver un modelo de optimización.

Estos esfuerzos se han visto reflejados en propuestas curriculares para diversos planes de estudio impartidos en la Universidad Federico Santa María, de la ciudad de Valparaíso, Chile (Castro y Manzano, 2001).

De manera general, en este trabajo la ubicación de cada asignatura en un periodo determinado depende de varios factores, entre los cuales se identificaron principalmente los siguientes:

- Número de cursos y número de periodos: cada curso debe estar ubicado en uno y sólo un periodo.
- Prerrequisitos: cursos que en el plan de materias se deben acreditar para poder tomar lo(s) siguiente(s).
- Número máximo/mínimo de cursos/créditos por periodo: se puede definir un número mínimo y máximo tanto del número de cursos como de la cantidad de créditos para cada periodo. Esto se establece con el propósito de evitar sobrecarga o subcarga de actividades para los alumnos.

Bajo las restricciones y condiciones determinadas previamente, el modelo general de Castro y Manzano (2001) se muestra en la Figura 7.

Figura 7
Modelo de Castro y Manzano (2001)

Parámetros	{	<p>m: Número de cursos</p> <p>n: Número de periodos académicos</p> <p>α_i: Numero de créditos del curso i, para $i = 1, \dots, m$</p> <p>β: Carga académica mínima permitida por periodo</p> <p>γ: Carga académica máxima permitida por periodo</p> <p>δ: Cantidad mínima de cursos por periodo</p> <p>ε: Cantidad máxima de cursos por periodo</p>
Variable de decisión:	$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el curso } i \text{ es asignado al periodo } j \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$	
Función objetivo:	$Min\{c\}$	
Restricciones:	{	<p>$c_j \leq c \quad \forall j = 1, \dots, n$ Representación de $c = \text{Max}\{c_1, \dots, c_n\}$</p> <p>$c_j = \sum_{i=1}^m \alpha_i \times x_{ij} \quad \forall j = 1, \dots, n$ Carga académica por periodo $j=1, \dots, m$</p> <p>$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, m$ Todos los cursos i deben asignarse a algún periodo j</p> <p>$x_{bj} \leq \sum_{r=1}^{j-1} x_{ar} \quad \forall j = 2, \dots, n$ Si el curso b tiene al curso a como requisito previo</p> <p>$c_j \geq \beta \quad \forall j = 1, \dots, n$ La carga académica del periodo j debe ser mayor o igual al mínimo requerido</p> <p>$c_j \leq \gamma \quad \forall j = 1, \dots, n$ La carga académica del periodo j debe ser menor o igual al máximo permitido</p> <p>$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq \delta \quad \forall j = 1, \dots, n$ El número de cursos del periodo j debe ser mayor o igual al mínimo permitido</p> <p>$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq \varepsilon \quad \forall j = 1, \dots, n$ El número de cursos del periodo j debe ser menor o igual al máximo permitido</p>

En dicho trabajo se realizaron pruebas comparativas, en tres diferentes planes de prueba, de los modelos de PLE resultantes, usando el software *lp_solve* (<http://lpsolve.sourceforge.net/>), basándose en el método de ramificación y acotamiento. Además, también se realizaron pruebas adicionales, sobre los mismo planes de muestra, usando el lenguaje Oz (<http://www.mozart-oz.org/>), aplicando un enfoque basado en satisfacción de restricciones de problemas combinatorios.

Los resultados de este trabajo (Tabla 1) mostraron que en dos de los planes de estudio no fue posible obtener una solución óptima por PLE en tiempos menores a límites establecidos.

Tabla 1
Resultados del modelo de Castro y Manzano (2001)

	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Número total de créditos	133	134	204
Número de periodos académicos	8	10	12
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	1,459.7	> 18,000	> 86,400

En el trabajo de Hnich *et al.* (2002) se comenzó a identificar este problema como BACP por sus siglas en inglés, Balanced Academic Curriculum Problem. Este trabajo consistió básicamente en desarrollar modelos alternativos de programación lineal entera (modelo ILP), de programación basado en restricciones (modelo CP), y un modelo híbrido (modelo ILP-CP), que se compararon para determinar el modelo que logra menores tiempos para alcanzar el óptimo. De nueva cuenta, las alternativas de modelado se aplicaron a los mismos tres planes de estudio planteados en Castro y Manzano (2001). Los resultados mostraron que los modelos híbridos, que incluyen variables de apoyo y el uso del software OPL (<http://www.cs.mu.oz.au/633/clpopl-notes.pdf>), son mejores para lograr soluciones óptimas, aunque tienen el inconveniente de que generan modelos de mayor tamaño, que consumen más recursos computacionales.

Las Tabla 2 muestra los resultados obtenidos sobre los modelos de ese estudio, y la Figura 8 el modelo híbrido desarrollado por Hnich *et al.* (2002). Los paquetes de software que se usaron fueron CPLEX (<http://www.ilog.com/products/cplex/>) para los modelos de PLE y OPL para los modelos basados en restricciones e híbridos.

Figura 8
Modelo híbrido ILP-CP (Hnich *et al.*, 2002)

Valores de salida:	C $LOAD[periods]$ $CURR1[courses]$ $CURR2[courses, periods]$	Carga académica máxima Carga académica del periodo <i>periods</i> Periodo <i>periods</i> al que le corresponde el curso <i>courses</i> 1 si el curso <i>courses</i> está asignado en el periodo
Función objetivo:	$Min\{C\}$	
Restricciones:	$LOAD[j] = \sum_{i \in courses} CURR2[i, j] * credit(i)$ $\forall j \in periods$ $C = \max_{j \in periods} LOAD[j]$ $CURR1[i] < CURR1[j]$ $\forall \langle i, j \rangle \in prereq$ $a \leq LOAD[j] \leq b \quad \forall j \in periods$ $c \leq \sum_{i \in courses} CURR2[i, j] \leq d$ $\forall j \in periods$ $CURR1[i] = j \leftrightarrow CURR2[i, j] = 1$ $\forall i \in courses, \forall j \in periods$	Uso de la matriz <i>CURR2</i> para calcular la carga de cada periodo <i>C</i> es la máxima carga académica Uso de <i>CURR1</i> para manejar relaciones de prerequisite $\langle i, j \rangle$ Máxima y mínima carga académica por periodo Máximo y mínimo número de cursos por periodo Relación de atadura o <i>channeling</i> entre <i>CURR1</i> y <i>CURR2</i>

Tabla 2
Resultados del modelo en Hnich *et al.* (2002)

	Tiempo promedio de corrida al óptimo (no especificado)		
	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Software CPLEX, modelo de PLE de Castro y Manzano (2001)	3.45	4.23	131.3
Software OPL, modelo híbrido	0.81	8.44	3.05

El artículo de Flener *et al.* (2002) redondea en muchos aspectos el trabajo de Hnich *et al.* (2002). Enfatiza en la aplicación del BACP como un problema de satisfacción de restricciones y analiza con más detalle los modelos híbridos. El propósito básico del trabajo de ellos es el definir patrones para obtener generalizaciones mayores en modelos de programación de restricciones, para a largo plazo mejorar las herramientas de modelado.

Posteriormente, el modelo que se muestra en la Figura 8 se retoma, junto con un modelo de otra problemática, en un trabajo de Hnich *et al.* (2004). El propósito de este trabajo es el de mostrar a ambos modelos como ejemplos de la utilidad de la hibridación entre la programación lineal y el enfoque de programación en base a restricciones.

En los trabajos de Lambert *et al.* de 2005 y 2006 se desarrolla y justifica un algoritmo genético para la solución del problema BACP, y su aplicación a los mismos planes de estudios mostrados en Castro y Manzano (2001), planteados como modelos de programación orientado a restricciones. Mediante este enfoque logra encontrar una *buena* solución para todos los casos que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Resultados de modelo de Lambert *et al.* (2006)

	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Valor de óptimo de función objetivo	17	14	17
Mejor valor de función objetivo encontrado	17	14	18
Tiempo promedio de solución (segundos)	15.05	34.84	35.2

Finalmente, en el trabajo de Monette *et al.* (2007) se sigue estudiando el BACP como un problema de satisfacción de restricciones y su solución mediante heurísticas de búsqueda, aunque esboza algunas alternativas de función objetivo.

2.4 Conclusión del capítulo

En este capítulo se establecieron las bases teóricas que sustentan este trabajo, dividido en tres secciones. La primera sección abarca los conceptos relativos al desarrollo de un plan curricular, mientras que en la segunda sección se establecen los principales conceptos concernientes a lo que es optimización matemática. Finalmente, en la tercera sección se hace un recuento de trabajos previos relativos al estudio de modelos cuantitativos orientados a balancear planes de estudio.

CAPÍTULO 3

PROPUESTA DE MODELOS

En este capítulo se concentran los pasos, o fases, llevados a cabo para el desarrollo de un conjunto de modelos BACP, para que en el Capítulo 4 se evalúen mediante su aplicación a un conjunto de planes de estudio. Este capítulo se divide en las siguientes secciones:

- 3.1 Definición del modelo base.
- 3.2 Análisis de restricciones actuales.
- 3.3 Estudio de nuevas restricciones.
- 3.4 Análisis de funciones objetivo.
- 3.5 Conclusión del capítulo

3.1 Definición del modelo base o BACP-0

Los trabajos relativos a la modelación y solución de BACP – considerados en el capítulo 2 – han llevado a lo siguiente:

- No se han hecho cambios sustanciales al modelo original, con el propósito de incluir restricciones que pueden ser más acordes con necesidades que surgen del contexto del problema real.
- Los trabajos se centran en diseños alternativos del mismo modelo.
- Una preocupación de quienes han trabajado en este problema es el rendimiento – tiempo de solución – de los métodos de optimización.
- Muchos de los trabajos se enfocan también en desarrollar soluciones mediante técnicas híbridas.

En el caso de este trabajo, al enfocarse a establecer una propuesta de un modelo de PLE al BACP, se usará como modelo de partida el modelo definido inicialmente por Castro y Manzano (2001), que ha servido como plataforma para estudios posteriores. Sobre este modelo, que en lo sucesivo en este trabajo se denominará *modelo base*, con clave BACP-0, y se hará un análisis de los elementos propuestos para definir su conveniencia y efectividad.

Debido a que se manejarán varios modelos, algunos derivados de otros trabajos y otros de autoría propia, todos se adaptarán a una sola nomenclatura, que se definirá a partir de este apartado.

El modelo base, ya con la nomenclatura en la que se estará manejando este trabajo, está definido en la Figura 9.

Figura 9
Modelo base o BACP-0

Parámetros:	$\left\{ \begin{array}{l} Nta \\ Ntp \\ crd_i \\ mca \\ Mca \\ mna \\ Mna \end{array} \right.$	<p>número de cursos</p> <p>número de periodos académicos</p> <p>número de créditos del curso $i = 1, \dots, Nta$</p> <p>mínima carga académica permitida por periodo</p> <p>máxima carga académica permitida por periodo</p> <p>mínimo número de cursos por periodo</p> <p>máximo número de cursos por periodo</p>	
Variables de decisión:	$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el curso } i \text{ es asignado al periodo } j \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$ <p>C_j carga académica del periodo $j = 1, \dots, Ntp$</p> <p>Cmx máxima carga académica</p>		
Función objetivo:	Min $\{Cmx\}$	donde $Cmx = \text{Max} \{C_1, \dots, C_{Ntp}\}$	
Restricciones:	$\left\{ \begin{array}{l} C_j = \sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \\ C_j \leq Cmx \\ \sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1 \\ mca \leq C_j \leq Mca \\ mna \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna \\ x_{bj} \leq \sum_{r=1}^{j-1} x_{ar} \end{array} \right.$	<p>$\forall j = 1, \dots, Ntp$</p> <p>$\forall i = 1, \dots, Nta$</p> <p>$\forall j = 1, \dots, Ntp$</p> <p>$\forall j = 1, \dots, Ntp$</p> <p>$\forall j = 2, \dots, Ntp$</p>	<p>Carga académica</p> <p>Relación de cargas académicas y carga máxima</p> <p>Asignación de curso i a algún periodo j</p> <p>Mínima y máxima carga académica por periodo</p> <p>Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo</p> <p>Si el curso b tiene al curso a como prerrequisito</p>

3.2 Análisis de restricciones actuales

En este apartado se *ponen a la mesa*, para su análisis, las expresiones correspondientes a las restricciones del modelo base, y se determina si pueden ser sustituidas por otras expresiones que produzcan modelos más eficientes o de menor tamaño.

A continuación se describirán las expresiones, sus características, alternativas planteadas por otros autores – si las hay – o por el autor de este trabajo.

3.2.1 Carga académica

En el modelo base, las restricciones relativas a la carga académica están representadas por el siguiente conjunto de expresiones:

$$C_j = \sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \quad \forall j = 1, \dots, Ntp \quad \text{carga por periodo}$$

$$C_j \leq Cmx \quad \text{carga máxima}$$

$$mca \leq C_j \leq Mca \quad \forall j = 1, \dots, Ntp \quad \text{cargas límite por periodo}$$

La primera de ellas, más que ser una restricción, es una ecuación. Esto significa que es posible plantear su eliminación mediante sustitución. Así se reducirá el número de variables y de restricciones en los modelos.

De esta manera, se tiene entonces una propuesta en la cual la ecuación se elimina y la expresión $\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij}$ se sustituye en las dos siguientes, así se tiene entonces las

expresiones sustitutas:

$$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Cmx \quad \text{carga máxima}$$

$$mca \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Mca \quad \forall j = 1, \dots, Ntp \quad \text{cargas límite por periodo}$$

3.2.2 Asignaturas por periodo

En el modelo base, las restricciones del número de asignaturas factible por periodo están representadas por el siguiente conjunto de expresiones:

$$mna \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna \quad \forall j = 1, \dots, Ntp$$

En el caso de estas restricciones, no se considera que pueda haber simplificación alguna, ya que básicamente son condiciones de valores extremos.

3.2.3 Asignación de curso a periodo

Reflejado en la expresión $\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1, \forall i = 1, \dots, Nta$, tampoco se contempla cambio o simplificación para este concepto.

3.2.4 Relaciones de pre-requisito

Esta clase de restricción, que está representada – en el caso de que la asignatura b tenga como prerrequisito la asignatura a – en el modelo base por:

$$x_{bj} \leq \sum_{r=1}^{j-1} x_{ar} \quad \forall j = 2, \dots, Ntp$$

Esta relación tiene como principal inconveniente el que, para cada par de asignaturas relacionadas (b,a) , se generan al menos $Ntp-1$ restricciones. Si hay un número k de estas relaciones en el modelo, este planteamiento hace que el número total de restricciones en un modelo se incremente en al menos $k*(Ntp-1)$.

La propuesta planteada en este trabajo, con el propósito ya descrito de reducir la dimensión total del modelo es la siguiente: aplicar el principio de *promedio ponderado* (Stevenson, 2004) o *valor esperado* (Montgomery y Runger, 2001) para relacionar el número de periodo de la asignatura b y del de su prerrequisito a , de forma que la diferencia entre ambos periodos asignados deberá ser de al menos 1, así se tiene entonces que:

$$\sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{aj} \geq 1 \quad \text{para cada par de asignaturas relacionadas } (b,a)$$

De esta forma, con esta propuesta, si hay un número k de asignaturas relacionadas (b,a) en el modelo, el número adicional de restricciones en un modelo será igual a k .

3.2.5 El Modelo BACP-1

Incorporando estas propuestas, se tiene entonces un nuevo modelo BACP, el cual será denominado como BACP-1, que se muestra en la Figura 10.

Figura 10
Modelo BACP-1

Función objetivo:	Min $\{Cmx\}$	
Restricciones	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Cmx$	Relación de cargas académicas y carga máxima
	$\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, Nta$	Asignación de curso i a algún periodo j
	$mca \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_j \cdot x_{ij} \leq Mca$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínima y máxima carga académica por periodo
	$mna \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna \quad \forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo
	$\sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{aj} \geq 1$	Si el curso b tiene al curso a como prerequisite

3.2.6 Flexibilización de restricciones

Los modelos BACP-0 y BACP-1 tienen como parte de sus supuestos el hecho de que tanto la carga mínima y máxima de cursos, así como de créditos, es la misma para todos los periodos. Sin embargo, estas condiciones se pueden flexibilizar para que se admita la idea de que no necesariamente en todos los periodos tengan que ser los mismos límites. Puede haber varias razones para establecer distintos límites:

- Darle al estudiante tiempo para orientación, apoyo o tutoría (PAE-UPAEP, <http://web.upaep.mx/DesarrolloHumano/ORIENTACIONEDUCATIVA/>).
- Promover la toma de prácticas profesionales.

- Promover actividades extracurriculares: artes, servicio a la comunidad, apoyo a campañas.

Si bien hay instituciones que incorporan estas actividades dentro de su planes de estudio, hay otras cuyos planes de estudio lo consideran parte del *currículum oculto*, es decir, experiencias que proveen enseñanzas encubiertas, latentes, no explícitas (De Alba, 2002). Para esta clase de planes de estudio, será útil la idea de establecer para algunos periodos diferentes cotas para número de cursos y/o créditos. Así, el modelo base será un caso particular.

3.2.7 El Modelo BACP-2

Al añadir esta idea de flexibilización de máximos y mínimos para asignaturas y créditos, se tiene ahora una nueva propuesta, la cual será denominada BACP-2. Esta propuesta modifica algunos parámetros de BACP-1 como se muestra en la Figura 11.

Figura 11
Parámetros de Modelo BACP-2

mca_j	mínima carga académica permitida por periodo
Mca_j	máxima carga académica permitida por periodo
mna_j	mínimo número de cursos por periodo
Mna_j	máximo número de cursos por periodo

Como consecuencia, algunas restricciones de BACP-1 se ajustarán a los nuevos parámetros, dando como resultado el mostrado en la Figura 12.

Figura 12
Restricciones ajustadas para BACP-2

$mca_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_j \cdot x_{ij} \leq Mca_j$	$\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínima y máxima carga académica por periodo
$mna_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna_j$	$\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo

Todos los demás elementos permanecen invariantes, así que la propuesta de flexibilización de cotas afecta solamente a estos elementos. La figura 13 muestra el modelo BACP-2 completo.

Figura 13
Modelo BACP-2

Función objetivo:	Min {Cmx}	
Restricciones	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Cmx$	Relación de cargas académicas y carga máxima
	$\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, Nta$	Asignación de curso i a algún periodo j
	$mca_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_j \cdot x_{ij} \leq Mca_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínima y máxima carga académica por periodo
	$mna_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo
	$\sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{aj} \geq 1$	Si el curso b tiene al curso a como prerrequisito

3.3 Estudio de nuevas restricciones

Aún cuando se han realizado propuestas de planteamientos alternativos de restricciones, éstos obedecen a la creación de modelos generales. Cada institución tiene diversas necesidades y políticas de diseño curricular, y propiamente podrían generarse modelos específicos.

El motivo de este trabajo es conservar la *generalidad* del modelo, de tal forma que cualquier propuesta de restricción estará establecida en ese sentido.

3.3.1 Ubicación conveniente de asignaturas

En un plan curricular, puede ser deseable establecer ubicaciones *convenientes* para determinadas asignaturas. Dichas ubicaciones pueden estar justificadas en términos tanto del tipo de asignatura – tales como *básica* o *profesional* (Castro, 2000) – como con relación a la línea curricular a la cual pertenece dentro del programa.

Para poder reflejar esta idea, sin tener que relacionarla con criterios pedagógicos, se planteará la propuesta de agregar restricciones adicionales al modelo BACP de tal manera que refleje la idea de que *la asignatura deberá estar ubicada en por lo menos un periodo determinado y a lo más en algún otro posterior*. Naturalmente, la condición de que todas las asignaturas puedan estar ubicadas entre el primer y último periodo – tal como sucede con los modelos BACP hasta el momento – es un caso particular de los modelos que incluyen este conjunto de condiciones.

3.3.2 El Modelo BACP-3

Una propuesta para incluir un conjunto de ubicaciones convenientes, para las asignaturas que así lo requieran, es la siguiente:

- Parámetros: sea c la asignatura que es conveniente que se ubique entre determinados periodos, distintos del inicial y/o del final
 mpc_c periodo mínimo de ubicación de la asignatura c
 Mpc_c periodo máximo de ubicación de la asignatura c
- Restricción adicional: para cada curso c :

$$\sum_{j=mpc_c}^{Mpc_c} x_{cj} = 1$$

Al añadir este conjunto de restricciones al modelo BACP-2, se tiene ahora una nueva propuesta, que será denominada BACP-3, el cual se aplicará a aquellos planes que tienen asignaturas de esta naturaleza. La figura 14 muestra el modelo BACP-3 completo.

Figura 14
Modelo BACP-3

Función objetivo:	Min { Cmx }	
Restricciones	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Cmx$	Relación de cargas académicas y carga máxima
	$\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, Nta$	Asignación de curso i a algún periodo j
	$mca_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_j \cdot x_{ij} \leq Mca_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínima y máxima carga académica por periodo
	$mna_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo
	$\sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{aj} \geq 1$	Si el curso b tiene al curso a como prerrequisito
	$\sum_{j=mpc_c}^{Mpc_c} x_{cj} = 1$	Ubicación conveniente para la asignatura c

3.4 Análisis de funciones objetivo

Hasta el momento, el trabajo se ha limitado a estudiar la conveniencia de las restricciones y, en su caso, la sustitución o agregación de restricciones propuestas.

En esta sección se estudiará la conveniencia de la función objetivo: el significado de *balancear*, la pertinencia de la actual función objetivo y el estudio de otras propuestas.

3.4.1 El concepto de *balance*

Si bien la idea de balance o equilibrio es hasta cierto punto intuitiva, se pueden tomar diversas interpretaciones para representarla de una manera cuantitativa. Aunque esta interpretación depende de la concepción misma del problema, pueden surgir diferentes representaciones para esta idea.

Dentro del área de la programación matemática, este concepto ha sido abordado en teoría de juegos, por el concepto de punto de silla (Hiller y Lieberman, 1997), así como en ciertos problemas de asignación de recursos (Salazar, 2001). Por lo general se toma la idea de que lo que se va a balancear es una cantidad limitada – en total –, y en muchos de estos casos esta cantidad es constante. Sin embargo, en algunos problemas el balance es una restricción, más que un objetivo.

Ha habido poca variedad de interpretaciones de lo que es balancear la carga académica. Aún cuando los trabajos relativos a este problema se han enfocado en análisis de rendimientos y métodos de solución aplicados al modelo básico, en algunos otros casos – problema de balancear alguna variable de carga – se han perfilado algunas propuestas alternativas para definir este concepto, aún cuando no sea función objetivo. Estas propuestas, así como sus ventajas y desventajas, se resumen a continuación.

3.4.2 Propuestas al concepto de balance

- Criterio minimax.

Es el criterio que hasta el momento se ha manejado en la literatura de BACP, y ha sido ampliamente abordado. Es de la forma $\text{Min } \{c = \text{Max}\{c_1, \dots, c_n\}\}$

El concepto de balance bajo este criterio es el de reducir al mínimo la mayor carga. Como la carga total de asignaturas es constante, el reducir la carga mayor *empujará* a la carga de los periodos a igualarse en lo posible.

Ventaja: aplicación de un concepto simple para su representación.

Desventaja: puede haber un gran número de soluciones con el valor óptimo de c , y no todas pueden ser igual de *parejas*, ya que solamente se controla el valor más grande.

- Rango de cargas académicas.

Propuesto en Aguilar *et al.* (2007), toma como función objetivo la minimización del rango de cargas académicas, de la forma $\text{min}\{Cmx - Cmn\}$

donde Cmx es la máxima carga académica de cualquier periodo, y Cmn es la mínima carga académica.

Ventaja: aplicación de un concepto simple (rango de valores) para su representación.

Desventaja: solamente se controlan los valores extremos de las cargas académicas.

- Diferencia con respecto a la media.

En Schaus *et al.* (2006) maneja como alternativa para concepto de balance la diferencia máxima entre cada carga y la carga media. Entonces se define el balance como:

$$\min\{\max\{|c_1 - \mu|, \dots, |c_n - \mu|\}\}$$

donde μ es la carga media por periodo.

Ventaja: uso del valor medio, que establece un mayor control sobre la distribución de las cargas académicas en los periodos.

Desventaja: el uso del valor absoluto implica que se tenga que agregar complejidad al modelo.

- Variación con respecto a la media.

Mencionado también en Schaus *et al.* (2006), considera también como otra opción un concepto relacionado a la varianza de la carga, así:

$$\min\left\{\sum_{j=1}^n (c_j - \mu)^2\right\}$$

donde c_j es la carga del periodo $j = 1, \dots, n$, y μ es también la carga media por periodo.

Ventaja: de todos los anteriores, éste establece un control más estricto, pues considera como parte de la función objetivo a todas las cargas de los periodos.

Desventaja: el mayor y más notorio aspecto es que el modelo deja de ser lineal, para convertirse en un modelo de programación cuadrática, que es una clase especial de modelos de programación no lineal (Bazaraa y Shetty, 1979).

- Otra propuesta de función objetivo: diferencia con variación.

En este trabajo se incluye otra propuesta: combinar las últimas dos propuestas mencionadas, para generar una función objetivo que busque tomar las ventajas de ambas, de la forma:

$$\min\left\{\sum_{j=1}^n |c_j - \mu|\right\}$$

donde c_j es la carga académica del periodo $j = 1, \dots, n$, y μ la carga media por periodo.

Esta propuesta tiene la ventaja de que toma en consideración las cargas de todos los periodos, sin dejar de ser lineal. Su desventaja es la misma que la de la diferencia absoluta: implica agregar variables y restricciones al modelo para su representación.

En la Tabla 4 se hará la denominación de los diversos modelos de BACP, de acuerdo con las diferentes propuestas de balance, que afectan tanto a la función objetivo como en mayor o menor grado a las restricciones.

Tabla 4
Modelos BACP según criterios de balance

CRITERIO DE BALANCE	EXPRESION	MODELO BACP
1) Minimax	$\min \{c = \text{Max}\{c_1, \dots, c_n\}\}$	BACP-3 (el actual)
2) Rango de cargas académicas	$\min\{Cmx - Cmn\}$	BACP-4
3) Diferencia con respecto a la media	$\min\{\max\{ c_1 - \mu , \dots, c_n - \mu \}\}$	BACP-5
4) Variación con respecto a la media	$\min\left\{\sum_{j=1}^n (c_j - \mu)^2\right\}$	BACP-6
5) Combinación de 3) y 4)	$\min\left\{\sum_{j=1}^n c_j - \mu \right\}$	BACP-7

En el Capítulo 4 se aplicarán estos modelos en los planes de muestra, con el propósito de encontrar sus soluciones óptimas, analizar sus rendimientos y determinar cuál es el enfoque más conveniente.

3.4.3 El Modelo BACP-4

Para este modelo, es necesario hacer modificaciones con respecto a BACP-3. La Tabla 5 muestra los cambios que se deben hacer a la función objetivo y las restricciones.

Tabla 5
Elementos BACP-4 con respecto a BACP-3

ELEMENTO	EXPRESIÓN	AGREGADO (A) / SUSTITUTO (S)
Parámetros	Cmn mínima carga académica	A
Función objetivo	$\min\{Cmx - Cmn\}$	S
Restricciones	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \geq Cmn$	A

La Figura 15 muestra el modelo BACP-4 completo.

Figura 15
Modelo BACP-4

Función objetivo:		$\min\{Cmx - Cmn\}$
Restricciones	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \geq Cmn$	Relación de cargas académicas y carga mínima
	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Cmx$	Relación de cargas académicas y carga máxima
	$\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, Nta$	Asignación de curso i a algún periodo j
	$mca_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Mca_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínima y máxima carga académica por periodo
	$mna_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo
	$\sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{aj} \geq 1$	Si el curso b tiene al curso a como prerequisite
	$\sum_{j=mpc_c}^{Mpc_c} x_{cj} = 1$	Ubicación conveniente para la asignatura c

3.4.4 El Modelo BACP-5

Para obtener este modelo, donde la función objetivo es obtener la máxima diferencia de carga con respecto a la media, es necesario realizar mayores modificaciones con respecto al modelo BACP-3. Estas modificaciones, que incluyen el manejo de variables de holgura, se muestran en la Tabla 6. Además, para este modelo, el conjunto de restricciones de BACP-3 con la forma $\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Cmx$, así como el parámetro Cmx , son eliminados en BACP-5.

Tabla 6
Elementos BACP-5 con respecto a BACP-3

ELEMENTO	EXPRESIÓN	AGREGADO (A) / SUSTITUTO (S)
Parámetros	D_{max} máxima diferencia con respecto a la media μ carga media por periodo D_j^1 holgura por defecto D_j^2 holgura por exceso	A
Función objetivo	$\min\{D_{max}\}$	S
Restricciones	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} - \mu + D_j^1 - D_j^2 = 0$ $D_j^1 \leq D_{max}, D_j^2 \leq D_{max}$ para obtener diferencia de carga vs. carga media en cada periodo	A

La Figura 16 muestra el modelo BACP-5 completo.

Figura 16
Modelo BACP-5

Función objetivo:	$\min\{D_{max}\}$	
Restricciones	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} - \mu + D_j^1 - D_j^2 = 0$	Obtención de la diferencia de carga por periodo
	$D_j^1 \leq D_{max}, D_j^2 \leq D_{max}$	Relación con diferencia máxima
	$\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, Nta$	Asignación de curso i a algún periodo j
	$mca_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_j \cdot x_{ij} \leq Mca_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínima y máxima carga académica por periodo
	$mna_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo
	$\sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{aj} \geq 1$	Si el curso b tiene al curso a como prerrequisito
	$\sum_{j=mpc_c}^{Mpc_c} x_{cj} = 1$	Ubicación conveniente para la asignatura c

La carga media μ se calcula siempre como $\mu = \left(\sum_{i=1}^{Nta} crd_i / Ntp \right)$

3.4.5 El Modelo BACP-6

En esta clase de modelo, donde la función objetivo es una medida de varianza, se imponen las siguientes modificaciones con respecto a BACP-3, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7
Elementos BACP-6 con respecto a BACP-3

ELEMENTO	EXPRESIÓN	AGREGADO (A) / SUSTITUTO (S) / ELIMINADO (E)
Parámetros	Cad_j número de créditos de las asignaturas en el periodo j μ carga media por periodo	A
Función objetivo	$\min \left\{ \sum_{j=1}^{Ntp} (Cad_j - \mu)^2 \right\}$	S
Restricciones	$Cad_j = \sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij}$ Carga académica del periodo j	A
	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Cmx$ Carga máxima	E

En cuanto a los cambios en las restricciones, más que nada se maneja una sustitución:

en lugar de $\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Cmx$, ésta se reemplaza por $Cad_j = \sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij}$, ya que es

necesario tener establecida la carga académica para cada periodo.

La Figura 17 muestra el modelo BACP-6 completo donde, como se mencionó en la sección 3.4.2, la función objetivo es cuadrática. Por ende, el modelo deja de ser un modelo de programación lineal entera. Sin embargo, también se considerará esta opción al momento de aplicar los planes de estudio en el Capítulo 4.

Figura 17
Modelo BACP-6

Función objetivo:	$\min \left\{ \sum_{j=1}^{Ntp} (Cad_j - \mu)^2 \right\}$	
Restricciones	$Cad_j = \sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij}$	Carga académica por periodo j
	$\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, Nta$	Asignación de curso i a algún periodo j
	$mca_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_j \cdot x_{ij} \leq Mca_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínima y máxima carga académica por periodo
	$mna_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo
	$\sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{aj} \geq 1$	Si el curso b tiene al curso a como prerequisite
	$\sum_{j=mpc_c}^{Mpc_c} x_{cj} = 1$	Ubicación conveniente para la asignatura c

3.4.6 El Modelo BACP-7

Finalmente, el modelo BACP-7 incorpora la última propuesta de función objetivo descrita en la sección 3.4.2. Las modificaciones necesarias, con respecto a BACP-3, para obtener este modelo son las que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8
Elementos BACP-7 con respecto a BACP-3

ELEMENTO	EXPRESIÓN	AGREGADO (A) / SUSTITUTO (S) / ELIMINADO (E)
Parámetros	μ carga media por periodo D_j^1 holgura por defecto D_j^2 holgura por exceso	A
Función objetivo	$\min \left\{ \sum_{j=1}^{Ntp} (D_j^1 + D_j^2) \right\}$ que representa al concepto de $\min \left\{ \sum_{j=1}^n c_j - \mu \right\}$	S
Restricciones	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} - \mu + D_j^1 - D_j^2 = 0$ para obtener diferencia de carga vs. carga media en cada periodo	A
	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Cmx$ carga máxima	E

También en este caso, como en el del modelo BACP-5, se sustituye la expresión de carga máxima $\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} \leq Cmx$ por la de $\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} - \mu + D_j^1 - D_j^2 = 0$, para obtener el valor de la diferencia absoluta entre la carga de cada periodo y la carga media μ . Como se puede observar, este modelo guarda similitudes con BACP-5, con la diferencia de toma en cuenta todas las diferencias entre la carga de cada periodo y la carga media. También es similar a BACP-6, pero con la ventaja de que el modelo sigue siendo lineal. La Figura 18 muestra el modelo BACP-7 completo.

Figura 18
Modelo BACP-7

Función objetivo:	$\min \left\{ \sum_{j=1}^{Ntp} (D_j^1 + D_j^2) \right\}$	que representa a $\sum c_j - \mu $
Restricciones	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} - \mu + D_j^1 - D_j^2 = 0$	Diferencia de carga vs. carga media en cada periodo j
	$\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1$ $\forall i = 1, \dots, Nta$	Asignación de curso i a algún periodo j
	$mca_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_j \cdot x_{ij} \leq Mca_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínima y máxima carga académica por periodo
	$mna_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna_j$ $\forall j = 1, \dots, Ntp$	Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo
	$\sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{aj} \geq 1$	Si el curso b tiene al curso a como prerequisite
	$\sum_{j=mpc_c}^{Mpc_c} x_{cj} = 1$	Para la asignatura c , que es conveniente que se ubique entre determinados periodos, distintos del inicial y/o del final

3.5 Conclusión del capítulo

En este capítulo se analizaron tanto las restricciones como la función objetivo de un modelo recurrente en la literatura, identificado en aquí como BACP-0, para generar como resultado un conjunto de modelos propuestos, que propiamente se interpretan como versiones progresivas (BACP-1, BACP-2 y BACP-3), desde modelos más particulares y limitados a más generales.

Además, se estudiaron diversos conceptos de balance, donde cada uno de estos conceptos se reflejó en un modelo. Se tomaron cuatro conceptos de la literatura existente y se hizo la propuesta de uno adicional. Los modelos resultantes se identificaron como BACP-3, BACP-4, BACP-5, BACP-6 y BACP-7. El propósito en el Capítulo 4 es el de aplicar estos modelos a planes de estudio específicos para determinar su eficiencia y calidad de soluciones.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS MODELOS

En este capítulo se concentran los resultados de la implementación de los modelos establecidos en el Capítulo 3 a un conjunto de planes de estudio específico. Este Capítulo se divide en las siguientes secciones:

- 4.1 Descripción de los planes de estudio de muestra.
- 4.2 Recolección de datos de los planes de estudio.
- 4.3 Resultados de modelos BACP-0 a BACP-3.
- 4.4 Resultados de modelos BACP-3 a BACP-7.
- 4.5 Establecimiento de la propuesta final de modelo.
- 4.6 Comparación con planes vigentes UPAEP
- 4.7 Conclusión del capítulo.

4.1 Descripción de los planes de estudio de muestra

Para llevar a cabo los análisis de los modelos del Capítulo 3, se tomará un conjunto de planes de estudio como muestra. Estos planes de estudio, que se encuentran detallados en el Anexo 1, corresponden a:

- a) Tres planes de estudio – de duración 8, 10 y 12 periodos – (Castro y Manzano, 2001), que han sido utilizados en más de un trabajo previo, como en el de Hnich *et al.* (2002). Las características de estos planes de estudio están disponibles como *prob030* en www.csplib.org. En lo sucesivo, estos planes se identificarán como Prob030-8, Prob030-10 y Prob030-12, respectivamente.
- b) Cinco planes de estudio, pertenecientes a las carreras de licenciatura de la UPAEP: Ingeniería en Agronomía, Ingeniería Civil, Ingeniería en Manufactura de Autopartes, Ingeniería Industrial, Ingeniería Química. Para estas licenciaturas se realizó un proceso de diseño curricular, que culminó en planes de estudios vigentes a partir del mes de agosto del 2007. El código de identificación para estos planes será el siguiente: Iag-03, Ici-06, Ima-03, Ind-06 e Iqm-06, respectivamente.

En la Tabla 9 se muestran las características generales de cada plan de estudios. En el caso de los planes pertenecientes a la UPAEP, la información está disponible en la página oficial de la universidad, <http://www.upaep.mx/>.

Tabla 9
Características generales de los planes de muestra

Clave	Número total de asignaturas	Número total de créditos	Número de periodos académicos	Número de relaciones de prerrequisito
Prob030-8	46	133	8	33
Prob030-10	42	134	10	34
Prob030-12	66	204	12	65
Iag-03	62	361	9	19
Ici-06	61	488	9	48
Ima-03	61	395	9	48
Ind-06	61	376	9	47
Iqm-06	60	402	9	53

4.2 Recolección de datos de los planes de estudio

Como se mencionó en el apartado anterior, las características generales de los planes de estudio fueron obtenidos de la información disponible en las ligas citadas previamente. Sin embargo, existen algunas características de los planes UPAEP que, aunque no forman parte de la información oficial, sí se tomaron en cuenta a la hora de establecer el plan curricular. Estas características son:

- Máximo y mínimo de asignaturas por periodo
- Máximo y mínimo de créditos por periodo
- Ubicaciones deseadas para ciertas asignaturas.

En cuanto al significado de créditos, en los planes UPAEP existen dos posibles a tomarse:

- Créditos académicos – *externo* –: calculado de acuerdo con las normativas vigentes de la Secretaría de Educación Pública del Estado de Puebla, como una medida de la dedicación del alumno a cada curso.
- Unidades de cobro – *interno* –: establecido por la institución, está en función tanto en términos académicos como económicos. Se usa para determinar el monto de la colegiatura de acuerdo a las características académicas de cada asignatura.

De esta forma, el balance de los planes de estudio del caso se realizó de acuerdo a sólo una de las interpretaciones mencionadas, créditos o unidades. La elección del criterio estuvo a cargo de los equipos responsables de cada rediseño.

Toda esta información requiere de ser recopilada, tanto a través del sistema de información de la institución como a partir de entrevistas con los responsables de cada plan académico.

4.2.1 Diseño de la investigación de datos

Los pasos metodológicos empleados en esta investigación son los propuestos por Hernández *et al.* (2003) y constan de:

- Diseño de la investigación.
- Selección de la muestra.
- Recolección de datos.
- Análisis de datos.

Características de la presente investigación:

- No experimental.

Debido a que en un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes (Hernández *et al.*, 2003), el presente trabajo tiene esta característica, pues trata de la medición de variables que reflejan la ubicación de asignaturas en planes académicos. Así, no habrá manejo de datos, sólo detección de su existencia y magnitud.

- Cuantitativo.

Las variables que se describirán tendrán que mostrar de manera cuantitativa la presencia o ausencia de datos o su magnitud, cuyos valores serán determinados por la investigación.

- Descriptivo.

El propósito de una investigación descriptiva es especificar los valores en que se manifiestan una o más variables (Hernández *et al.*, 2003) que establecen la cantidad de presencia de éstos que existen en los programas.

- Transeccional.

La investigación mostrará los valores en *el aquí y el ahora*.

4.2.2 Selección de la muestra

Quienes tienen la documentación de los datos de las asignaturas de los planes de estudio son los coordinadores responsables del rediseño de cada plan de estudios.

Para la obtención de la información necesaria, se determinan las características de muestreo y selección.

- Población.

Consta del total de responsables de los planes de estudio definidos al inicio del capítulo: los maestros responsables de cada programa, 5 en total.

- Cálculo de la muestra.

Para este caso, se hará de manera censada: todos los responsables serán entrevistados.

- Tipo de muestreo.

Simple.

- Tipo de selección.

Directa.

4.2.3 Recolección de datos.

Debido a que la información que se necesita recopilar tiene que ver con características específicas de las asignaturas y de periodos, éstos sirven de base para determinar las variables a medir – Tabla 10 –.

Tabla 10
Dimensiones y variables del instrumento

DIMENSIONES	Variables	
	Máximo	Mínimo
Asignaturas	Periodo deseado	Periodo deseado
Periodos	Créditos o Unidades de cobro	Créditos o Unidades de cobro
	Asignaturas	Asignaturas

De la definición de las dimensiones y variables, se desarrolla el instrumento, que se encuentra descrito en el Anexo 2, el cual contiene ítems para determinar, para cada programa de licenciatura, la información de máximos y mínimos deseados para número de asignaturas, créditos o unidades, y ubicaciones.

Debido a que, como se mencionó anteriormente, existen en los nuevos planes dos medidas de carga pero solamente se utiliza una de ellas (elegida por los responsables de cada plan de estudios) para realizar el balance, en lo sucesivo al criterio elegido se le definirá genéricamente como *unidad de carga académica*.

4.2.4 Despliegue de datos

De acuerdo con la información recolectada tanto de las entrevistas con los responsables como de la obtenida por medio de información oficial, los planes de estudios tienen las características, complementarias a la Tabla 9, mostradas en la Tabla 11.

Tabla 11
Características complementarias de los programas

Clave	Número mínimo de cursos por periodo*	Número máximo de cursos por periodo*	Mínima carga académica permitida por periodo*	Máxima carga académica permitida por periodo*	Número de cursos con ubicaciones preferidas
Prob030-8	2	10	10	24	0
Prob030-10	2	10	10	24	0
Prob030-12	2	10	10	24	0
Iag-03	4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 3	8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 6	24, 24, 24, 24, 24, 24, 24, 24, 15	50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 40	12
Ici-06	5	8	20	60	15
Ima-03	4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 2	9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 4	20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 15	60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 40	23
Ind-06	4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 2	9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 4	20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 15	60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 40	21
Iqm-06	4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 3	8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 5	30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 20	60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 40	15

Los conceptos marcados con asterisco indican que si hay un solo valor, éste es válido para cada periodo. De lo contrario se muestra el valor en cada uno de estos periodos académicos.

4.2.5 Software

El software que se utilizará para los modelos de PLE es el HyperLingo, de Lindo Systems Inc. (<http://www.lindo.com/>) para encontrar soluciones óptimas y establecer la eficiencia y calidad de solución de éstas.

HyperLingo es una versión profesional de Lingo (Linear INteractive and General Optimizer). Los productos Lingo/Lindo son ampliamente utilizados, y se encuentran disponibles en distintas plataformas de hardware para resolver modelos de programación lineal, entera y no lineal. Para problemas grandes, Lingo provee un lenguaje de modelación que facilita la introducción de datos y la formulación del modelo en forma automática.

En el Anexo 3 se muestran las características del software y hardware usados en este trabajo, así como un comparativo de HyperLingo frente a otros paquetes de software de optimización. Este comparativo es un extracto de la información proporcionada por la página del 2007 OR/MS Today (<http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/LP/LP-surveymain.html>), así como del sitio web de Lindo Systems y de la página del *Optimization Technology Center* de la *Northwestern University and Argonne National Laboratory* (<http://www.it.iitb.ac.in/vweb/mgmt/or/operations%20research/www-unix.mcs.anl.gov/otc/guide/faq/linear-programming-faq.html#>).

Para la solución de los modelos en HyperLingo, el método y las características de búsqueda utilizadas son las definidas por *default* en el software (Lindo Systems, 2006). En el Anexo 3 se incluye una breve descripción de las características del método de solución.

4.3 Resultados de modelos BACP-0 a BACP-3

4.3.1 Resultados en el modelo BACP-0

Un aspecto a resaltar es que el modelo base BACP-0 se aplicó solamente a los planes Prob030-8, Prob030-10, Prob030-12 e Ici-08, que mantienen constantes a través de todos los periodos académicos los valores mínimos y máximos de número de asignaturas y créditos, si bien en Ici-08 aún no hay restricciones declaradas para ubicaciones preferidas.

Así, al modelar y resolver cada uno de los planes mencionados en HyperLingo, aplicados al modelo base, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 12. En el Anexo 4 se muestra la distribución de asignaturas obtenida para cada plan de estudios.

Tabla 12
Resultados del BACP-0 en planes de muestra

	Prob030-8	Prob-030-10	Prob030-12	Ici-06
Número total de variables	377	431	805	559
Número de variables enteras	368	420	792	549
Número de ecuaciones	359	443	919	548
Número de coeficientes no-cero	2,701	3,601	8,299	4,402
Valor óptimo de función objetivo	17	14	17	55
Número promedio de iteraciones al óptimo	609	9,186	818,507	40,059*
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	1.0	2.6	409.3	10.5*

El asterisco indica que no siempre el modelo alcanzó la solución óptima en un tiempo menor a una hora, debido a que transcurrido ese tiempo en el método (brach&bound) aún había una gran cantidad de nodos activos.

Tanto en estos resultados como en los posteriores, se tomó un tiempo de una hora como parámetro de parada. En este trabajo se seleccionó este tiempo como un valor *intermedio*, puesto que en trabajos previos de BACP (sección 2.3) este valor varía desde 1 día (Castro y Manzano, 2001), hasta 10 minutos (Lambert *et al.*, 2006), pasando por otros valores como de 5 horas (Castro y Manzano, 2001), e incluso trabajos donde no se especifica este valor (Hnich *et al.*, 2002).

4.3.2 Resultados en el modelo BACP-1

En este caso, también se aplicó a los planes Prob030-8, Prob030-10, Prob030-12 e Ici-06.

Al implementar el modelo BACP-1 en cada uno de los planes, se obtienen los resultados generales mostrados en la Tabla 13. En el Anexo 5 se muestra la distribución de asignaturas obtenida para cada plan de estudios.

Tabla 13
Resultados del BACP-1 en planes de muestra

	Prob030-8	Prob030-10	Prob030-12	Ici-06
Número total de variables	369	421	793	550
Número de variables enteras	368	420	792	549
Número de ecuaciones	120	127	192	155
Número de coeficientes no-cero	2,745	3,211	6,325	4,168
Valor óptimo de función objetivo	17	14	17	55
Número promedio de iteraciones al óptimo	1,096	7,789	442,973	23,896
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	0.6	2.0	202.7	5.9

Los resultados mostrados en esta tabla indican que, por un lado, aunado a un menor tamaño – número de variables y restricciones –, los modelos BACP-1 son más rápidos para resolver que los planes en el modelo base. La función objetivo, o criterio de balance, es el mismo que el de BACP-0.

4.3.3 Resultados en el modelo BACP-2

En el caso de los modelos de muestra de este trabajo, en los planes Iag-03, Ima-03, Ind-06 e Iqm-06 los límites mínimo y máximo no son iguales para todos los periodos. Al aplicar la flexibilización de límites propuesta para BACP-2 – sección 3.2.7 –, es ya posible aplicar el modelo a todos los planes de muestra que no se pudieron aplicar en BACP-1. En el caso de los planes sin esta flexibilización, los resultados en el modelo BACP-2 serán los mismos que sus correspondientes BACP-1 (Tabla 13).

Al aplicar el modelo BACP-2 a cada uno de los planes restantes, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 14. En el Anexo 6 se muestra la distribución de asignaturas obtenida para cada plan de estudios.

Tabla 14
Resultados del BACP-2 en planes de muestra

	Iag-03	Ima-03	Ind-06	Iqm-06
Número total de variables	559	550	550	541
Número de variables enteras	558	549	549	540
Número de ecuaciones	127	155	154	159
Número de coeficientes no-cero	3,646	4,114	4,096	4,150
Valor óptimo de función objetivo	41	46	43	46
Número promedio de iteraciones al óptimo	3,996	15,033	143,296*	3,577
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	1.6	4.3	23.1*	1.3

En este caso, para el plan Ind-06 no siempre el modelo alcanzó la solución óptima en un tiempo menor a una hora, debido a que transcurrido ese tiempo aún había una gran cantidad de nodos activos. Cuando así ocurría, esta cantidad era aún grande (en el orden de miles).

4.3.4 Resultados en el modelo BACP-3

Este modelo se aplicará a aquellos planes que tienen asignaturas con *ubicaciones convenientes* – sección 3.3.1 – que son Ici-06, Iag-03, Ima-03, Ind-06 e Iqm-06. El Anexo 7 muestra las asignaturas de estos y sus asignaturas con condición de ubicación conveniente.

Aplicando el modelo BACP-3 a estos planes de estudio, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 15. En el caso de los planes Prob030-8, Prob-030-10 y Prob030-12, la propuesta de BACP-3 es la misma que BACP-1. En el Anexo 8 se muestra la distribución de asignaturas obtenida para cada plan de estudios.

Tabla 15
Resultados del BACP-3 en planes de muestra

	Ici-06	Iag-03	Ima-03	Ind-06	Iqm-06
Número total de variables	550	559	550	550	541
Número de variables enteras	549	558	549	549	540
Número de ecuaciones	170	139	178	175	174
Número de coeficientes no-cero	4,225	3,688	4,225	4,191	4,208
Valor óptimo de función objetivo	55	41	46	**	46
Número promedio de iteraciones al óptimo	18,680*	48,228	12,172	**	575
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	4.1*	8.6	3.3	**	0.6

El asterisco indica que la solución óptima no siempre se alcanzó en un tiempo menor a 1 hora debido a que aún había una gran cantidad de nodos activos. El doble asterisco significa que la solución óptima no se alcanzó nunca en un tiempo menor a 1 hora: en ningún caso el número de nodos activos llegó a cero en ese tiempo.

4.3.5 Concentrado de resultados BACP-0 a BACP-3

Las Tablas 16 y 17 presentan el concentrado de resultados de los modelos BACP-0, BACP-1, BACP-2 y BACP-3, de cada uno de los planes.

Tabla 16
Concentrado de iteraciones BACP-0 a BACP-3

	Número promedio de iteraciones al óptimo			
	BACP-0	BACP-1	BACP-2	BACP-3
Prob030-8	609	1,096	1,096	1,096
Prob030-10	9,186	7,789	7,789	7,789
Prob030-12	818,507	442,973	442,973	442,973
Ici-06	40,059*	23,896	23,896	18,680*
Iag-03			3,996	48,228
Ima-03			15,033	12,712
Ind-06			143,296*	**
Iqm-06			3,577	575

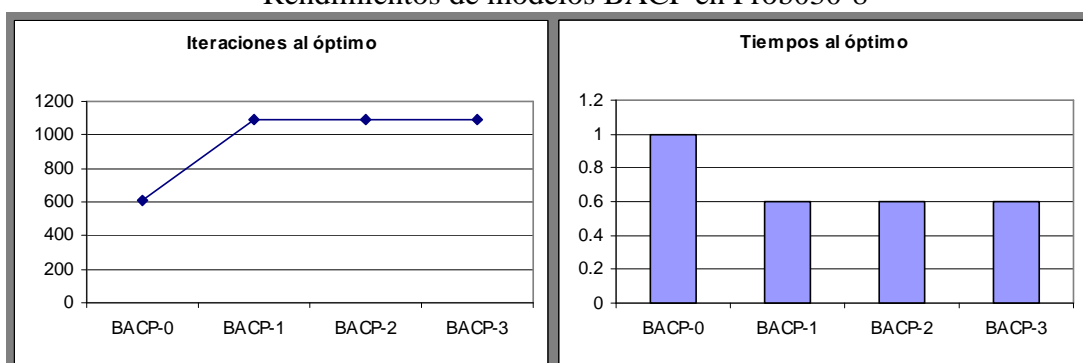
Tabla 17
Concentrado de tiempos BACP-0 a BACP-3

	Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)			
	BACP-0	BACP-1	BACP-2	BACP-3
Prob030-8	1.0	0.6	0.6	0.6
Prob030-10	2.6	2.0	2.0	2.0
Prob030-12	409.3	202.7	202.7	202.7
Ici-06	10.5*	5.9	5.9	4.1*
Iag-03			1.6	8.6
Ima-03			4.3	3.3
Ind-06			23.1*	**
Iqm-06			1.3	0.6

En las gráficas 1 a 8 se muestran los valores de desempeño de los modelos BACP-0 a BACP-3, tanto el número de iteraciones como el tiempo para llegar al óptimo, divididos por plan académico. En las gráficas se muestran los modelos BACP donde se obtuvieron resultados.

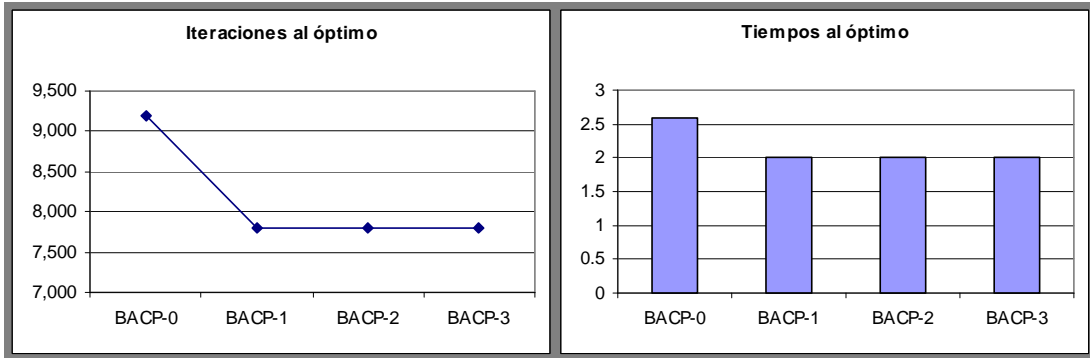
- Prob030-8.

Gráfica 1
Rendimientos de modelos BACP en Prob030-8



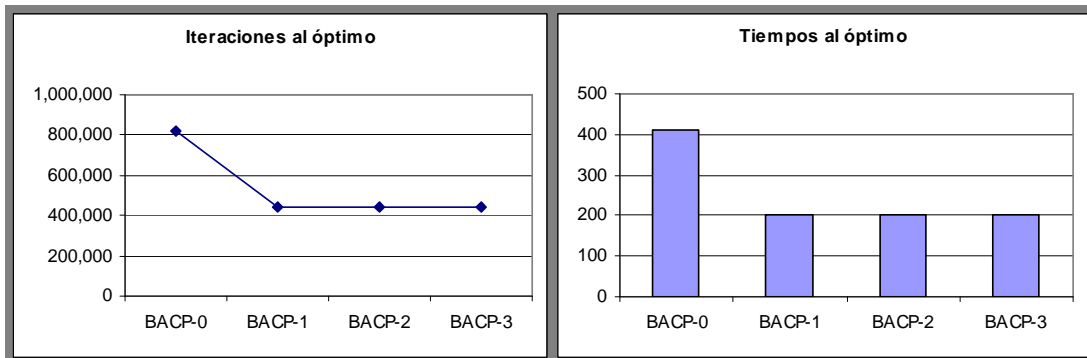
- Prob030-10.

Gráfica 2
Rendimientos de modelos BACP en Prob030-10



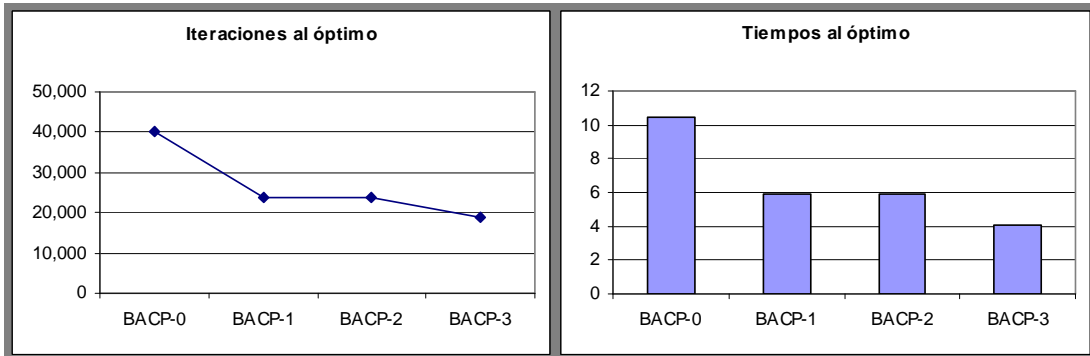
- Prob030-12.

Gráfica 3
Rendimientos de modelos BACP en Prob030-12



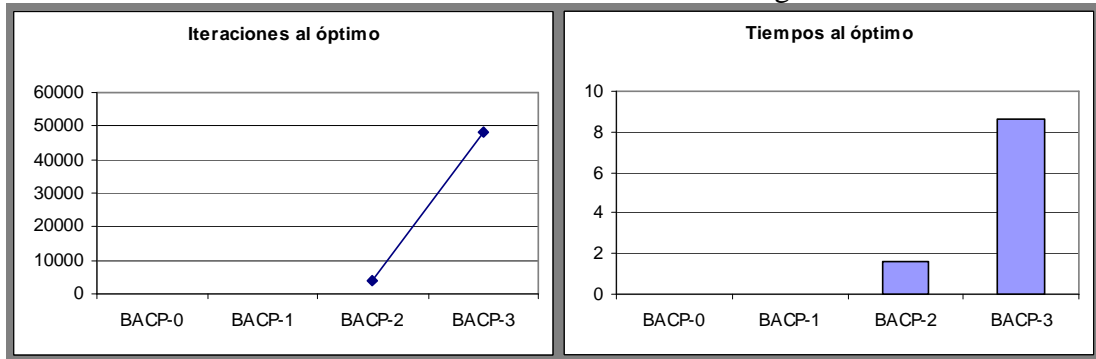
- Ici-06.

Gráfica 4
Rendimientos de modelos BACP en Ici-06



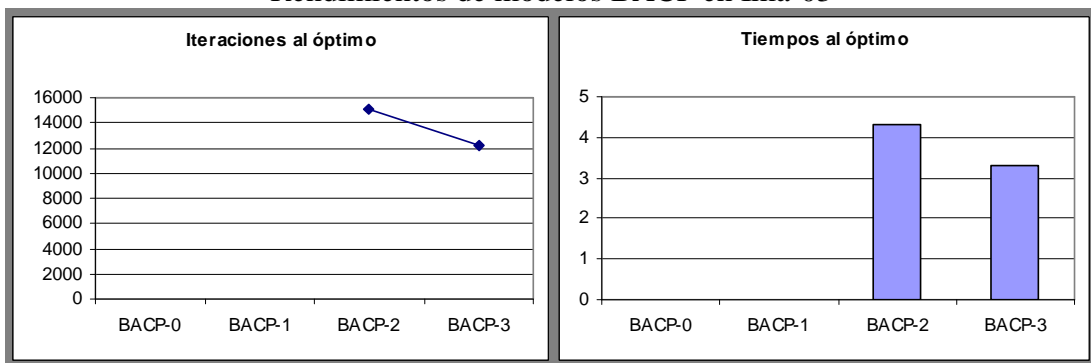
- Iag-03.

Gráfica 5
Rendimientos de modelos BACP en Iag-03



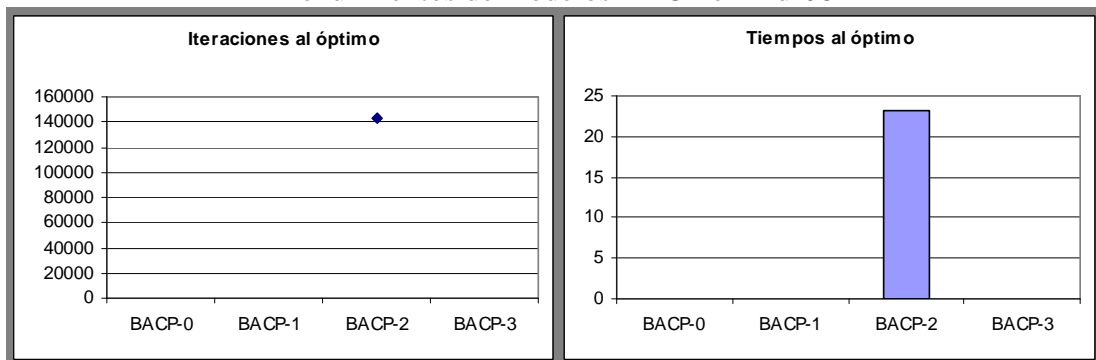
- Ima-03.

Gráfica 6
Rendimientos de modelos BACP en Ima-03



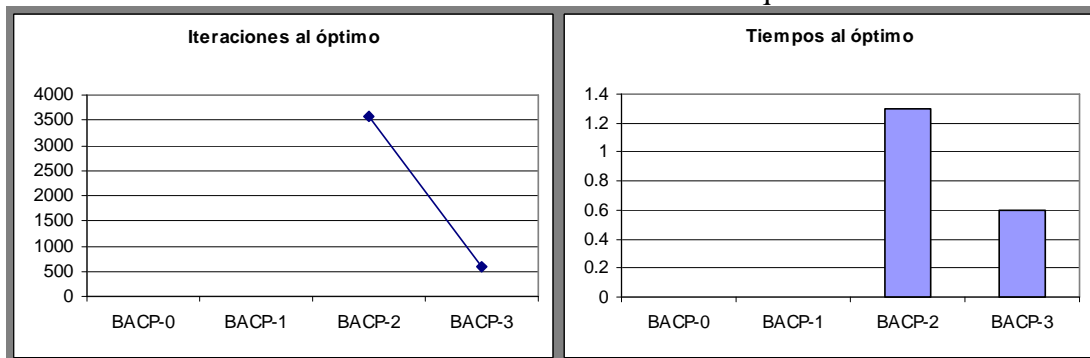
- Ind-06.

Gráfica 7
Rendimientos de modelos BACP en Ind-06



- Iqm-06.

Gráfica 8
Rendimientos de modelos BACP en Iqm-06



Todos estos resultados apoyan a las siguientes consideraciones:

- El modelo original BACP-0, aparte de que no puede modelarse para todos los planes de la muestra, tiene un rendimiento inferior a posteriores versiones – más tiempo/iteraciones para alcanzar el óptimo – en la mayoría de los planes a los que se les aplicó. De hecho, su rendimiento en general es inferior a BACP-1, que propone una relación de prerequisite alternativa.
- Los modelos que proporcionan una solución óptima en menor tiempo, y menor número de iteraciones en general, son los modelos BACP-2 y BACP-3. Sin embargo, este último provee una estructura más general, pues incorpora restricciones de ubicación conveniente para las asignaturas, aspecto del que carece BACP-2 y por tanto sus soluciones podrían no ser aceptadas, precisamente por la falta de estas restricciones.
- Aún quedan algunos casos donde, con algún modelo BACP, el tiempo para obtener la solución óptima puede llegar a ser mayor a 1 hora, debido a lo cual puede ser conveniente explorar diseños alternativos para reducir este tiempo.

4.4 Resultados de modelos BACP-3 a BACP-7

En esta sección se analizan los resultados de los modelos BACP-4 a BACP-7 en los planes de muestra, y se hace un concentrado de resultados desde BACP-3 a BACP-7, para incluir todos los conceptos de balance propuestos en la sección 3.4.2.

4.4.1 Resultados de modelos BACP-4

Al aplicar e implementar el modelo BACP-4 a cada uno de los planes, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 18. En el Anexo 9 se muestra la distribución de asignaturas obtenida para cada plan de estudios.

Tabla 18
Resultados del BACP-4 en planes de muestra

	Prob030-8	Prob030-10	Prob030-12	Ici-06
Número total de variables	370	422	794	551
Número de variables enteras	368	420	792	549
Número de ecuaciones	128	137	204	179
Número de coeficientes no-cero	3,122	3,642	7,130	4,784
Valor óptimo de función objetivo	**	1	0	1
Número promedio de iteraciones al óptimo	**	179,133	466,262	167,778*
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	**	39.1	218.4	28.0*
	Iag-03	Ima-03	Ind-06	Iqm-06
Número total de variables	560	551	551	542
Número de variables enteras	558	549	549	540
Número de ecuaciones	148	187	184	183
Número de coeficientes no-cero	4,238	4,766	4,732	4,740
Valor óptimo de función objetivo	1	14	**	6
Número promedio de iteraciones al óptimo	1,570,205*	19,715	**	673,832
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	486.5*	4.1	**	177.1

De nueva cuenta, el asterisco indica que la solución óptima no siempre se alcanzó en un tiempo menor a 1 hora, mientras que el doble asterisco significa que la solución óptima no se alcanzó nunca en un tiempo menor a 1 hora.

4.4.2 Resultados de modelos BACP-5

Aplicando este nuevo modelo a cada uno de los planes de muestra, se obtienen los resultados de la Tabla 19. En el Anexo 10 se muestra la distribución de asignaturas obtenida para cada plan de estudios.

Tabla 19
Resultados del BACP-5 en planes de muestra

	Prob030-8	Prob030-10	Prob030-12	Ici-06
Número total de variables	385	441	817	568
Número de variables enteras	368	420	792	549
Número de ecuaciones	136	147	216	188
Número de coeficientes no-cero	2,785	3,261	6,385	4,270
Valor óptimo de función objetivo	**	**	0	**
Número promedio de iteraciones al óptimo	**	**	96,726	**
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	**	**	23.0	**
	Iag-03	Ima-03	Ind-06	Iqm-06
Número total de variables	577	568	568	559
Número de variables enteras	558	549	549	540
Número de ecuaciones	157	196	193	192
Número de coeficientes no-cero	3,733	4,270	4,236	4,253
Valor óptimo de función objetivo	**	11.889	9.778	4.667
Número promedio de iteraciones al óptimo	**	650	773	2,246
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	**	0.3	0.9	0.8

En los planes Prob030-8, Prob030-10, Ici-06 e Iag-03 no se pudo obtener la solución óptima en un tiempo no mayor a 1 hora.

4.4.3 Resultados de modelos BACP-6

La característica principal de este modelo es la *no linealidad* en la función objetivo. Sin embargo, el software HyperLingo puede trabajar con esta clase de modelos.

Al aplicar este nuevo modelo a cada uno de los planes de muestra, se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 20. En el Anexo 11 se muestra la distribución de asignaturas obtenida para cada plan de estudios.

Tabla 20
Resultados del BACP-6 en planes de muestra

	Prob030-8	Prob030-10	Prob030-12	Ici-06
Número total de variables	376	430	804	576
Número de variables enteras	368	420	792	549
Número de ecuaciones	121	128	193	171
Número de coeficientes no-cero	2,760	3,230	6,348	4,242
Valor óptimo de función objetivo	41.875	**	24	**
Número promedio de iteraciones al óptimo	19,567	**	56,248	**
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	15.5	**	69.3	**
	Iag-03	Ima-03	Ind-06	Iqm-06
Número total de variables	585	576	576	567
Número de variables enteras	558	549	549	540
Número de ecuaciones	140	179	176	175
Número de coeficientes no-cero	3,705	4,242	4,208	4,225
Valor óptimo de función objetivo	54.889	256.889	177.556	**
Número promedio de iteraciones al óptimo	19,092*	17,484	14,853	**
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	17.6*	14.9	12.6	**

De acuerdo con los resultados, en los planes Prob030-10, Ici-06 e Iqm-06 no se pudo obtener la solución óptima en un tiempo menor a 1 hora, y en Iag-03 no siempre se obtuvo el valor óptimo en un tiempo menor.

4.4.4 Resultados de modelos BACP-7

Aplicando este modelo a cada uno de los planes de muestra, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 21. En el Anexo 12 se muestra la distribución de asignaturas obtenida para cada plan de estudios.

Tabla 21
Resultados del BACP-7 en planes de muestra

	Prob030-8	Prob030-10	Prob030-12	Ici-06
Número total de variables	384	440	816	567
Número de variables enteras	368	420	792	549
Número de ecuaciones	120	127	192	170
Número de coeficientes no-cero	2,768	3,240	6,360	4,251
Valor óptimo de función objetivo	3.75	4.8	0	3.111
Número promedio de iteraciones al óptimo	1,861	152,817	16,336	109,770
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	1.0	38.6	4.7	22.9
	Iag-03	Ima-03	Ind-06	Iqm-06
Número total de variables	576	567	567	558
Número de variables enteras	558	549	549	540
Número de ecuaciones	139	178	175	174
Número de coeficientes no-cero	3,714	4,251	4,217	4,234
Valor óptimo de función objetivo	1.778	23.778	19.556	10.667
Número promedio de iteraciones al óptimo	154,613	15,230	26,004	32,209
Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)	28.6	3.7	6.3	6.9

A diferencia de algunas de las propuestas anteriores, ésta arrojó soluciones óptimas en todos los casos.

4.4.5 Concentrado de resultados BACP-3 a BACP-7

A continuación se presenta el concentrado de resultados de los modelos BACP-3 a BACP-7 de cada uno de los planes. Ver Tablas 22 y 23.

Tabla 22
Concentrado de iteraciones BACP-3 a BACP-7

	Número promedio de iteraciones al óptimo				
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7
Prob030-8	1,096	**	**	19,567	1,861
Prob030-10	7,789	179,133	**	**	152,817
Prob030-12	442,973	466,262	96,276	56,248	16,336
Ici-06	18,680*	167,778*	**	**	109,770
Iag-03	48,228	1,570,205*	**	19,092*	154,613
Ima-03	12,712	19,175	650	17,484	15,230
Ind-06	**	**	773	14,853	26,004
Iqm-06	575	673,832	2,246	**	32,209

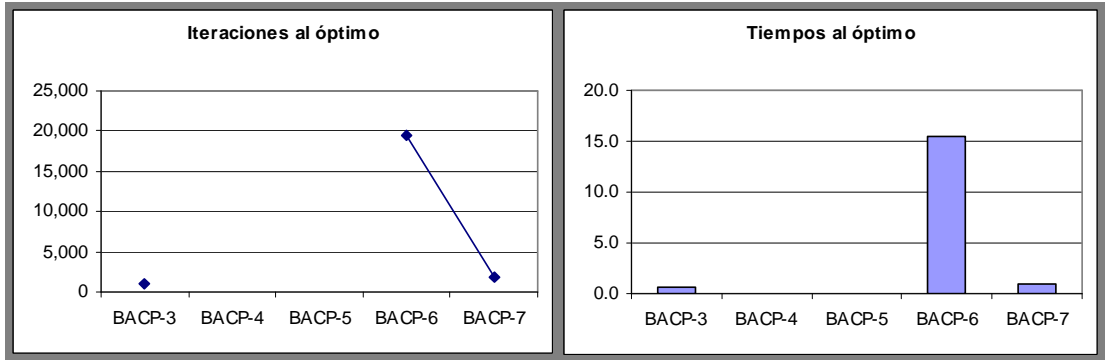
Tabla 23
Concentrado de tiempos BACP-3 a BACP-7

	Tiempo promedio de corrida al óptimo (segundos)				
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7
Prob030-8	0.6	**	**	15.5	1.0
Prob030-10	2.0	39.1	**	**	38.6
Prob030-12	202.7	218.4	23.0	69.3	4.7
Ici-06	4.1*	28.0*	**	**	22.9
Iag-03	8.6	486.5*	**	17.6*	28.6
Ima-03	3.3	4.1	0.3	14.9	3.7
Ind-06	**	**	0.9	12.6	6.3
Iqm-06	0.6	177.1	0.8	**	6.9

En las gráficas 9 a 16 se muestran los valores de desempeño de los modelos, tanto el número de iteraciones como el tiempo para llegar al óptimo, divididos por plan académico.

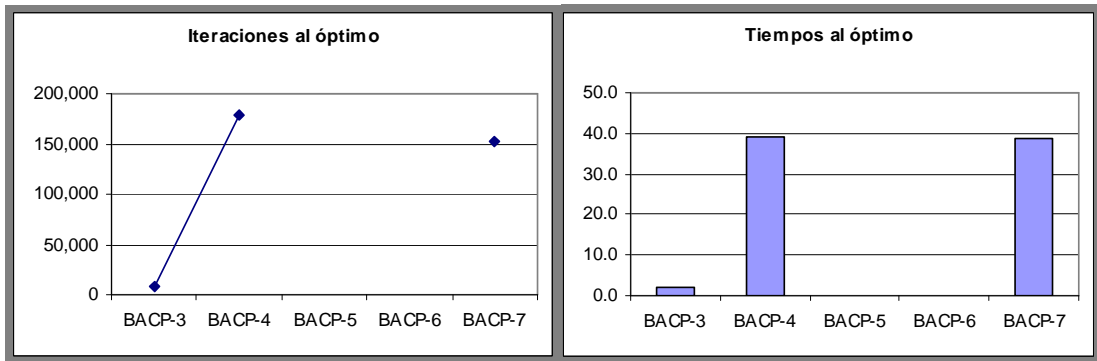
- Prob030-8.

Gráfica 9
Rendimientos de modelos BACP en Prob030-8



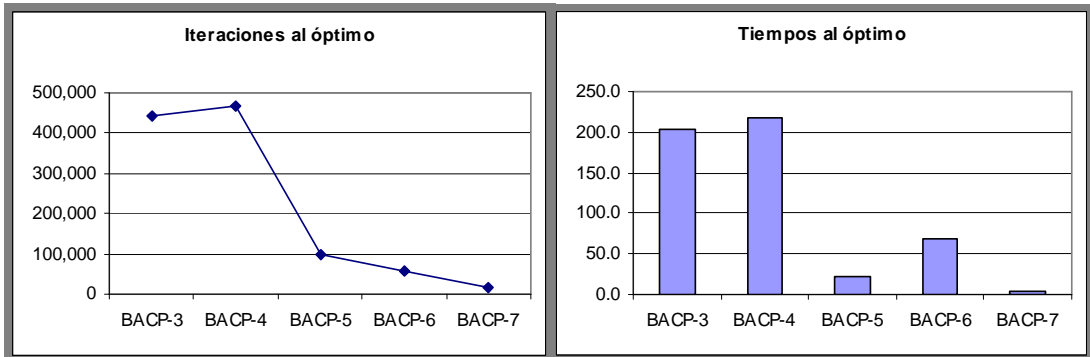
- Prob030-10.

Gráfica 10
Rendimientos de modelos BACP en Prob030-10



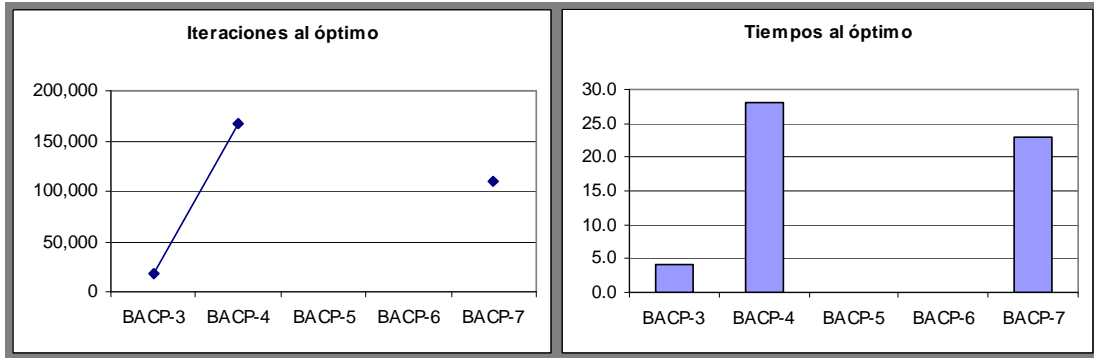
- Prob030-12.

Gráfica 11
Rendimientos de modelos BACP en Prob030-12



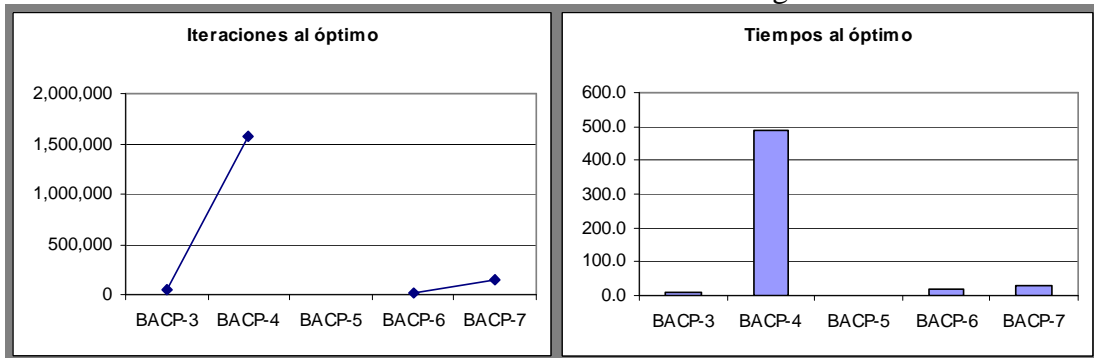
- Ici-06.

Gráfica 12
Rendimientos de modelos BACP en Ici-06



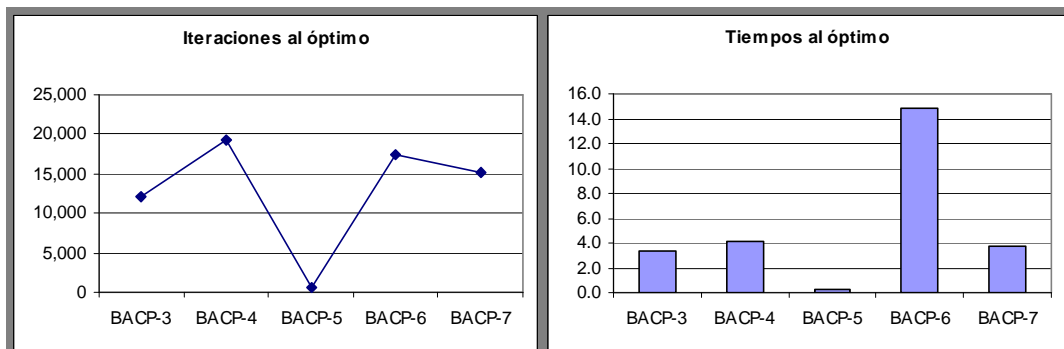
- Iag-03.

Gráfica 13
Rendimientos de modelos BACP en Iag-03



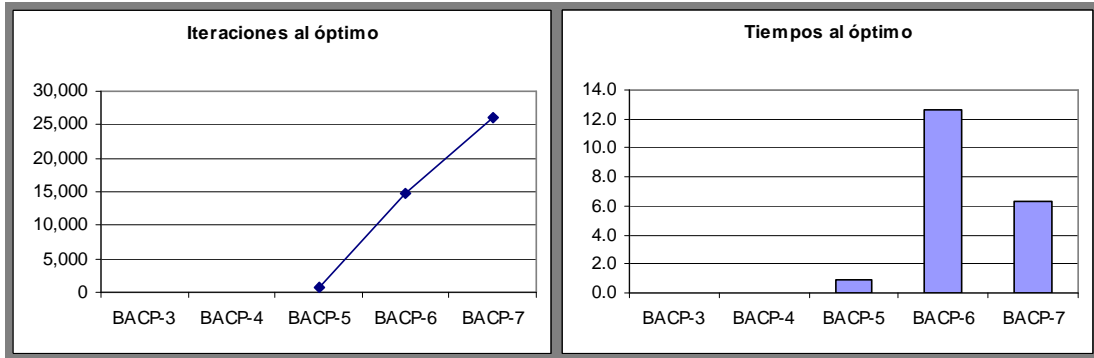
- Ima-03.

Gráfica 14
Rendimientos de modelos BACP en Ima-03



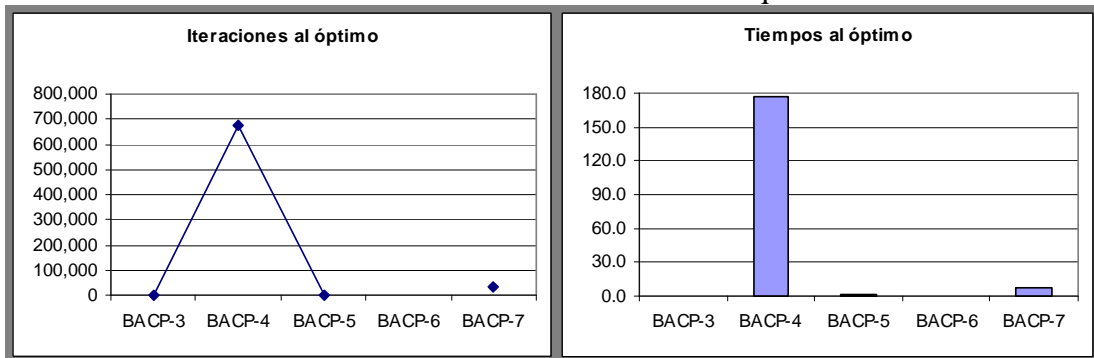
- Ind-06.

Gráfica 15
Rendimientos de modelos BACP en Ind-06



- Iqm-06.

Gráfica 16
Rendimientos de modelos BACP en Iqm-06



4.4.6 Evaluación cruzada de resultados

Otro aspecto a considerar está también en la *calidad de la solución*, en términos de la evaluación de cada propuesta de acuerdo al valor de función objetivo de las demás. Así, para establecer la calidad de la solución, los resultados de cada modelo – BACP-3 a BACP-7 – se evalúan sobre *todos los criterios de balance* establecidos en este trabajo. Así, el modelo con la mejor calidad sería aquel que es el mejor en todos, o varios, de estos criterios. Ver la Tabla 4 para identificar los criterios de balance de cada modelo BACP.

Las Tablas 24 a 39 muestran los resultados de esta *evaluación cruzada*, para cada uno de los planes de muestra. La ausencia de resultados óptimos está indicada con un sombreado.

- Plan Prob030-8.

Tabla 24
Carga académica de Prob030-8 por propuesta

Periodo	Asignaturas / créditos de propuesta				
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7
1	8 / 17			9 / 22	6 / 16
2	6 / 17			6 / 17	7 / 17
3	7 / 17			6 / 17	6 / 17
4	5 / 17			4 / 14	5 / 16
5	5 / 16			4 / 15	5 / 17
6	5 / 17			5 / 17	5 / 17
7	5 / 15			6 / 16	5 / 16
8	5 / 17			6 / 15	7 / 17

Tabla 25
Evaluación cruzada de Prob030-8 por propuesta

Propuesta	En criterio de balance de propuesta					promedio	mediana
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7		
BACP-3	17	2	1.625	3.875	4.5	5.8	3.875
BACP-4							
BACP-5							
BACP-6	22	8	5.375	41.875	13	18.05	13
BACP-7	17	1	0.625	1.875	3.75	4.85	1.875

- Plan Prob030-10.

Tabla 26
Carga académica de Prob030-10 por propuesta

Periodo	Asignaturas / créditos de propuesta				
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7
1	5 / 14	6 / 13			4 / 14
2	4 / 14	4 / 13			4 / 13
3	3 / 12	4 / 14			5 / 13
4	4 / 13	4 / 13			3 / 13
5	4 / 14	4 / 14			4 / 14
6	4 / 14	4 / 14			4 / 14
7	4/14	4 / 13			5 / 13
8	4 / 14	4 / 14			4 / 13
9	5 / 13	4 / 13			4 / 14
10	5 / 12	4 / 13			5 / 13

Tabla 27
Evaluación cruzada de Prob030-10 por propuesta

Propuesta	En criterio de balance de propuesta					promedio	mediana
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7		
BACP-3	14	2	1.4	6.4	7.2	6.2	6.4
BACP-4	14	1	0.6	2.4	4.8	4.56	2.4
BACP-5							
BACP-6							
BACP-7	14	1	0.6	2.4	4.8	4.56	2.4

- Plan Prob030-12.

Tabla 28
Carga académica de Prob030-12 por propuesta

Periodo	Asignaturas / créditos de propuesta				
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7
1	5 / 17	5 / 17	6 / 17	5 / 18	6 / 17
2	5 / 17	5 / 17	6 / 17	6 / 18	5 / 17
3	5 / 17	6 / 17	5 / 17	5 / 16	5 / 17
4	5 / 17	5 / 17	5 / 17	6 / 19	5 / 17
5	5 / 17	6 / 17	4 / 17	5 / 18	5 / 17
6	6 / 17	6 / 17	5 / 17	5 / 17	5 / 17
7	5 / 17	6 / 17	5 / 17	6 / 18	6 / 17
8	5 / 17	5 / 17	5 / 17	4 / 15	5 / 17
9	6 / 17	5 / 17	6 / 17	5 / 18	5 / 17
10	6 / 17	7 / 17	7 / 17	7 / 14	5 / 17
11	6 / 17	5 / 17	6 / 17	5 / 17	6 / 17
12	7 / 17	5 / 17	6 / 17	7 / 16	8 / 17

Tabla 29
Evaluación cruzada de Prob030-12 por propuesta

Propuesta	En criterio de balance de propuesta					promedio	mediana
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7		
BACP-3	17	0	0	0	0	3.4	0
BACP-4	17	0	0	0	0	3.4	0
BACP-5	17	0	0	0	0	3.4	0
BACP-6	19	5	3	24	14	13	14
BACP-7	17	0	0	0	0	3.4	0

- Plan Ici-06.

Tabla 30
Carga académica de Ici-06 por propuesta

Periodo	Asignaturas / créditos de propuesta				
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7
1	8 / 54	7 / 54			6 / 55
2	5 / 55	5 / 55			6 / 54
3	7 / 54	7 / 54			7 / 54
4	6 / 54	7 / 54			6 / 54
5	7 / 54	7 / 54			6 / 54
6	7 / 54	7 / 54			6 / 55
7	7 / 55	7 / 55			8 / 54
8	7 / 54	7 / 54			8 / 54
9	7 / 54	7 / 54			8 / 54

Tabla 31
Evaluación cruzada de Ici-06 por propuesta

Propuesta	En criterio de balance de propuesta					promedio	mediana
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7		
BACP-3	55	1	0.778	1.556	3.111	12.289	1.556
BACP-4	55	1	0.778	1.556	3.111	12.289	1.556
BACP-5							
BACP-6							
BACP-7	55	1	0.778	1.556	3.111	12.289	1.556

- Plan Iag-03.

Tabla 32
Carga académica de Iag-03 por propuesta

Periodo	Asignaturas / créditos de propuesta				
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7
1	8 / 41	7 / 40		8 / 42	8 / 40
2	7 / 41	8 / 40		7 / 37	7 / 41
3	7 / 39	7 / 40		7 / 42	7 / 40
4	7 / 40	7 / 40		7 / 41	7 / 40
5	6 / 41	7 / 40		6 / 37	7 / 40
6	6 / 40	6 / 40		7 / 42	6 / 40
7	7 / 40	7 / 40		7 / 42	7 / 40
8	8 / 40	7 / 41		8 / 42	7 / 40
9	6 / 39	6 / 40		5 / 36	6 / 40

Tabla 33
Evaluación cruzada de Iag-03 por propuesta

Propuesta	En criterio de balance de propuesta					promedio	mediana
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7		
BACP-3	41	2	1.111	4.889	5.333	10.867	4.889
BACP-4	41	1	0.889	0.889	1.778	9.111	1
BACP-5							
BACP-6	42	6	4.111	54.889	20.667	25.333	20.667
BACP-7	41	1	0.889	0.889	1.778	9.111	1

- Plan Ima-03.

Tabla 34
Carga académica de Ima-03 por propuesta

Periodo	Asignaturas / créditos de propuesta				
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7
1	8 / 45	7 / 44	6 / 36	8 / 49	8 / 46
2	7 / 46	7 / 45	7 / 41	7 / 42	7 / 45
3	7 / 43	6 / 45	7 / 45	7 / 43	6 / 44
4	6 / 45	7 / 46	8 / 55	7 / 47	6 / 44
5	8 / 46	8 / 46	7 / 47	7 / 42	9 / 46
6	6 / 46	8 / 45	7 / 45	6 / 41	7 / 44
7	8 / 46	7 / 46	7 / 51	7 / 49	7 / 49
8	7 / 46	7 / 46	8 / 43	8 / 50	7 / 45
9	4 / 32	4 / 32	4 / 32	4 / 32	4 / 32

Tabla 35
Evaluación cruzada de Ima-03 por propuesta

Propuesta	En criterio de balance de propuesta					promedio	mediana
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7		
BACP-3	46	14	11.889	166.889	25.556	52.867	25.556
BACP-4	46	14	11.889	162.889	23.778	51.711	23.778
BACP-5	55	23	11.889	398.889	47.111	107.178	47.111
BACP-6	50	18	11.889	256.889	38.889	75.133	38.889
BACP-7	49	17	11.889	178.889	23.778	56.111	23.778

- Plan Ind-06.

Tabla 36
Carga académica de Ind-06 por propuesta

Periodo	Asignaturas / créditos de propuesta				
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7
1			7 / 45	8 / 47	7 / 44
2			8 / 49	7 / 39	8 / 43
3			7 / 43	6 / 41	6 / 43
4			6 / 41	7 / 46	7 / 43
5			7 / 38	8 / 46	8 / 42
6			7 / 42	8 / 43	7 / 42
7			8 / 44	6 / 43	7 / 42
8			7 / 42	7 / 39	7 / 45
9			4 / 32	4 / 32	4 / 32

Tabla 37
Evaluación cruzada de Ind-06 por propuesta

Propuesta	En criterio de balance de propuesta					promedio	mediana
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7		
BACP-3							
BACP-4							
BACP-5	49	17	9.778	179.556	28.667	56.8	28.667
BACP-6	47	15	9.778	177.556	32.222	56.311	32.222
BACP-7	45	13	9.778	115.556	19.556	40.578	19.556

- Plan Iqm-06.

Tabla 38
Carga académica de Iqm-06 por propuesta

Periodo	Asignaturas / créditos de propuesta				
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7
1	7 / 44	7 / 44	8 / 42		7 / 44
2	7 / 46	8 / 46	8 / 44		7 / 46
3	7 / 45	7 / 43	7 / 49		7 / 45
4	7 / 46	7 / 46	7 / 48		8 / 45
5	6 / 46	6 / 46	7 / 48		6 / 46
6	6 / 46	6 / 45	5 / 41		6 / 45
7	7 / 43	7 / 46	6 / 45		6 / 45
8	8 / 46	7 / 46	7 / 45		8 / 46
9	5 / 40	5 / 40	5 / 40		5 / 40

Tabla 39
Evaluación cruzada de Iqm-06 por propuesta

Propuesta	En criterio de balance de propuesta					promedio	mediana
	BACP-3	BACP-4	BACP-5	BACP-6	BACP-7		
BACP-3	46	6	4.667	34	14	20.933	14
BACP-4	46	6	4.667	34	14	20.933	14
BACP-5	49	9	4.667	84	23.333	34	23.333
BACP-6							
BACP-7	46	6	4.667	28	10.667	19.067	10.667

La Tabla 40 muestra el concentrado tanto de valores promedio como de medianas de los planes.

Tabla 40
Concentrado de valores cruzados

Plan académico	Promedios							
	Prob030-8	Prob030-10	Prob030-12	Ici-06	Iag-03	Ima-03	Ind-06	Iqm-06
BACP-3	5.8	6.2	3.4	12.289	10.867	52.867		20.933
BACP-4		4.56	3.4	12.289	9.111	51.711		20.933
BACP-5			3.4			107.178	56.8	34
BACP-6	18.05		13		25.333	75.133	56.311	
BACP-7	4.85	4.56	3.4	12.289	9.111	56.111	40.578	19.067
Plan académico	Medianas							
	Prob030-8	Prob030-10	Prob030-12	Ici-06	Iag-03	Ima-03	Ind-06	Iqm-06
BACP-3	3.875	6.4	0	1.556	4.889	25.556		14
BACP-4		2.4	0	1.556	1	23.778		14
BACP-5			0			47.111	28.667	23.333
BACP-6	13		14		20.667	38.889	32.222	
BACP-7	1.875	2.4	0	1.556	1	23.778	19.556	10.667

4.5 Establecimiento de la propuesta final de modelo

En esta sección se lleva a cabo una comparación cualitativa tanto de las medidas de desempeño de los modelos BACP como de la evaluación cruzada de las funciones objetivos. El propósito es establecer cuál de los modelos BACP anteriormente descritos es el mejor para el grupo de planes académicos de este trabajo. Debido a que la evaluación se hace sobre los modelos más generales – en términos de sus restricciones – el estudio se enfoca al análisis de los modelos BACP-3, BACP-4, BACP-5, BACP-6 y BACP-7, cuyas diferencias radican en la función objetivo.

4.5.1 Clasificación de resultados

En las Tablas 41 a 48 se presentan los resultados de cada modelo BACP aplicado a cada plan de estudios, *rankeado* por cada una de las tres medidas de desempeño definidas: el número de iteraciones al óptimo (Tabla 22), el tiempo para alcanzar el óptimo (Tabla 23) y el resultado de su evaluación cruzada (Tabla 40).

- Plan Prob030-8.

Tabla 41
Clasificación de modelos BACP de Prob030-8

	Número de iteraciones	Tiempo para el óptimo	Evaluación cruzada
Mejor	BACP-3	BACP-3	BACP-7
	BACP-7	BACP-7	BACP-3
Peor	BACP-6	BACP-6	BACP-6
Sin resultados	BACP-4, BACP-5	BACP-4, BACP-5	BACP-4, BACP-5

En este caso, el modelo BACP-3 posee un mejor desempeño, pero BACP-7 proporciona en general una mejor calidad de solución, y su desempeño está un escalón debajo de BACP-3.

- Plan Prob030-10.

Tabla 42
Clasificación de modelos BACP de Prob030-10

	Número de iteraciones	Tiempo para el óptimo	Evaluación cruzada
Mejor	BACP-3	BACP-3	BACP-4, BACP-7
	BACP-7	BACP-7	
Peor	BACP-4	BACP-4	BACP-3
Sin resultados	BACP-5, BACP-6	BACP-5, BACP-6	BACP-5, BACP-6

Aquí, el modelo BACP-3 posee un mejor desempeño, pero también tiene una pobre calidad de solución. BACP-7 proporciona una mejor calidad de solución, y su desempeño un puesto debajo de BACP-3, mientras que BACP-4 se encuentra aún más abajo en desempeño.

- Plan Prob030-12.

Tabla 43
Clasificación de modelos BACP de Prob030-12

	Número de iteraciones	Tiempo para el óptimo	Evaluación cruzada
Mejor	BACP-7	BACP-7	BACP-3, BACP-4, BACP-5, BACP-7
	BACP-6	BACP-5	
	BACP-5	BACP-6	
	BACP-3	BACP-3	
Peor	BACP-4	BACP-4	BACP-6

En este plan la calidad de casi todos los modelos, excepto de BACP-6, es la misma. La diferencia radica en el desempeño, donde BACP-7 es el mejor, seguido de BACP-6. Aquí, el modelo BACP-4 tiene el desempeño más pobre de entre los que entregaron resultados.

- Plan Ici-06.

Tabla 44
Clasificación de modelos BACP de Ici-06

	Número de iteraciones	Tiempo para el óptimo	Evaluación cruzada
Mejor	BACP-3*	BACP-3*	BACP-3, BACP-4, BACP-7
	BACP-7	BACP-7	
Peor	BACP-4*	BACP-4*	
Sin resultados	BACP-5, BACP-6	BACP-5, BACP-6	BACP-5, BACP-6

Aquí, calidad de los modelos BACP-3, BACP-4 Y BACP-7 es la misma. Sin embargo, como el asterisco indica que no siempre se obtuvieron soluciones con estos modelos en tiempos menores a 1 hora, BACP-3, aunque es el más eficiente, no resultaría tan confiable como BACP-7.

- Plan Iag-03.

Tabla 45
Clasificación de modelos BACP de Iag-03

	Número de iteraciones	Tiempo para el óptimo	Evaluación cruzada
Mejor	BACP-6*	BACP-3	BACP-4, BACP-7
	BACP-3	BACP-6*	BACP-3
	BACP-7	BACP-7	
Peor	BACP-4*	BACP-4*	BACP-6
Sin resultados	BACP-5	BACP-5	BACP-5

En este caso BACP-3 es mejor que BACP-7 en términos de desempeño, aunque la situación se invierte en cuanto a su calidad de solución. También en este plan existen modelos que o bien no siempre llegan al óptimo o no llegaron nunca – en tiempo menor a 1 hora –.

- Plan Ima-03.

Tabla 46
Clasificación de modelos BACP de Ima-03

	Número de iteraciones	Tiempo para el óptimo	Evaluación cruzada
Mejor	BACP-5	BACP-5	BACP-4
	BACP-3	BACP-3	BACP-3, BACP-7
	BACP-7	BACP-7	BACP-6
	BACP-6	BACP-4	
Peor	BACP-4	BACP-6	BACP-5

Para este plan, el modelo BACP-5 es el mejor en términos de desempeño, pero es el peor en cuanto a su calidad de solución. La situación es opuesta a BACP-4, que es el peor en desempeño y el mejor en calidad. Los demás planes tienen posiciones más estables.

- Plan Ind-06.

Tabla 47
Clasificación de modelos BACP de Ind-06

	Número de iteraciones	Tiempo para el óptimo	Evaluación cruzada
Mejor	BACP-5	BACP-5	BACP-7
	BACP-6	BACP-7	BACP-5
Peor	BACP-7	BACP-6	BACP-6
Sin resultados	BACP-3, BACP-4	BACP-3, BACP-4	BACP-3, BACP-4

Aquí, también el modelo BACP-5 es el mejor en términos de desempeño, pero es inferior que BACP-7 en cuanto a su calidad de solución, siendo la situación contraria para este último. Cabe observar que el modelo BACP-3 en este plan nunca alcanzó el óptimo en tiempos menores a 1 hora.

- Plan Iqm-06.

Tabla 48
Clasificación de modelos BACP de Iqm-06

	Número de iteraciones	Tiempo para el óptimo	Evaluación cruzada
Mejor	BACP-3	BACP-3	BACP-7
	BACP-5	BACP-5	BACP-3, BACP-4
	BACP-7	BACP-7	
Peor	BACP-4	BACP-4	BACP-5
Sin resultados	BACP-6	BACP-6	BACP-6

Para este último plan, los mejores son los modelos BACP-3, con un mejor desempeño, y BACP-7, con una mejor calidad de solución.

4.5.2 Propuesta final del modelo

De acuerdo con lo mostrado en la sección anterior, los puntos principales son:

- Los modelos BACP-3 poseen en general un alto desempeño y una buena calidad. Sin embargo, en casos como en el plan Ind-06 no se llegó al óptimo dentro del tiempo establecido.

- Los modelos BACP-4 en general tienen un pobre desempeño, aunque en algunos casos ofrece una buena calidad. En los planes Prob030-8 e Ind-06 no se llegó al óptimo en el tiempo establecido.
- Los modelos BACP-5 en general tienen un desempeño pobre o no alcanzaron resultados. Asimismo, la calidad de sus soluciones no es buena.
- De igual forma, los modelos BACP-6 tienen desempeños malos o sin resultados, y en general la calidad de sus soluciones es mala.
- En cuanto a BACP-7, su desempeño dentro de los planes va de regular a bueno, ubicándose ligeramente por debajo de BACP-3. Sin embargo, ofrece en general la mejor calidad de solución. Este modelo arrojó siempre soluciones óptimas en tiempos menores a 1 hora.

No todos los modelos arrojan soluciones en tiempos cortos, menores a 1 hora. En realidad, en algunos casos nunca se llega al óptimo en menos de ese tiempo. De esta forma, el modelo BACP-7 posee una buena velocidad de solución, además de que pudo encontrar el óptimo en todos los casos, siendo esta calidad la mejor en lo general.

Existen modelos que en algunos casos son mejores en cuanto a velocidad de solución. Lamentablemente, modelos como BACP-3, que también tienen una buena calidad de solución, son sumamente ineficientes en algunos otros casos.

De acuerdo a lo anteriormente citado, **se considera al modelo BACP-7 como la mejor propuesta** para este conjunto de planes.

Vale la pena recalcar que aunque, en sentido estricto, el modelo BACP-3 es de menor dimensión que el modelo BACP-7, éste último supera esa relativa desventaja con su calidad de solución.

4.6 Comparación con planes vigentes UPAEP

En esta sección se hace la comparación de los resultados del BACP-7 contra la distribución actual de los planes de estudios de los programas de muestra UPAEP, que son Iag-03, Ici-06, Ima-03, Ind-06, Iqm-06. Los datos específicos y el modelo BACP-7 se encuentran en el Anexo 13.

La distribución de estos planes se realizó en el periodo de agosto 2006 a marzo de 2007. De acuerdo con los responsables, el diseño de la distribución de asignaturas se hizo sobre la base de prueba y error, hasta que los responsables se sintieron satisfechos con el diseño.

Las Tablas 49 a 53 muestran la comparación entre los resultados de la distribución de asignaturas obtenidas con el modelo BACP-7 y los diseños de los planes vigentes, cuya distribución de periodos se encuentra en la información del Anexo 1. Asimismo, se muestra la comparación de tiempos y valores de *balance* – valor de función objetivo – entre ambos diseños donde, en el caso de la distribución vigente, el tiempo estimado se obtuvo a través del instrumento incluido en el Anexo 2.

- Plan Iag-03.

Tabla 49
Comparativo de distribuciones Iag-03

Periodo	Plan con BACP-7		Plan Vigente	
	Número de asignaturas	Carga académica	Número de asignaturas	Carga académica
1	7	40	6	36
2	8	40	6	38
3	7	40	6	35
4	7	40	9	47
5	7	40	7	39
6	6	40	8	42
7	7	40	7	47
8	7	41	7	42
9	6	40	6	35
Valor de <i>balance</i>	1.778		35.111	
Tiempo de balance	28.6 segundos promedio		12 horas estimado	

- Plan Ici-06.

Tabla 50
Comparativo de distribuciones Ici-06

Periodo	Plan con BACP-7		Plan Vigente	
	Número de asignaturas	Carga académica	Número de asignaturas	Carga académica
1	6	55	6	48
2	6	54	7	58
3	7	54	7	67
4	6	54	7	58
5	6	54	7	56
6	6	55	8	69
7	8	54	7	50
8	8	54	7	46
9	8	54	5	36
Valor de <i>balance</i>	3.111		73.778	
Tiempo de balance	22.9 segundos promedio		6 horas estimado	

- Plan Ima-03.

Tabla 51
Comparativo de distribuciones Ima-03

Periodo	Plan con BACP-7		Plan Vigente	
	Número de asignaturas	Carga académica	Número de asignaturas	Carga académica
1	8	46	8	47
2	7	45	7	41
3	6	44	7	46
4	6	44	8	55
5	9	46	7	54
6	7	44	7	49
7	7	49	7	42
8	7	45	7	44
9	4	32	3	17
Valor de <i>balance</i>	23.778		63.333	
Tiempo de balance	3.7 segundos promedio		8 horas estimado	

- Plan Ind-06.

Tabla 52
Comparativo de distribuciones Ind-06

Periodo	Plan con BACP-7		Plan Vigente	
	Número de asignaturas	Carga académica	Número de asignaturas	Carga académica
1	7	44	7	40
2	8	43	7	41
3	6	43	7	46
4	7	43	8	53
5	8	42	7	48
6	7	42	7	47
7	7	42	7	39
8	7	45	7	41
9	4	32	4	21
Valor de <i>balance</i>	19.556		53.778	
Tiempo de balance	6.3 segundos promedio		8 horas estimado	

- Plan Iqm-06.

Tabla 53
Comparativo de distribuciones Iqm-06

Periodo	Plan con BACP-7		Plan Vigente	
	Número de asignaturas	Carga académica	Número de asignaturas	Carga académica
1	7	44	6	38
2	7	46	5	31
3	7	45	8	54
4	8	45	8	46
5	6	46	7	52
6	6	45	8	60
7	6	45	7	45
8	8	46	7	49
9	5	40	4	27
Valor de <i>balance</i>	10.667		76	
Tiempo de balance	6.9 segundos promedio		10 horas estimado	

4.7 Conclusión del capítulo

En este capítulo se aplicaron los modelos propuestos en el Capítulo 3 sobre un conjunto determinado de planes de estudio, aplicando en dos partes. En la primera parte se aplicaron tanto el modelo base o BACP-0 como las versiones progresivas BACP-1, BACP-2 y BACP-3 a un conjunto de planes que aplicarían, para conocer el alcance de cada modelo.

En la segunda parte del capítulo se aplicaron los modelos BACP-3, BACP-4, BACP-5, BACP-6 y BACP-7, que representan distintos conceptos de balance, a los planes de estudio. Los resultados de los modelos se compararon en términos del número de iteraciones al óptimo, el tiempo al óptimo y la calidad de las soluciones.

Finalmente, se estableció que el modelo BACP-7 es el mejor para el conjunto de planes determinados en el trabajo.

Para propósitos de recapitulado, en las Figuras 19 y 20 se hace la descripción completa del modelo BACP-7.

Figura 19
Variables de la propuesta final o BACP-7

Parámetros	{	Nta	número de cursos
		Ntp	número de periodos académicos
		crd_i	número de créditos del curso $i = 1, \dots, Nta$
		mca_j	mínima carga académica permitida por periodo $j = 1, \dots, Ntp$
		Mca_j	máxima carga académica permitida por periodo $j = 1, \dots, Ntp$
		mna_i	mínimo número de cursos por periodo $j = 1, \dots, Ntp$
		Mna_i	máximo número de cursos por periodo $j = 1, \dots, Ntp$
		D_j^1	Holgura por defecto de carga de periodo – media
		D_j^2	Holgura por exceso de carga de periodo – media
		μ	Carga media por periodo = $\frac{1}{Ntp} \sum_{i=1}^{Nta} crd_i$
Variable de decisión:		$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el curso } i \text{ es asignado al periodo } j \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$	

Figura 20
Modelo de la propuesta final o BACP-7

Función objetivo:	$\min \left\{ \sum_{j=1}^{Ntp} (D_j^1 + D_j^2) \right\}$	que representa a $\sum c_j - \mu $
Restricciones	$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i \cdot x_{ij} - \mu + D_j^1 - D_j^2 = 0$	Diferencia de carga vs. carga media en cada periodo j
	$\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1$	Asignación de curso i a algún periodo j
	$\forall i = 1, \dots, Nta$	
	$mca_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_j \cdot x_{ij} \leq Mca_j$	Mínima y máxima carga académica por periodo
	$\forall j = 1, \dots, Ntp$	
	$mna_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna_j$	Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo
$\forall j = 1, \dots, Ntp$		
$\sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j \cdot x_{aj} \geq 1$	Si el curso b tiene al curso a como prerrequisito	
$\sum_{j=mpc_c}^{Mpc_c} x_{cj} = 1$	Para la asignatura c , que es conveniente que se ubique entre determinados periodos, distintos del inicial y/o del final	

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el mundo existe una cada vez más estrecha interrelación y comunicación – y competencia – entre organizaciones y sociedades. La tecnología incide cada vez más, sirviendo de plataforma para generar más y mejores aplicaciones que faciliten la toma de decisiones. Las IES no pueden sustraerse a este fenómeno. Por tanto, y al ser a su vez *generadoras de conocimiento*, es necesario que éstas aprovechen su capital intelectual para proveerse de tecnología, métodos, modelos, que permitan desarrollar mejor sus procesos, para que puedan ofrecer productos – en este caso planes y programas de estudio y actualización – que cubran con las expectativas de los individuos, organizaciones y sociedades a los que desea acceder.

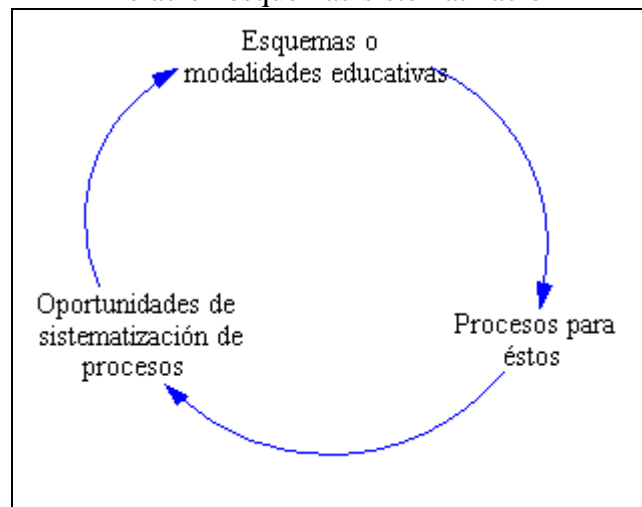
El plan de estudios es uno de los principales productos resultantes de un proceso de diseño curricular. Por tanto, éste debe ser atractivo y útil no solamente desde el punto de vista pedagógico, sino también económico y funcional. Por tanto, conviene que la carga académica esté adecuadamente distribuida para que el alumno no resienta – en términos económicos o de esfuerzos académicos – aumentos o disminuciones de ésta de un periodo a otro.

En este trabajo se hizo la revisión de un modelo de balance curricular, se analizaron sus principales componentes para determinar su pertinencia, y se amplió el modelo mediante la propuesta de nuevas restricciones. Además, en este trabajo hizo la revisión del concepto de balance, analizando las principales definiciones que se han establecido para este concepto, e implementándolas en modelos alternos para poder probar su eficiencia y definir cuál es el más adecuado en términos de desempeño.

Los resultados aplicados, y su posterior análisis, arrojaron que la definición de balance que mejores resultados generales obtiene, en cuanto a tiempo y calidad de solución, es la correspondiente al objetivo de minimizar la suma de las diferencias entre la carga de cada periodo y la carga promedio.

Un aspecto a resaltar es que, como el del diseño de ubicaciones de cursos, aún existen muchos procesos que, por costumbre o inercia, aún se realizan de manera *artesanal*, mediante prueba y error, privándose de la riqueza que las soluciones tecnológicas pueden proporcionar. Al estar *libres* los responsables de los programas de realizar el diseño del plan de materias de forma manual, les permite a éstos explorar alternativas, comparar escenarios, y establecer y evaluar propuestas más allá de solamente concentrarse en ubicar las asignaturas. Permite asimismo olvidarse de cierta forma de la parte operativa y concentrarse en la parte *creativa*: buscar nuevos esquemas y modalidades de oferta educativa que, a su vez, requerirán de ciertos procesos que puedan sistematizarse mediante tecnología. Permite, pues, establecer una relación auto-reforzadora – ver Figura 21 – entre nuevos esquemas y nuevas oportunidades de aplicar la tecnología para procesos.

Figura 21
Relación esquemas-sistematización



Todo lo anterior permite expresar que el sistematizar la generación de planes curriculares tiene consecuencias positivas para los diversos actores, clientes y beneficiarios de las IES:

- Para los alumnos, unos planes curriculares balanceados y bien diseñados les permite planificar y *dosificar* sus esfuerzos académicos, para ayudarles a obtener el mejor rendimiento.

- Para los padres de familia, los planes de estudio balanceados les ayudarán a planear y medir sus esfuerzos financieros, pues un plan con carga muy fluctuante puede serles problemático para solventar.
- Para la IES, permitirá diversificar su oferta, tanto en número de planes como en modalidad de éstos, aumentando las posibilidades de ser atractivos para alumnos y sus familias.
- Para la sociedad en lo general, pues el desarrollo sistemático de planes de estudio permitirá a las IES adaptarse más rápidamente a las necesidades del entorno social y productivo, ya que estará en posibilidad de ampliar su oferta de egresados.

Lo anterior revela la importancia estratégica, para las IES y todos sus grupos de interés, de establecer mecanismos para sistematizar aspectos relacionados con la generación de curriculum, en este caso el diseño de planes de estudio balanceados.

Algunos aspectos que no se contemplan en este trabajo y que pueden explorarse como extensiones a futuro son:

- Ampliar el número y variedad de planes académicos. Debido a que la muestra de planes de estudio de este trabajo es reducida, se hace conveniente ampliar este estudio hacia planes académicos más diversos, provenientes de un conjunto mayor de instituciones de varios niveles educativos.
- Definir nuevas propuestas al concepto de balance para su evaluación. Es posible que el conjunto de criterios mostrados en este trabajo no sean todos los que pueden conceptuarse. Así, explorar nuevas formas de definir el balance puede proporcionar resultados con mejor calidad de solución.
- Establecer criterios para elección de propuestas con el mismo valor de balance, mediante el uso del enfoque multicriterio.
- Estudiar la conveniencia del uso de metaheurísticas, que puede ser convenientes tanto para reducir el tiempo de búsqueda como para *uniformizarlo*. Las metaheurísticas solamente tendrán valor si pueden superar a los modelos de optimización.

- Desarrollo de interfases para los DSS con el modelo: una vez establecido el modelo de balance y el método – y el software – para resolverlo, un aspecto adicional es el de desarrollar lo necesario para que éste se integre a los DSS: aspectos tales como el uso de programación orientada a objetos, manejo de lenguajes orientados a aplicaciones, ingeniería de requerimientos, entre otros.

Los trabajos posteriores deberán estar orientados hacia estas direcciones, con el propósito de generar aplicaciones que sean rápidas, eficientes, económicas – en términos de tiempo y costo – y útiles para las instituciones educativas, donde los procesos de revisión de planes, temas y contenidos son cada vez más dinámicos.

REFERENCIAS

- ACOSTA A. (2005), *Departamentalización y contexto organizacional: la experiencia de la Universidad de Guadalajara*, Revista electrónica de Investigación Educativa, Vol. 7, No.1, México.
- ACUÑA C., y VEGA S. (1978), *Modelo de desarrollo curricular*, México: CISE-UNAM.
- AGUILAR J., MARTÍNEZ J., CABRERA M., NUÑO J. (2007), *El problema de balancear un plan de estudios: un modelo matemático*, Segundo Taller Latino Iberoamericano de Investigación de Operaciones.
- ARCINIEGAS I. (1998), *Sobre el currículum oculto*, México: Porrúa-UNAM.
- AREA, M. (2001), *Educación en la sociedad de la información*, Liou: Descleé De Browner.
- ARNAZ J. (1989), *La planeación curricular*, México: Trillas.
- ARREDONDO V. (1981), *Introducción a la comisión temática sobre desarrollo curricular*, Documento base vol. I, México: Congreso nacional de investigación educativa.
- ARSHAM, H. (2006), *Modelos Deterministas*, University of Baltimore, Maryland, <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/opre640S/SpanishD.htm>.
- BARRERA L. (1995), *Diseño curricular de la carrera técnico-profesional secretaria bilingüe en ICA-UPAEP*, tesis de licenciatura, Puebla: UPAEP.
- BARTAK R. (1999), *Constraint programming: in pursuit of the holy grail*, Proceedings of WSD99, Praga, Junio.
- BAZARAA M. y SHETTY C. (1979), *Nonlinear programming*, New York: John Wiley & Sons.
- BECKMAN G. (2007), "Adventuring" arts entrepreneurship curricula in higher education, *Journal of Arts Management, Law, and Society*, Volume 37 Number 2 Summer 2007, pp. 87-112 .
- CAÑAS A. y SAXE E. (2005), *Pensum no lineal: una alternativa innovadora para el diseño de planes de estudio*, Revista Actualidades Investigativas en Educación Vol. 5 No. 4.
- CARDENAS M. (1992), *La ingeniería de sistemas*, México: Noriega-Limusa.
- CARRASCO M. y PATO M. (2004), *A comparison of discrete and continuous neural network to solve the class/teacher timetabling problem*, *European Journal of Operational Research* 153 pp. 65-79.
- CASARINI M. (1999), *Teoría y diseño curricular*, México: Ed. Trillas.
- CASAS M. (2005), *Nueva universidad ante la sociedad del conocimiento*, Revista de universidad y sociedad del conocimiento, Noviembre 2005, Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona.
- CASTRO, C. (2000), *Modelo educativo UPAEP*, tesis de maestría, Puebla: UPAEP.
- CASTRO C. y MANZANO S. (2001), *Variable and value ordering when solving balanced academic curriculum problems*, Proceedings of the 2001 ERCIM WG on constraints.

- CHECCIA B. y FERNÁNDEZ M. (2005), *Las competencias profesionales como nueva dimensión de análisis en la búsqueda de la calidad de la educación superior*, Revista Circunstancia, Septiembre 2005, Instituto Universitario de Investigación Ortega y Gasset, Madrid.
- COOK W. (2007), *Traveling salesman problem*, Georgia Tech, <http://www.tsp.gatech.edu/>.
- COOK W., CUNNINGHAM W., PULLEYBLANK W. y SCHRIJVER A. (1998), *Combinatorial optimization*, NY: Wiley Interscience.
- CORDERO G. y GARDUÑO J. (2004), *The tylerian curriculum model and the reconceptualists*, Revista Electrónica de Investigación Educativa, 6 (2), <http://redie.uabc.mx/contenido/vol6no2/contenido-cordero.pdf>
- CURRAN P. (2000), *Competition in UK higher education*, Higher Education Quarterly Vol. 54 No. 4, pp.386-410, October.
- DE-ALBA, A. (2002), *Evaluación curricular*, México: UNAM.
- DEGARMO P., SULLIVAN W. y BONTADELLI J. (1993), *Engineering economy*, New York: MacMillan.
- DE LA CRUZ E. (2004), *Evaluación del diseño curricular del subprograma de posgrado en Estrategias de aprendizaje*, Revista Sapiens, Vol. 5 No.001 pp. 77-107, Venezuela.
- DIAZ F., LULE M., PINZON D., ROJAS-DRUMMOND F. y SAAD E. (1992), *Metodología de diseño curricular para educación superior*, México: Trillas.
- DÍAZ-BARRIGA A. (1981), *Alcances y limitaciones de la metodología para la realización de planes de estudio*, Revista de educación superior, Vol. 10 núm. 40, octubre-diciembre 1981.
- DÍAZ-BARRIGA A. (1990), *Didáctica y currículum*, México: Paidós.
- FERNANDEZ A. y SARRAMONA L. (1987), *Didáctica y tecnología de la educación*, Madrid: Anaya.
- FLENER P., FRISH A. y HNICB B. (2002), *Matrix Modeling: exploiting common patterns in constraint programming*, Proceedings CPAIOR02.
- FRIEDRICH J., BUDAY E. y KERR D. (2000), *Statistical training in psychology: a national survey and commentary on undergraduate programs*, Teaching of Psychology Vol. 27 No. 4.
- FUENTES R. (1991), *Diseño curricular para las escuelas de comunicación*, México: Trillas.
- GLAS G., DENAZIS J. y SPELTINI C. (1998), *Engineering education from the standpoint of curricular structure and the challenges of the end of the century*, ERIC Database 458-086.
- GREENBERG H. (1998), *Ford-Fulkerson max flow labeling algorithm*, <http://glossary.computing.society.informs.org/notes/maxflow-FF.pdf>.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2003), *Metodología de la investigación*, México: McGraw-Hill.
- HILLIER F. y LIEBERMAN G. (1997), *Introducción a la investigación de operaciones*, México: McGraw Hill.

- HNICH B., KIZILAN Z., WALSH T. (2002), *Modeling a balanced academic curriculum problem*, Proceedings CPAIOR02.
- HNICH B., KIZILAN Z., MIGUEL I. y WALSH T. (2004), *Hybrid modeling for robust solving*, página web de Brahim Hnich, <http://homes.ieu.edu.tr/~bhnich/>.
- KELLY D. y O'NEILL G. (1991), *The minimum cost flow and the network simplex solution method*, disertación para tesis de maestría, University College Dublin.
- KEMMIS S. (1998), *El currículum*, Madrid: Morata.
- LAMBERT T., CASTRO C., MONFROY E., RIFF M. y SAUBION F. (2005), *Hybridization of genetic algorithms and constraint propagation for the BACP*, Lecture notes in computer science 3668 pp. 421-423.
- LAMBERT T., CASTRO C., MONFROY E., SAUBION S. (2006), *Solving the balanced academic curriculum with an hybridization of genetic algorithm and constraint propagation*, ICAISC 2006, LNAI 4029, pp. 410-429.
- LINDO SYSTEMS (2006), *User's guide*, Chicago: Lindo Systems Inc.
- LOPEZ-GARCIA L. y POSADA-BOLIVAR A. (2004), *A course timetabling system in a mexican university*, PATAT '04 Proceedings of the 5th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling pp. 527-530.
- MASTROMATTEO E. (2005), *Bases, fundamentos y perfil profesional: aporte para el cambio curricular de la EBA-UCV*, Caracas: UCV.
- MCANALLY-SALAS L., NAVARRO M. y RODRIGUEZ J (2006), *La integración de la tecnología educativa como alternativa para ampliar la cobertura en la educación superior*, Revista Mexicana Investigación Educativa Vol. 11 Enero-Marzo, pp. 11-30.
- MONETTE J., SCHAUS P., ZAMPELLI S., DEVILLE Y. y DUPONT P. (2007), *A CP approach to the balanced academic curriculum problem*, 7th International Workshop on Symmetry and Constraint Satisfaction Problems (SymCon'07), Providence, RI, USA, September 23, pp. 56-63, 2007.
- MONTGOMERY D. y RUNGER G. (2001), *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*, México: McGraw Hill.
- MOSKOWITZ H. y WRIGHT G. (1982), *Investigación de operaciones*, México: Prentice Hall.
- NEMHAUSER G. y WOLSEY L. (1999), *Integer and combinatorial optimization*, NJ: Wiley.
- PADUA J. (1993), *Educación, industrialización y progreso técnico en México*, México: El Colegio de México.
- PANZSA M. (1981), *Enseñanza modular*, Revista Perfiles Educativos no. 11 enero-marzo.
- PAPADIMITROU C. y STEIGLITZ K. (1998), *Combinatorial optimization*, NY: Dover.
- PORTER M. (1990), *The Competitive Advantage of Nations*, New York: Free Press.
- PRAWDA J. (2002), *Métodos y modelos de investigación de operaciones*, México: Noriega-Limusa.
- RICO M. (1998), *Trabajo autónomo del escolar y currículum paralelo*, Madrid: Santillana.

- RÍOS S., RÍOS D., MATEOS A. y MARTÍN J. (1998), *Programación lineal y aplicaciones*, México: Alfaomega.
- ROBLEDO M., CORDERO G. y KUNKEL M. (2001), *Aproximación al concepto de currículum escolar*, Revista Contexto Educativo, año III, número 19.
- SALAZAR J. (2001), *Programación matemática*, Madrid: Díaz de Santos.
- SCHAUS P., DEVILLE Y., DUPONT P., REGIN J. (2006), *Simplification and extension of the spread constraint*, Third international workshop on constraint propagation and implementation, September 2006.
- STEVENSON W. (2004), *Estadística para administración y economía*, México: Alfaomega.
- UPAEP (2000), *Manual de Rediseño curricular*, Documento interno, Puebla: UPAEP.
- TABA H. (1976), *Elaboración del currículo*, Buenos Aires: Troquel.
- TAHA H. (1995), *Investigación de operaciones*, México: Alfaomega.
- TREJO G., JONES C., ALVAREZ N., VERGARA L., HERNANDEZ .C, PALACIOS A., JAIME E., RUBIO L., BELMONT A., BLUM R., BARRON L. y KOSTOPOULOS J. (1992), *Educación para una economía competitiva*, México: Diana.
- TYLER R. (1970), *Principios básicos para la elaboración del currículo*, Buenos Aires: Troquel.
- VAN GIGCH, J. (1995), *Teoría general de sistemas*, México: Trillas.
- VILLANUEVA A. (2001), *Adecuación curricular de la línea de formación humanística de la UPAEP*, tesis de maestría, Puebla: UPAEP.
- WINSTON W. (1994), *Investigación de operaciones*, México: Iberoamérica.
- WOLSEY, L. (1998), *Integer programming*, New York: John Wiley & Sons.

ANEXOS

ANEXO 1

PLANES DE ESTUDIO DE MUESTRA

PLAN Prob030-8

CLAVE DE ASIGNATURA	PRE-REQUISITOS		CREDITOS
dew100			1
fis100			3
hcw310			1
iwg101			2
mat190			4
mat192			4
dew101	dew100		1
fis101	fis100	mat192	5
iwi131			3
mat191	mat190		4
mat193	mat190	mat192	4
fis102	fis101	mat193	5
hxwxx1			1
iei134	iwi131		3
iei141	iwi131		3
mat194	mat191	mat193	4
dewxx0	dew101		1
hcw311	hcw310		1
iei132	iei134		3
iei133	iei134		3
iei142	iei141		3
iei162			3
iwn170			3
mat195	mat194		3
hxwxx2			1
iei231	iei134		4
iei241	iei142		4
iei271	iei162		3
iei281	mat195		3
iwn261			3
hfw120			2
iei233	iei231		4
iei238	iei231		3
iei261	iwn261		3
iei272	iei271		3
iei273	iei271		3
iei161	iwn261		3
iei232	iei273		3
iei262	iwn261		3
iei274	iei273		3
iwi365			3
iwn270			3

CLAVE DE ASIGNATURA	PRE-REQUISITOS		CREDITOS
hrw130			2
iei218			3
iei219	iei232		3
iei248	iei233		3

PLAN Prob030-10

CLAVE DE ASIGNATURA	PRE-REQUISITOS		CREDITOS
dew100			1
fis100			3
hrwxx1			2
iwg101			2
mat021			5
qui010			3
dew101	dew100		1
fis110	fis100	mat021	5
hrwxx2			2
iwi131			3
mat022	mat021		5
dewxx0	dew101		1
fis120	fis110	mat022	4
hcw310			1
hrwxx3			2
ili134	iwi131		4
ili151	iwi131		3
mat023	mat022		4
hcw311	hcw310		1
ili135	ili134		4
ili153	ili134	ili151	3
ili260			3
iwn261			3
mat024	mat023		4
fis130	fis110	mat022	4
ili239	ili135		4
ili245	ili153		4
ili253	ili153		4
fis140	fis120	fis130	4
ili236	ili239		4
ili243	ili245		4
ili270	ili260	iwn261	3

CLAVE DE ASIGNATURA	PRE-REQUISITOS		CREDITOS
ili280	mat024		4
ici344	ili243		4
ili263	ili260	iwn261	3
ili332	ili236		4
ili355	ili153	ili280	4
iwn170			3
icdxx1			3
ili362	ili263		3
iwn270			3
icdxx2			3

PLAN Prob030-12

CLAVE DE ASIGNATURA	PRE-REQUISITOS		CREDITOS
dew100			1
fis100			3
hcw310			1
iwg101			2
mat111			4
mat121			4
dew101	dew100		1
fis110	fis100	mat121	5
iwi131			3
mat112	mat111		4
mat122	mat111	dew101	4
dewxx0	dew101		1
fis120	fis110	mat122	4
hcw311	hcw310		1
hxwxx1			1
ili142	iwi131		4
mat113	mat112	mat122	4
mat123	mat112	mat122	4
fis130	fis110	mat122	4
ili134	iwi131		4
ili151	mat112		3
iwm185			3
mat124	mat113	mat123	4
fis140	fis120	fis130	4
hxwxx2			1
ile260	fis120	mat124	3

CLAVE DE ASIGNATURA	PRE-REQUISITOS			CREDITOS
ili260				3
iwn170				3
qui104				3
ili231	iwi131			3
ili243				4
ili252	iwi131			4
ili273	ili260			3
mat210	mat113			4
mat260	iwi131	mat113	mat123	4
lid208				3
ili221	ili134	ili231	mat260	4
ili274	ili273			3
ili281	mat260			3
iwn270				3
mat270	iwi131	mat113	mat123	4
hrw150				2
ili238	ili134			4
ili242	ili142			3
ili275	ili274			3
ili355	ili221			4
hrw110	hrw150			2
ici393	mat210	mat260		4
ili237	ili231	ili252		4
ili334	ili238			4
ili363	ili273			3
iwn261				3
hrw100	hrw110			2
ici382	ili334			4
ili331	ili238	ili274		4
ili362	ili363			3
ili381	ili281	mat210		3
iln230	iwn170			3
ici313	ili331			2
ici315				2
ici332	ici393	ili331		3
ici344	ili243			4
icn336	ici393			3
iwi365				3
ici314	ici313			2
ici367				2

PLAN Iag-03

CLAVE DE ASIGNATURA	PREREQUISITOS		UNIDS COBRO	SEMESTRE
AGR100			6	2
AGR101			6	3
AGR102			6	4
AGR103			8	2
AGR104	AGR103		8	4
AGR105			6	1
AGR200			6	3
AGR201			6	4
AGR202	AGR200		8	4
AGR203	AGR201	CIV008	6	5
AGR204			6	5
AGR205			6	5
AGR206			8	5
AGR207			6	6
AGR208	AGR205		6	6
AGR209			6	6
AGR210			8	7
AGR211			6	7
AGR212	AGR208		8	7
AGR213			8	8
AGR214			6	8
AGR215			6	9
AGR216			8	9
AGR217			6	7
AGR218			6	8
AGR400			6	1
AGR401			6	2
AGR402			3	4
AGR403			3	5
AGR404			3	8
AGR405			6	9
AGR406			3	9
AMB004			6	6
C64000			6	7
C64001			6	7
C64002			6	8
C64003			6	9
C64004			6	9
CIV008			6	3
ENA103			6	4
ENA201	ENA103		6	8

CLAVE DE ASIGNATURA	PREREQUISITOS			UNIDS COBRO	SEMESTRE
ENA404	ENA103			7	7
ENA405	ENA404			7	8
ENC101				6	6
ENE406				6	6
ENM101				6	5
FHU001				4	1
FHU002	FHU001			4	4
FHU003	FHU002			4	5
LPCI				4	2
LPCII	LPCI			4	3
MAT007	MAT012			7	3
MAT012				6	1
OH25001	FHU003			6	6
OII03101				6	1
OII03102	OII03101			6	2
OII03103	OII03102			6	3
OII03104	OII03103			6	4
QUI001				8	1
QUI008	QUI001			8	2
SSC001				0	4
SSP002	SSC001			0	6

PLAN ICI-06

CLAVE DE ASIGNATURA	PREREQUISITOS			CREDITOS	SEMESTRE
C07001				6	7
C07002	C07001			6	8
C07003	C07002			6	9
CIV200				6	1
CIV201				6	1
CIV202				6	2
CIV203				8	3
CIV204				8	3
CIV205	FIS002			8	4
CIV206	CIV203	CIV204		8	4
CIV207	CIV205			10	5
CIV208	CIV205			8	5
CIV209	MAT006			8	5
CIV210	CIV206			8	5
CIV211	MAT007			6	5
CIV212	CIV205			10	6
CIV213	CIV208			8	6

CLAVE DE ASIGNATURA	PREREQUISITOS			CREDITOS	SEMESTRE
CIV214	CIV208			8	6
CIV215	CIV209			8	6
CIV216	CIV211			6	6
CIV217	CIV205			8	7
CIV218	CIV213			8	7
CIV219	CIV209			8	7
CIV220				6	7
CIV221	CIV216			8	7
CIV223	CIV209			6	8
CIV224	CIV207	CIV212		8	9
CIV225	CIV215			8	9
CIV226				8	9
CIV227				6	9
CIV302	CIV213			8	8
CIV400				10	6
CIV401				6	8
CIV402				4	8
CIV403	CIV400			10	8
COM009				6	2
COM010	COM009			8	4
ENE405				6	5
ENE407	ENE405			6	7
FHU001				4	1
FHU002	FHU001			4	4
FHU003	FHU002			4	6
FIS002	MAT005			10	2
FIS003	FIS002	MAT006		10	3
FIS005	FIS003	MAT006		10	5
FIS006	FIS003	FIS002	MAT006	10	4
LPCI				6	2
LPCII	LPCI			6	3
MAT005				10	1
MAT006	MAT005			10	2
MAT007	MAT005			10	2
MAT008	MAT006			10	3
MAT009	MAT008	MAT006		10	4
OH25001	FHU003			6	8
OI103101				10	1
OI103102	OI103101			10	2
OI103103	OI103102			10	3
OI103104	OI103103			10	4
QUI001				12	1
SSC001				15	3
SSP002	SSC001			15	6

PLAN Ima-03

CLAVE DE ASIGNATURA	PREREQUISITOS			UNIDS COBRO	SEMESTRE
C63001				8	7
C63002	C63001			8	8
C63003	C63002			8	9
C63004				6	9
COM009				8	2
COM010	MAT010	COM009		8	3
COM011				8	1
END101	IND206			6	3
END103	END101			6	4
FHU001				4	1
FHU002	FHU001			4	2
FHU003	FHU002			4	3
FIS002	MAT005			6	2
FIS003	FIS002	MAT006		8	3
FIS005	FIS003	MAT006		8	4
FIS006	FIS003	FIS002	MAT006	6	5
FIS007	MAT006			8	5
IMA100				4	1
IMA200	IND204			6	7
IMA201	IMA200			6	8
IMA202	FIS005			8	4
IMA203	IMA202			9	5
IMA204				8	5
IMA205				8	5
IMA206	IMA203			9	6
IMA207	IMA204			8	6
IMA208	IMA205			8	6
IMA209	IMA207			8	7
IMA210	IMA208			8	7
IMA211	IMA209			8	8
IMA212	IMA210			8	8
IMA213	IND206			6	8
IMA401				3	9
IND200	MAT015			6	4
IND201				9	4
IND202	IND200			6	5
IND203	IND201			9	5
IND204	IND202			6	6
IND206	IND202			6	6
IND207	MAT010			6	6
IND208				6	6
IND210	IND207			6	7

CLAVE DE ASIGNATURA	PREREQUISITOS			UNIDS COBRO	SEMESTRE
IND212	IND208			6	7
IND214	IND210			8	8
LPCI				4	1
LPCII	LPCI			4	2
MAT005				6	1
MAT006	MAT005			6	2
MAT008	MAT006			7	3
MAT010				7	1
MAT013	MAT008			6	4
MAT014				7	2
MAT015	MAT014			7	3
OH25001	FHU003			6	4
OI103101				6	1
OI103102	OI103101			6	2
OI103103	OI103102			6	3
OI103104	OI103103			6	4
QUI001				8	2
SSC001				0	7
SSP002	SSC001			0	8

PLAN Ind-06

CLAVE DE ASIGNATURA	PREREQUISITOS			UNIDS COBRO	SEMESTRE
C12001				6	7
C12002	C12001			6	8
C12003	C12002			6	9
C12004				6	9
COM009				8	2
COM010	MAT010	COM009		8	3
COM011				8	1
DER008				6	7
END101	IND206			6	3
END102	END103			6	6
END103	END101			6	4
END104	END103			6	5
ENE406				6	5
ENM101				6	8
FHU001				4	1
FHU002	FHU001			4	2
FHU003	FHU002			4	3

CLAVE DE ASIGNATURA	PREREQUISITOS			UNIDS COBRO	SEMESTRE
FIS002	MAT005			6	2
FIS003	FIS002	MAT006		8	3
FIS005	FIS003	MAT006		8	4
FIS006	FIS003	FIS002	MAT006	6	4
FIS007	MAT006			8	5
IMA202	FIS005			8	6
IMA203	IMA202			9	7
IMA206	IMA203			9	8
IND100				4	1
IND200	MAT015			6	4
IND201				9	4
IND202	IND200			6	5
IND203	IND201			9	5
IND204	IND202			6	6
IND205	IND203			9	6
IND206	IND202	ENE406		6	6
IND207	MAT010			6	6
IND208				6	5
IND209	IND206			6	7
IND210	IND207			6	7
IND211	IND207			6	7
IND212	IND208			6	6
IND214	IND210			8	8
IND215	IND211			6	8
IND216	IND209			6	8
IND400				3	9
LPCI				4	1
LPCII	LPCI			4	2
LTI001				6	9
MAT005				6	1
MAT006	MAT005			6	2
MAT008	MAT006			7	3
MAT010				7	5
MAT013	MAT008			6	4
MAT014				7	2
MAT015	MAT014			7	3
OH25001	FHU003			6	4
OI103101				6	1
OI103102	OI103101			6	2
OI103103	OI103102			6	3
OI103104	OI103103			6	4
QUI001				8	1
SSC001				0	7
SSP002	SSC001			0	8

PLAN Iqm-06

CLAVE DE ASIGNATURA	PREREQUISITOS			UNIDS COBRO	SEMESTRE
C08012				8	6
C08013	C08012			6	7
C08014	C08013			6	8
C08015				8	8
COM010	MAT010			8	3
END101	IND206			6	9
FHU001				4	1
FHU002	FHU001			4	4
FHU003	FHU002			4	6
FIS005	MAT006	FIS012		8	4
FIS008	FIS005			8	5
FIS012				6	3
IMA202	FIS005			8	5
IND202	MAT007			6	5
IND204	IND202			6	6
IND205	IQU208			9	8
IND206	IND202			6	6
IQU100				7	1
IQU101	MAT005			7	2
IQU102	IQU101			8	3
IQU103	IQU102			7	4
IQU104	IQU103			9	5
IQU200	IQU102	COM010	MAT006	7	4
IQU201	MAT009			7	5
IQU202	MAT009			7	5
IQU203	IQU200			7	5
IQU204	IQU201	IQU104		9	6
IQU205	IQU202			7	6
IQU206	IQU203			9	6
IQU207	IQU204			9	7
IQU208	IQU205			7	7
IQU209	IQU206			9	7
IQU210	IQU207			9	8
IQU211	IQU208			7	8
IQU212	IQU208			7	8
IQU213	IQU210			9	9
IQU214	IQU212			9	9
IQU400	IQU204			6	7
IQU401				3	9
LPCI				4	2
LPCII	LPCI			4	3
MAT005				6	1
MAT006	MAT005			6	2

CLAVE DE ASIGNATURA	PREREQUISITOS			UNIDS COBRO	SEMESTRE
MAT007	MAT005			7	3
MAT008	MAT006			7	3
MAT009	MAT008	MAT006		6	4
MAT010				7	1
OH25001	FHU003			6	8
OI103101				6	1
OI103102	OI103101			6	2
OI103103	OI103102			6	3
OI103104	OI103103			6	4
QUI001				8	1
QUI002	QUI001			8	2
QUI003	QUI002			8	3
QUI004	QUI003			8	4
QUI005	QUI004			8	6
QUI006	QUI005			8	7
SSC001				0	4
SSP002	SSC001			0	7

ANEXO 2
CUESTIONARIO

CUESTIONARIO

Con el propósito de determinar aspectos de rediseño, que no están contenidos en información al público, de los planes de estudio, se ha generado el presente instrumento que recopilará dicha información.

1. Nombre de la carrera:

2. ¿El desarrollo del plan de estudios se hizo en coordinación con algún otro programa?

Sí (especificar cuáles) _____

No _____

3. Indique un estimado, en horas, del tiempo que le tomó a los responsables establecer la malla curricular

4. Seleccione con una **X** el criterio usado para hacer el balance de asignaturas.

Número de créditos por periodo
 Número de unidades de cobro por periodo
 Número de horas por periodo
 Otro (especificar) _____

5. Indique los valores máximo y mínimo – de los criterios usados – por periodo usados para la planeación de asignaturas.

Periodo	Número de asignaturas		Número de unidades de carga académica	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1				
2				
3				
4				
5				

ANEXO 3
SOFTWARE Y HARDWARE

Software:

DATOS GENERALES	
Nombre	HyperLingo
Fabricante	Lindo Systems, Inc. http://www.lindo.com/
CAPACIDADES	
Número de variables	8,000
Número de variables enteras	800
Número de variables no lineales	800
Número de restricciones	4,000

Hardware:

Tipo de computadora	Laptop
Modelo	Toshiba Satellite 130
Sistema operativo	Microsoft Windows XP Professional
Procesador	x86 Family 15 1998 Mhz
Memoria física total	512 MB
Memoria de disco	37.2 GB

Método de búsqueda:

- Técnica de búsqueda de PLE: Branch&Bound
- Técnica de solución de PL: El software *decide*, sobre la base de las dimensiones del modelo. Sin embargo, como los modelos tienen por lo general mayor número de variables que de ecuaciones, el software tenderá a usar el simplex primal para resolverlos.
- Dirección de la ramificación: El software decide, sobre la base del entero más cercano.
- Tolerancias: debido al uso de operaciones de punto flotante, puede ocurrir que alguna restricción no se satisfaga de manera exacta. Así, en el software se pueden definir tolerancias: las tolerancias por omisión están en el orden de 10^{-6} o menores.

Tablas comparativas de HyperLingo frente a otros productos de optimización. Extracto de la página del 2007 OR/MS Today (<http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/LP/LP-surveymain.html>), y de la página del *Optimization Technology Center* de la *Northwestern University and Argonne National Laboratory* (<http://www.it.iitb.ac.in/vweb/mgmt/or/operations%20research/www-unix.mcs.anl.gov/otc/guide/faq/linear-programming-faq.html#>).

Software	Propietario	Descripción de Software		
		Solver y Ambiente de Modelación	Aplicación Independiente	Complemento a:
HYPERLINGO	LINDO Systems	✓	✓	
AMPL	OptiRisk Systems		✓	
C-WHIZ	Ketron Optimization		✓	
GAMS	GAMS Development	✓	✓	
ILOG OPL-CPLEX Development System	ILOG	✓	✓	
Large-Scale LP/QP Solver Engine	Frontline Systems			Excel, MATLAB
LINDO API	LINDO Systems		✓	
LINGO	LINDO Systems	✓	✓	
lp_solve			✓	Excel, Gnumeric, R, MATLAB, AMPL, Octave, O-Matrix, COM, Visual Basic, Perl, Python
MOSEK Optimization Tools	MOSEK		✓	MATLAB

Software	Propietario	Solver y Ambiente de Modelación	Aplicación Independiente	Complemento a:
OMP Supply Chain Suite	OM Partners	✓	✓	
OptiMax 2000 Component Library	Maximal Software	✓		CPLEX, XPRESS, OSL, XA, LINDO, FortMP, C-WHIZ, COINMP, GLPK, LPSOLVE, CONOPT, KNITRO, LGO, PATH, Excel
PCx	Argonne National Laboratory		✓	
SAS	SAS Institute	✓	✓	
SOPT (Smart Optimizer) version 4.0	SAITECH	✓	✓	Excel
What'sBest	LINDO Systems	✓	✓	Excel
XA Professional Linear Programming System	Sunset Software Technology			Excel and Extend Simulation Language
Xpress-MP Suite	Dash Optimization	✓	✓	

Software	Tamaño de problemas a resolver					Fuente Libre o Abierta
	Version Limitada por:		Versión Demo / Estudiantil			
	Memoria	Espacio en Disco	Restricciones	Variables	Variables Enteras	
HYPERLINGO	✓		4000	8000	800	
AMPL	✓	✓	300	300	300	
C-WHIZ	✓		32,767	Unlmtd.	Unlmtd.	

Software	Version Limitada por:		Versión Demo / Estudiantil			Fuente Libre o Abierta
	Memoria	Espacio en Disco	Restricciones	Variables	Variables Enteras	
GAMS	✓	✓	300	300	50	
ILOG OPL-CPLEX Development System	✓	✓	500	500		
Large-Scale LP/QP Solver Engine	✓		Unlmtd.	Unlmtd.	Unlmtd.	
LINDO API	✓		150	300	30	
LINGO	✓		150	300	30	
lp_solve	✓					✓
MOSEK Optimization Tools	✓		150	150		
OMP Supply Chain Suite	✓	✓	500	500	500	
OptiMax 2000 Component Library	✓	✓	300	300	300	
PCx	✓	✓				✓
SAS	✓	✓	Unlmtd.; disponible para Otoño de 2007	Unlmtd.; disponible para Otoño de 2007	Unlmtd.; disponible para Otoño de 2007	
SOPT (Smart Optimizer) version 4.0	✓		10	100	100	
What'sBest	✓		150	300	30	
XA Professional Linear Programming System	✓		100	100	100	

Software	Version Limitada por:		Versión Demo / Estudiantil			Fuente Libre o Abierta
	Memoria	Espacio en Disco	Restricciones	Variabes	Variabes Enteras	
Xpress-MP Suite	✓	✓	Student: 400	Student: 800	Student: 400	

Software	Información de Precios					
	Comercial			Educaional		
	Por Máquina	Licencias Flotantes	Licencias de sitio	Por Máquina	Licencias Flotantes	Licencias de sitio
HYPERLINGO	Desde \$995	✓		Desde \$495	✓	✓
AMPL	\$4,000	✓		\$400	✓	
C-WHIZ	\$1,800 - \$3,100	✓		\$360 - \$620		
GAMS	\$3,200 mas solvers opcionales		✓	\$640 mas solvers opcionales		✓
ILOG OPL-CPLEX Development System	\$995 - \$2,995 dependiendo	✓	✓	\$995 - \$2,495 dependiendo	✓	✓
Large-Scale LP/QP Solver Engine	\$2,995 Estandar, \$4,995 Extendido	✓		\$900 Estandar, \$1,500 Extendido	✓	
LINDO API	Desde \$395	✓	✓	Desde \$195	✓	✓
LINGO	Desde \$495	✓		Desde \$245	✓	✓
Ip_solve		✓			✓	
MOSEK Optimization Tools	Desde \$1,750	✓		Desde \$175	✓	
OMP Supply Chain Suite	Vía informes	✓	✓	Vía informes	✓	✓
OptiMax 2000 Component Library	Vía informes	✓	✓	\$690	✓	✓

Software	Comercial			Educativo		
	Por Máquina	Licencias Flotantes	Licencias de sitio	Por Máquina	Licencias Flotantes	Licencias de sitio
PCx	\$1,000	✓	✓		✓	✓
SAS	Vía informes	✓	✓	Vía informes	✓	✓
SOPT (Smart Optimizer) version 4.0	\$2,950	✓	✓	\$495	✓	✓
What'sBest	Desde \$495	✓	✓	Desde \$245	✓	✓
XA Professional Linear Programming System	Vía informes	✓	✓	Vía informes	✓	✓
Xpress-MP Suite	\$6,000 para la Versión Extended	✓	✓	Libre para aplicaciones académicas	✓	✓

Software	Información de Precios			Compatibilidad de Datos		
	Demo / Estudiantil					
	Por Máquina	Licencias Flotantes	Licencias de sitio	Leer Hojas de Cálculo	Grabar en Hojas de Cálculo	Leer y Grabar Texto
HYPERLINGO				✓	✓	✓
AMPL	Libre			✓	✓	✓
C-WHIZ	Libre por tiempo limitado			✓		✓
GAMS	Libre			✓	✓	✓
ILOG OPL-CPLEX Development System	Libre, versión restringida			✓	✓	✓
Large-Scale LP/QP Solver Engine	Libre por 15 días			✓	✓	✓
LINDO API	Libre	✓	✓	✓	✓	✓

Software	Demo / Estudiantil			Compatibilidad de Datos		
	Por Máquina	Licencias Flotantes	Licencias de sitio	Leer Hojas de Cálculo	Grabar en Hojas de Cálculo	Leer y Grabar Texto
LINGO	Libre	✓	✓	✓	✓	✓
lp_solve						
MOSEK Optimization Tools	Libre					✓
OMP Supply Chain Suite	Vía informes	✓	✓	✓	✓	✓
OptiMax 2000 Component Library	Libre	✓	✓	✓	✓	✓
PCx						✓
SAS	Previsto libre para Otoño 2007	✓	✓	✓	✓	✓
SOPT (Smart Optimizer) version 4.0	Libre			✓	✓	✓
What'sBest	Libre	✓	✓	✓	✓	
XA Professional Linear Programming System	Vía informes	✓	✓	✓	✓	✓
Xpress-MP Suite	Libre	✓	✓	✓	✓	✓

Software	Plataformas		Algoritmos				
	PC / Windows	PC / Linux	Programación Lineal			Programación Entera	
			Primal Simplex	Dual Simplex	Punto Interior	Branch-and-Cut	Branch-and-Price
HYPERLINGO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AMPL	✓	✓					
C-WHIZ	✓		✓	✓			
GAMS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Software	PC / Windows	PC / Linux	Programación Lineal			Programación Entera	
			Primal Simplex	Dual Simplex	Punto Interior	Branch-and-Cut	Branch-and-Price
ILOG OPL-CPLEX Development System	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Large-Scale LP/QP Solver Engine			✓	✓		✓	✓
LINDO API	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LINGO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
lp_solve	✓	✓	✓	✓			
MOSEK Optimization Tools	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
OMP Supply Chain Suite	✓		✓	✓	✓	✓	
OptiMax 2000 Component Library	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PCx	✓	✓			✓		
SAS	✓		✓	✓	✓	✓	
SOPT (Smart Optimizer) version 4.0	✓		✓		✓		
What'sBest	✓		✓	✓	✓	✓	✓
XA Professional Linear Programming System	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Xpress-MP Suite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ANEXO 4

DISTRIBUCION DE ASIGNATURAS EN

PLANES CON MODELO BACP-0

PLAN Prob030-8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
dew100	1	1
hcw310	1	1
mat190	4	1
mat192	4	1
iwi131	3	1
iei162	3	1
hxwxx2	1	1
fis100	3	2
iei134	3	2
iwn170	3	2
iei271	3	2
iwn261	3	2
hrw130	2	2
mat191	4	3
iei132	3	3
iei231	4	3
iei273	3	3
iei218	3	3
mat193	4	4
hfw120	2	4
iei161	3	4
iei232	3	4
iwi365	3	4
dew101	1	5
iei141	3	5
iei233	4	5
iei238	3	5
iei261	3	5
iei262	3	5
iwg101	2	6
fis101	5	6
mat194	4	6
iei142	3	6
iwn270	3	6
fis102	5	7
hcw311	1	7

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
iei133	3	7
mat195	3	7
iei241	4	7
hxwxx1	1	8
dewxx0	1	8
iei281	3	8
iei272	3	8
iei274	3	8
iei219	3	8
iei248	3	8

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	7	17
2	6	17
3	5	17
4	5	15
5	6	17
6	5	17
7	5	16
8	7	17

PLAN Prob030-10

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
fis100	3	1
iwi131	3	1
ili260	3	1
iwn261	3	1
ili134	4	2
ili151	3	2
ili270	3	2
iwn170	3	2
mat021	5	3
ili153	3	3
icdxx1	3	3
icdxx2	3	3
dew100	1	4

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
mat022	5	4
ili135	4	4
ili253	4	4
fis110	5	5
mat023	4	5
ili239	4	5
qui010	3	6
hcw310	1	6
ili236	4	6
ili263	3	6
iwn270	3	6
dew101	1	7
hrwxx2	2	7
mat024	4	7
fis130	4	7
ili362	3	7
hrwxx1	2	8
iwg101	2	8
fis120	4	8
hrwxx3	2	8
ili245	4	8
iei272	3	8
iei274	3	8
iei219	3	8
iei248	3	8
hcw311	1	9
ili243	4	9
ili280	4	9
ili332	4	9
dewxx0	1	10
fis140	4	10
ici344	4	10
ili355	4	10

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	4	12
2	4	13
3	4	14
4	4	14
5	3	13
6	5	14
7	5	14
8	5	14
9	4	13
10	4	13

PLAN Prob030-12

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
fis100	3	1
mat121	4	1
iwi131	3	1
ili260	3	1
hrw150	2	1
ici315	2	1
hcw310	1	2
mat111	4	2
fis110	5	2
ili142	4	2
ili273	3	2
mat122	4	3
ili134	4	3
qui104	3	3
ili274	3	3
ili363	3	3
mat112	4	4
hcw311	1	4
iwn170	3	4
lid208	3	4
ili238	4	4
hrw110	2	4
mat113	4	5
mat123	4	5

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
ili231	3	5
ili331	4	5
ici367	2	5
fis130	4	6
hxwxx2	1	6
ili243	4	6
mat210	4	6
mat260	4	6
iwm185	3	7
ili221	4	7
ili281	3	7
iwn270	3	7
ici344	4	7
mat270	4	8
ili355	4	8
ici393	4	8
ili381	3	8
ici313	2	8
dew100	1	9
ili151	3	9
ili334	4	9
iwn261	3	9
iln230	3	9
icn336	3	9
iwg101	2	10
dew101	1	10
hxwxx1	1	10
ili242	3	10
ili275	3	10
hrw100	2	10
iwi365	3	10
ici314	2	10
dewxx0	1	11
fis120	4	11
mat124	4	11
ili252	4	11
ici382	4	11
fis140	4	12

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
ile260	3	12
ili237	4	12
ili362	3	12
ici332	3	12

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	6	17
2	5	17
3	5	17
4	6	17
5	5	17
6	5	17
7	5	17
8	5	17
9	6	17
10	8	17
11	5	17
12	5	17

PLAN Ici-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
CIV226	8	1
CIV227	6	1
COM009	6	1
MAT005	10	1
OI103101	10	1
SSC001	15	1
CIV203	8	2
CIV220	6	2
FHU001	4	2
FIS002	10	2
LPCI	6	2
MAT006	10	2
OI103102	10	2
CIV209	8	3
MAT008	10	3
OI103103	10	3

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
QUI001	12	3
SSP002	15	3
CIV205	8	4
CIV215	8	4
CIV219	8	4
CIV223	6	4
CIV400	10	4
COM010	8	4
ENE405	6	4
C07001	6	5
CIV202	6	5
CIV204	8	5
CIV225	8	5
ENE407	6	5
FHU002	4	5
LPCII	6	5
MAT009	10	5
C07002	6	6
CIV200	6	6
CIV208	8	6
FHU003	4	6
FIS003	10	6
MAT007	10	6
OII03104	10	6
CIV201	6	7
CIV206	8	7
CIV207	10	7
CIV211	6	7
CIV212	10	7
CIV402	4	7
FIS005	10	7
C07003	6	8
CIV210	8	8
CIV213	8	8
CIV216	6	8
CIV401	6	8
CIV403	10	8
FIS006	10	8
CIV214	8	9

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
CIV217	8	9
CIV218	8	9
CIV221	8	9
CIV224	8	9
CIV302	8	9
OH25001	6	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	6	55
2	7	54
3	5	55
4	7	54
5	8	54
6	7	54
7	7	54
8	7	54
9	7	54

ANEXO 5

DISTRIBUCION DE ASIGNATURAS EN

PLANES CON MODELO BACP-1

PLAN Prob030-8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
dew100	1	1
hcw310	1	1
mat192	4	1
iwi131	3	1
hxwxx1	1	1
iei162	3	1
hxwxx2	1	1
iwn261	3	1
mat190	4	2
dew101	1	2
iei134	3	2
iei271	3	2
iei261	3	2
iei262	3	2
mat191	4	3
dewxx0	1	3
hcw311	1	3
iei132	3	3
iei133	3	3
iei273	3	3
hrw130	2	3
fis100	3	4
mat193	4	4
iei141	3	4
iei231	4	4
iei272	3	4
mat194	4	5
iei142	3	5
hfw120	2	5
iei233	4	5
iei161	3	5
iwg101	2	6
fis101	5	6
iei241	4	6
iei232	3	6
iei248	3	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
mat195	3	7
iei274	3	7
iwi365	3	7
iei218	3	7
iei219	3	7
fis102	5	8
iwn170	3	8
iei281	3	8
iei238	3	8
iwn270	3	8

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	17
2	6	17
3	7	17
4	5	17
5	5	16
6	5	17
7	5	15
8	5	17

PLAN Prob030-10

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
hrwxx1	2	1
qui010	3	1
iwi131	3	1
ili260	3	1
iwn270	3	1
mat021	5	2
hrwxx3	2	2
ili134	4	2
ili151	3	2
mat022	5	3
ili135	4	3
ili153	3	3
hrwxx2	2	4

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
iwn261	3	4
ili239	4	4
ili253	4	4
fis100	3	5
mat023	4	5
ili236	4	5
ili270	3	5
mat024	4	6
ili263	3	6
ili332	4	6
iwn170	3	6
dew100	1	7
fis110	5	7
ili245	4	7
ili280	4	7
fis120	4	8
iwn170	3	8
fis130	4	8
iei281	3	8
iei238	3	8
icdxx1	3	8
ili362	3	8
iwn270	3	8
dew101	1	9
hcw310	1	9
fis140	4	9
ili243	4	9
icdxx2	3	9
iwg101	2	10
dewxx0	1	10
hcw311	1	10
ici344	4	10
ili355	4	10

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	5	14
2	4	14
3	3	12
4	4	13
5	4	14
6	4	14
7	4	14
8	4	14
9	5	13
10	5	12

PLAN Prob030-12

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
fis100	3	1
mat111	4	1
mat121	4	1
iwi131	3	1
iwn170	3	1
iwg101	2	2
fis110	5	2
mat112	4	2
mat122	4	2
hrw150	2	2
fis120	4	3
mat113	4	3
ili151	3	3
ili260	3	3
qui104	3	3
ili142	4	4
ili134	4	4
iwm185	3	4
ili273	3	4
iwi365	3	4
hxwxx1	1	5
mat123	4	5
ili243	4	5

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
ili252	4	5
mat210	4	5
dew100	1	6
fis130	4	6
mat260	4	6
ili238	4	6
hrw110	2	6
ici315	2	6
mat124	4	7
fis140	4	7
ili231	3	7
ili334	4	7
hrw100	2	7
ili221	4	8
ili274	3	8
iwn270	3	8
mat270	4	8
iln230	3	8
ile260	3	9
ili281	3	9
ili242	3	9
ili275	3	9
iwn261	3	9
ici367	2	9
dew101	1	10
hxwxx2	1	10
ili355	4	10
ici393	4	10
ili331	4	10
ili381	3	10
hcw310	1	11
ili363	3	11
ici382	4	11
ici313	2	11
ici344	4	11
icn336	3	11
dewxx0	1	12
hcw311	1	12
lid208	3	12

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
ili237	4	12
ili362	3	12
ici332	3	12
ici314	2	12

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	5	17
2	5	17
3	5	17
4	5	17
5	5	17
6	6	17
7	5	17
8	5	17
9	6	17
10	6	17
11	6	17
12	7	17

PLAN Ici-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
C07001	6	1
CIV201	6	1
CIV202	6	1
CIV203	8	1
CIV204	8	1
FHU001	4	1
LPCI	6	1
MAT005	10	1
CIV226	8	2
CIV401	6	2
FHU002	4	2
FIS002	10	2
LPCII	6	2
MAT006	10	2
MAT007	10	2
CIV205	8	3

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
CIV206	8	3
CIV209	8	3
CIV211	6	3
OI103101	10	3
SSC001	15	3
C07002	6	4
CIV215	8	4
CIV216	6	4
COM009	6	4
FHU003	4	4
FIS003	10	4
SSP002	15	4
CIV208	8	5
CIV210	8	5
CIV212	10	5
COM010	8	5
FIS005	10	5
MAT008	10	5
C07003	6	6
CIV213	8	6
CIV214	8	6
CIV219	8	6
CIV225	8	6
CIV402	4	6
ENE405	6	6
OH25001	6	6
CIV217	8	7
CIV218	8	7
CIV302	8	7
FIS006	10	7
MAT009	10	7
OI103102	10	7
CIV200	6	8
CIV207	10	8
CIV220	6	8
CIV227	6	8
CIV400	10	8
ENE407	6	8
OI103103	10	8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
CIV221	8	9
CIV223	6	9
CIV224	8	9
CIV403	10	9
OI103104	10	9
QUI001	12	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	54
2	7	54
3	6	55
4	7	55
5	6	54
6	8	54
7	6	54
8	7	54
9	6	54

ANEXO 6

DISTRIBUCION DE ASIGNATURAS EN

PLANES CON MODELO BACP-2

PLAN Iag-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
AGR100	6	1
AGR102	6	1
AGR201	6	1
AMB004	6	1
CIV008	6	1
FHU001	4	1
OI103101	6	1
AGR105	6	2
AGR203	6	2
AGR205	6	2
AGR404	3	2
ENC101	6	2
ENM101	6	2
QUI001	8	2
AGR103	8	3
AGR204	6	3
AGR208	6	3
AGR406	3	3
C64003	6	3
MAT012	6	3
OI103102	6	3
AGR104	8	4
AGR206	8	4
AGR207	6	4
AGR216	8	4
AGR403	3	4
ENE406	6	4
AGR209	6	5
AGR210	8	5
AGR211	6	5
C64000	6	5
C64001	6	5
C64004	6	5
AGR212	8	6
AGR213	8	6
AGR214	6	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
AGR402	3	6
C64002	6	6
ENA103	6	6
FHU002	4	6
AGR101	6	7
AGR215	6	7
AGR217	6	7
AGR218	6	7
ENA201	6	7
LPCI	4	7
OI103103	6	7
SSC001		7
AGR200	6	8
AGR400	6	8
AGR401	6	8
ENA404	7	8
FHU003	4	8
LPCII	4	8
QUI008	8	8
SSP002		8
AGR202	8	9
AGR405	6	9
ENA405	7	9
MAT007	7	9
OH25001	6	9
OI103104	6	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	7	40
2	7	41
3	7	41
4	6	39
5	6	38
6	7	41
7	8	40
8	8	41
9	6	40

PLAN Ima-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
C63001	8	1
FHU001	4	1
IMA205	8	1
IND208	6	1
MAT005	6	1
MAT014	7	1
OI103101	6	1
SSC001		1
C63002	8	2
FIS002	6	2
IMA204	8	2
IND212	6	2
LPCI	4	2
MAT015	7	2
OI103102	6	2
SSP002		2
COM009	8	3
COM011	8	3
IMA207	8	3
IND200	6	3
MAT006	6	3
MAT010	7	3
C63003	8	4
COM010	8	4
FHU002	4	4
FIS003	8	4
IND202	6	4
IND207	6	4
OI103103	6	4
FIS005	8	5
FIS006	6	5
FIS007	8	5
IMA100	4	5
IMA208	8	5
IND204	6	5
IND206	6	5

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
C63004	6	6
FHU003	4	6
IMA200	6	6
IMA210	8	6
IMA213	6	6
IMA401	3	6
LPCII	4	6
MAT008	7	6
END101	6	7
IMA202	8	7
IMA212	8	7
IND210	6	7
MAT013	6	7
OH25001	6	7
OI103104	6	7
END103	6	8
IMA201	6	8
IMA203	9	8
IMA209	8	8
IND201	9	8
QUI001	8	8
IMA206	9	9
IMA211	8	9
IND203	9	9
IND214	8	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	45
2	8	45
3	6	43
4	7	46
5	7	46
6	8	44
7	7	46
8	6	46
9	4	34

PLAN Ind-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
COM009	8	1
IND201	9	1
MAT005	6	1
MAT010	7	1
MAT014	7	1
OI103101	6	1
C12001	6	2
DER008	6	2
IND207	6	2
LT1001	6	2
MAT006	6	2
MAT015	7	2
OI103102	6	2
COM011	8	3
FHU001	4	3
FIS002	6	3
IND200	6	3
IND211	6	3
MAT008	7	3
OI103103	6	3
ENE406	6	4
FHU002	4	4
FIS003	8	4
IND202	6	4
IND208	6	4
IND215	6	4
OI103104	6	4
COM010	8	5
FHU003	4	5
IND204	6	5
IND206	6	5
IND210	6	5
IND212	6	5
IND400	3	5
LPCI	4	5

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
C12002	6	6
END101	6	6
ENM101	6	6
FIS005	8	6
IND203	9	6
IND214	8	6
C12003	6	7
END103	6	7
IMA202	8	7
IND209	6	7
LPCII	4	7
MAT013	6	7
OH25001	6	7
SSC001		7
C12004	6	8
END102	6	8
END104	6	8
FIS006	6	8
IMA203	9	8
IND100	4	8
IND216	6	8
SSP002		8
FIS007	8	9
IMA206	9	9
IND205	9	9
QUI001	8	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	6	43
2	7	43
3	7	43
4	7	42
5	8	43
6	6	43
7	8	42
8	8	43
9	4	34

PLAN Iqm-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
C08012	8	1
C08015	8	1
FHU001	4	1
FIS012	6	1
MAT005	6	1
OI103101	6	1
QUI001	8	1
SSC001		1
C08013	6	2
FHU002	4	2
IQU101	7	2
MAT006	6	2
MAT007	7	2
OI103102	6	2
QUI002	8	2
C08014	6	3
FHU003	4	3
IQU100	7	3
IQU102	8	3
MAT008	7	3
OI103103	6	3
QUI003	8	3
FIS005	8	4
IQU103	7	4
LPCI	4	4
MAT009	6	4
MAT010	7	4
OI103104	6	4
QUI004	8	4
COM010	8	5
IQU104	9	5
IQU201	7	5
IQU202	7	5
IQU401	3	5
LPCII	4	5
QUI005	8	5
FIS008	8	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IMA202	8	6
IND202	6	6
IQU200	7	6
IQU204	9	6
IQU205	7	6
IQU203	7	7
IQU207	9	7
IQU208	7	7
IQU400	6	7
OH25001	6	7
QUI006	8	7
IND204	6	8
IND205	9	8
IND206	6	8
IQU206	9	8
IQU210	9	8
IQU212	7	8
SSP002		8
END101	6	9
IQU209	9	9
IQU211	7	9
IQU213	9	9
IQU214	9	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	46
2	7	44
3	7	46
4	7	46
5	7	46
6	6	45
7	6	43
8	7	46
9	5	40

ANEXO 7

UBICACIONES CONVENIENTES DE

ASIGNATURAS EN PLANES

PLAN Ici-06

CLAVE DE ASIGNATURA	PERIODO MINIMO	PERIODO MAXIMO
C07001	7	9
C07002	7	9
C07003	7	9
CIV200	1	2
CIV400	6	9
CIV401	8	9
CIV403	6	9
MAT005	1	5
MAT006	1	5
MAT008	1	5
MAT009	1	5
OI103101	1	4
OI103102	1	4
OI103103	1	4
OI103104	1	4

PLAN Iag-03

CLAVE DE ASIGNATURA	PERIODO MINIMO	PERIODO MAXIMO
AGR100	2	3
AGR105	1	2
C64000	7	9
C64001	7	9
C64002	7	9
C64003	7	9
C64004	7	9
CIV008	3	5
LPCI	1	4
LPCII	1	4
QUI001	1	6
QUI008	1	6

PLAN Ima-03

CLAVE DE ASIGNATURA	PERIODO MINIMO	PERIODO MAXIMO
C63001	7	9
C63002	7	9
C63003	7	9
C63004	8	9
FHU001	1	6
FHU002	1	6
FHU003	1	6
IMA100	1	2
IMA202	3	7
IMA203	3	7
IMA206	3	7
IMA401	7	9
IND201	3	7
IND203	3	7
LPCI	1	6
LPCII	1	6
OH25001	1	6
OI103101	1	6
OI103102	1	6
OI103103	1	6
OI103104	1	6
SSC001	5	9
SSP002	5	9

PLAN Ind-06

CLAVE DE ASIGNATURA	PERIODO MINIMO	PERIODO MAXIMO
C12001	7	9
C12002	7	9
C12003	7	9
C12004	8	9
FHU001	1	6
FHU002	1	6
FHU003	1	6
IND100	1	2
IND208	4	6
IND212	4	6
IND214	6	8
IND400	7	9
LPCI	1	6

CLAVE DE ASIGNATURA	PERIODO MINIMO	PERIODO MAXIMO
LPCII	1	6
OH25001	1	6
OI103101	1	6
OI103102	1	6
OI103103	1	6
OI103104	1	6
SSC001	5	9
SSP002	5	9

PLAN Iqm-06

CLAVE DE ASIGNATURA	PERIODO MINIMO	PERIODO MAXIMO
C08012	6	9
C08013	6	9
C08014	6	9
C08015	6	9
IQU401	8	9
LPCI	1	4
LPCII	1	4
MAT005	1	4
MAT006	1	4
MAT008	1	4
MAT009	1	4
OI103101	1	4
OI103102	1	4
OI103103	1	4
OI103104	1	4

ANEXO 8

DISTRIBUCION DE ASIGNATURAS EN

PLANES CON MODELO BACP-3

PLAN ICI-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
CIV200	6	1
CIV201	6	1
CIV204	8	1
CIV402	4	1
COM009	6	1
FHU001	4	1
MAT005	10	1
OI103101	10	1
FIS002	10	2
MAT006	10	2
MAT007	10	2
OI103102	10	2
SSC001	15	2
CIV202	6	3
CIV205	8	3
CIV211	6	3
COM010	8	3
ENE405	6	3
MAT008	10	3
OI103103	10	3
CIV203	8	4
CIV207	10	4
CIV208	8	4
CIV209	8	4
MAT009	10	4
OI103104	10	4
CIV206	8	5
CIV216	6	5
CIV219	8	5
FHU002	4	5
FIS003	10	5
LPCI	6	5
QUI001	12	5
CIV214	8	6
CIV215	8	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
CIV217	8	6
CIV221	8	6
CIV223	6	6
CIV227	6	6
CIV400	10	6
C07001	6	7
CIV213	8	7
CIV220	6	7
CIV225	8	7
CIV226	8	7
FHU003	4	7
SSP002	15	7
C07002	6	8
CIV212	10	8
CIV218	8	8
CIV302	8	8
CIV401	6	8
CIV403	10	8
ENE407	6	8
C07003	6	9
CIV210	8	9
CIV224	8	9
FIS005	10	9
FIS006	10	9
LPCII	6	9
OH25001	6	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	54
2	5	55
3	7	54
4	6	54
5	7	54
6	7	54
7	7	55
8	7	54
9	7	54

PLAN Iag-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
AGR101	6	1
AGR102	6	1
AGR105	6	1
AGR200	6	1
AGR404	3	1
OI103101	6	1
QUI001	8	1
SSC001		1
AGR202	8	2
AGR403	3	2
AMB004	6	2
ENA103	6	2
FHU001	4	2
OI103102	6	2
QUI008	8	2
AGR100	6	3
AGR201	6	3
AGR205	6	3
AGR216	8	3
AGR402	3	3
CIV008	6	3
LPCI	4	3
AGR203	6	4
AGR204	6	4
AGR207	6	4
AGR405	6	4
ENM101	6	4
LPCII	4	4
MAT012	6	4
AGR103	8	5
AGR206	8	5
AGR208	6	5
AGR209	6	5
MAT007	7	5
OI103103	6	5
AGR210	8	6
AGR211	6	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
AGR212	8	6
AGR213	8	6
FHU002	4	6
OII03104	6	6
AGR214	6	7
AGR215	6	7
AGR217	6	7
AGR406	3	7
C64001	6	7
ENA404	7	7
ENE406	6	7
AGR218	6	8
AGR400	6	8
AGR401	6	8
C64000	6	8
ENA201	6	8
ENC101	6	8
FHU003	4	8
SSP002		8
AGR104	8	9
C64002	6	9
C64003	6	9
C64004	6	9
ENA405	7	9
OH25001	6	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	41
2	7	41
3	7	39
4	7	40
5	6	41
6	6	40
7	7	40
8	8	40
9	6	39

PLAN Ima-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
FHU001	4	1
IMA100	4	1
IMA205	8	1
IND208	6	1
LPCI	4	1
MAT005	6	1
MAT014	7	1
OI103101	6	1
FHU002	4	2
FIS002	6	2
IMA204	8	2
IMA208	8	2
MAT006	6	2
MAT010	7	2
MAT015	7	2
FHU003	4	3
FIS003	8	3
FIS007	8	3
IND200	6	3
LPCII	4	3
MAT008	7	3
OI103102	6	3
FIS005	8	4
IMA207	8	4
IMA210	8	4
IND201	9	4
IND202	6	4
OI103103	6	4
COM011	8	5
FIS006	6	5
IMA202	8	5
IND204	6	5
IND207	6	5
MAT013	6	5
OH25001	6	5
SSC001		5

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IMA203	9	6
IMA212	8	6
IND203	9	6
IND206	6	6
OI103104	6	6
QUI001	8	6
C63001	8	7
END101	6	7
IMA200	6	7
IMA206	9	7
IMA209	8	7
IMA213	6	7
IMA401	3	7
SSP002		7
C63002	8	8
C63004	6	8
COM009	8	8
END103	6	8
IMA201	6	8
IND210	6	8
IND212	6	8
C63003	8	9
COM010	8	9
IMA211	8	9
IND214	8	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	45
2	7	46
3	7	43
4	6	45
5	8	46
6	6	46
7	8	46
8	7	46
9	4	32

PLAN Iqm-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
FHU001	4	1
FIS012	6	1
IQU100	7	1
MAT005	6	1
MAT010	7	1
OI103101	6	1
QUI001	8	1
COM010	8	2
FHU002	4	2
IQU101	7	2
MAT006	6	2
MAT007	7	2
OI103102	6	2
QUI002	8	2
FHU003	4	3
FIS005	8	3
IQU102	8	3
LPCI	4	3
MAT008	7	3
OI103103	6	3
QUI003	8	3
FIS008	8	4
IQU103	7	4
IQU200	7	4
LPCII	4	4
MAT009	6	4
OI103104	6	4
QUI004	8	4
IMA202	8	5
IQU104	9	5
IQU201	7	5
IQU202	7	5
IQU203	7	5
QUI005	8	5
C08012	8	6
C08015	8	6
IND202	6	6
IQU204	9	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IQU205	7	6
QUI006	8	6
IND204	6	7
IND206	6	7
IQU206	9	7
IQU207	9	7
IQU208	7	7
OH25001	6	7
SSC001		7
C08013	6	8
END101	6	8
IND205	9	8
IQU210	9	8
IQU212	7	8
IQU400	6	8
IQU401	3	8
SSP002		8
C08014	6	9
IQU209	9	9
IQU211	7	9
IQU213	9	9
IQU214	9	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	7	44
2	7	46
3	7	45
4	7	46
5	6	46
6	6	46
7	7	43
8	8	46
9	5	40

ANEXO 9

DISTRIBUCION DE ASIGNATURAS EN

PLANES CON MODELO BACP-4

PLAN Prob030-10

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
fis100	3	1
iwg101	2	1
hrwxx2	2	1
iwi131	3	1
hcw310	1	1
hrwxx3	2	1
mat021	5	2
ili134	4	2
hcw311	1	2
iwn170	3	2
fis110	5	3
ili151	3	3
ili260	3	3
iwn261	3	3
dew100	1	4
mat022	5	4
ili135	4	4
ili270	3	4
mat023	4	5
ili239	4	5
ili263	3	5
iwn270	3	5
ili153	3	6
fis130	4	6
ili236	4	6
icdxx1	3	6
dew101	1	7
fis120	4	7
mat024	4	7
ili245	4	7
ili253	4	8
ili280	4	8
ili362	3	8
icdxx2	3	8
hrwxx1	2	9
qui010	3	9

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
fis140	4	9
ili243	4	9
dewxx0	1	10
ici344	4	10
ili332	4	10
ili355	4	10

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	6	13
2	4	13
3	4	14
4	4	13
5	4	14
6	4	14
7	4	13
8	4	14
9	4	13
10	4	13

PLAN Prob030-12

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
fis100	3	1
mat111	4	1
iwi131	3	1
ili260	3	1
ili243	4	1
mat112	4	2
ili134	4	2
iwn170	3	2
ili231	3	2
ili273	3	2
dew100	1	3
mat121	4	3
ili274	3	3
hrw150	2	3
ili238	4	3
ili363	3	3
mat122	4	4

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
ili142	4	4
iwm185	3	4
hrw110	2	4
ili331	4	4
hcw310	1	5
mat113	4	5
mat123	4	5
lid208	3	5
ili275	3	5
ici313	2	5
qui104	3	6
mat260	4	6
iwn270	3	6
hrw100	2	6
ili362	3	6
ici314	2	6
dew101	1	7
ili221	4	7
ili334	4	7
iwn261	3	7
iln230	3	7
ici315	2	7
fis110	5	8
hxwxx2	1	8
mat210	4	8
ili281	3	8
ili355	4	8
fis130	4	9
ili242	3	9
ici393	4	9
ici382	4	9
ici367	2	9
iwg101	2	10
dewxx0	1	10
hxwxx1	1	10
ili151	3	10
ili252	4	10
ili381	3	10
ici332	3	10
fis120	4	11

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
hew311	1	11
mat124	4	11
mat270	4	11
ili237	4	11
fis140	4	12
ile260	3	12
ici344	4	12
icn336	3	12
iwi365	3	12

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	5	17
2	5	17
3	6	17
4	5	17
5	6	17
6	6	17
7	6	17
8	5	17
9	5	17
10	7	17
11	5	17
12	5	17

PLAN Ici-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
CIV200	6	1
CIV220	6	1
COM009	6	1
FHU001	4	1
MAT005	10	1
OI103101	10	1
QUI001	12	1
FIS002	10	2
MAT006	10	2
MAT007	10	2
OI103102	10	2
SSC001	15	2

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
CIV201	6	3
CIV203	8	3
CIV204	8	3
CIV205	8	3
FHU002	4	3
MAT008	10	3
OI103103	10	3
CIV206	8	4
CIV208	8	4
CIV209	8	4
CIV211	6	4
CIV217	8	4
ENE405	6	4
OI103104	10	4
CIV210	8	5
CIV213	8	5
CIV215	8	5
CIV216	6	5
CIV219	8	5
CIV227	6	5
MAT009	10	5
CIV207	10	6
CIV212	10	6
CIV218	8	6
CIV221	8	6
CIV223	6	6
CIV302	8	6
FHU003	4	6
C07001	6	7
CIV224	8	7
CIV225	8	7
CIV402	4	7
COM010	8	7
LPCI	6	7
SSP002	15	7
C07002	6	8
CIV214	8	8
CIV226	8	8
CIV400	10	8
CIV401	6	8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
ENE407	6	8
FIS003	10	8
C07003	6	9
CIV202	6	9
CIV403	10	9
FIS005	10	9
FIS006	10	9
LPCII	6	9
OH25001	6	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	7	54
2	5	55
3	7	54
4	7	54
5	7	54
6	7	54
7	7	55
8	7	54
9	7	54

PLAN Iag-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
AGR102	6	1
AGR103	8	1
AGR205	6	1
AMB004	6	1
OI103101	6	1
QUI001	8	1
SSC001		1
AGR100	6	2
AGR105	6	2
AGR208	6	2
FHU001	4	2
LPCI	4	2
OI103102	6	2
QUI008	8	2
SSP002		2

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
AGR201	6	3
AGR204	6	3
CIV008	6	3
ENE406	6	3
LPCII	4	3
MAT012	6	3
OI103103	6	3
AGR101	6	4
AGR200	6	4
AGR207	6	4
AGR400	6	4
ENA103	6	4
ENC101	6	4
FHU002	4	4
AGR202	8	5
AGR209	6	5
AGR211	6	5
AGR212	8	5
AGR402	3	5
AGR404	3	5
ENM101	6	5
AGR104	8	6
AGR203	6	6
AGR213	8	6
AGR214	6	6
AGR215	6	6
AGR217	6	6
AGR218	6	7
AGR401	6	7
AGR403	3	7
C64001	6	7
C64002	6	7
C64004	6	7
ENA404	7	7
AGR210	8	8
AGR405	6	8
AGR406	3	8
ENA405	7	8
FHU003	4	8
MAT007	7	8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
OI103104	6	8
AGR206	8	9
AGR216	8	9
C64000	6	9
C64003	6	9
ENA201	6	9
OH25001	6	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	7	40
2	8	40
3	7	40
4	7	40
5	7	40
6	6	40
7	7	40
8	7	41
9	6	40

PLAN Ima-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IMA100	4	1
IMA204	8	1
IMA205	8	1
LPCI	4	1
MAT005	6	1
MAT010	7	1
MAT014	7	1
FHU001	4	2
FIS002	6	2
IMA207	8	2
IMA208	8	2
IND208	6	2
MAT006	6	2
MAT015	7	2
COM011	8	3
FIS003	8	3
IMA209	8	3
IND200	6	3

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IND201	9	3
OI103101	6	3
FHU002	4	4
FIS005	8	4
FIS006	6	4
IND202	6	4
IND203	9	4
MAT008	7	4
OI103102	6	4
COM009	8	5
FHU003	4	5
IMA202	8	5
IND206	6	5
IND207	6	5
OI103103	6	5
QUI001	8	5
SSC001		5
FIS007	8	6
IMA203	9	6
IND204	6	6
LPCII	4	6
MAT013	6	6
OH25001	6	6
OI103104	6	6
SSP002		6
C63001	8	7
END101	6	7
IMA200	6	7
IMA206	9	7
IMA210	8	7
IMA213	6	7
IMA401	3	7
C63002	8	8
C63004	6	8
END103	6	8
IMA201	6	8
IMA212	8	8
IND210	6	8
IND212	6	8
C63003	8	9
COM010	8	9

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IMA211	8	9
IND214	8	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	7	44
2	7	45
3	6	45
4	7	46
5	8	46
6	8	45
7	7	46
8	7	46
9	4	32

PLAN Iqm-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
FIS012	6	1
IQU100	7	1
LPCI	4	1
MAT005	6	1
MAT010	7	1
OI103101	6	1
QUI001	8	1
COM010	8	2
IQU101	7	2
LPCII	4	2
MAT006	6	2
MAT007	7	2
OI103102	6	2
QUI002	8	2
SSC001		2
FIS005	8	3
IND202	6	3
IQU102	8	3
MAT008	7	3
OI103103	6	3
QUI003	8	3
SSP002		3

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
FHU001	4	4
FIS008	8	4
IQU103	7	4
IQU200	7	4
MAT009	6	4
OI103104	6	4
QUI004	8	4
IMA202	8	5
IQU104	9	5
IQU201	7	5
IQU202	7	5
IQU203	7	5
QUI005	8	5
C08015	8	6
FHU002	4	6
IQU204	9	6
IQU205	7	6
IQU206	9	6
QUI006	8	6
C08012	8	7
FHU003	4	7
IND204	6	7
IND206	6	7
IQU207	9	7
IQU208	7	7
IQU400	6	7
C08013	6	8
END101	6	8
IND205	9	8
IQU210	9	8
IQU212	7	8
IQU401	3	8
OH25001	6	8
C08014	6	9
IQU209	9	9
IQU211	7	9
IQU213	9	9
IQU214	9	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	7	44
2	8	46
3	7	43
4	7	46
5	6	46
6	6	45
7	7	46
8	7	46
9	5	40

ANEXO 10

DISTRIBUCION DE ASIGNATURAS EN

PLANES CON MODELO BACP-5

PLAN Prob030-12

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
hcw310	1	1
mat111	4	1
mat121	4	1
iwi131	3	1
ili260	3	1
ici315	2	1
mat112	4	2
mat122	4	2
hcw311	1	2
ili142	4	2
hxwxx2	1	2
ili273	3	2
fis100	3	3
mat113	4	3
mat123	4	3
lid208	3	3
ili363	3	3
mat124	4	4
ili231	3	4
mat210	4	4
mat260	4	4
ici367	2	4
fis110	5	5
ili134	4	5
ili243	4	5
ici393	4	5
fis120	4	6
ili151	3	6
iwn170	3	6
mat270	4	6
icn336	3	6
iwm185	3	7
ile260	3	7
ili252	4	7
ili274	3	7
ili238	4	7
dew100	1	8
fis130	4	8
ili334	4	8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
ili331	4	8
ici344	4	8
iwg101	2	9
dew101	1	9
fis140	4	9
qui104	3	9
ili237	4	9
iln230	3	9
dewxx0	1	10
hxwxx1	1	10
ili281	3	10
hrw150	2	10
iwn261	3	10
ici382	4	10
ili362	3	10
ili221	4	11
iwn270	3	11
hrw110	2	11
ili381	3	11
ici313	2	11
iwi365	3	11
ili242	3	12
ili275	3	12
ili355	4	12
hrw100	2	12
ici332	3	12
ici314	2	12

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	6	17
2	6	17
3	5	17
4	5	17
5	4	17
6	5	17
7	5	17
8	5	17
9	6	17
10	7	17
11	6	17
12	6	17

PLAN Ima-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
COM009	8	1
FHU001	4	1
LPCI	4	1
MAT005	6	1
MAT010	7	1
MAT014	7	1
FIS002	6	2
IMA100	4	2
IMA204	8	2
IND207	6	2
LPCII	4	2
MAT006	6	2
MAT015	7	2
FHU002	4	3
FIS003	8	3
IMA205	8	3
IND200	6	3
IND210	6	3
MAT008	7	3
OI103101	6	3
FHU003	4	4
FIS005	8	4
FIS007	8	4
IMA208	8	4
IND201	9	4
IND202	6	4
IND208	6	4
OI103102	6	4
IMA202	8	5
IMA207	8	5
IMA210	8	5
IND203	9	5
OI103103	6	5
QUI001	8	5
SSC001		5
FIS006	6	6
IMA203	9	6
IND204	6	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IND206	6	6
IND212	6	6
OH25001	6	6
OI103104	6	6
C63001	8	7
COM010	8	7
END101	6	7
IMA200	6	7
IMA206	9	7
IMA209	8	7
IMA213	6	7
C63002	8	8
C63004	6	8
END103	6	8
IMA201	6	8
IMA401	3	8
IND214	8	8
MAT013	6	8
SSP002		8
C63003	8	9
COM011	8	9
IMA211	8	9
IMA212	8	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	6	36
2	7	41
3	7	45
4	8	55
5	7	47
6	7	45
7	7	51
8	8	43
9	4	32

PLAN Ind-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
COM009	8	1
DER008	6	1
FHU001	4	1
IND100	4	1
IND201	9	1
MAT010	7	1
MAT014	7	1
COM010	8	2
COM011	8	2
ENE406	6	2
ENM101	6	2
FHU002	4	2
LPCI	4	2
MAT005	6	2
MAT015	7	2
FHU003	4	3
FIS002	6	3
IND200	6	3
IND203	9	3
IND207	6	3
MAT006	6	3
OI103101	6	3
FIS003	8	4
FIS007	8	4
IND202	6	4
IND210	6	4
MAT008	7	4
OI103102	6	4
FIS005	8	5
IND206	6	5
IND208	6	5
IND211	6	5
OH25001	6	5
OI103103	6	5
SSC001		5
END101	6	6
FIS006	6	6
IMA202	8	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IND209	6	6
IND212	6	6
LPCII	4	6
OI103104	6	6
C12001	6	7
END103	6	7
IMA203	9	7
IND204	6	7
IND214	8	7
IND215	6	7
IND400	3	7
SSP002		7
C12002	6	8
C12004	6	8
END102	6	8
END104	6	8
IND216	6	8
LTII001	6	8
MAT013	6	8
C12003	6	9
IMA206	9	9
IND205	9	9
QUI001	8	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	7	45
2	8	49
3	7	43
4	6	41
5	7	38
6	7	42
7	8	44
8	7	42
9	4	32

PLAN Iqm-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
C08012	8	6
C08013	6	8
C08014	6	9
C08015	8	6
COM010	8	3
END101	6	8
FHU001	4	1
FHU002	4	3
FHU003	4	5
FIS005	8	3
FIS008	8	4
FIS012	6	2
IMA202	8	4
IND202	6	4
IND204	6	5
IND205	9	9
IND206	6	7
IQU100	7	1
IQU101	7	2
IQU102	8	3
IQU103	7	4
IQU104	9	5
IQU200	7	4
IQU201	7	5
IQU202	7	5
IQU203	7	5
IQU204	9	6
IQU205	7	6
IQU206	9	6
IQU207	9	7
IQU208	7	7
IQU209	9	7
IQU210	9	8
IQU211	7	9
IQU212	7	8
IQU213	9	9
IQU214	9	9
IQU400	6	7

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IQU401	3	8
LPCI	4	1
LPCII	4	2
MAT005	6	1
MAT006	6	2
MAT007	7	2
MAT008	7	3
MAT009	6	4
MAT010	7	1
OH25001	6	8
OI103101	6	1
OI103102	6	2
OI103103	6	3
OI103104	6	4
QUI001	8	1
QUI002	8	2
QUI003	8	3
QUI004	8	5
QUI005	8	7
QUI006	8	8
SSC001		1
SSP002		2

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	42
2	8	44
3	7	49
4	7	48
5	7	48
6	5	41
7	6	45
8	7	45
9	5	40

ANEXO 11

DISTRIBUCION DE ASIGNATURAS EN

PLANES CON MODELO BACP-6

PLAN Prob030-8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
dew100	1	1
iwg101	2	1
mat190	4	1
mat192	4	1
iwi131	3	1
hxwxx1	1	1
iei162	3	1
hxwxx2	1	1
iwn261	3	1
dew101	1	2
mat193	4	2
iei134	3	2
iei141	3	2
iei271	3	2
iei161	3	2
fis100	3	3
dewxx0	1	3
iei132	3	3
iei231	4	3
iei273	3	3
iwn270	3	3
fis101	5	4
iei142	3	4
iei232	3	4
iei262	3	4
mat191	4	5
fis102	5	5
iei261	3	5
iei219	3	5
mat194	4	6
iei241	4	6
iei233	4	6
hrw130	2	6
iei218	3	6
hcw310	1	7
iwn170	3	7
mat195	3	7
iei272	3	7

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
iei274	3	7
iwi365	3	7
hcw311	1	8
iei133	3	8
iei281	3	8
hfw120	2	8
iei238	3	8
iei248	3	8

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	9	22
2	6	17
3	6	17
4	4	14
5	4	15
6	5	17
7	6	16
8	6	15

PLAN Prob030-12

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
fis100	3	1
mat111	4	1
mat121	4	1
iwi131	3	1
ili243	4	1
hcw310	1	2
fis110	5	2
ili134	4	2
ili260	3	2
ili231	3	2
hrw150	2	2
mat112	4	3
iwn170	3	3
ili273	3	3
ili238	4	3
hrw110	2	3
iwg101	2	4

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
mat122	4	4
iwm185	3	4
qui104	3	4
ili274	3	4
ici344	4	4
mat113	4	5
mat123	4	5
fis130	4	5
ili151	3	5
iwn270	3	5
mat124	4	6
ili252	4	6
mat260	4	6
ili363	3	6
ici315	2	6
dew100	1	7
ili142	4	7
ili221	4	7
iwn261	3	7
ili362	3	7
iwi365	3	7
fis120	4	8
mat210	4	8
ili281	3	8
ili355	4	8
lid208	3	9
ili242	3	9
ili237	4	9
ili334	4	9
ili331	4	9
dew101	1	10
hcw311	1	10
hxwxx1	1	10
fis140	4	10
hrw100	2	10
ili381	3	10
ici367	2	10
mat270	4	11
ili275	3	11
ici393	4	11

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
ici382	4	11
ici313	2	11
dewxx0	1	12
hxwxx2	1	12
ile260	3	12
iln230	3	12
ici332	3	12
icn336	3	12
ici314	2	12

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	5	18
2	6	18
3	5	16
4	6	19
5	5	18
6	5	17
7	6	18
8	4	15
9	5	18
10	7	14
11	5	17
12	7	16

PLAN Iag-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
AGR102	6	1
AGR200	6	1
AGR213	8	1
AMB004	6	1
ENA103	6	1
FHU001	4	1
OI103101	6	1
SSC001		1
AGR101	6	2
AGR105	6	2
AGR201	6	2
ENA404	7	2

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
FHU002	4	2
QUI001	8	2
SSP002		2
AGR100	6	3
AGR204	6	3
AGR207	6	3
CIV008	6	3
LPCI	4	3
OI103102	6	3
QUI008	8	3
AGR103	8	4
AGR203	6	4
AGR209	6	4
ENA405	7	4
FHU003	4	4
LPCII	4	4
OI103103	6	4
AGR202	8	5
AGR205	6	5
AGR210	8	5
AGR211	6	5
AGR218	6	5
AGR402	3	5
AGR214	6	6
AGR215	6	6
AGR217	6	6
ENA201	6	6
ENC101	6	6
ENM101	6	6
OH25001	6	6
AGR400	6	7
AGR401	6	7
C64002	6	7
C64003	6	7
C64004	6	7
ENE406	6	7
MAT012	6	7
AGR208	6	8
AGR216	8	8
AGR403	3	8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
AGR404	3	8
AGR405	6	8
AGR406	3	8
C64001	6	8
MAT007	7	8
AGR104	8	9
AGR206	8	9
AGR212	8	9
C64000	6	9
OI103104	6	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	42
2	7	37
3	7	42
4	7	41
5	6	37
6	7	42
7	7	42
8	8	42
9	5	36

PLAN Ima-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
COM011	8	1
FHU001	4	1
IMA100	4	1
IMA204	8	1
IND208	6	1
MAT005	6	1
MAT014	7	1
OI103101	6	1
FHU002	4	2
FIS002	6	2
IND212	6	2
MAT006	6	2
MAT010	7	2
MAT015	7	2

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
OI103102	6	2
COM009	8	3
FHU003	4	3
FIS003	8	3
IND200	6	3
LPCI	4	3
MAT008	7	3
OI103103	6	3
FIS005	8	4
FIS006	6	4
IMA207	8	4
IND201	9	4
IND202	6	4
IND207	6	4
LPCII	4	4
IMA202	8	5
IMA205	8	5
IMA209	8	5
IND204	6	5
IND206	6	5
MAT013	6	5
SSC001		5
END101	6	6
IMA203	9	6
IND210	6	6
OH25001	6	6
OI103104	6	6
QUI001	8	6
C63001	8	7
IMA200	6	7
IMA206	9	7
IMA208	8	7
IMA213	6	7
IMA401	3	7
IND203	9	7
C63002	8	8
C63004	6	8
COM010	8	8
END103	6	8
IMA201	6	8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IMA210	8	8
IND214	8	8
SSP002		8
C63003	8	9
FIS007	8	9
IMA211	8	9
IMA212	8	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	49
2	7	42
3	7	43
4	7	47
5	7	42
6	6	41
7	7	49
8	8	50
9	4	32

PLAN Ind-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
DER008	6	1
FHU001	4	1
IND100	4	1
IND201	9	1
LPCI	4	1
MAT005	6	1
MAT010	7	1
MAT014	7	1
FHU002	4	2
FIS002	6	2
IND207	6	2
LPCII	4	2
MAT006	6	2
MAT015	7	2
OII03101	6	2
FIS003	8	3
IND200	6	3

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IND203	9	3
IND211	6	3
LTi001	6	3
OI103102	6	3
COM009	8	4
COM011	8	4
ENE406	6	4
FHU003	4	4
FIS005	8	4
IND202	6	4
IND215	6	4
COM010	8	5
FIS006	6	5
IMA202	8	5
IND206	6	5
IND208	6	5
OH25001	6	5
OI103103	6	5
SSC001		5
END101	6	6
ENM101	6	6
IND209	6	6
IND210	6	6
IND212	6	6
MAT008	7	6
OI103104	6	6
SSP002		6
C12001	6	7
END103	6	7
FIS007	8	7
IMA203	9	7
IND214	8	7
MAT013	6	7
C12002	6	8
C12004	6	8
END102	6	8
END104	6	8
IND204	6	8
IND216	6	8
IND400	3	8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
C12003	6	9
IMA206	9	9
IND205	9	9
QUI001	8	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	47
2	7	39
3	6	41
4	7	46
5	8	46
6	8	43
7	6	43
8	7	39
9	4	32

ANEXO 12

DISTRIBUCION DE ASIGNATURAS EN

PLANES CON MODELO BACP-7

PLAN Prob030-8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
dew100	1	1
mat192	4	1
iwi131	3	1
iei162	3	1
iwn270	3	1
hrw130	2	1
fis100	3	2
hcw310	1	2
mat190	4	2
dew101	1	2
iei141	3	2
iwn170	3	2
hfw120	2	2
iwg101	2	3
mat191	4	3
mat193	4	3
iei134	3	3
dewxx0	1	3
iwn261	3	3
iei132	3	4
iei142	3	4
iei231	4	4
iei271	3	4
iei161	3	4
mat194	4	5
iei241	4	5
iei238	3	5
iei272	3	5
iei273	3	5
fis101	5	6
mat195	3	6
iei261	3	6
iei232	3	6
iei262	3	6
fis102	5	7
hxwxx1	1	7
iei233	4	7
iwi365	3	7
iei219	3	7

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
hcw311	1	8
iei133	3	8
hxwxx2	1	8
iei281	3	8
iei274	3	8
iei218	3	8
iei248	3	8

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	6	16
2	7	17
3	6	17
4	5	16
5	5	17
6	5	17
7	5	16
8	7	17

PLAN Prob030-10

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
fis100	3	1
mat021	5	1
iwi131	3	1
icdxx2	3	1
mat022	5	2
hcw310	1	2
ili134	4	2
ili151	3	2
hrwxx3	2	3
mat023	4	3
hcw311	1	3
ili153	3	3
iwn170	3	3
fis110	5	4
mat024	4	4
ili253	4	4
ili135	4	5
ili280	4	5
icdxx1	3	5

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
iwn270	3	5
ili260	3	6
iwn261	3	6
ili239	4	6
ili355	4	6
dew100	1	7
iwg101	2	7
qui010	3	7
ili245	4	7
ili263	3	7
dew101	1	8
fis130	4	8
ili236	4	8
ili243	4	8
fis120	4	9
ili270	3	9
ili332	4	9
ili362	3	9
hrwxx1	2	10
hrwxx2	2	10
dewxx0	1	10
fis140	4	10
ici344	4	10

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	4	14
2	4	13
3	5	13
4	3	13
5	4	14
6	4	14
7	5	13
8	4	13
9	4	14
10	5	13

PLAN Prob030-12

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
hcw310	1	1
mat111	4	1
mat121	4	1
iwi131	3	1
ili260	3	1
hrw150	2	1
mat112	4	2
mat122	4	2
ili134	4	2
ili273	3	2
hrw110	2	2
iwg101	2	3
mat113	4	3
mat123	4	3
ili274	3	3
ili238	4	3
fis100	3	4
mat260	4	4
iwn270	3	4
ili331	4	4
iwi365	3	4
fis110	5	5
qui104	3	5
mat210	4	5
ili281	3	5
ici313	2	5
lid208	3	6
ili275	3	6
ici393	4	6
ili334	4	6
ili381	3	6
ili142	4	7
ili231	3	7
ili363	3	7
hrw100	2	7
ici315	2	7
ici332	3	7
ili151	3	8
iwm185	3	8

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
ili221	4	8
ici382	4	8
ili362	3	8
dew100	1	9
fis120	4	9
mat124	4	9
ili243	4	9
mat270	4	9
iwn170	3	10
ili252	4	10
ili242	3	10
iwn261	3	10
ici344	4	10
dew101	1	11
fis130	4	11
ili355	4	11
iln230	3	11
icn336	3	11
ici367	2	11
dewxx0	1	12
hcw311	1	12
hxwxx1	1	12
fis140	4	12
hxwxx2	1	12
ile260	3	12
ili237	4	12
ici314	2	12

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	6	17
2	5	17
3	5	17
4	5	17
5	5	17
6	5	17
7	6	17
8	5	17
9	5	17
10	5	17
11	6	17
12	8	17

PLAN ICI-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
CIV204	8	1
COM009	6	1
ENE405	6	1
MAT005	10	1
OI103101	10	1
SSC001	15	1
CIV200	6	2
CIV203	8	2
FIS002	10	2
MAT006	10	2
MAT007	10	2
OI103102	10	2
CIV202	6	3
CIV205	8	3
CIV209	8	3
CIV211	6	3
CIV220	6	3
MAT008	10	3
OI103103	10	3
CIV206	8	4
CIV208	8	4
CIV215	8	4
FIS003	10	4
MAT009	10	4
OI103104	10	4
CIV207	10	5
CIV212	10	5
CIV214	8	5
CIV226	8	5
CIV227	6	5
QUI001	12	5
CIV210	8	6
CIV224	8	6
CIV400	10	6
FHU001	4	6
FIS005	10	6
SSP002	15	6
C07001	6	7

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
CIV201	6	7
CIV213	8	7
CIV216	6	7
CIV219	8	7
CIV403	10	7
ENE407	6	7
FHU002	4	7
C07002	6	8
CIV217	8	8
CIV218	8	8
CIV302	8	8
CIV402	4	8
FHU003	4	8
FIS006	10	8
LPCI	6	8
C07003	6	9
CIV221	8	9
CIV223	6	9
CIV225	8	9
CIV401	6	9
COM010	8	9
LPCII	6	9
OH25001	6	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	6	55
2	6	54
3	7	54
4	6	54
5	6	54
6	6	55
7	8	54
8	8	54
9	8	54

PLAN Iag-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
AGR217	6	1
ENA103	6	1
FHU001	4	1
LPCI	4	1
MAT012	6	1
OI103101	6	1
QUI001	8	1
SSC001		1
AGR105	6	2
AGR206	8	2
AGR405	6	2
AGR406	3	2
ENA404	7	2
LPCII	4	2
MAT007	7	2
AGR100	6	3
AGR216	8	3
AGR400	6	3
ENA201	6	3
OI103102	6	3
QUI008	8	3
SSP002		3
AGR209	6	4
AGR215	6	4
AGR218	6	4
AMB004	6	4
ENM101	6	4
FHU002	4	4
OI103103	6	4
AGR201	6	5
AGR204	6	5
AGR205	6	5
AGR401	6	5
CIV008	6	5
ENE406	6	5
FHU003	4	5
AGR102	6	6
AGR103	8	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
AGR200	6	6
AGR203	6	6
AGR208	6	6
AGR210	8	6
AGR101	6	7
AGR402	3	7
C64003	6	7
C64004	6	7
ENA405	7	7
ENC101	6	7
OH25001	6	7
AGR104	8	8
AGR207	6	8
AGR213	8	8
AGR214	6	8
AGR403	3	8
AGR404	3	8
C64002	6	8
AGR202	8	9
AGR211	6	9
AGR212	8	9
C64000	6	9
C64001	6	9
OI103104	6	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	40
2	7	41
3	7	40
4	7	40
5	7	40
6	6	40
7	7	40
8	7	40
9	6	40

PLAN Ima-03

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
COM011	8	1
FHU001	4	1
IMA100	4	1
LPCI	4	1
MAT005	6	1
MAT010	7	1
MAT014	7	1
OI103101	6	1
FHU002	4	2
FIS002	6	2
IMA204	8	2
IMA205	8	2
MAT006	6	2
MAT015	7	2
OI103102	6	2
FIS003	8	3
FIS007	8	3
IMA207	8	3
IMA208	8	3
IND200	6	3
OI103103	6	3
FIS005	8	4
IMA210	8	4
IND201	9	4
IND202	6	4
IND208	6	4
MAT008	7	4
FHU003	4	5
IMA202	8	5
IND204	6	5
IND206	6	5
IND207	6	5
IND212	6	5
LPCII	4	5
OI103104	6	5
SSC001		5
COM009	8	6
END101	6	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
FIS006	6	6
IMA203	9	6
IND203	9	6
OH25001	6	6
SSP002		6
C63001	8	7
IMA200	6	7
IMA206	9	7
IMA212	8	7
IMA213	6	7
IND210	6	7
MAT013	6	7
C63002	8	8
C63004	6	8
END103	6	8
IMA201	6	8
IMA209	8	8
IMA401	3	8
QUI001	8	8
C63003	8	9
COM010	8	9
IMA211	8	9
IND214	8	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	8	46
2	7	45
3	6	44
4	6	44
5	9	46
6	7	44
7	7	49
8	7	45
9	4	32

PLAN Ind-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
COM009	8	1
ENM101	6	1
FHU001	4	1
MAT005	6	1
MAT010	7	1
MAT014	7	1
OI103101	6	1
FHU002	4	2
FIS002	6	2
IND100	4	2
LPCI	4	2
LT1001	6	2
MAT006	6	2
MAT015	7	2
OI103102	6	2
COM010	8	3
ENE406	6	3
FIS003	8	3
IND200	6	3
IND201	9	3
OI103103	6	3
DER008	6	4
FHU003	4	4
IND202	6	4
IND203	9	4
IND207	6	4
IND208	6	4
OI103104	6	4
FIS005	8	5
IND204	6	5
IND206	6	5
IND210	6	5
IND211	6	5
LPCII	4	5
OH25001	6	5
SSC001		5

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
END101	6	6
IMA202	8	6
IND209	6	6
IND212	6	6
IND214	8	6
QUI001	8	6
SSP002		6
C12001	6	7
END103	6	7
FIS006	6	7
FIS007	8	7
IND215	6	7
IND400	3	7
MAT008	7	7
C12002	6	8
C12004	6	8
END102	6	8
END104	6	8
IMA203	9	8
IND216	6	8
MAT013	6	8
C12003	6	9
COM011	8	9
IMA206	9	9
IND205	9	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	7	44
2	8	43
3	6	43
4	7	43
5	8	42
6	7	42
7	7	42
8	7	45
9	4	32

PLAN Iqm-06

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
FHU001	4	1
FIS012	6	1
IQU100	7	1
MAT005	6	1
MAT010	7	1
OI103101	6	1
QUI001	8	1
COM010	8	2
IQU101	7	2
LPCI	4	2
MAT006	6	2
MAT007	7	2
OI103102	6	2
QUI002	8	2
FHU002	4	3
FIS005	8	3
IQU102	8	3
LPCII	4	3
MAT008	7	3
OI103103	6	3
QUI003	8	3
FHU003	4	4
FIS008	8	4
IND202	6	4
IQU103	7	4
MAT009	6	4
OI103104	6	4
QUI004	8	4
SSC001		4
IMA202	8	5
IQU104	9	5
IQU200	7	5
IQU201	7	5
IQU202	7	5
QUI005	8	5
C08012	8	6
IND204	6	6
IQU203	7	6

CLAVE ASIGNATURA	UNIDADES DE CARGA	PERIODO SOLUCION
IQU204	9	6
IQU205	7	6
QUI006	8	6
C08013	6	7
C08015	8	7
IQU206	9	7
IQU207	9	7
IQU208	7	7
IQU400	6	7
C08014	6	8
IND206	6	8
IQU209	9	8
IQU210	9	8
IQU212	7	8
IQU401	3	8
OH25001	6	8
SSP002		8
END101	6	9
IND205	9	9
IQU211	7	9
IQU213	9	9
IQU214	9	9

PERIODO	NO. ASIGNATURAS	NO. UNIDADES
1	7	44
2	7	46
3	7	45
4	8	45
5	6	46
6	6	45
7	6	45
8	8	46
9	5	40

ANEXO 13
DATOS DE PLANES UPAEP EN BACP-7

PLAN Iag-03

$N_{ta} = 62$

$N_{tp} = 9$

$M_{ca_j} = 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 40$

$m_{ca_j} = 24, 24, 24, 24, 24, 24, 24, 24, 15$

$M_{na_j} = 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 6$

$m_{na_j} = 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 3$

$crd_i = 6, 6, 6, 8, 8, 6, 6, 6, 8, 6, 6, 6, 8, 6, 6, 6, 8, 6, 8, 8, 6, 6, 8, 6, 6, 6, 6, 3, 3, 3, 6, 3, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 7, 7, 6, 6, 6, 4, 4, 4, 4, 4, 7, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 8, 8, 0, 0$

Relaciones de prerrequisitos $(b,a) = (5,4), (9,7), (10,8), (10,39), (15,12), (19,15), (41,40), (42,40), (43,42), (48,47), (49,48), (51,50), (52,53), (54,49), (56,55), (57,56), (58,57), (60,59), (62,61)$

Relaciones de preferencia de ubicación de asignatura c , definido como $(c, mpc_c, Mpc_c) = (1,2,3), (6,1,2), (34,7,9), (35,7,9), (36,7,9), (37,7,9), (38,7,9), (39,3,5), (50,1,4), (51,1,4), (59,1,6), (60,1,6)$

PLAN Ici-06

$N_{ta} = 61$

$N_{tp} = 9$

$M_{ca_j} = 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60$

$m_{ca_j} = 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20$

$M_{na_j} = 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8$

$m_{na_j} = 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5$

$crd_i = 6, 6, 6, 6, 6, 6, 8, 8, 8, 8, 10, 8, 8, 8, 6, 10, 8, 8, 8, 6, 8, 8, 8, 6, 8, 6, 8, 8, 8, 6, 8, 10, 6, 4, 10, 6, 8, 6, 6, 4, 4, 4, 10, 10, 10, 10, 6, 6, 10, 10, 10, 10, 6, 10, 10, 10, 10, 12, 15, 15$

Relaciones de prerrequisitos $(b,a) = (2,1), (3,2), (9,43), (10,7), (10,8), (11,9), (12,9), (13,50), (14,10), (15,51), (16,9), (17,12), (18,12), (19,13), (20,15), (21,9), (22,17), (23,13), (25,20), (26,13), (27,11), (27,16), (28,19), (31,17), (35,32), (37,36), (39,38), (41, 40), (42,41), (43,49), (44,43), (44,50), (45,44),$

(45,50), (46,44), (46,43), (46,50), (48,47), (50,49), (51,49), (52,50), (53,52), (53,50), (54,42), (56,55), (57,56), (58,57), (61,60)

Relaciones de preferencia de ubicación de asignatura c, definido como $(c, mpc_c, Mpc_c) = (1,7,9), (2,7,9), (3,7,9), (4,1,2), (32,6,9), (33,8,9), (35,6,9), (49,1,5), (50,1,5), (52,1,5), (53,1,5), (55,1,4), (56,1,4), (57,1,4), (58,1,4)$

PLAN Ima-03

$N_{ta} = 61$

$N_{tp} = 9$

$M_{ca_j} = 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 40$

$m_{ca_j} = 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 15$

$M_{na_j} = 9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 4$

$m_{na_j} = 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 2$

$crd_i = 8, 8, 8, 6, 8, 8, 8, 6, 6, 4, 4, 4, 6, 8, 8, 6, 8, 4, 6, 6, 8, 9, 8, 8, 9, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 6, 3, 6, 9, 6, 9, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 8, 4, 4, 6, 6, 7, 7, 6, 7, 7, 6, 6, 6, 6, 6, 8, 0, 0$

Relaciones de prerrequisitos $(b,a) = (2,1), (3,2), (6,50), (6,5), (8,39), (9,8), (11,10), (12,11), (13,47), (14,13), (14,48), (15,14), (15,48), (16,14), (16,13), (16,48), (17,48), (19,38), (20,19), (21,15), (22,21), (25,22), (26,23), (27,24), (28,26), (29,27), (30,28), (31,29), (32,39), (34,53), (36,34), (37,35), (38,36), (39,36), (40,50), (42,40), (43,41), (44,42), (46,45), (48, 47), (49,48), (51,49), (53,52), (54,12), (56,55), (57,56), (58,57), (61,60)$

Relaciones de preferencia de ubicación de asignatura c, definido como $(c, mpc_c, Mpc_c) = (1,7,9), (2,7,9), (3,7,9), (4,8,9), (10,1,6), (11,1,6), (12,1,6), (18,1,2), (21,3,7), (22,3,7), (25,3,7), (33,7,9), (35,3,7), (37,3,7), (45,1,6), (46,1,6), (54,1,6), (55,1,6), (56,1,6), (57,1,6), (58,1,6), (60,5,9), (61,5,9)$

PLAN Ind-06

Nta = 61
Ntp = 9
Mca _j = 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 40
mca _j = 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 15
Mna _j = 9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 4
mna _j = 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 2
crd _i = 6, 6, 6, 6, 8, 8, 8, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 4, 4, 4, 6, 8, 8, 6, 8, 8, 9, 9, 4, 6, 9, 6, 9, 6, 9, 6, 6, 6, 6, 6, 8, 6, 6, 3, 4, 4, 6, 6, 6, 7, 7, 6, 7, 7, 6, 6, 6, 6, 6, 8, 0, 0
Relaciones de prerrequisitos (b,a) = (2,1), (3,2), (6,50), (6,5), (9,33), (10,11), (11,9), (12,11), (16,15), (17,16), (18,47), (19,18), (19,48), (20,19), (20,48), (21,19), (21,18), (21,48), (22,48), (23,20), (24,23), (25,24), (27,53), (29,27), (30,28), (31,29), (32,30), (33,29), (33,13), (34,50), (36,33), (37,34), (38,34), (39,35), (40,37), (41,38), (42,36), (45,44), (48,47), (49,48), (51,49), (53,52), (54,17), (56,55), (57,56), (58,57), (61,60)
Relaciones de preferencia de ubicación de asignatura c, definido como (c, mpc _c , Mpc _c) = (1,7,9), (2,7,9), (3,7,9), (4,8,9), (15,1,6), (16,1,6), (17,1,6), (26,1,2), (35,4,6), (39,4,6), (40,6,8), (43,7,9), (44,1,6), (45,1,6), (54,1,6), (55,1,6), (56,1,6), (57,1,6), (58,1,6), (60,5,9), (61,5,9)

PLAN Iqm-06

Nta = 60
Ntp = 9
Mca _j = 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 40
mca _j = 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 20
Mna _j = 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 5
mna _j = 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 3
crd _i = 8, 6, 6, 8, 8, 6, 4, 4, 4, 8, 8, 6, 8, 6, 6, 9, 6, 7, 7, 8, 7, 9, 7, 7, 7, 7, 9, 7, 9, 9, 7, 9, 9, 7, 7, 9, 9, 6, 3, 4, 4, 6, 6, 7, 7, 6, 7, 6, 6, 6, 6, 6, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 0, 0

Relaciones de prerrequisitos $(b,a) = (2,1), (3,2), (5,47), (6,17), (8,7), (9,8), (10,43), (10,12), (11,10), (13,10), (14,44), (15,14), (16,31), (17,14), (19,42), (20,19), (21,20), (22,21), (23,20), (23,5), (23,43), (24,46), (25,46), (26,23), (27,24), (27,22), (28,25), (29,26), (30,27), (31,28), (32,29), (33,30), (34,31), (35,31), (36,33), (37,35), (38,27), (41,40), (43,42), (44,42), (45,43), (46,45), (46,43), (48,9), (50,49), (51,50), (52,51), (54,53), (55,54), (56,55), (57,56), (58,57), (60,59)$

Relaciones de preferencia de ubicación de asignatura c , definido como $(c, mpc_c, Mpc_c) = (1,6,9), (2,6,9), (3,6,9), (4,6,9), (39,8,9), (40,1,4), (41,1,4), (42,1,4), (43,1,4), (45,1,4), (46,1,4), (49,1,4), (50,1,4), (51,1,4), (52,1,4)$

MODELO BACP-7

```

MIN = @SUM(LAPSOS(I): DIF1(I)+ DIF2(I));
@FOR(LAPSOS(J):
    @SUM(ASIGNATURAS(I):UNIDS_CARGA(I)* X(I,J))- MU +
DIF1(J)- DIF2(J)=0);
@FOR(LAPSOS(J):
    @SUM(ASIGNATURAS(I):UNIDS_CARGA(I)*
X(I,J))>=CARGAMIN_PERMIT);
@FOR(LAPSOS(J):
    @SUM(ASIGNATURAS(I):UNIDS_CARGA(I)*
X(I,J))<=CARGAMAX_PERMIT);
@FOR(LAPSOS(J):
    @SUM(UBICACION(I,J):X(I,J))>=CURMIN_PERMIT);
@FOR(LAPSOS(J):
    @SUM(UBICACION(I,J):X(I,J))<=CURMAX_PERMIT);
@FOR(ASIGNATURAS(I):
    @SUM(UBICACION(I,J):X(I,J))=1);

@FOR(RENGLONES_PRERR(I):
    @SUM(LAPSOS(J):PERIODOS(J)*X(PRERREQ(I,1),J))-

```

```
@SUM(LAPSOS(J):PERIODOS(J)*X(PRERREQ(I,2),J))>=1);
@FOR(RENGLONES_UDES(I):
      @SUM(LAPSOS(J)| J #GE# UBIC_DES(I,2) #AND# J #LE#
UBIC_DES(I,3):X(UBIC_DES(I,1),J)=1);
@FOR(UBICACION:@BIN(X));
END
```

2^{do} Taller LATino Iberoamericano de Investigación de Operaciones

“La IO aplicada a la solución de problemas regionales”

El problema de balancear un plan de estudios: Un modelo matemático

José Antonio Aguilar Solís⁽¹⁾, José Luis Martínez Flores⁽²⁾,
Mauricio Cabrera Ríos⁽³⁾, José Pablo Nuño de la Parra⁽²⁾

(1) Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Puebla, Puebla, México

(2) Centro Interdisciplinario de Posgrados, Investigación y Consultoría
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Puebla, Puebla, México

(3) Posgrado en Ingeniería de Sistemas, FIME
Universidad Autónoma de Nuevo León
Monterrey, Nuevo León, México

Resumen: El problema de balancear un plan de estudios, conocido por sus siglas en inglés como BACP, surge como parte – y es un producto final – del proceso de un diseño curricular. Este problema puede ser considerado como un problema de optimización, ya que se desea que la carga de asignaturas del plan de estudios esté distribuida lo más uniformemente posible, dentro de restricciones de carga, así como de prerrequisitos y ubicaciones de cursos. En este artículo se describe el ámbito del problema, se explora un modelo básico de programación lineal entera desarrollado previamente, se estudian sus principales componentes, y se propone un modelo. El modelo propuesto incluye aspectos adicionales que se presentan en un problema real, tales como preferencias de ubicación de asignaturas y periodos con distinta carga deseada. Asimismo, se aplicó este modelo a un plan de estudios existente en una carrera de licenciatura, y se comparó la solución del modelo con la distribución actual del plan en cuestión.

Abstract: The Balanced Academic Curriculum Problem, known as BACP, arises like part – and as final product – of a curricular design process. This problem can be considered as an optimization problem, since the courses load distribution of the curricula should be near to uniform as possible, subject to load restrictions, as well as of prerequisites and locations. This article describes the framework of the problem, a basic integer linear programming model for this problem in previous works, analyze its main components, and an alternative model is proposed. This

model includes additional aspects that are presented in real problems. Later, this model was applied to existent curriculum in a university, and the solution of the model was compared with the current distribution of the referred curriculum. Finally, possible extensions and additional aspects were suggested to study in the future.

Keywords: Integer linear programming, Modeling, Application, Balanced Academic Curriculum Problem.

Introducción

En el sector educativo, una de las principales preocupaciones de las instituciones es el proporcionar las herramientas y los procesos necesarios para que el egresado pueda desempeñarse con éxito dentro de la sociedad, o en el nivel superior de educación al que se dirija. Así, y de acuerdo a las necesidades estratégicas de las universidades, es necesario establecer revisiones periódicas de los planes y programas de estudio, a fin de que éstos sean actuales y respondan a la dinámica de los cambios sociales. Si bien hay ocasiones en que se puede realizar la revisión de la currícula de algún o algunos programas académicos en particular, también hay veces en que la necesidad es la de llevar a cabo revisiones periódicas de grandes grupos de – o todos los – planes de estudio de una institución.

El proceso de diseño curricular consta básicamente de: i) un estudio de la realidad social y educativa, ii) el establecimiento de un diagnóstico y un pronóstico con respecto a las necesidades sociales, iii) la elaboración

de una propuesta curricular como posibilidad de solución de las necesidades advertidas, y iv) una evaluación interna y externa de la propuesta. Así, para poder llevar a cabo una revisión – o rediseño – de un plan de estudios de un programa de una manera armónica, es necesario que los departamentos y entidades involucradas realicen una gran cantidad de actividades conjuntas. Estas actividades se realizan, además, de acuerdo a las normativas proporcionadas por los gobiernos regionales, estatales y del país, que regulan la actividad educativa [1].

Sin embargo, una actividad que, aún cuando se identifica como responsabilidad de los administradores de los planes de estudio pero que tiene impacto en varios departamentos o unidades académicas, es la del diseño del plan de materias. Esta actividad ilustra el periodo, o ciclo, en que se impartirán cada una de las diferentes asignaturas o unidades de estudio.

Con respecto a esta actividad, algunos autores solamente indican que un plan debe tener una secuencia y organización tal que se facilite aprender lo complejo a partir de lo simple, así como integrar en un todo coherente, sistemático, el conjunto de aprendizajes que se adquiera [2]. Otros proponen que esta estructura debe ser específica, e identifica formas de organización básicas: plan lineal, plan modular y plan mixto [3]. Así, a pesar de que se reconoce que un plan de materias debe ser específico, autores en pedagogía no abordan el asunto de cómo hacerlo específico.

Por tanto, el ubicar cada asignatura en el lugar indicado en cada nuevo – o rediseñado – plan de materias, llamado aquí problema de balance curricular, es un problema que puede abordarse mediante un enfoque de optimización. Esto es posible dado que se puede identificar la existencia de restricciones de ubicación de asignaturas así como criterios para elegir las mejores configuraciones. Estos elementos pueden ser expresados en términos cuantitativos.

El problema de balance curricular

El problema de balance curricular, denominado BACP por sus siglas en inglés (Balanced Academic Curriculum Problem) [4], tiene características que hacen que pueda ser considerado como un problema de optimización, donde el ubicar cada asignatura en un periodo determinado depende de varios factores, entre los cuales se pueden identificar:

- Número de asignaturas y número de periodos: cada asignatura debe estar ubicada en uno y sólo un periodo.
- Prerrequisitos: asignaturas que en el plan de materias se deben acreditar para poder tomar la(s) siguiente(s).
- Número máximo/mínimo de asignaturas/carga por periodo: se puede definir un número mínimo o máximo tanto del número de asignaturas como de la cantidad de carga académica (medida en créditos, horas-clase, unidades, o cualquier otra que se defina) establecidos para cada periodo. Esto se establece con el propósito de evitar sobrecarga o subcarga de actividades (provenientes de las asignaturas) para los alumnos.

Es altamente deseable que la carga académica de un plan curricular esté lo más uniformemente distribuida, esto es, que el plan sea balanceado. En la Figura 1 se muestra una representación conceptual de un plan curricular.

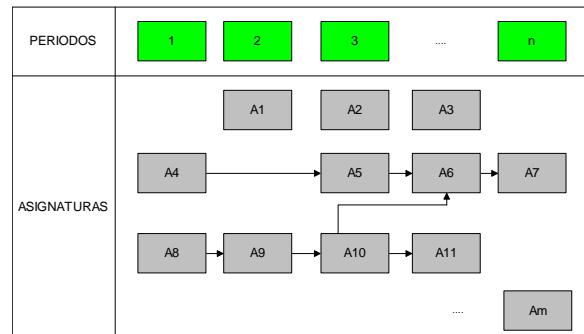


Fig. 1 Representación gráfica de un plan curricular.

El enfoque de optimización al problema de balance curricular

De acuerdo a las características generales dadas anteriormente para el BACP, éste puede conceptualizarse como un problema de programación lineal entera (ILP). Un modelo de ILP está definido genéricamente [5] como:

$$\max / \min \{f(x) : x \in Z_+^n\}. \quad (1)$$

Bajo este enfoque, hay dos maneras de establecer las variables de decisión:

- Si se conceptualiza como el asignar un solo periodo académico – valor entero – a cada asignatura, de la forma $asignatura(i) = periodo$.
- Si se considera la idea reflejada en la Figura 1, donde la asignación de una asignatura i a un periodo j se refleja como un valor de 1 en la posición (i,j) . Así, el problema queda definido como de programación entera binaria, de la forma

$$\max/\min\{f(x): x \in \{0,1\}\}. \quad (2)$$

Como ocurre con una gran cantidad de problemas típicos, tales como el problema del agente viajero (TSP) o el problema de la mochila (KP), donde existen modelos alternos que dependen del enfoque aplicado al problema, pueden plantearse varios modelos para representar al BACP. La utilidad o practicidad de un modelo con respecto a otro podrá ser evaluada en términos de las herramientas o recursos usados – tiempo, costo – para modelar y resolver el problema.

Un enfoque usado para estimar la posible dificultad de solución de un modelo se basa en la complejidad algorítmica de un problema, entendida ésta como una forma de clasificar los problemas de decisión/optimización. Bajo esta perspectiva, problemas combinatorios tales como el TSP son definidos como pertenecientes a la categoría NP-Completos [6]. En el caso de que sean problemas de optimización asociados como con problemas NP Completos decisionales – como el BACP – se conocen como problemas NP-duros [7]. En cualquier caso, estas categorías están reconocidas como de los problemas más difíciles de resolver de forma exacta, debido a la falta de algoritmos económicos – en términos de complejidad – para su solución.

Modelos de balance curricular

El problema de balance de plan curricular se define como un problema de asignación de cursos a periodos en los cuales la carga académica de cada periodo será balanceada [4]. Establece como función objetivo minimizar la carga máxima, sujeta a restricciones generales de carga máxima y mínima, y de requisitos previos para ciertos cursos. El trabajo se centra en definir este problema como uno de programación lineal

entera y usar dos alternativas de software – lp_solve y Oz – para evaluar su eficiencia en un caso práctico.

Modelo básico: Corresponde al BACP definido en [4]:

Parámetros:

- m número de cursos.
- n número de periodos académicos.
- α_i número de créditos del curso $i = 1, \dots, m$
- β mínima carga académica permitida por periodo.
- γ máxima carga académica permitida por periodo.
- δ mínimo número de cursos por periodo.
- ε máximo número de cursos por periodo.

Variables de decisión:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el curso } i \text{ es asignado al periodo } j \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

c_j carga académica del periodo $j = 1, \dots, n$

c máxima carga académica

Función objetivo:

$$\text{Min } \{c\} \quad (3)$$

$$\text{donde } c = \text{Max}\{c_1, \dots, c_n\} \quad (4)$$

Restricciones:

Carga académica.

$$c_j = \sum_{i=1}^m \alpha_i * x_{ij} \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (5)$$

Relacionada con la función objetivo, c es la carga máxima.

$$c_j \leq c \quad (6)$$

Asignación de curso i a algún periodo j .

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (7)$$

Número de cursos en periodo j mayor o igual al mínimo requerido.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq \delta \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (8)$$

Número de cursos en periodo j menor o igual al máximo permitido.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq \varepsilon \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (9)$$

Carga académica de periodo j mayor o igual al mínimo requerido.

$$c_j \geq \beta \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (10)$$

Carga académica de periodo j menor o igual al máximo permitido.

$$c_j \leq \gamma \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (11)$$

Si el curso b tiene al curso a como prerrequisito.

$$x_{bj} \leq \sum_{r=1}^{j-1} x_{ar} \quad \forall j = 2, \dots, n \quad (12)$$

Otros modelos: Posteriormente, se realizaron trabajos relativos a proponer cambios al modelo anterior, combinando conceptos de programación entera y de enfoque a restricciones, y haciendo estudios comparativos de rendimiento – tiempo de solución – usando los programas OPL y CPLEX para tal propósito [8]. Como resultado, si bien no incluye aspectos nuevos, sí resulta en modelos con mayor número de variables y restricciones, muchas de ellas auxiliares.

En trabajos posteriores se realizan mayores análisis de rendimientos y características de los modelos planteados anteriormente [9], [10]. En [11] se explora una propuesta de solución de BACP usando técnicas de algoritmos genéticos.

Revisión de elementos del modelo básico BACP

Entonces y hasta el momento, los trabajos relativos a la modelación y solución de BACP han llevado a lo siguiente:

- No se han hecho cambios sustanciales al modelo original, con el propósito de incluir restricciones que pueden ser más acordes con necesidades que surgen del contexto del problema real.

- Los trabajos se centran en diseños alternativos del mismo modelo.
- Una preocupación de quienes han trabajado en este problema es el rendimiento – tiempo de solución – de los métodos de optimización.

En la Tabla 1 se incluye un breve análisis de los principales elementos del modelo básico, enfocándose a su pertinencia y señalando sus características.

Tabla 1: Características de los elementos del modelo 1

ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS
PARÁMETROS	
$\beta, \gamma, \delta, \varepsilon$	<ul style="list-style-type: none"> • Permite la definición de restricciones generales. • No permite la flexibilización de límites de cargas entre periodos.
VARIABLES DE DECISIÓN	
$x_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de describir. • Susceptible de traducir a un modelo de programación lineal entera – ILP. • Genera modelos que tiene un gran número – $m \times n$ – de variables.
FUNCIÓN OBJETIVO	
(3) y (4)	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de relaciones sencillas, que se traducen como restricciones en un modelo ILP. • No se relaciona directamente con el concepto de <i>balance</i>. • Es de objetivo único.
RESTRICCIONES	
(5)	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita la definición de otras restricciones. • Genera n restricciones adicionales en el modelo.
(12)	<ul style="list-style-type: none"> • Genera $n-1$ restricciones por cada relación (a,b) de asignaturas.

Como se indicó anteriormente, algunos trabajos posteriores relativos al BACP se han enfocado a proponer diseños alternativos. Sin embargo, estos trabajos también han contribuido a considerar alternativas de conceptualización de la función objetivo – esencialmente – del modelo. Las principales de estas alternativas son [12]:

- Minimizar la máxima diferencia entre cada carga y la carga media:

$$\min \left\{ \max \left\{ |c_1 - \mu|, \dots, |c_n - \mu| \right\} \right\} \quad (13)$$

donde μ es la carga media.

- Minimizar la varianza de la carga:

$$\min \left\{ \sum_{j=1}^n (c_j - \mu)^2 \right\} \quad (14)$$

Estas conceptualizaciones generan modelos con un mayor número de restricciones (13) o no lineales (14).

Una propuesta de modelo al BACP

El modelo propuesto está basado en el modelo básico, e incorpora aspectos adicionales que se presentarían frecuentemente en una problemática real. Estos aspectos adicionales se plantean a continuación:

- *Ubicación conveniente*: se reconoce que no todas las asignaturas pueden ubicarse en cualquier periodo [1]. Así, puede plantearse rangos de ubicaciones adecuadas – periodo mínimo y máximo permitidos – de acuerdo a alguna posible clasificación de asignaturas, tales como *básica* o *profesional* [13].
- *Flexibilización* del máximo y mínimo, tanto de carga académica como del número de asignaturas para cada periodo, permitiendo que pueda variar de acuerdo a éstos. Esto permitirá la opción de bajar la carga en algún periodo, con el propósito de facilitar al alumno el logro de alguna actividad extracurricular, tales como las prácticas profesionales [13].
- *Sencillez*: de una función objetivo que sea simple de modelar y a la vez más representativa del concepto de *balance* – uniformidad – [4].

Por otro lado, y considerando el hecho de que por lo general, entre menos variables se tengan en un modelo más rápidamente se obtiene su solución, la propuesta de este trabajo se basará en la premisa de manejar un número mínimo de variables de decisión y/o de restricciones, dejando solamente aquellas que sean indispensables para la solución del modelo. Este *minimalismo* se logrará mediante la selección – basada en el estudio de la sección anterior – de la estructura de la función objetivo y las restricciones.

Modelo propuesto:

Parámetros:

Nta	número total de asignaturas.
Ntp	número total de períodos académicos.
mca_j	mínima carga académica permitida por período.
Mca_j	máxima carga académica permitida por período.
mna_j	mínimo número de cursos por período.
Mna_j	máximo número de cursos por período.
crd_i	número de créditos de la asignatura.

Variables de decisión:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el curso } i \text{ es asignado al periodo } j \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

$$\forall i = 1, \dots, Nta \quad \forall j = 1, \dots, Ntp$$

Cmx máxima carga académica.

Cmn mínima carga académica.

Función objetivo: Minimizar el rango entre carga máxima y carga mínima.

$$\min \{Cmx - Cmn\} \quad (15)$$

Restricciones:

Definición de la carga máxima.

$$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i * x_{ij} \leq Cmx \quad (16)$$

Definición de la carga mínima.

$$\sum_{i=1}^{Nta} crd_i * x_{ij} \geq Cmn \quad (17)$$

Mínima y máxima carga académica por periodo.

$$mca_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} crd_i * x_{ij} \leq Mca_j \quad (18)$$

Mínimo y máximo número de asignaturas por periodo.

$$mna_j \leq \sum_{i=1}^{Nta} x_{ij} \leq Mna_j \quad (19)$$

Asignación de curso i a algún periodo j .

$$\sum_{j=1}^{Ntp} x_{ij} = 1 \quad (20)$$

El curso c debe ser asignado – por conveniencia – entre el periodo mpc_c y el Mpc_c .

$$\sum_{j=mpc_c}^{Mpc_c} x_{cj} = 1 \quad (21)$$

Si el curso b tiene al curso a como prerrequisito. La distancia entre periodos asignados a b y a debe ser de al menos 1. Esta propuesta reemplaza al conjunto de restricciones planteados en (12), y en su lugar se establece una sola restricción para cada relación de prerrequisito (a,b) .

$$\sum_{j=1}^{Ntp} j^* x_{bj} - \sum_{j=1}^{Ntp} j^* x_{aj} \geq 1 \quad (22)$$

Aplicación de la propuesta de BACP

El modelo propuesto fue aplicado a un programa de estudios que tiene las siguientes características y valores de parámetros:

- $Nta = 62$, $Ntp = 9$
- $Mca_j = 40, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 60, 40$
para $j = 1, \dots, 9$
- Se considera una menor carga en el primer semestre para contemplar aspectos de adaptación académica y personal, así como en el último semestre para facilitar las prácticas profesionales.
- $mca_j = 20, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 30, 20$
para $j = 1, \dots, 9$
- $Mna_j = 6, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 6$ para $j = 1, \dots, 9$
- $mna_j = 4, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 4$ para $j = 1, \dots, 9$
- $crd_i = 6, 8, 6, 6, 6, 6, 6, 6, 5, 3, 7, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 6, 6, 6, 6, 5, 5, 5, 5, 2, 3, 8, 7, 7, 7, 5, 7, 7, 6, 6, 5, 7, 4, 8, 4, 7, 7, 7, 7, 6, 6, 8, 8, 7, 6, 6, 8, 2, 2, 2, 2, 6$
para $i = 1, \dots, 62$
- Relaciones de prerrequisitos $(b,a) = (4,3), (9,7), (15,48), (16,15), (17,15), (18,16), (19,18), (19, 53), (22,21), (23,22), (24,23), (26,25), (27,26), (28,27), (31,51), (32,31), (33,47), (34,51), (36,33), (38,34),$

(39,38), (40,34), (41,50), (41,33), (42,5), (43,37), (44,39), (45,41), (46,20), (49,48), (51,50), (52,49), (53,52), (54,51), (59,58), (60,59), (61,60), (62,8)

- Relaciones de preferencia de ubicación – entre periodos mpc_c y Mpc_c – de la asignatura c , definido como $(c, mpc_c, Mpc_c) = (1,6,9), (2,1,5), (3,3,8), (4,3,8), (7,1,5), (12,1,7), (13,1,7), (14,1,7), (15,1,6), (16,1,6), (17,1,6), (18,1,6), (19,1,6), (21,1,6), (22,1,6), (23,1,6), (24,1,6), (29,1,2), (33,4,8), (37,4,8), (42,7,9), (43,4,8), (57,1,5), (58,5,9), (59,5,9), (60,5,9), (61,5,9), (62,6,9)$

La tabla 2 proporciona tanto el tamaño completo del problema así como el desempeño del software HyperLingo (de Lindo Systems, Inc.) aplicado para dar solución al modelo propuesto:

Tabla 2: Desempeño y tamaño del modelo en HyperLingo

Número total de variables	560
Número de variables lineales	2
Número de variables enteras	558
Número de variables no lineales	0
Número de restricciones	183
Número promedio de iteraciones	2,172
Tiempo promedio de corrida (mm:ss)	00:02

A continuación, se muestra un comparativo del resultado del modelo contra la distribución actual – la vigente en la institución – de asignaturas del plan de estudios:

Tabla 3: Comparativo de distribuciones de plan de estudios

Periodo	Distribución actual		Distribución óptima modelo BACP propuesto	
	Total Asignaturas	Total créditos	Total Asignaturas	Total créditos
1	5	27	6	40

2	8	49	7	43
3	8	52	6	42
4	7	47	6	43
5	7	45	8	43
6	7	44	8	42
7	7	39	7	43
8	7	39	8	42
9	6	36	6	40

De acuerdo con los resultados obtenidos del modelo y su comparación con el plan vigente, este último registra una notable variación en su carga, que redundará en problemas de sobrecarga en algunos periodos, produciendo como consecuencia que en muchas ocasiones los alumnos no tomen la carga completa. El diseño con un mejor balance podría reducir este problema.

Cabe aclarar que la distribución vigente se diseñó en el año 2002, sobre una simple base de prueba y error. El tiempo estimado que le llevó a los responsables del plan de estudios en cuestión fue de aproximadamente 4 horas.

Conclusiones y extensiones

El plan de estudios es uno de los principales productos de un proceso de diseño o rediseño curricular. Este plan debe ser atractivo y útil no solamente desde el punto de vista económico o pedagógico, sino también conviene que la carga académica esté adecuadamente distribuida para que el alumno no resienta – en términos económicos o de esfuerzos académicos – el aumento o disminución de ésta.

En este artículo se ha hecho la revisión de un modelo de balance curricular óptimo, analizando sus principales componentes. Asimismo, se realizó una propuesta de un modelo más completo considerando elementos y aspectos adicionales que se pueden presentar a la hora de buscar balancear el plan de estudios.

El modelo de programación entera resultante se programó en HyperLingo, y se realizó una prueba en un plan de estudios existente. La comparación de resultados indicó que el modelo propuesto ahorra tiempo y genera un plan con una mejor distribución más balanceada de asignaturas.

Algunos aspectos que no se contemplan en este artículo y que pueden explorarse como extensiones a futuro del trabajo son:

- Estrategias de modelación para aplicarse a problemas de dimensiones más grandes.
- Desarrollo de interfases para los DSS con el software de modelación.

El trabajo a futuro se dirigirá hacia estas direcciones con el propósito de generar aplicaciones que sean rápidas, eficientes, económicas – en términos de tiempo y costo – y, sobre todo, útiles para las instituciones educativas, donde los procesos de revisión de planes, temas y contenidos son cada vez más dinámicos.

Referencias

- [1] F. Diaz, M. Lule, F. Rojas-Drummond, E. Saad, *Metodología de diseño curricular*, México: Trillas, 1992.
- [2] J. Amaz, *La planeación curricular*, México: Trillas, 1989.
- [3] M. Casarini, *Teoría y diseño curricular*, México: Ed. Trillas, 1999.
- [4] C. Castro y S. Manzano, "Variable and value ordering when solving balanced academic curriculum problems", *Proceedings of the ERCIM WG on constraints*, 2001.
- [5] G. Nemhauser y L. Wolsey, *Integer and combinatorial optimization*, New York: John Wiley & Sons, 1999.
- [6] W. Cook, W. Cunningham, W. Pulleyblank, A. Schrijver A., *Combinatorial Optimization*, New York: John Wiley & Sons, 1998.
- [7] J. Salazar, *Programación matemática*, Madrid: Díaz de Santos, 2001.
- [8] B. Hnich, Z. Kiziltan, I. Miguel, T. Walsh, "Hybrid modelling for robust solving", *Annals of Operations Research*, Aug 2004, 130, 1-4, ABI/INFORM Global, p.19.
- [9] P. Flener, A. Frish, B. Hnich, "Matrix Modeling", *Proceedings CPAIOR02*, 2002.
- [10] B. Hnich, Z. Kizilan, T. Walsh, "Modeling a balanced academic curriculum problem", *Proceedings CPAIOR02*, 2002.
- [11] A. Lambert, "Solving the Balanced Academic Curriculum Problem with an Hybridization of Genetic Algorithm and Constraint Propagation", *Artificial Intelligence and Soft*



Computing, Volume 4029, pp. 410-419, Springer Berlin / Heidelberg, 2006.

- [12] P. Schaus, Y. Deville, P. Dupont, J. Regin, "Simplification and extension of the spread constraint", *Third international workshop on constraint propagation and implementation*, September 2006.
- [13] C. Castro, *Modelo educativo UPAEP*, tesis de maestría, Puebla: UPAEP, 2000.

José Antonio Aguilar Solís

Ingeniero Industrial y Maestro en Sistemas de Información por la Universidad de las Américas-Puebla. Candidato a Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Catedrático de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Áreas de interés: Optimización, Simulación, Dinámica de Sistemas.

Dirección: 13 poniente 1927, 2° piso, oficina 1832, Col. Santiago, C.P. 72160, Puebla, Puebla, México.
e-mail: joseantonio.aguilar@upaep.mx

José Luis Martínez Flores

Licenciado en Matemáticas y Doctor en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Ha sido profesor-investigador en el Posgrado en Ingeniería de Sistemas de la UANL y en el Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas del ITESM Campus Monterrey. Actualmente es profesor-investigador y coordinador del Posgrado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro del Centro Interdisciplinario de Posgrados Investigación y Consultoría de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Es miembro de la Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) y de la American Mathematical Society (AMS). Ha publicado en revistas arbitradas internacionales y ha participado en diferentes foros como ponente. Sus actuales áreas de interés son Logística, Optimización y Redes Neuronales Artificiales.

Dirección: 21 sur 1103, Col. Santiago, C.P. 72410, Puebla, Puebla, México. e-mail: joseluis.martinez01@upaep.mx

Mauricio Cabrera Ríos

Ingeniero Industrial y de Sistemas por el ITESM Campus Monterrey, Maestro en Ciencias y Doctor en Ingeniería Industrial y de Sistemas por The Ohio State University. Profesor Investigador del Posgrado en Ingeniería de Sistemas de la FIME, UANL. Cuenta con 15 publicaciones en Revistas de Investigación del Science Citation Index o del Índice CONACYT. Miembro actual del Institute for Operations Research and Management Science (INFORMS) y del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1. Sus intereses abarcan la caracterización, la modelación y la optimización de procesos de manufactura y servicios.

Dirección: AP 126, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza C.P. 66450, Nuevo León, México. e-mail: mcabrera@mail.uanl.mx

José Pablo Nuño de la Parra

Ingeniero Industrial por la Universidad de las Américas, Puebla. Maestro en Ingeniería Industrial por la Universidad de Arkansas. Doctor en Planeación Estratégica en Ingeniería y Tecnología por Oklahoma State University. Director del Centro Interdisciplinario de Posgrados, Investigación y Consultoría de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Ha publicado en revistas arbitradas internacionales y ha participado en diversos foros como ponente. Áreas de interés: Estrategia, Simulación, Sistemas Integrados de Manufactura.

Dirección: 21 sur 1103, Col. Santiago, C.P. 72410, Puebla, Puebla, México. e-mail: pablo.nuno@upaep.mx