



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA PARA LA CONFECCIÓN
CONJUNTA DE LOS FIXTURES DE PRIMERA A Y PRIMERA B
DEL FÚTBOL PROFESIONAL CHILENO**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
GESTIÓN DE OPERACIONES
MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

JAVIER ANDRÉS FUENTES GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA:
GUILLERMO ALFREDO DURÁN
PROFESOR CO-GUÍA:
GONZALO ZAMORANO VALENZUELA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MARIO GUAJARDO ANDRADES
DENIS SAURÉ VALENZUELA

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por Conicyt:
CONICYT-PCHA/Magíster Nacional/2013 – 22131879

SANTIAGO DE CHILE
2016

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil Industrial y Grado de Magister en Gestión de Operaciones
POR: Javier Andrés Fuentes González
FECHA: 05/05/2016
PROFESOR GUÍA: Guillermo Alfredo Durán
PROFESOR CO-GUÍA: Gonzalo Zamorano Valenzuela

**PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA PARA LA CONFECCIÓN
CONJUNTA DE LOS FIXTURES DE PRIMERA A Y PRIMERA B
DEL FÚTBOL PROFESIONAL CHILENO**

Hace algunas décadas ha nacido dentro de la investigación de operaciones la subdisciplina denominada *sports scheduling*, la cual se propone abordar los problemas y desafíos que se presentan en el diseño de torneos deportivos.

Esta tesis pretende ser una contribución al área de *sports scheduling* dentro del contexto del fútbol profesional chileno. Su objetivo es modelar de modo conjunto los dos principales torneos del fútbol profesional chileno, la Primera A y la Primera B, utilizando instancias basadas en la temporada 2015-2016.

Debido a la complejidad del modelo, que es consecuencia de la enorme cantidad de restricciones y de variables que contiene, una resolución directa por medio de un *solver* estándar actual no entrega resultados en tiempos razonables. Por ello, es necesario desarrollar una estrategia que permita disminuir los tiempos de resolución. Esta estrategia está basada en el empleo de patrones asociados a equipos, los cuales establecen sus secuencias de localías y visitas.

La estrategia desarrollada consiste en una metodología secuencial que comienza con la obtención de patrones por medio de un modelo generador que considera las restricciones básicas del problema, entre las cuales se encuentran aquellas que fijan localías y visitas de antemano. Posteriormente, los patrones obtenidos son asociados a los equipos en el modelo principal, con lo cual se asegura que al comienzo de su resolución las restricciones básicas estén satisfechas. Luego, se intenta incluir la mayor cantidad de las restricciones faltantes dejando fijos todos los patrones. Para aquellas restricciones que no se haya podido incluir, se puede relajar de 2 a 4 patrones hasta que se encuentre un nuevo conjunto de patrones factibles.

Los resultados obtenidos al aplicar la estrategia descrita son satisfactorios. La mayor parte de las restricciones se incluye fijando los patrones obtenidos por el modelo generador de patrones, mientras que la relajación de algunos de ellos permite agregar las restantes. Los tiempos de resolución son razonables, pues el mayor de ellos, correspondiente al del modelo que considera todas las condiciones impuestas sobre la temporada 2015-2016, es menor a media hora.

A mis papás.

Agradecimientos

Agradezco a mis papás, Jeny González y Hugo Fuentes, quienes me han apoyado incondicionalmente durante estos años de estudio.

A Eva Monardes, quien nunca ha dejado de motivarme para lograr terminar estos estudios y me ha acompañado en los buenos y malos momentos.

A mi tía Armonía, por acogerme en su hogar durante mi estadía en Beauchef.

A Gonzalo Zamorano, mi profesor co-guía, quien me ofreció su ayuda siempre que la necesité y quien nunca dejó de preocuparse por el avance de este trabajo. Sin su apoyo, llegar hasta acá habría sido imposible.

Al profesor Guillermo Durán, mi profesor guía, quien me ha apoyado siempre y ha tenido paciencia ante los a veces lentos avances que realizaba. Al igual que en el caso de Gonzalo, su ayuda ha sido clave para la realización de esta tesis.

A Linda Valdés, cuya amabilidad ha sido enorme ante los diversos problemas que me ha tocado enfrentar. Ella también ha sido parte fundamental de la finalización de estos estudios.

A quienes forman y han formado parte del equipo dedicado a sports scheduling del DII, especialmente a Mario Guajardo, Matías Siebert, Denis Sauré y Rodrigo Wolf, quienes me orientaron durante este trabajo y me dieron útiles sugerencias.

A mis amigos del colegio, particularmente a Felipe Silva, con quien he compartido las alegrías y tristezas de los estudios.

A mis amigos de Beauchef, especialmente a Hugo Navarrete, Daniel Pola, Valentina Rodríguez y Álvaro Silva, cuya amistad me dio ánimo para continuar.

A los profesores Roberto Cominetti y Raúl Gouet, quienes me ofrecieron su ayuda en diversas postulaciones.

A Julie Lagos, cuya buena disposición y constante motivación me ayudaron a comenzar en estos estudios.

Al profesor Juan Carlos Sáez, por la dedicación con que realiza su labor docente y humana.

A la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), la cual financió esta tesis por medio de la Beca CONICYT-PCHA/Magíster Nacional/2013 - 22131879.

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Investigación de operaciones y <i>sports scheduling</i>	1
El fútbol.....	2
El fútbol en Chile.....	3
Estado del arte.....	5
Descripción del problema.....	9
Los torneos de Primera A durante la temporada 2015-2016.....	9
El torneo de Primera B durante la temporada 2015-2016.....	10
Exigencias y peticiones de la ANFP y de los clubes.....	12
Primera A Torneo Apertura.....	12
Primera A Torneo Clausura.....	13
Primera B Primera Rueda.....	14
Primera B Segunda Rueda.....	14
Condiciones adicionales razonables.....	14
Primera A y Primera B.....	15
Primera A.....	15
Primera B.....	16
Motivación.....	18
Objetivos.....	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos.....	19
Metodología.....	20
Modelo conjunto de Primera A y Primera B para la temporada 2015-2016 del fútbol profesional de Chile.....	21
Estrategia de resolución: metodología basada en patrones.....	45
Modelo generador de patrones conjunto de Primera A y Primera B para la temporada 2015-2016 del fútbol profesional de Chile.....	48
Resultados.....	62
Resolución conjunta.....	63
Resolución separada.....	67

Análisis de resultados	76
Conclusiones.....	79
Trabajo futuro.....	80
Glosario	81
Bibliografía	83
Anexos	87
A. Fixtures de los resultados de la resolución conjunta	87
B. Fixtures de los resultados de la resolución separada.....	91

Índice de tablas

1. Estadios de Primera B usados para el Mundial Sub-17	17
2. Ejemplos de patrones	45
3. Tiempos [s.] para el modelo generador de patrones.....	63
4. Tiempos del MP para la instancia 1 según el enfoque conjunto	64
5. Tiempos para la instancia 1 según el enfoque conjunto	64
6. Tiempos del MP para la instancia 2 según el enfoque conjunto	64
7. Tiempos para la instancia 2 según el enfoque conjunto	65
8. Tiempos del MP para la instancia 3 según el enfoque conjunto	65
9. Tiempos para la instancia 3 según el enfoque conjunto	65
10. Tiempos del MP para la instancia 4 según el enfoque conjunto	66
11. Tiempos para la instancia 4 según el enfoque conjunto	66
12. Tiempos del MP para la instancia 5 según el enfoque conjunto	66
13. Tiempos para la instancia 5 según el enfoque conjunto	66
14. Tiempos del MP de 1A para la instancia 1 según el enfoque separado	67
15. Tiempos de 1A para la instancia 1 según el enfoque separado.....	67
16. Tiempos del MP de 1B para la instancia 1 según el enfoque separado	68
17. Tiempos de 1B para la instancia 1 según el enfoque separado.....	68
18. Tiempos para la instancia 1 según el enfoque separado.....	68
19. Tiempos del MP de 1A para la instancia 2 según el enfoque separado	68
20. Tiempos de 1A para la instancia 2 según el enfoque separado.....	69
21. Tiempos del MP de 1B para la instancia 2 según el enfoque separado	69
22. Tiempos de 1B para la instancia 2 según el enfoque separado.....	69
23. Tiempos para la instancia 2 según el enfoque separado.....	69
24. Tiempos del MP de 1A para la instancia 3 según el enfoque separado	70
25. Tiempos de 1A para la instancia 3 según el enfoque separado.....	70
26. Tiempos del MP de 1B para la instancia 3 según el enfoque separado	70
27. Tiempos de 1B para la instancia 3 según el enfoque separado.....	71
28. Tiempos para la instancia 3 según el enfoque separado.....	71
29. Tiempos del MP de 1A para la instancia 4 según el enfoque separado	71
30. Tiempos de 1A para la instancia 4 según el enfoque separado.....	71

31. Tiempos del MP de 1B para la instancia 4 según el enfoque separado	72
32. Tiempos de 1B para la instancia 4 según el enfoque separado.....	72
33. Tiempos para la instancia 4 según el enfoque separado.....	72
34. Tiempos del MP de 1A para la instancia 5 según el enfoque separado	73
35. Tiempos de 1A para la instancia 5 según el enfoque separado.....	73
36. Tiempos del MP de 1B para la instancia 5 según el enfoque separado	73
37. Tiempos de 1B para la instancia 5 según el enfoque separado.....	73
38. Tiempos para la instancia 5 según el enfoque separado.....	74
39. Comparación de tiempos de resolución del MGP	74
40. Comparación de tiempos de resolución del MP	75
41. Comparación de tiempos de resolución.....	75
42. Fixture de Primera A para la instancia 1	87
43. Fixture de Primera B para la instancia 1	88
44. Fixture de Primera A para la instancia 2	88
45. Fixture de Primera B para la instancia 2	89
46. Fixture de Primera A para la instancia 3	89
47. Fixture de Primera B para la instancia 3	89
48. Fixture de Primera A para la instancia 4	90
49. Fixture de Primera B para la instancia 4	90
50. Fixture de Primera A para la instancia 5	91
51. Fixture de Primera B para la instancia 5	91
52. Fixture de Primera A para la instancia 1	92
53. Fixture de Primera B para la instancia 1	92
54. Fixture de Primera A para la instancia 2	93
55. Fixture de Primera B para la instancia 2	93
56. Fixture de Primera A para la instancia 3	93
57. Fixture de Primera B para la instancia 3	94
58. Fixture de Primera A para la instancia 4	94
59. Fixture de Primera B para la instancia 4	95
60. Fixture de Primera A para la instancia 5	95
61. Fixture de Primera B para la instancia 5	96

Índice de ilustraciones

1. Equipos de Primera A para la temporada 2015-2016	9
2. Equipos de Primera B para la temporada 2015-2016	11
3. Distribución geográfica de los equipos para la temporada 2015-2016	12
4. Tiempos de resolución del MGP según los enfoques	75
5. Tiempos de resolución del MP según los enfoques	75
6. Tiempos de resolución según los enfoques	76

Introducción

La masividad que han alcanzado los deportes en las últimas décadas ha provocado que la complejidad y la diversidad de los torneos hayan aumentado considerablemente, que los medios masivos de comunicación se hayan involucrado directamente en el desarrollo de ellos, particularmente la televisión, que la cantidad de recursos implicada haya crecido enormemente, que los estándares para el diseño de los torneos, tanto en términos de imparcialidad deportiva como de atractivo, sean mucho más estrictos.

Investigación de operaciones y *sports scheduling*

Lo mencionado anteriormente ha motivado que investigadores provenientes de diversas áreas, tales como la ciencia, la ingeniería y la tecnología, busquen aplicar sus conocimientos para contribuir a satisfacer las altas exigencias que se le impone a los torneos actuales, sobre todo a los más famosos y masivos, puesto que la complejidad de los problemas que estos motivan ya no puede ser abordada solamente por un ser humano o un grupo de ellos trabajando con papel y lápiz, sino que ha surgido la necesidad de recurrir a conocimientos técnicos y a tecnología compleja capaz de aplicarlos.

Considerando esta necesidad y oportunidad que se ha presentado en el ámbito deportivo, hace algunas décadas ha nacido dentro de la investigación de operaciones, a la cual se la ha definido como una disciplina que aplica métodos de análisis avanzados para mejorar la toma de decisiones, la subdisciplina denominada *sports scheduling*, la cual tiene como objetivo abordar los problemas y desafíos que se presentan en el diseño de los torneos deportivos, de manera tal que estos sean resueltos del modo más efectivo posible.

Los métodos que se han utilizado para resolver los problemas que se han presentado han sido tanto de carácter exacto como aproximado. Entre ellos se encuentran programación entera, *constraint programming*, teoría de grafos, métodos combinatoriales, metaheurísticas, como *simulated annealing* y *tabu search*, y diversos tipos de algoritmos.

Las herramientas desarrolladas dentro del área de *sports scheduling* han tenido excelentes resultados en diversos países y deportes donde éstas han sido aplicadas. Entre los países en los cuales estos métodos se han utilizado se encuentran

Australia, Alemania, Argentina, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, Estados Unidos, Finlandia, Inglaterra, Japón, Noruega, Nueva Zelanda, República Checa. Entre los deportes a los cuales se han aplicado los métodos desarrollados están el béisbol, el fútbol, el voleibol, el críquet, el fútbol, el hockey, el tenis, el tenis de mesa, el fútbol canadiense, el fútbol australiano y el softball.

El problema más abordado dentro de sports scheduling es el del diseño de los fixtures de un determinado campeonato, en el cual se establece cuándo y dónde tienen lugar los enfrentamientos entre los equipos pertenecientes al torneo. Se busca que el fixture sea lo más favorable posible para los diversos actores involucrados e interesados en el campeonato, como los equipos, los auspiciadores, los fanáticos, los televidentes, las autoridades locales y nacionales, entre otros.

El fútbol

Se considera que el fútbol es el deporte más popular del mundo, particularmente en Latinoamérica y en Europa. La masividad y la complejidad de los torneos más importantes de este deporte a nivel mundial y local han sido objeto de estudio por parte de los investigadores de sports scheduling, quienes han debido enfrentar los diversos desafíos que implica el diseño de fixtures adecuados para tales campeonatos.

Entre los diversos factores que se deben tomar en consideración a la hora de la elaboración de los fixtures para los torneos de fútbol está el atractivo que estos pueden ofrecer, ya sea para quienes asisten como espectadores a los estadios o para quienes miran los partidos por televisión. Sobre todo considerando las programaciones en este último caso, las cadenas televisivas no desean transmitir fechas sólo con partidos irrelevantes, sino que aspiran a contar con algunos encuentros que resulten llamativos para la audiencia en general y para los hinchas de los equipos involucrados en particular.

Otro elemento que hay que tomar en cuenta es la fortaleza que presentan los equipos que participan en un determinado campeonato. Por ejemplo, podría ser perjudicial para un equipo enfrentar en fechas consecutivas o cercanas a varios clubes considerados fuertes, de modo que se debe buscar distribuir de la forma más ecuánime posible los encuentros para que no se generen situaciones negativas como la descrita.

Otro determinante que se debe considerar en el diseño de los fixtures es la seguridad implicada en el desarrollo de los espectáculos. Por ejemplo, no es adecuado

fijar un partido de alta convocatoria, para el cual se deben tomar medidas especiales en términos de seguridad, cuando se celebra alguna fiesta relevante dentro de la ciudad donde se disputa el encuentro, ya que gran parte del contingente policial estará preocupado de resguardar la seguridad de los asistentes a tales eventos. Por otro lado, tampoco es acertado fijar partidos de alta convocatoria en la misma ciudad y en la misma fecha, pues es posible que la policía no sea capaz de cubrir de forma satisfactoria todas las situaciones complejas que se susciten durante tales encuentros.

Otro componente importante que debe considerarse es la geografía del país o localidad donde se disputa un torneo. Por ejemplo, es perjudicial para un equipo el tener que viajar muy lejos de su ciudad en dos o más fechas seguidas, de modo que es necesario distribuir del modo más homogéneo posible las salidas a ciudades lejanas de los equipos durante el torneo. Además, no es beneficio para una zona geográfica que durante una fecha se jueguen muchos o pocos partidos en ella, por lo que es necesario mantener una cantidad media de encuentros en cada zona.

Un último factor que debe tomarse en cuenta es la disponibilidad de los estadios y los equipos que juegan en ellos. Por ejemplo, puede suceder que dos equipos compartan el mismo estadio o que en ciertas fechas un equipo deba cambiar su estadio por uno de otro equipo. En tales casos, lo ideal sería que ambos fueran locales al mismo tiempo la menor cantidad de fechas posibles.

El fútbol en Chile

La Asociación Nacional de Fútbol Profesional (ANFP) es la encargada de regular el fútbol profesional en Chile. Esta institución surge en 1895 y se asocia a la FIFA en 1913.

El fútbol profesional de Chile posee dos categorías, la Primera A y la Primera B, las cuales están conformadas por 16 equipos cada una para la temporada 2015-2016.

El sistema de campeonato de cada división es de “todos contra todos”. En el caso de la Primera A hay dos torneos durante la temporada 2015-2016, el Apertura y el Clausura, mientras que en el caso de la Primera B hay un campeonato durante toda la temporada.

Desde 2005 el Centro de Gestión de Operaciones del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile ha llevado a cabo el diseño del fixture de Primera A por petición de la ANFP. Desde 2007 también se ha realizado la misma tarea para el caso de la Primera B.

El éxito de la aplicación de herramientas propias de sports scheduling para el caso del fútbol profesional chileno ha quedado demostrado a través del aumento en la asistencia del público a los estadios desde la implementación de los fixtures diseñados con tales herramientas y en la positiva acogida que ellos han tenido por parte de los clubes participantes en los campeonatos.

Estado del arte

La enorme amplitud de los desarrollos en sports scheduling de las últimas décadas no permite dar cuenta de su estado del arte de manera completa en este apartado, por lo que se remite al lector a los artículos de Wright (2009) y de Kendall et al. (2010), los cuales realizan una detallada revisión bibliográfica.

Sobre la base de los dos artículos mencionados y de algunas de las publicaciones posteriores a ellos, en esta sección se entrega una breve descripción de las aplicaciones que ha habido dentro de la subdisciplina hasta el momento actual, ya que el trabajo realizado en esta tesis pretende ser una contribución en tal sentido.

Se mencionará las aplicaciones en los distintos deportes, poniendo énfasis en el país donde se realizó el estudio, para finalmente tratar el caso del fútbol, particularmente el del chileno.

En el caso de básquetbol, Ball y Webster (1977) dan solución al problema de minimizar la distancia recorrida por los equipos de una determinada conferencia a través de programación entera y de un método heurístico. Bean y Birge (1980) consideran 22 equipos de la NBA para los cuales se minimizan sus distancias de viaje en avión mediante heurísticas en el problema del vendedor viajero. Campbell y Chen (1976) consideran una conferencia de 10 equipos cuyo *schedule* se determina a través de un método en dos pasos. En el primero paso, se encuentran viajes razonables para cada equipo, lo cual es equivalente a realizar emparejamientos entre los equipos. En el segundo paso, tales parejas son utilizadas para obtener secuencias factibles que minimicen la distancia total recorrida, a través de métodos constructivos. Froncek (2001) obtienen schedules para la liga nacional de básquetbol de República Checa mediante modelos basados en grafos. Nemhauser y Trick (1998) presentan schedules para 9 universidades de la Conferencia de la Costa Atlántica (ACC) obtenidos a través de una combinación de programación entera y técnicas enumerativas. Van Voorhis (2002) aborda los schedules de tres conferencias: *The Big12*, *The Southeastern Conference* y *Conference—USA*. Utilizando un *customized depth-first algorithm* logra obtener excelentes resultados. Wright (2006) genera fixtures de básquetbol para el caso de Nueva Zelanda, utilizando una variante de simulated annealing. Westphal (2014) ofrece un schedule óptimo para la liga de básquetbol de Alemania (*Basketball Bundesliga*), obtenido a través de diversos enfoques algorítmicos, además de revisar modelos y métodos utilizados previamente por la liga, los cuales muestra que no son óptimos.

En el caso del vóleybol, Bonomo et al. (2012) desarrollan un proceso de optimización para obtener los schedules para la Primera División de la liga profesional de

vóleibol de Argentina, aplicando técnicas de programación entera y tabu search. Cabe destacar que la liga ha utilizado exitosamente los schedules desarrollados por el equipo de investigadores y que es la primera aplicación del *Travelling Tournament Problem* (TTP) para el caso de una liga real.

En el caso del críquet, Willis y Terrill (1994) utilizaron simulated annealing para la elaboración de fixture para campeonatos en Australia, los cuales, luego de algunas modificaciones manuales, fueron implementados exitosamente. Wright (1992) propone una solución basada en la utilización de simulated annealing para generar un schedule de 4 años para el cricket de Inglaterra. Los resultados, además de respetar diversas restricciones, buscan ser lo más justos posibles, debido a que algunos equipos juegan una o dos veces contra otros equipos. Wright (1994) desarrolla una metodología en dos fases para encontrar schedules razonables. En la primera de ellas, se genera una solución inicial que puede ignorar algunas restricciones. En la segunda, se utiliza tabu search sobre la solución inicial para obtener el resultado deseado. Wright (2005) emplea *subcost-guided* simulated annealing para obtener fixtures para el cricket en Nueva Zelanda.

En el caso del béisbol, Cain (1977) describe cómo se diseñan schedules para la National American Baseball League por medio de la ayuda de herramientas computacionales, considerando la imparcialidad deportiva, maximizando la asistencia del público y minimizando los costos de desplazamiento. Russell (1994) discute los problemas involucrados en la creación de schedules para ligas de béisbol. Se proponen dos heurísticas enfocadas a la reducción de costos. Se utiliza la Texas Baseball League como instancia para realizar pruebas. Hoshino y Kawarabayashi (2011) determinan el mejor schedule posible para la liga profesional de béisbol de Japón (*Nippon Professional Baseball*) minimizando la suma de las distancias recorridas por los equipos participantes, para lo cual emplean dos heurísticas que reducen drásticamente los tiempos de resolución.

En el caso del hockey, Ferland y Fleurent (1991) presentan un sistema que contribuye al diseño de schedules para la National Hockey League, el cual toma en consideración la ubicación de los duelos, la frecuencia con la cual los equipos se enfrentan, el tiempo mínimo que puede separar los partidos entre los mismos equipos, y las distancias recorridas. Ferland y Fleurent (1993), a partir de la intención de la National Hockey League de aumentar la cantidad de equipos, utilizan programación entera para determinar cómo tal aumento influiría en la complejidad de generar schedules. Se determinó que el número adecuado era de 24 equipos, lo cual se implementó finalmente en la práctica. Nurmi et al. (2011) produjeron un schedule para la liga nacional sub-20 de hockey sobre hielo de Finlandia, la cual está estructurada como un torneo *round-robin* triple. Para ello, resolvieron secuen-

cialmente cuatro problemas combinatorios distintos. Russell y van Beek (2012) determinan cómo debe desempeñarse un equipo para acceder a la fase de playoff de la National Hockey League, utilizando una combinación de constraint programming, enumeración, *network flows* y descomposición.

En el caso del tenis, Della Croce et al. (1999) producen un schedule para un torneo de tenis. El problema se modela como uno de matching en grafos bipartitos, cuya resolución se lleva a cabo por medio de una heurística en dos etapas. En la primera de ellas, se generan los pares y, en la segunda, se asignan usando búsqueda local.

En el caso del tenis de mesa, Knust (2007) generan *timetables* para una liga no profesional de tenis de mesa a través de algoritmos heurísticos basados en búsqueda local y algoritmos genéticos. Schönberger et al. (2004) generan timetables para una liga no profesional de tenis de mesa a través de algoritmos miméticos y constraint programming.

Finalmente, se hallan las aplicaciones al fútbol, las cuales son de particular interés para este trabajo. Entre ellas es posible mencionar a Bartsch et al. (2006) desarrollan modelos y algoritmos que entregan schedules razonables en un tiempo breve para las ligas de Alemania y de Austria, utilizando herramientas como heurísticas y *branch&bound*. Della Croce y Oliveri (2006), para el caso de Italia, elaboran una metodología en tres fases basada en el uso de patrones. En primer lugar, genera un conjunto de patrones que satisfacen las diversas restricciones. En segundo lugar, produce un round-robin schedule compatible con el conjunto de patrones generado en la fase anterior. En tercer y último lugar, elabora el calendario definitivo asignando los patrones a equipos. Goossens y Spieksma (2009) modelaron la liga de fútbol de Bélgica, la cual estaba compuesta por 18 equipos en las temporadas estudiadas, ocupando programación entera. Se tomaron en consideración restricciones relativas al uso de los estadios, a la transmisión a través de los medios de comunicación y las solicitudes de los equipos y de la policía. Rasmussen (2008) obtiene resultados de un modo efectivo por medio de la utilización de programación entera y una metodología basada en descomposición de Benders y generación de columnas. Ribeiro y Urrutia (2007), para el caso de Brasil, aplicaron una estrategia de descomposición en programación entera para obtener resultados que satisficieran tanto los requerimientos de los clubes, a saber, la minimización de la cantidad de breaks, como las solicitudes de la televisión, a saber, la maximización de sus utilidades. Hausken et al. (2013) programan la liga de fútbol de Noruega utilizando un método en dos fases basado en el empleo de patrones. La primera fase genera patrones factibles y la segunda fase asigna los patrones a los equipos a través de un modelo tomando en consideración las restricciones y peti-

ciones involucradas. Recalde et al. (2013) desarrollan una formulación en programación entera para la liga profesional de fútbol de Ecuador, la cual logran resolver óptimamente, además de un enfoque heurístico en tres fases para solucionarlo. Los resultados obtenidos fueron finalmente aplicados en el torneo real por parte de la Federación Ecuatoriana de Fútbol. Ribeiro y Urrutia (2012) elaboran una formulación en programación entera para la liga de fútbol de Brasil y un enfoque de descomposición en tres fases para obtener la solución deseada.

En el caso de otros deportes, Kostuk y Willoughby (2012) desarrollan un sistema de apoyo para la generación de múltiples schedules para la liga de fútbol canadiense (*Canadian Football League*), el cual está basado en un enfoque de programación entera mixta. Kyngäs et al. (2014) elaboran un schedule para la liga de fútbol australiana (*Australian Football League*) con un proceso en tres fases, el cual está basado en el algoritmo denominado PEAST (*Population, Ejection, Annealing, Shuffling, Tabu*). Caur et al. (2012) desarrollan schedules para la *Rocky Mountain Athletic Conference*, una liga de softball en Estados Unidos. Su enfoque basado en programación entera permite eliminar todos los inconvenientes de las formulaciones manuales anteriores y logra incorporar todos los requisitos tomados en consideración.

Finalmente, en el caso del fútbol chileno, para el desarrollo del cual esta tesis pretende ser una contribución, Durán et al. (2007) abordan la Primera A considerando las diversas condiciones operacionales, económicas y deportivas involucradas, con lo cual surge un problema con una enorme cantidad de restricciones que no era resoluble utilizando métodos previos. Para resolverlo se diseñó un modelo que utiliza técnicas innovadoras dentro del área de sports scheduling. Los resultados fueron satisfactorios en términos de costos, ingresos, imparcialidad deportiva y atractivo. Noronha et al. (2007) mejoran una formulación anterior realizada en programación entera. Para ello, obtienen desigualdades que permiten mejorar la cota de la relajación lineal y desarrollan una nueva estrategia de branch & cut. Los resultados computacionales en una instancia real muestran la efectividad del enfoque desarrollado. Durán et al. (2012) utilizan técnicas de investigación de operaciones para abordar la Primera B. Desarrollan un modelo lineal entero que toma en cuenta las diversas condiciones del torneo, particularmente aquellas vinculadas a la compleja geografía de Chile y los costos implicados en desplazarse a través de ella. Para las instancias más difíciles de resolver, proponen un modelo generador de patrones que permite agilizar la obtención del fixture buscado.

Descripción del problema

El fútbol profesional de Chile posee dos categorías, a saber, la Primera A y la Primera B. El objeto de estudio de esta tesis corresponde a los torneos de ambas divisiones durante la temporada 2015-2016, durante la cual se juegan dos campeonatos para Primera A y uno para Primera B. A continuación se abordará con mayor detalle la estructura de los campeonatos mencionados.

Los torneos de Primera A durante la temporada 2015-2016

La Primera A para la temporada 2015-2016 está compuesta de 16 equipos localizados en diversas regiones de Chile. Estos clubes son: San Marcos de Arica, Deportes Iquique, Deportes Antofagasta, Cobresal, Unión La Calera, San Luis de Quillota, Santiago Wanderers, Universidad de Chile, Palestino, Audax Italiano, Unión Española, Universidad Católica, Colo-Colo, O'Higgins, Huachipato y Universidad de Concepción.



Ilustración 1: Equipos de Primera A para la temporada 2015-2016

El primer campeonato corresponde al Torneo Apertura 2015, mientras que el segundo al Torneo Clausura 2016. Cada uno de estos campeonatos es una rueda en la que cada equipo se enfrenta una vez contra cada equipo restante, lo que en la literatura es denominado como un sistema de *single round-robin*, de lo que resultan 15 fechas.

El Torneo Clausura es el espejo del Torneo Apertura, ya que presenta el mismo fixture, pero con las localías y visitas invertidas para cada fecha y par de equipos. Este aspecto es especialmente relevante para el diseño del modelo, ya que basta con modelar sólo uno de los dos campeonatos, teniendo cuidado de invertir las restricciones de localías y/o visitas del Torneo Clausura si se está modelando el Torneo Apertura, o viceversa.

El campeón del Torneo Apertura recibe el cupo de Chile 2 para la Copa Libertadores 2016, mientras que el campeón del Torneo Clausura gana el cupo de Chile 1 para la Copa Libertadores 2017. El ganador de la liguilla del Torneo Apertura obtiene el cupo de Chile 1 para la Copa Sudamericana 2016, mientras que el ganador de la liguilla del Torneo Clausura recibe el cupo de Chile 2 para el mismo torneo internacional. El equipo con mayor cantidad de puntos en la tabla general acumulada para la temporada 2015-2016, es decir, aquella que suma los puntos alcanzados por los clubes en ambos torneos, gana el cupo de Chile 3 para la Copa Sudamericana 2016, mientras que el segundo equipo con mayor cantidad de puntos obtiene el cupo de Chile 4 para el mismo torneo internacional.

Los clubes que obtienen los dos últimos lugares de la tabla general acumulada en la temporada 2015-2016 descienden a Primera B para la temporada siguiente.

El torneo de Primera B durante la temporada 2015-2016

La Primera B para la temporada 2015-2016, al igual que la Primera A, está compuesta de 16 equipos ubicados a lo largo de todo Chile. Estos clubes son: Cobrelloa, Deportes Copiapó, Deportes La Serena, Coquimbo Unido, Unión San Felipe, Everton, Barnechea, Magallanes, Santiago Morning, Curicó Unido, Rangers, Ñublense, Deportes Concepción, Iberia, Deportes Temuco y Deportes Puerto Montt.



Cobrelloa



Deportes Copiapó



Ilustración 2: Equipos de Primera B para la temporada 2015-2016

El torneo de Primera B 2015-2016 está compuesto de dos ruedas, en cada una de las cuales cada equipo se enfrenta una vez contra cada equipo restante, lo que en la literatura es llamado un sistema de *double round-robin*, de lo que resultan 30 fechas. De modo análogo a los torneos de Primera A, la segunda rueda es el *espejo* de la primera.

El equipo con mayor cantidad de puntos en la tabla general, la cual suma los puntos obtenidos por los clubes en ambas ruedas, asciende a Primera A para la temporada siguiente. También asciende a aquella división el equipo que gane una liguilla conformada por los primeros cuatro equipos de cada rueda. Por otro lado, el club que obtiene el peor puntaje de la tabla general desciende a la Segunda División.

- ✓ Iquique y Antofagasta no pueden recibir a un equipo grande la misma fecha ya que para dichos partidos ambos usarán el mismo estadio.
- ✓ Universidad Católica juega de visita en la fecha 1.
- ✓ Deportes Iquique juega de visita en la fecha 2.
- ✓ Universidad de Chile juega un partido de baja convocatoria, ya sea de visita o de local, en las fechas 6 y 9.
- ✓ San Marcos de Arica juega de visita en la fecha 7.
- ✓ Universidad Católica juega de visita en las fechas 7 y 9 a causa del arriendo de su estadio.
- ✓ Wanderers y O'Higgins visita fecha 8. Además, Wanderers debe jugar contra equipo de baja convocatoria, debido a que en el Clausura esta fecha coincide con el Festival de Viña.
- ✓ Wanderers juega de local en la fecha 12 para que Everton sea visita dicha fecha ya que se usa el Estadio Sausalito para la final de Mundial S17, y Everton va cruzado con Wanderers.
- ✓ Iquique juega de local en la fecha 13 por fecha de la ciudad.
- ✓ Universidad de Chile juega de visita en la fecha 14 por uso del Estadio Nacional para la Teletón.
- ✓ Los equipos que participan en la Copa Sudamericana juegan de local, de visita contra equipos cercanos o de visita en Santiago durante las fechas de primera fase de la Copa Sudamericana. Se consideran que fechas corresponde a la 3, 4 y 5, según las fechas de la Copa Sudamericana 2014.
- ✓ Universidad de Chile, Colo-Colo y Universidad Católica juegan de local o de visita cerca de Santiago en últimas 2 fechas.
- ✓ Pocos partidos y de baja convocatoria en Concepción para fechas de Mundial Sub-17, las cuales corresponden a las fechas 9, 10 y 11.

Primera A Torneo Clausura

- ✓ Cobresal juega de local, de visita con un rival cercano o de visita en Santiago en las fechas de la fase de grupos de la Copa Libertadores, es decir, desde la fecha 7 a 15.
- ✓ San Marcos de Arica juega de visita en la fecha 4.
- ✓ Deportes Antofagasta juega de local en la fecha 6.
- ✓ Universidad de Concepción juega de visita en la fecha 11.

Primera B Primera Rueda

- ✓ Rangers juega de visita en la fecha 2 a causa de la Fiesta Costumbrista del Chanco Muerto Séptima Región.
- ✓ Deportes Temuco juega de visita en la fecha 2.
- ✓ Curicó Unido y Rangers juegan de visita en la fecha 3 a causa de la Fiesta Costumbrista del Chanco Muerto de la Séptima Región.
- ✓ Deportes La Serena juega de local en la fecha 3 y de visita en la fecha 4 debido al aniversario de la ciudad.
- ✓ No hay partidos en Santiago en la fecha 6 a causa de la Semana de la Chilenidad.
- ✓ Deportes La Serena y Coquimbo Unido juegan uno de local y el otro de visita en la fecha 10.

Primera B Segunda Rueda

- ✓ Si se puede, Unión San Felipe y Everton juegan de visita en la fecha 3, a causa del Festival del Huaso de Olmué.
- ✓ Everton juega de visita en la fecha 8 a causa del Festival de Viña.
- ✓ Deportes Copiapó juega de visita en la fecha 7.
- ✓ Deportes Temuco juega de visita en la fecha 8 a causa del aniversario de la ciudad.
- ✓ Los equipos de Santiago juegan de visita en la fecha 10 a causa del festival Lollapalooza.
- ✓ Curicó Unido juega de visita en la fecha 11.

Condiciones adicionales razonables

Además de las condiciones que vienen impuestas por las exigencias y sugerencias de la ANFP y de los clubes, hay diversas razones para incluir otras adicionales, las cuales se listan a continuación. Los motivos para agregar estas condiciones se explicarán más adelante, cuando se plantee el modelo.

Primera A y Primera B

- ✓ No se juegan más de 2 partidos de local y/o de visita seguidos, excepto para Ñublense que, a causa del Mundial Sub-17, debe jugar de visita durante 3 fechas seguidas.
- ✓ No hay más de un break de local ni más de uno de visita para cada equipo, excepto para Ñublense y Rangers, los cuales, a causa de restricciones adicionales, pueden tener dos breaks de local o dos de visita, con un máximo de tres breaks en total.
- ✓ Todos los equipos juegan entre 7 y 8 partidos de local.
- ✓ No hay breaks en la fecha inicial ni en la final para ningún equipo.

Primera A

Se establece como clasificación para los equipos de esta categoría que Universidad de Chile, Colo-Colo, Universidad Católica, Unión Española, O'Higgins, Santiago Wanderers son equipos fuertes, mientras que Universidad de Chile, Colo-Colo y Universidad Católica son equipos Grandes.

- ✓ Universidad de Chile juega de local cuando Colo-Colo juega de visita, es decir, van cruzados.
- ✓ Si un equipo juega de local contra Universidad de Chile en un torneo, entonces debe ser visita con Colo-Colo en aquel mismo torneo, y viceversa.
- ✓ Universidad de Chile y Colo-Colo juegan de visita 1 o 2 veces contra San Luis, Unión La Calera y Audax Italiano. Esta restricción fue hecha a causa de que los equipos mencionados juegan en cancha sintética.
- ✓ Debe haber un mínimo de 1 y un máximo de 3 partidos en el norte por fecha.
- ✓ Debe haber 3 partidos por fecha en Santiago.
- ✓ Los equipos de Santiago no pueden jugar más de 5 partidos seguidos en dicha ciudad, ya sea de local o visita.
- ✓ Si Colo-Colo juega de visita con Wanderers, entonces la U debe ser visita con O'Higgins, y viceversa.
- ✓ No se puede jugar más de 2 partidos en 3 fechas seguidas contra equipos fuertes.
- ✓ No se puede jugar más de 3 partidos en 5 fechas seguidas contra equipos fuertes.
- ✓ Máximo 1 partido contra equipos grandes en 3 fechas consecutivas.
- ✓ Los equipos de Santiago juegan 10 partidos en su ciudad, es decir, salen exactamente 5 veces a regiones.

- ✓ No hay breaks en las 4 primeras fechas para los equipos no grandes.
- ✓ No puede haber 2 partidos seguidos de local o de visita contra equipos del sur para equipos del norte.
- ✓ No puede haber 2 partidos seguidos de local o de visita contra equipos del norte para equipos del sur.
- ✓ No puede haber 2 partidos seguidos de local o de visita contra equipos del norte o del sur para equipos del centro.
- ✓ No hay breaks cuando uno de los partidos involucrados sea contra Cobresal.
- ✓ Ningún equipo no grande puede jugar contra un grande de local y contra Cobresal de visita de forma consecutiva.
- ✓ Cada equipo fuerte debe jugar de local entre 2 y 3 veces contra otros equipos fuertes.
- ✓ Cada equipo no fuerte debe jugar de local entre 2 y 4 veces y de visita entre 2 y 4 veces contra los otros equipos fuertes.
- ✓ Cada equipo que no sea del norte jugar entre 1 y 3 veces en el norte.

Primera B

Se establece como clasificación para los equipos de esta categoría que Cobreloa, Deportes Copiapó, Coquimbo Unido y Deportes La Serena pertenecen a los equipos del norte, que Everton, Unión San Felipe, Barnechea, Magallanes, Santiago Morning, Curicó Unido y Rangers pertenecen a los equipos del centro, que Iberia, Ñublense, Deportes Concepción, Deportes Temuco y Deportes Puerto Montt pertenecen a los equipos del sur, y que Cobreloa, Deportes Copiapó, Deportes Temuco y Deportes Puerto Montt pertenecen a los equipos extremos.

- ✓ Coquimbo Unido se cruza con Deportes La Serena.
- ✓ Barnechea se cruza lo más posible con Palestino, a causa de la utilización del Estadio La Cisterna.
- ✓ Everton se cruza lo más posible con Santiago Wanderers.
- ✓ Si un equipo del norte tiene un break de local o de visita, entonces debe al menos jugar contra otro equipo del norte en uno de esos partidos.
- ✓ Si un equipo del centro tiene un break de local o de visita, entonces debe al menos jugar contra otro equipo del centro en uno de esos partidos.
- ✓ Si un equipo del sur tiene un break de local o de visita, entonces debe al menos jugar contra otro equipo del sur en uno de esos partidos.
- ✓ Cada equipo no extremo visita al par Deportes Copiapó-Deportes Puerto Montt o al par Deportes Temuco-Cobreloa.

- ✓ Cada equipo extremo debe jugar 1 ó 2 veces de local (o de visita) contra los otros equipos extremos. Si juega 2 veces de local (o de visita), entonces debe jugar contra un equipo extremo del norte y contra uno del sur.
- ✓ Los siguientes equipos deben jugar de visita en las fechas del Mundial Sub-17, a causa de la utilización de sus estadios para este evento.

Ciudad	Fechas
Coquimbo	10, 12
Viña del Mar	12, 13
Talca	10, 11
Chillán	10, 11, 12
Concepción	11, 12
Puerto Montt	10, 11

Tabla 1: Estadios de Primera B usados para el Mundial Sub-17

Motivación

En la actualidad los fixtures de Primera A y de Primera B se programan de manera separada. La elaboración por separado se justifica porque cada problema, por sí solo, es de una complejidad altísima, debido a la cantidad de variables y de restricciones que ambos poseen, por lo que una programación conjunta implicaría una complejidad aún mayor.

La elaboración por separado implica ciertas dificultades, ya que existen restricciones que vinculan ambos torneos. Actualmente se programa el fixture de Primera A y luego el de Primera B, en cuya elaboración se incluye restricciones que provienen del primero. De este modo, un beneficio de la confección conjunta sería el hecho de obtener mejores soluciones a partir de evitar la necesidad de tomar decisiones como la anterior.

Un ejemplo de las restricciones que ligan ambos torneos son las vinculadas con la imparcialidad deportiva y el atractivo del espectáculo. Dentro de este grupo están las que establecen que, en una ciudad con dos o más equipos populares, es necesario que no jueguen todos de local en la misma fecha, debido a los conflictos que pueden generarse en la ciudad, a que sólo se dispone de un estadio o a que la seguridad no es suficiente para más de un evento. Puede ocurrir que los equipos más populares de una ciudad estén distribuidos entre Primera A y Primera B, por lo que cruzar sus duelos sería más sencillo en el modelamiento conjunto.

Además, puede suceder que ciertos partidos atractivos de Primera B se jueguen en fechas en las cuales también hay partidos atractivos en Primera A, lo cual puede repercutir en que la importancia de los enfrentamientos de Primera B se vea opacada por aquellos de Primera A.

De este modo, un enfoque de resolución conjunto permitiría manejar de mejor manera las restricciones que vinculan ambos torneos, ya que, al contrario del enfoque separado, no habría necesidad de generar estrategias especiales para satisfacer esas restricciones a causa de tener que resolver el modelo de una categoría y luego el de otra. Además, sería un ejercicio interesante, desde un punto de vista puramente investigativo, estudiar si es posible la resolución conjunta de los torneos del fútbol profesional chileno, ya que, hasta donde se ha podido averiguar, no ha habido hasta el momento ninguna aplicación a un torneo concreto que se haya planteado este problema. También sería útil investigar si el enfoque conjunto es capaz de resolver los modelos de manera más eficiente que el separado, sobre todo desde el punto de vista del tiempo de resolución, el cual es uno de los factores más importantes para evaluar las metodologías de la elaboración de fixtures.

Objetivos

Objetivo general

Confeccionar de manera conjunta los fixtures de los torneos de Primera A y Primera B del fútbol chileno.

Objetivos específicos

- ✓ Diseñar modelos matemáticos para los fixtures de cada problema.
- ✓ Desarrollar una estrategia que permita resolver los modelos.
- ✓ Comprobar la eficacia de la estrategia desarrollada con diversas instancias, incluyendo algunas muy similares a las reales.

Metodología

- ✓ Definir y analizar los problemas.
- ✓ Consultar literatura relevante.
- ✓ Construir los modelos.
- ✓ Generar una estrategia de resolución para los modelos.
- ✓ Obtener resultados con la estrategia desarrollada.
- ✓ Evaluar la estrategia de resolución.

Modelo conjunto de Primera A y Primera B para la temporada 2015-2016 del fútbol profesional de Chile

A continuación se presenta el modelo conjunto de Primera A y Primera B para la temporada 2015-2016. Para facilitar la exposición, en primer lugar se presenta lo que atañe exclusivamente a la Primera A, en segundo lugar lo que atañe exclusivamente a la Primera B, y, en tercer lugar, lo que atañe a la conexión entre ambas categorías.

Primera A

Conjuntos

$$I = \{UCH, COLO, CATO, ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, SLUIS, WDR, ULAC, PLTN, AUDAX, UE, OHG, UDEC, HCH\}$$

$$J = I$$

$$H = I$$

$$K = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15\}$$

Subconjuntos

$$Grandes = \{UCH, COLO, CATO\}^1$$

$$NoGrandes$$

$$= \{ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, SLUIS, WDR, ULAC, PLTN, AUDAX, UE, OHG, UDEC, HCH\}$$

$$Fuertes = \{UCH, COLO, CATO, WDR, UE, OHG\}^2$$

$$NoFuertes = \{ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, SLUIS, ULAC, PLTN, AUDAX, UDEC, HCH\}$$

$$Santiago = \{UCH, COLO, CATO, PLTN, UE, AUDAX\}$$

$$NoSantiago = \{ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, SLUIS, WDR, ULAC, OHG, UDEC, HCH\}$$

$$Norte = \{ARICA, IQ, ANTF, CBSAL\}$$

$$NoNorte$$

$$= \{UCH, COLO, CATO, SLUIS, WDR, ULAC, PLTN, AUDAX, UE, OHG, UDEC, HCH\}$$

$$Centro = \{UCH, COLO, CATO, SLUIS, WDR, ULAC, PLTN, UE, AUDAX, OHG\}$$

$$NoCentro = \{ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, UDEC, HCH\}$$

$$Sur = \{UDEC, HCH\}$$

¹ Se considera como "equipos grandes" a aquellos tres clubes que han obtenido más títulos a lo largo de la historia y que también son los más populares a nivel nacional.

² Se considera como "equipos fuertes" tanto a los clubes grandes como a aquellos equipos que en los últimos torneos han estado dentro de los primeros lugares de la tabla de posiciones.

SurGrande

= {UCH, COLO, CATO, SLUIS, WDR, ULAC, PLTN, AUDAX, UE, OHG, UDEC, HCH}³

Extremos = {ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, UDEC, HCH}

UChColo = {UCH, COLO}

NoUChColo

= {CATO, ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, SLUIS, WDR, ULAC, PLTN, AUDAX, UE, OHG, UDEC, HCH}

Sinteticos = {SLUIS, ULAC, AUDAX}

BajaConvW = {ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, ULAC, PLTN, AUDAX, UDEC, HCH}

BajaConvConce = {ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, SLUIS, ULAC, PLTN, AUDAX}

Variables de decisión

Se definen las siguientes variables de decisión:

$$x_{i,j,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el equipo } i \text{ juega de local contra el equipo } j \text{ en la fecha } k \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$z_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el equipo } i \text{ juega en la fecha } k \text{ y en la } k + 1 \text{ como local} \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$v_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el equipo } i \text{ juega en la fecha } k \text{ y en la } k + 1 \text{ como visitante} \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Restricciones

Las restricciones que siguen están clasificadas de acuerdo a los motivos de su inclusión. Para algunas de ellas se ofrece una explicación de por qué se las debe incluir.

Básicas

1. Ningún equipo juega contra sí mismo

$$x_{i,i,k} = 0 \quad \forall i \in I, \forall k \in K$$

2. Si un equipo i juega contra un equipo j , uno de ellos es local

$$\sum_i x_{i,j,k} + x_{j,i,k} = 1 \quad \forall j \in J, \forall k \in K$$

³ Este conjunto corresponde a todos los equipos que no son de las regiones del norte del país. La razón para definir un subconjunto tal es evitar que los clubes del norte deban pasar dos fechas seguidas demasiado alejados de su localidad, lo cual es recogido por la restricción 26 de este modelo.

3. Todos los equipos juegan entre sí

$$\sum_k x_{i,j,k} + x_{j,i,k} = 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J$$

4. Cada equipo tiene siete u ocho localías en total

$$\begin{aligned} \sum_{j,k} x_{i,j,k} &\geq 7 \quad \forall i \in I \\ \sum_{j,k} x_{i,j,k} &\leq 8 \quad \forall i \in I \end{aligned}$$

Una de las justificaciones de este último par de restricciones está basada en la imparcialidad deportiva que se espera que posea todo torneo correctamente diseñado. No se considera justo que un equipo tenga demasiadas localías, pues se piensa que los clubes tienen una cierta ventaja cuando disputan partidos en sus propios estadios. Asimismo, demasiadas visitas se consideran perjudiciales para los equipos, ya que se piensa que los partidos en un terreno ajeno son más difíciles que aquellos en el propio. Otra justificación está basada en el efecto que puede tener la alta frecuencia de localías en la asistencia de los hinchas, ya que el espectáculo puede volverse poco atractivo o puede implicar un gasto demasiado elevado en una breve cantidad de tiempo, debido al costo de las entradas. Una última justificación radica en el perjuicio económico que puede significar para un club el tener una baja cantidad de partidos de local durante un torneo, pues se deja de percibir ingresos por entradas.

Secuencias de localías y visitas

5. No hay equipos con 3 partidos seguidos de local

$$\sum_j x_{i,j,k} + x_{i,j,k+1} + x_{i,j,k+2} \leq 2 \quad \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 2$$

6. No hay equipos con 3 partidos seguidos de visita

$$\sum_j x_{j,i,k} + x_{j,i,k+1} + x_{j,i,k+2} \leq 2, \quad \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 2$$

Aparte de razones semejantes a las del último par de restricciones, estas dos últimas también están basadas en la imparcialidad deportiva. Una secuencia de localías, debido a la ventaja que éstas tienen, puede provocar una racha positiva para

el equipo que la experimenta, mientras que una secuencia de visitas, a causa de la desventaja que poseen, puede conducir al equipo que las sufre a una racha negativa.

7. Cada equipo tiene, como máximo, un break de visita en todo el torneo

$$\sum_j x_{j,i,k} + x_{j,i,k+1} \leq 1 + v_{i,k}, \forall i \in I, \forall k \in K$$

$$\sum_{k \leq |K|-1} v_{i,k} \leq 1, \forall i \in I$$

8. Cada equipo tiene, como máximo, un break de local en todo el torneo

$$\sum_j x_{i,j,k} + x_{i,j,k+1} \leq 1 + z_{i,k}, \forall i \in I, \forall k \in K$$

$$\sum_{k \leq |K|-1} z_{i,k} \leq 1, \forall i \in I$$

Estos dos últimos pares de restricciones están basados en razones similares a las expuestas en los casos anteriores. En particular, se busca evitar que los equipos experimenten rachas positivas o negativas por secuencias de localías o de visitas, respectivamente.

9. No hay breaks en las dos primeras fechas

$$\sum_j x_{i,j,1} + x_{i,j,2} = 1, \forall i \in I$$

10. No hay breaks en las dos últimas fechas

$$\sum_j x_{i,j,14} + x_{i,j,15} = 1, \forall i \in I$$

Estas dos últimas restricciones buscan evitar lo mismo que las anteriores, salvo que en el caso particular de las primeras y últimas fechas. En el caso de las primeras, la razón está en que una racha positiva o negativa al comienzo del torneo puede afectar el desempeño de un equipo durante las fechas siguientes. En el caso de las últimas, se busca evitar que, en la fase definitiva del torneo, los equipos que tienen la posibilidad de ser campeón, de clasificar a un torneo internacional o liguilla, o de descender, tengan una racha positiva o negativa que los ayude a alcanzar un resultado favorable o a evitar uno desfavorable.

Imparcialidad deportiva

11. No más de 2 partidos contra equipos fuertes en 3 fechas seguidas

$$\sum_{j \in \text{Fuertes}} x_{i,j,k} + x_{j,i,k} + x_{i,j,k+1} + x_{j,i,k+1} + x_{i,j,k+2} + x_{j,i,k+2} \leq 2, \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 2$$

12. No más de 3 partidos contra equipos fuertes en 5 fechas seguidas

$$\sum_{j \in \text{Fuertes}} x_{i,j,k} + x_{j,i,k} + x_{i,j,k+1} + x_{j,i,k+1} + x_{i,j,k+2} + x_{j,i,k+2} + x_{i,j,k+3} + x_{j,i,k+3} + x_{i,j,k+4} + x_{j,i,k+4} \leq 3, \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 4$$

13. No más de 1 partido contra equipos grandes en 3 fechas seguidas para equipos no grandes

$$\sum_{j \in \text{Grandes}} x_{i,j,k} + x_{j,i,k} + x_{i,j,k+1} + x_{j,i,k+1} + x_{i,j,k+2} + x_{j,i,k+2} \leq 1, \forall i \in \text{NoGrandes}, \forall k \leq |K| - 2$$

Las tres restricciones anteriores buscan que los equipos tengan una secuencia de rivales balanceada, es decir, que no se enfrenten de un modo demasiado frecuente con equipos considerados fuertes o grandes, puesto que aquello podría perjudicar su desempeño, por ejemplo, produciendo una racha negativa.

14. Que no haya breaks en las cuatro primeras fechas para equipos no grandes

$$\sum_{k \leq |K| - 1} z_{i,k} + v_{i,k} = 0, \forall i \in \text{NoGrandes}$$

Con esta restricción se pretende evitar el perjuicio que tendría una racha negativa para los equipos no grandes durante las primeras fechas del torneo, lo cual podría provocar que no la pudieran superar durante el resto del campeonato. Al contrario, se considera que un escenario como ese no sería tan desfavorable para los equipos grandes.

15. Se juega de local o con Universidad de Chile o con Colo-Colo

$$\sum_k x_{i,UCH,k} + x_{i,COLO,k} = 1, \forall i \in \text{NoUChColo}$$

Debido a la fortaleza que tienen los dos equipos más exitosos del campeonato chileno, se considera desfavorable que un club deba enfrentar a los dos de visita durante un mismo campeonato, debido a la desventaja que implica el no jugar de local.

16. Cada equipo fuerte es local entre 2 y 3 veces contra otros equipos fuertes

$$\sum_{j \in Fuertes, k} x_{i,j,k} \geq 2, \forall i \in Fuertes$$

$$\sum_{j \in Fuertes, k} x_{i,j,k} \leq 3, \forall i \in Fuertes$$

17. Cada equipo no fuerte es local entre 2 y 4 veces contra otros equipos fuertes

$$\sum_{j \in Fuertes, k} x_{i,j,k} \geq 2, \forall i \in NoFuertes$$

$$\sum_{j \in Fuertes, k} x_{i,j,k} \leq 4, \forall i \in NoFuertes$$

18. Universidad de Chile y Colo-Colo visitan uno a O'Higgins y otro a Wanderers

$$\sum_k x_{OHG,UCH,k} + x_{WDR,UCH,k} = 1$$

$$\sum_k x_{OHG,COLO,k} + x_{WDR,COLO,k} = 1$$

Se considera que para los dos clubes más importantes del torneo, Universidad de Chile y Colo-Colo, los partidos de visita contra O'Higgins y Santiago Wanderers son las más complicadas, de modo que esta restricción busca que los primeros equipos referidos visiten cada uno sólo a uno de los últimos clubes mencionados.

Seguridad

19. Universidad de Chile cruzado con Colo-Colo

$$\sum_j x_{UCH,j,k} + x_{COLO,j,k} = 1, \forall k \in K$$

Universidad de Chile y Colo-Colo tienen sus secuencias de localías y visitas cruzadas debido a la complejidad que se generaría en términos de seguridad en caso de que ambos clubes coincidieran en sus localías.

Clásicos más importantes

20. Universidad Católica y Colo-Colo en la fecha 8

$$x_{CATO,COLO,8} = 1$$

21. Superclásico sea en la fecha 11

$$x_{COLO,UCH,11} = 1$$

22. Clásico Universitario en la fecha 13

$$x_{UCH,CATO,13} = 1$$

Las fechas de los clásicos más importantes se fijan en determinadas fechas debido a que estos partidos son más atractivos durante la fase final del torneo, pues es probable que estén luchando en la parte superior de la tabla, lo cual repercute positivamente al generar un mayor espectáculo y expectativa.

Balance geográfico

23. No menos de dos partidos en Santiago por fecha

$$\sum_{i \in \text{Santiago}, j} x_{i,j,k} \geq 2, \forall k \in K$$

24. No más de cuatro partidos en Santiago por fecha

$$\sum_{i \in \text{Santiago}, j} x_{i,j,k} \leq 4, \forall k \in K$$

Con estas dos últimas restricciones se busca que no haya una cantidad ni demasiado baja ni demasiado elevada de partidos en la Región Metropolitana.

25. Universidad de Chile y Colo-Colo juegan de visita 1 o 2 veces contra San Luis, La Calera, Audax

$$\begin{aligned} \sum_{j \in \text{Sinteticos}, k} x_{j,i,k} &\geq 1, \forall i \in UChColo \\ \sum_{j \in \text{Sinteticos}, k} x_{j,i,k} &\leq 2, \forall i \in UChColo \end{aligned}$$

Esta restricción pretende que ningún equipo se enfrente, en cualquiera de los dos torneos (Apertura o Clausura), contra los 3 equipos que juegan en cancha sintética, debido a las dificultades que aquella superficie implica para los clubes que no están habituados a jugar en ella.

26. No puede haber 2 partidos seguidos de local o visita contra equipos del sur para equipos del norte

$$\sum_{j \in \text{SurGrande}} x_{i,j,k} + x_{i,j,k+1} \leq 1, \forall i \in \text{Norte}, \forall k \leq |K| - 1$$

$$\sum_{j \in \text{SurGrande}} x_{j,i,k} + x_{j,i,k+1} \leq 1, \forall i \in \text{Norte}, \forall k \leq |K| - 1$$

27. No puede haber 2 partidos seguidos de local o visita contra equipos del norte para equipos del sur

$$\sum_{j \in \text{Norte}} x_{i,j,k} + x_{i,j,k+1} \leq 1, \forall i \in \text{Sur}, \forall k \leq |K| - 1$$

$$\sum_{j \in \text{Norte}} x_{j,i,k} + x_{j,i,k+1} \leq 1, \forall i \in \text{Sur}, \forall k \leq |K| - 1$$

28. No puede haber 2 partidos seguidos de local o visita contra equipos no del centro para equipos del centro

$$\sum_{j \in \text{NoCentro}} x_{i,j,k} + x_{i,j,k+1} \leq 1, \forall i \in \text{Centro}, \forall k \leq |K| - 1$$

$$\sum_{j \in \text{NoCentro}} x_{j,i,k} + x_{j,i,k+1} \leq 1, \forall i \in \text{Centro}, \forall k \leq |K| - 1$$

Estos tres últimos pares de restricciones tienen como objetivo que los equipos no jueguen de manera consecutiva contra otros clubes que se encuentren localizados a una distancia demasiado grande de ellos, debido a los altos costos que implica el desplazamiento a lo largo de Chile y la permanencia de los clubes en otras ciudades

29. 10 partidos en Santiago para equipos de Santiago

$$\sum_{j,k} x_{i,j,k} + \sum_{j \in \text{Santiago}, k} x_{j,i,k} = 10, \forall i \in \text{Santiago}$$

30. No más de 5 partidos seguidos en Santiago para equipos de Santiago

$$\sum_j x_{i,j,k} + x_{i,j,k+1} + x_{i,j,k+2} + x_{i,j,k+3} + x_{i,j,k+4} + \sum_{j \in \text{Santiago}} x_{j,i,k} + x_{j,i,k+1} + x_{j,i,k+2} + x_{j,i,k+3} + x_{j,i,k+4} \leq 5, \forall i \in \text{Santiago}, \forall k \leq |K| - 4$$

31. Entre 1 y 3 salidas al norte para equipos no del norte

$$\sum_{i \in \text{Norte}, k} x_{i,j,k} \geq 1, \forall j \in \text{NoNorte}$$

$$\sum_{i \in \text{Norte}, k} x_{i,j,k} \leq 3, \forall j \in \text{NoNorte}$$

32. Entre 1 y 3 partidos en el norte por fecha

$$\sum_{i \in \text{Norte}, j} x_{i,j,k} \geq 1, \forall k \in K$$

$$\sum_{i \in \text{Norte}, j} x_{i,j,k} \leq 3, \forall k \in K$$

Partido entre campeones de la temporada anterior

33. Partido entre campeones de Primera A y Primera B de la temporada anterior en la primera fecha

$$x_{CBSAL,SLUIS,1} = 1$$

Restricciones vinculadas a Cobresal

34. Los equipos no grandes no juegan con un equipo grande de local y con Cobresal de visita seguidos

$$\sum_{j \in \text{Grandes}} (x_{i,j,k} + x_{j,i,k}) + x_{CBSAL,i,k+1} \leq 1, \forall i \in \text{NoGrandes}, \forall k \leq |K| - 1$$

$$x_{CBSAL,i,k} + \sum_{j \in \text{Grandes}} (x_{i,j,k+1} + x_{j,i,k+1}) \leq 1, \forall i \in \text{NoGrandes}, \forall k \leq |K| - 1$$

Esta restricción se justifica en base a los problemas provocados por las inclementes lluvias acaecidas en El Salvador, lo cual provocó que algunos caminos quedaran intransitables y que el acceso se dificultase considerablemente.

35. No hay breaks de visita donde uno de los partidos es contra Cobresal

$$\sum_j x_{j,i,k} + x_{CBSAL,i,k+1} \leq 1, \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 1$$

$$x_{CBSAL,i,k} + \sum_j x_{j,i,k+1} \leq 1, \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 1$$

Restricciones vinculadas a torneos internacionales

36. Cobresal en la Libertadores

$$\sum_{j \in LejosCobresal} x_{CBSAL,j,k} = 0, \forall i \in Grandes, k \geq 7$$

Esta restricción busca que Cobresal sea local, visita contra equipos cercanos o visita en Santiago durante las fechas de la fase de grupos de la Copa Libertadores, pues le permite, en caso de deber viajar al extranjero, tener un acceso más fácil y rápido al Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez de Santiago.

37. Universidad de Concepción y Huachipato en la Sudamericana

$$\sum_{j \in Norte} x_{j,i,k} = 0, \forall i \in Sur, 5 \geq k \geq 3$$

38. Universidad Católica en la Sudamericana

$$\sum_{j \in Norte} x_{j,CATO,k} + \sum_{j \in Sur} x_{j,CATO,k} = 0, 5 \geq k \geq 3$$

39. Wanderers en la Sudamericana

$$\sum_{j \in Norte} x_{j,WDR,k} + \sum_{j \in Sur} x_{j,WDR,k} = 0, 5 \geq k \geq 3$$

Estas últimas tres restricciones buscan que los equipos que participan en la Copa Sudamericana sean locales, visita contra equipos cercanos o visita en Santiago durante las fechas de primera fase de la Copa Sudamericana. Según el calendario de la Copa Sudamericana 2014, se considera que las fechas involucradas son la 3, 4 y 5.

Otras

40. Universidad de Chile y Colo-Colo no juegan contra equipos de Santiago en las dos últimas fechas

$$\sum_{j \in \text{Santiago}, k} x_{i,j,k} + x_{j,i,k} = 0, \forall k \geq |K| - 1, \forall i \in \text{UChColo}$$

41. Dos equipos grandes no pueden jugar contra Iquique y Antofagasta de visita en la misma fecha

$$\sum_{j \in \text{Grandes}} x_{IQ,j,k} + x_{ANTF,j,k} \leq 1, \forall k \in K$$

42. Los equipos grandes juegan cerca de Santiago en las últimas 2 fechas

$$\sum_{j \in \text{NoCentro}} x_{j,i,k} = 0, \forall i \in \text{Grandes}, k \geq 14$$

43. Universidad de Chile y Colo-Colo no juegan de visita en Santiago en las 2 últimas fechas

$$\sum_{i \in \text{Santiago}} x_{i,j,k} = 0, k \geq 14, \forall j \in \text{UChColo}$$

Exigencias y peticiones especiales de la ANFP y de los clubes

44. Un partido de baja convocatoria de visita para Universidad de Chile en la fecha 6

$$\sum_{j \in \text{Fuertes}} x_{j,UCH,6} = 0$$

45. Un partido de local de baja convocatoria o de visita para Universidad de Chile en la fecha 9

$$\sum_{j \in \text{Fuertes}} x_{UCH,j,9} = 0$$

46. Un partido de baja convocatoria de visita para Wanderers en la fecha 8

$$\sum_{j \in \text{BajaConvW}} x_{j,WDR,8} = 1$$

Santiago Wanderers debe jugar contra un equipo de baja convocatoria porque durante el Torneo Clausura esta fecha coincide con el Festival de Viña y no se quiere afectar su afluencia de público colocando un partido atractivo en paralelo.

47. Universidad Católica visita en la fecha 1

$$\sum_j x_{CATO,j,1} = 0$$

48. Universidad Católica visita en la fecha 7

$$\sum_j x_{CATO,j,7} = 0$$

49. Universidad Católica visita en la fecha 9

$$\sum_j x_{CATO,j,9} = 0$$

Estas dos últimas restricciones para Universidad Católica son necesarias debido a que durante las fechas involucradas su estadio estará arrendado.

50. Iquique visita en la fecha 2

$$\sum_j x_{IQ,j,2} = 0$$

51. Iquique local en la fecha 13

$$\sum_j x_{IQ,j,13} = 1$$

Durante la fecha involucrada en esta restricción ocurriría la fecha de la ciudad de Iquique, por lo que se busca potenciar la afluencia de público al colocar un partido de local durante tal fecha para Deportes Iquique.

52. Arica local en la fecha 4

$$\sum_j x_{ARICA,j,4} = 1$$

53. Arica visita en la fecha 7

$$\sum_j x_{ARICA,j,7} = 0$$

54. Wanderers visita en la fecha 8

$$\sum_j x_{WDR,j,8} = 0$$

55. Wanderers local en la fecha 12

$$\sum_j x_{WDR,j,12} = 1$$

Con esta restricción se busca que Everton, equipo que se encuentra en Primera B y que tiene su secuencia de localías y visitas cruzada con la de Santiago Wanderers, sea visita en la fecha involucrada, ya que el Sausalito, estadio donde Everton juega de local, recibirá la final de la Copa Mundial Sub-17.

56. O'Higgins visita en la fecha 8

$$\sum_j x_{OHG,j,8} = 0$$

57. Universidad de Chile visita en la fecha 6

$$\sum_j x_{UCH,j,6} = 0$$

58. Universidad de Chile visita en la fecha 14

$$\sum_j x_{UCH,j,14} = 0$$

Durante la fecha involucrada, el Estadio Nacional, lugar donde Universidad de Chile juega como local, será utilizado para celebrar el cierre de la Teletón, lo cual hace necesario que el club universitario juegue de visita.

59. Antofagasta visita en la fecha 6

$$\sum_j x_{ANTF,j,6} = 0$$

60. Universidad de Concepción visita en la fecha 10

$$\sum_j x_{UDEC,j,10} = 0$$

61. Universidad de Concepción local en la fecha 11

$$\sum_j x_{UDEC,j,11} = 1$$

Primera B

Conjuntos

$$M = \{COPIA, LSR, COQ, CBLOA, USF, EVR, BARNE, MAGA, SM, CURI, NUB, DP CON, IBER, RAN, TEMU, PMON\}$$

$$N = M$$

Subconjuntos

$$SantiagoB = \{MAGA, SM, BARNE\}$$

$$NorteB = \{COPIA, LSR, COQ, CBLOA\}$$

$$NoNorteB$$

$$= \{USF, EVR, BARNE, MAGA, SM, CURI, NUB, DP CON, IBER, RAN, TEMU, PMON\}$$

$$CentroB = \{USF, EVR, BARNE, MAGA, SM, CURI, RAN\}$$

$$NoCentroB = \{COPIA, LSR, COQ, CBLOA, NUB, DP CON, IBER, TEMU, PMON\}$$

$$SurB = \{NUB, DP CON, IBER, TEMU, PMON\}$$

$$NoSurB = \{COPIA, LSR, COQ, CBLOA, USF, EVR, BARNE, MAGA, SM, CURI, RAN\}$$

$$ExtremosNorteB = \{COPIA, CBLOA\}$$

$$ExtremosSurB = \{TEMU, PMON\}$$

$ExtremosB = \{COPIA, CBLOA, TEMU, PMON\}$

$NoExtemos$

$= \{LSR, COQ, USF, EVR, BARNE, MAGA, SM, CURI, NUB, DPCON, IBER, RAN\}$

Variables

$y_{m,n,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el equipo } m \text{ juega de local contra el equipo } n \text{ en la fecha } k \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$

$a_{m,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el equipo } m \text{ juega en la fecha } k \text{ y en la } k + 1 \text{ como local} \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$

$b_{m,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el equipo } m \text{ juega en la fecha } k \text{ y en la } k + 1 \text{ como visitante} \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$

Restricciones

Al igual que para las restricciones de Primera A, para las de Primera B también se ofrecen una clasificación de acuerdo a los motivos de su inclusión. Muchas de ellas son análogas a las de Primera A, de modo que no se ofrecerá una explicación en tales casos.

Básicas

62. Que ningún equipo juegue contra sí mismo

$$y_{m,m,k} = 0, \forall m \in M, \forall k \in K$$

63. Si un equipo juega contra un equipo, uno de ellos es local

$$\sum_m y_{m,n,k} + y_{n,m,k} = 1, \forall n \in N, \forall k \in K$$

64. Todos los equipos juegan entre sí

$$\sum_k y_{m,n,k} + y_{n,m,k} = 1, \forall m \in M, \forall n \in N$$

65. Cada equipo debe tener siete u ocho localías en total

$$\sum_{n,k} y_{m,n,k} \geq 7, \forall m \in M$$
$$\sum_{n,k} y_{m,n,k} \leq 8, \forall m \in M$$

Secuencias de localías y visitas

66. Que no haya equipos con 3 partidos seguidos de local

$$\sum_n y_{m,n,k} + y_{m,n,k+1} + y_{m,n,k+2} \leq 2, \forall m \in M, \forall k \leq |K| - 2$$

67. Que no haya equipos con 3 partidos seguidos de visita, excepto Ñublense

$$\sum_n y_{n,m,k} + y_{n,m,k+1} + y_{n,m,k+2} \leq 2, \forall m \in M/\{NUB\}, \forall k \leq |K| - 2$$

68. Que Ñublense no tenga 3 partidos seguidos de visita en ciertas fechas

$$\sum_n y_{n,NUB,k} + y_{n,NUB,k+1} + y_{n,NUB,k+2} \leq 2, \forall k \in K/\{10,14,15\}$$

69. Que cada equipo tenga, como máximo, un break de local en todo el torneo, salvo Ñublense y Rangers, los cuales pueden tener máximo 2

$$\begin{aligned} \sum_n y_{n,m,k} + y_{n,m,k+1} &\leq 1 + a_{m,k}, \forall m \in M, \forall k \in K \\ \sum_{k \leq |K|-1} a_{m,k} &\leq 1, \forall m \in M/\{RAN, NUB\} \\ \sum_{k \leq |K|-1} a_{m,k} &\leq 2, \forall m \in \{RAN, NUB\} \end{aligned}$$

70. Que cada equipo tenga, como máximo, un break de visita en todo el torneo, salvo Ñublense y Rangers, los cuales pueden máximo 2

$$\begin{aligned} \sum_n y_{m,n,k} + y_{m,n,k+1} &\leq 1 + b_{m,k}, \forall m \in M, \forall k \in K \\ \sum_{k \leq |K|-1} b_{m,k} &\leq 1, \forall m \in M/\{RAN, NUB\} \\ \sum_{k \leq |K|-1} b_{m,k} &\leq 2, \forall m \in \{RAN, NUB\} \end{aligned}$$

71. Que Ñublense y Rangers tengan, como máximo, 3 breaks en todo el torneo

$$\sum_{k \leq |K|-1} a_{m,k} + b_{m,k} \leq 3, \forall m \in \{RAN, NUB\}$$

72. Que no haya break en las dos primeras fechas

$$\sum_n y_{m,n,1} + y_{m,n,2} = 1, \forall m \in M$$

73. Que no haya break en las dos últimas fechas

$$\sum_n y_{m,n,14} + y_{m,n,15} = 1, \forall m \in M$$

Balance geográfico

74. Si hay un break para un equipo del norte, debe jugar un partido contra otro del norte

$$\begin{aligned} \sum_{n \in \text{NoNorte}B} y_{m,n,k} + y_{m,n,k+1} &\leq 1, \forall m \in \text{Norte}B, \forall k \leq |K| - 1 \\ \sum_{n \in \text{NoNorte}B} y_{n,m,k} + y_{n,m,k+1} &\leq 1, \forall m \in \text{Norte}B, \forall k \leq |K| - 1 \end{aligned}$$

75. Si hay un break para un equipo del centro, debe jugar un partido contra otro del centro

$$\begin{aligned} \sum_{n \in \text{NoCentro}B} y_{m,n,k} + y_{m,n,k+1} &\leq 1, \forall m \in \text{Centro}B, \forall k \leq |K| - 1 \\ \sum_{n \in \text{NoCentro}B} y_{n,m,k} + y_{n,m,k+1} &\leq 1, \forall m \in \text{Centro}B, \forall k \leq |K| - 1 \end{aligned}$$

76. Si hay un break para un equipo del sur, debe jugar un partido contra otro del sur

$$\begin{aligned} \sum_{n \in \text{NoSur}B} y_{m,n,k} + y_{m,n,k+1} &\leq 1, \forall m \in \text{Sur}B, \forall k \leq |K| - 1 \\ \sum_{n \in \text{NoSur}B} y_{n,m,k} + y_{n,m,k+1} &\leq 1, \forall m \in \text{Sur}B, \forall k \leq |K| - 1 \end{aligned}$$

77. Que cada equipo no extremo visite al par Copiapó-Puerto Montt o al par Temuco-Cobrelao

$$\begin{aligned} \sum_k y_{\text{COPIA},m,k} + y_{\text{CBLOA},m,k+1} &= 1, \forall m \in \text{NoExtremos}B \\ \sum_k y_{\text{COPIA},m,k} &= \sum_k y_{\text{PMON},m,k}, \forall m \in \text{NoExtremos}B \end{aligned}$$

$$\sum_k y_{CBLOA,m,k} = \sum_k y_{TEMU,m,k}, \forall m \in NoExtremosB$$

78. Que extremos jueguen 1 o 2 veces de local (visita) contra otros extremos. Si juega 2 veces de local (visita), entonces debe ser contra un equipo del extremo norte y contra uno del extremo sur

$$\begin{aligned} \sum_{n \in ExtremoSurB,k} y_{m,n,k} &= 1, \forall m \in ExtremoNorteB \\ \sum_{n \in ExtremoSurB,k} y_{n,m,k} &= 1, \forall m \in ExtremoNorteB \\ \sum_{n \in ExtremoNorteB,k} y_{m,n,k} &= 1, \forall m \in ExtremoSurB \\ \sum_{n \in ExtremoNorteB,k} y_{n,m,k} &= 1, \forall m \in ExtremoSurB \end{aligned}$$

Otras

79. La Serena cruzado con Coquimbo

$$\sum_n y_{LSR,n,k} + y_{COQ,n,k} = 1, \forall k \in K$$

80. La Serena contra Coquimbo en la fecha 8

$$y_{LSR,COQ,8} + y_{COQ,LSR,8} = 1$$

Exigencias y peticiones especiales de la ANFP y de los clubes

81. Sin partidos en Santiago durante la Semana de la Chilenidad

$$\sum_{m \in SantiagoB,n} y_{m,n,6} = 0$$

82. Sin partidos en Santiago durante Lollapalooza

$$\sum_{m \in SantiagoB,n} y_{m,n,10} = 0$$

83. Everton local en la fecha 3

$$\sum_n y_{EVR,n,3} = 1$$

84. Everton local en la fecha 8

$$\sum_n y_{EVR,n,8} = 1$$

Estas últimas dos restricciones buscan que Everton juegue de local durante estas fechas debido a que coinciden con el Festival del Huaso de Olmué y con el Festival de Viña, de modo que no se quiere afectar la afluencia de público a estos eventos colocando un partido atractivo en paralelo.

85. Copiapó local en la fecha 7

$$\sum_n y_{COPIA,n,7} = 1$$

86. San Felipe local en la fecha 3

$$\sum_n y_{USF,n,3} = 1$$

Esta última restricción busca que San Felipe juegue de local durante esta fecha debido a que coincide con el Festival del Huaso de Olmué, de modo que no se quiere afectar la afluencia de público a este evento colocando un partido atractivo en paralelo.

87. Rangers visita en la fecha 2

$$\sum_n y_{RAN,n,2} = 0$$

88. Rangers visita en la fecha 3

$$\sum_n y_{RAN,n,3} = 0$$

Estas dos últimas buscan que Rangers juegue de visita debido a que durante la fecha involucrada se celebra la Fiesta Costumbrista del Chancho Muerto en la Séptima Región, de modo que no se desea afectar la asistencia a este evento.

89. La Serena local en la fecha 3

$$\sum_n y_{LSR,n,3} = 1$$

90. La Serena visita en la fecha 4

$$\sum_n y_{LSR,n,4} = 0$$

Estas dos últimas restricciones tienen como motivo la celebración del aniversario de La Serena.

91. Curicó visita en la fecha 3

$$\sum_n y_{CURI,n,3} = 0$$

Durante la fecha involucrada se celebra la Fiesta Costumbrista en la Séptima Región.

92. Curicó local en la fecha 11

$$\sum_n y_{CURI,n,11} = 1$$

93. Temuco visita en la fecha 2

$$\sum_n y_{TEMU,n,2} = 0$$

94. Temuco local en la fecha 8

$$\sum_n y_{TEMU,n,8} = 1$$

La razón de esta restricción se fundamenta en que durante la fecha involucrada, considerando el Torneo Clausura, se celebra el aniversario de la ciudad de Temuco.

Restricciones vinculadas al Mundial Sub-17

95. Coquimbo visita en la fecha 10

$$\sum_n y_{COQ,n,10} = 0$$

96. Coquimbo visita en la fecha 12

$$\sum_n y_{COQ,n,12} = 0$$

97. Everton visita en la fecha 12

$$\sum_n y_{EVR,n,12} = 0$$

98. Everton visita en la fecha 13

$$\sum_n y_{EVR,n,13} = 0$$

99. Rangers visita en la fecha 10

$$\sum_n y_{RAN,n,10} = 0$$

100. Rangers visita en la fecha 11

$$\sum_n y_{RAN,n,11} = 0$$

101. Ñublense visita en la fecha 10

$$\sum_n y_{NUB,n,10} = 0$$

102. Ñublense visita en la fecha 11

$$\sum_n y_{NUB,n,11} = 0$$

103. Ñublense visita en la fecha 12

$$\sum_n y_{NUB,n,12} = 0$$

104. Deportes Concepción visita en la fecha 11

$$\sum_n y_{DPCON,n,11} = 0$$

105. Deportes Concepción visita en la fecha 12

$$\sum_n y_{DPCON,n,12} = 0$$

106. Deportes Puerto Montt visita en la fecha 10

$$\sum_n y_{PMON,n,10} = 0$$

107. Deportes Puerto Montt visita en la fecha 11

$$\sum_n y_{PMON,n,11} = 0$$

Estas restricciones están basadas en el hecho de que los equipos involucrados deben jugar de visita en las fechas estipuladas debido a que durante ese tiempo sus estadios serán utilizados como sede para el Mundial Sub-17.

Interacción entre Primera A y Primera B

Variables

pbL_k variable binaria auxiliar para cruce entre Palestino y Barnechea

pbV_k variable binaria auxiliar para cruce entre Palestino y Barnechea

weL_k variable binaria auxiliar para cruce entre Wanderers y Everton

weV_k variable binaria auxiliar para cruce entre Wanderers y Everton

Restricciones

Cruces de equipos

108. Palestino y Barnechea están cruzados lo más posible

$$\begin{aligned} p_{PLTN,k} + \sum_n y_{BARNE,n,k} &= 1 - pbV_k + pbL_k, \forall k \in K \\ pbL_k + pbV_k &\leq 1, \forall k \in K \\ \sum_k pbL_k + pbV_k &\leq 3 \end{aligned}$$

Esta restricción está basada en el hecho de que Palestino y Barnechea utilizan ambos el mismo estadio, a saber, La Cisterna.

109. Wanderers y Everton están cruzados lo más posible

$$\begin{aligned} p_{WDR,k} + \sum_n y_{EVR,n,k} &= 1 - weV_k + weL_k, \forall k \in K \\ weL_k + weV_k &\leq 1, \forall k \in K \\ \sum_k weL_k + weV_k &\leq 3 \end{aligned}$$

Esta restricción busca evitar situaciones complejas en términos de seguridad dentro de la Quinta Región.

110. Universidad de Concepción cruzado con Deportes Concepción

$$\sum_i x_{UDEC,i,k} + \sum_m y_{DPCON,m,k} = 1, \forall k \in K$$

Esta restricción está basada en el hecho de que Universidad de Concepción y Deportes Concepción utilizan ambos el mismo estadio.

Distintas fechas para los clásicos de cada categoría

111. Que el clásico X entre el Equipo1 y el Equipo2 de Primera B no se juegue en la fecha de algún clásico de Primera A

$$x_{UCH,COLO,k} + x_{COLO,UCH,k} + x_{UCH,CATO,k} + x_{CATO,UCH,k} + x_{CATO,COLO,k} + x_{COLO,CATO,k} \\ + y_{Equipo1,Equipo2,k} + y_{Equipo2,Equipo1,k} \leq 1, \forall k \in K$$

Esta restricción (o grupo de restricciones) busca que las fechas de los partidos importantes de Primera B no se topen con aquellas de los de Primera A, pues estos últimos podrían restarle relevancia a los primeros.

Los enfrentamientos que se consideran son: Magallanes-Santiago Morning, Curicó Unido-Ñublense, Iberia-Deportes Temuco, Curicó Unido-Rangers.

Función objetivo

El modelo principal no posee función objetivo.

Estrategia de resolución: metodología basada en patrones

Debido a la elevada complejidad del problema abordado, una programación directa de éste no logra entregar una solución. Por lo tanto, es necesario considerar herramientas adicionales que permitan resolverlo de un modo completo o, al menos, cercano a éste.

Dentro de las técnicas que se han utilizado en la resolución de los fixtures por separado se encuentra el empleo de patrones. Una descripción de esta técnica se encuentra en Rasmussen y Trick (2007), y ha sido utilizada exitosamente en diversas aplicaciones, como en Easton et al. (2003) y en Nemhauser y Trick (1998), así como también para el caso chileno en Durán et al. (2007) y en Durán et al. (2012).

Un patrón es una secuencia que indica si un equipo es local o visita en cada una de las fechas. Considerando que el valor 1 indica una localía y el valor 0 una visita, algunos ejemplos de patrones para los equipos de los torneos del fútbol profesional chileno serían los siguientes:

Patrón 1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
Patrón 2	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
Patrón 3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1
Patrón 4	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1
Patrón 5	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Tabla 2: Ejemplos de patrones

Una vez que se tiene un conjunto de patrones, estos se asocian a los equipos de un determinado campeonato. La utilidad de este procedimiento es, al menos, doble, pues permite reducir los tiempos de resolución de los modelos y, una vez que los patrones han sido incorporados al modelo principal, ya pueden estar satisfechas algunas de las restricciones de este modelo.

En Durán et al. (2012) se ha utilizado un modelo para generar los patrones de los equipos del fútbol chileno. En esta tesis también se adoptará esta herramienta, pero se utilizará además una estrategia que, mediante la fijación y relajación de los patrones, permita agregar con mayor facilidad las restricciones adicionales que el modelo generador no toma en cuenta en su diseño.

De este modo, la estrategia está definida por la siguiente serie de pasos:

1. Obtención de patrones a partir del modelo generador de patrones (MGP). Contiene las restricciones lógicas básicas y las restricciones de localías/visitas.
2. Verificación en el modelo principal (MP) de que con los patrones generadores se cumplen las restricciones lógicas básicas y las restricciones de localías/visitas.
3. Adición de las restricciones faltantes dejando todos los patrones fijos, es decir, se revisa si es posible agregar cada una de las restricciones faltantes con todos los patrones fijos.
4. Adición de las restricciones faltantes relajando dos patrones. Con cada restricción faltante se prueba si es posible agregarla con todas las combinaciones posibles de dos patrones.
5. Si se logra agregar alguna restricción, entonces se vuelven a fijar todos los patrones y se prueba si es posible agregar alguna restricción.
6. Una vez que se intentó agregar cada una de las restricciones relajando 2 patrones, se repite esto último pero relajando primero 3 patrones y luego 4.

Para fijar los patrones en el modelo principal, es necesario definir el subconjunto que establece qué equipos tendrán un patrón fijo, los patrones que se utilizarán como parámetros y la restricción que asocia el equipo con su patrón correspondiente:

Subconjunto

PatronEquipos1A: Equipos que tendrán patrón fijo

Parámetros

$p_{i,k}$: Patrón para el equipo i que establece una localía o visita en la fecha k

Restricción

Asociar patrones a los equipos que se defina

$$\sum_j x_{i,j,k} = p_{i,k}, \forall i \in PatronEquipos1A, \forall k \in K$$

En caso de que a un equipo no se le asocie un patrón, es necesario definir una variable y una restricción que permita saber su patrón una vez que el modelo ha sido resuelto, las cuales son muy semejantes a las definidas anteriormente:

Variable

$p_{1A_{i,k}}$: Nuevo patrón para el equipo i

Restricción

Redefinición de patrón

$$\sum_j x_{i,j,k} = p_{1A_{i,k}}, \forall i \in PatronEquipos1A, \forall k \in K$$

Modelo generador de patrones conjunto de Primera A y Primera B para la temporada 2015-2016 del fútbol profesional de Chile

A continuación se presenta el modelo generador de patrones conjunto de Primera A y Primera B para la temporada 2015-2016. Al igual que en el caso de la presentación del modelo principal, para facilitar la exposición se presenta, en primer lugar, lo que atañe exclusivamente a la Primera A, en segundo lugar lo que atañe exclusivamente a la Primera B, y, en tercer lugar, lo que atañe a la conexión entre ambas categorías.

Primera A

Conjuntos

$$I = \{UCH, COLO, CATO, ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, SLUIS, \\ WDR, ULAC, PLTN, AUDAX, UE, OHG, UDEC, HCH\}$$

$$J = I$$

$$K = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15\}$$

Subconjuntos

NoGrandes

$$= \{ARICA, IQ, ANTF, CBSAL, SLUIS, WDR, ULAC, PLTN, AUDAX, UE, OHG, UDEC, HCH\}$$

VARIABLES DE DECISIÓN

Se definen las siguientes variables de decisión:

$$p_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el patrón } i \text{ tiene una localía en la fecha } k \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$y_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el patrón } i \text{ tiene localías en las fechas } k \text{ y } k + 1 \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$w_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el patrón } i \text{ tiene visitas en las fechas } k \text{ y } k + 1 \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$z_{i,j,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el patrón } i \text{ y } j \text{ no tienen ambos o localías o visitas en la fecha } k \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$u_{i,j,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el patrón } i \text{ se asocia con el patrón } j \text{ en la fecha } k \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Restricciones

Las restricciones que siguen están clasificadas de acuerdo a los motivos de su inclusión. Para algunas de ellas se ofrece una explicación de por qué se las debe incluir. Muchas de ellas son análogas a las correspondientes del modelo principal, de modo que para ellas no se entregará una justificación.

Básicas

1. La mitad de los patrones tiene localías en cada fecha

$$\sum_i p_{i,k} = 8 \forall k \in K$$

2. Cada patrón tiene siete u ocho localías en total

$$\sum_k p_{i,k} \leq 8 \forall i \in I$$
$$\sum_k p_{i,k} \geq 7 \forall i \in I$$

Secuencias de localías y visitas

3. No hay patrones con 3 localías o visitas consecutivas

$$p_{i,k} + p_{i,k+1} + p_{i,k+2} \geq 1 \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 2$$
$$p_{i,k} + p_{i,k+1} + p_{i,k+2} \leq 2 \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 2$$

4. Cada patrón tiene, como máximo, un break de local

$$\sum_k y_{i,k} \leq 1 \forall i \in I$$
$$p_{i,k} + p_{i,k+1} \leq 1 + y_{i,k} \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 1$$
$$y_{i,k} - p_{i,k} \leq 0 \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 1$$
$$y_{i,k} - p_{i,k+1} \leq 0 \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 1$$

5. Cada patrón tiene, como máximo, un break de visita

$$\sum_k w_{i,k} \leq 1 \quad \forall i \in I$$

$$p_{i,k} + p_{i,k+1} + w_{i,k} \geq 1 \quad \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 1$$

$$w_{i,k} + p_{i,k} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 1$$

$$w_{i,k} + p_{i,k+1} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall k \leq |K| - 1$$

6. Cada patrón debe diferir con otro en al menos una fecha, es decir, al menos debe haber una fecha donde uno sea local y el otro visita, o viceversa.

$$\sum_k z_{i,j,k} \geq 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J$$

$$p_{i,k} + p_{j,k} \geq z_{i,j,k} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K$$

$$p_{i,k} + p_{j,k} + z_{i,j,k} \leq 2 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K$$

$$p_{i,k} - p_{j,k} - z_{i,j,k} \leq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K$$

$$p_{j,k} - p_{i,k} - z_{i,j,k} \leq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K$$

7. No hay breaks en las dos primeras fechas

$$p_{i,1} + p_{i,2} = 1 \quad \forall i \in I$$

8. No hay breaks en las dos últimas fechas

$$p_{i,14} + p_{i,15} = 1 \quad \forall i \in I$$

Restricciones para asegurar un fixture factible

9. Para que el equipo asociado al patrón i pueda jugar contra aquel asociado al patrón j en la fecha k , sus patrones deben diferir en tal fecha

$$u_{i,j,k} \leq z_{i,j,k} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K$$

10. Un patrón i debe asociarse con uno j en cada fecha

$$\sum_j u_{i,j,k} = 1 \quad \forall i \in I, \forall k \in K$$

11. Cada pareja de patrones debe asociarse sólo una vez

$$\sum_k u_{i,j,k} = 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J$$

12. La variable u debe ser simétrica para cada pareja de patrones

$$u_{i,j,k} = u_{j,i,k} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K$$

Imparcialidad deportiva

13. No hay breaks en las cuatro primeras fechas para equipos no grandes

$$\sum_{k \leq 3} y_{i,k} + w_{i,k} = 0 \quad \forall i \in NoGrandes$$

Seguridad

14. Universidad de Chile cruzado con Colo-Colo

$$p_{UCH,k} + p_{COLO,k} = 1 \quad \forall k \in K$$

Clásicos más importantes

15. Universidad Católica y Colo-Colo en la fecha 8

$$\begin{aligned} p_{CATO,8} &= 1 \\ p_{COLO,8} &= 0 \end{aligned}$$

16. Superclásico sea en la fecha 11

$$\begin{aligned} p_{UCH,11} &= 0 \\ p_{COLO,11} &= 1 \end{aligned}$$

17. Clásico Universitario en la fecha 13

$$\begin{aligned} p_{UCH,13} &= 1 \\ p_{CATO,13} &= 0 \end{aligned}$$

Balance geográfico

18. No menos de dos partidos en Santiago por fecha

$$\sum_{i \in \text{Santiago}} p_{i,k} \geq 2, \forall k \in K$$

19. No más de cuatro partidos en Santiago por fecha

$$\sum_{i \in \text{Santiago}} p_{i,k} \leq 4, \forall k \in K$$

20. Entre 1 y 3 partidos en el norte por fecha

$$\begin{aligned} \sum_{i \in \text{Norte}} p_{i,k} &\geq 1, \forall k \in K \\ \sum_{i \in \text{Norte}} p_{i,k} &\leq 3, \forall k \in K \end{aligned}$$

Partido entre campeones de la temporada anterior

21. Partido entre campeones de Primera A y Primera B de la temporada anterior en la primera fecha

$$p_{CBSAL,1} = 1$$

$$p_{SLUIS,1} = 0$$

Exigencias y peticiones especiales de la ANFP y de los clubes

22. Universidad Católica visita en la fecha 1

$$p_{CATO,1} = 0$$

23. Universidad Católica visita en la fecha 7

$$p_{CATO,7} = 0$$

24. Universidad Católica visita en la fecha 9

$$p_{CATO,9} = 0$$

25. Iquique visita en la fecha 2

$$p_{IQ,2} = 0$$

26. Iquique local en la fecha 13

$$p_{IQ,13} = 1$$

27. Arica local en la fecha 4

$$p_{ARICA,4} = 1$$

28. Arica visita en la fecha 7

$$p_{ARICA,7} = 0$$

29. Wanderers visita en la fecha 8

$$p_{WDR,8} = 0$$

30. Wanderers local en la fecha 12

$$p_{WDR,12} = 1$$

31. O'Higgins visita en la fecha 8

$$p_{OHG,8} = 0$$

32. Universidad de Chile visita en la fecha 6

$$p_{UCH,6} = 0$$

33. Universidad de Chile visita en la fecha 14

$$p_{UCH,14} = 0$$

34. Antofagasta visita en la fecha 6

$$p_{ANTF,6} = 0$$

35. Universidad de Concepción visita en la fecha 10

$$p_{UDEDEC,10} = 0$$

36. Universidad de Concepción local en la fecha 11

$$p_{UDEDEC,11} = 1$$

Primera B

Conjuntos

$$M = \{COPIA, LSR, COQ, CBLOA, USF, EVR, BARNE, MAGA, \\ SM, CURI, NUB, DP CON, IBER, RAN, TEMU, PMON\}$$

$$N = M$$

Variables de decisión

Se definen las siguientes variables de decisión:

$$q_{m,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el patrón } m \text{ tiene una localía en la fecha } k \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$a_{m,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el patrón } m \text{ tiene localías en las fechas } k \text{ y } k + 1 \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$b_{m,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el patrón } m \text{ tiene visitas en las fechas } k \text{ y } k + 1 \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$c_{m,n,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el patrón } m \text{ y } n \text{ no tienen ambos o localías o visitas en la fecha } k \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

$$d_{m,n,k} = \begin{cases} 1, & \text{si el patrón } m \text{ se asocia con el patrón } n \text{ en la fecha } k \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Restricciones

Básicas

37. La mitad de los patrones tiene localías en cada fecha

$$\sum_m q_{m,k} = 8 \forall k \in K$$

38. Cada patrón tiene siete u ocho localías en total

$$\sum_k q_{m,k} \leq 8 \forall m \in M$$

$$\sum_k q_{m,k} \geq 7 \forall m \in M$$

Secuencias de localías y visitas

39. No hay patrones con 3 localías o visitas consecutivas, salvo aquel asociado a Ñublense

$$q_{m,k} + q_{m,k+1} + q_{m,k+2} \geq 1 \forall m \in M \setminus \{NUB\}, \forall k \leq |K| - 2$$

$$q_{m,k} + q_{m,k+1} + q_{m,k+2} \leq 2 \forall m \in M \setminus \{NUB\}, \forall k \leq |K| - 2$$

40. El patrón asociado a Ñublense no tiene 3 localías o visitas consecutivas, salvo en fechas determinadas

$$q_{NUB,k} + q_{NUB,k+1} + q_{NUB,k+2} \geq 1 \forall k \in K \setminus \{10,14,15\}$$

$$q_{NUB,k} + q_{NUB,k+1} + q_{NUB,k+2} \leq 2 \forall k \in K \setminus \{10,14,15\}$$

41. Cada patrón tiene, como máximo, un break de local, salvo aquellos asociados a Rangers y a Ñublense

$$\sum_k a_{m,k} \leq 1 \forall m \in M \setminus \{NUB, RAN\}$$

$$q_{m,k} + q_{m,k+1} \leq 1 + a_{m,k} \forall m \in M, \forall k \leq |K| - 1$$

$$a_{m,k} - q_{m,k} \leq 0 \forall m \in M, \forall k \leq |K| - 1$$

$$a_{m,k} - q_{m,k+1} \leq 0 \forall m \in M, \forall k \leq |K| - 1$$

42. Cada patrón tiene, como máximo, un break de visita, salvo aquel asociado a Rangers y a Ñublense

$$\sum_k b_{m,k} \leq 1 \forall m \in M \setminus \{NUB, RAN\}$$

$$q_{m,k} + q_{m,k+1} + b_{m,k} \geq 1 \forall m \in M, \forall k \leq |K| - 1$$

$$b_{m,k} + q_{m,k} \leq 1 \quad \forall m \in M, \forall k \leq |K| - 1$$

$$b_{m,k} + q_{m,k+1} \leq 1 \quad \forall m \in M, \forall k \leq |K| - 1$$

43. Los patrones asociados a Rangers y Ñublense pueden tener, como máximo, dos breaks de local o de visita

$$\sum_k a_{NUB,k} \leq 2$$

$$\sum_k a_{RAN,k} \leq 2$$

$$\sum_k b_{NUB,k} \leq 2$$

$$\sum_k b_{RAN,k} \leq 2$$

44. Los patrones asociados a Rangers y Ñublense puede tener, como máximo, tres breaks en total

$$\sum_k a_{NUB,k} + b_{NUB,k} \leq 3$$

$$\sum_k a_{RAN,k} + b_{RAN,k} \leq 3$$

45. Cada patrón debe diferir con otro en al menos una fecha, es decir, al menos debe haber una fecha donde uno sea local y el otro visita, o viceversa.

$$\sum_k c_{m,n,k} \geq 1 \quad \forall m \in M, \forall n \in N$$

$$q_{m,k} + q_{n,k} \geq c_{m,n,k} \quad \forall m \in M, \forall n \in N, \forall k \in K$$

$$q_{m,k} + q_{n,k} + c_{m,n,k} \leq 2 \quad \forall m \in M, \forall n \in N, \forall k \in K$$

$$q_{m,k} - q_{n,k} - c_{m,n,k} \leq 0 \quad \forall m \in M, \forall n \in N, \forall k \in K$$

$$q_{n,k} - q_{m,k} - c_{m,n,k} \leq 0 \quad \forall m \in M, \forall n \in N, \forall k \in K$$

46. No hay breaks en las dos primeras fechas

$$q_{m,1} + q_{m,2} = 1 \quad \forall m \in M$$

47. No hay breaks en las dos últimas fechas

$$q_{m,14} + q_{m,15} = 1 \quad \forall m \in M$$

Restricciones para asegurar un fixture factible

48. Para que el equipo asociado al patrón m pueda jugar contra aquel asociado al patrón n en la fecha k , sus patrones deben diferir en tal fecha

$$d_{m,n,k} \leq c_{m,n,k} \quad \forall m \in M, \forall n \in N, \forall k \in K$$

49. Un patrón m debe asociarse con uno n en cada fecha

$$\sum_n d_{m,n,k} = 1 \quad \forall m \in M, \forall k \in K$$

50. Cada pareja de patrones debe asociarse sólo una vez

$$\sum_k d_{m,n,k} = 1 \quad \forall m \in M, \forall n \in N$$

51. La variable d debe ser simétrica para cada pareja de patrones

$$d_{m,n,k} = d_{n,m,k} \quad \forall m \in M, \forall n \in N, \forall k \in K$$

Otras

52. La Serena cruzado con Coquimbo

$$q_{LSR,k} + q_{COQ,k} = 1 \quad \forall k \in K$$

Exigencias y peticiones especiales de la ANFP y de los clubes

53. Sin partidos en Santiago durante la Semana de la Chilenidad

$$\sum_{m \in \text{SantiagoB}} q_{m,6} = 0$$

54. Sin partidos en Santiago durante Lollapalooza

$$\sum_{m \in \text{SantiagoB}} q_{m,10} = 0$$

55. Coquimbo visita en la fecha 10

$$q_{COQ,10} = 0$$

56. Coquimbo visita en la fecha 12

$$q_{COQ,12} = 0$$

57. Everton local en la fecha 3

$$q_{EVR,3} = 1$$

58. Everton local en la fecha 8

$$q_{EVR,8} = 1$$

59. Everton visita en la fecha 12

$$q_{EVR,12} = 0$$

60. Everton visita en la fecha 13

$$q_{EVR,13} = 0$$

61. Copiapó local en la fecha 7

$$q_{COPIA,7} = 1$$

62. San Felipe local en la fecha 3

$$q_{USF,3} = 1$$

63. Rangers visita en la fecha 2

$$q_{RAN,2} = 0$$

64. Rangers visita en la fecha 3

$$q_{RAN,3} = 0$$

65. Rangers visita en la fecha 10

$$q_{RAN,10} = 0$$

66. Rangers visita en la fecha 11

$$q_{RAN,11} = 0$$

67. La Serena local en la fecha 3

$$q_{LSR,3} = 1$$

68. La Serena visita en la fecha 4

$$q_{LSR,4} = 0$$

69. Curicó visita en la fecha 3

$$q_{CURI,3} = 0$$

70. Curicó local en la fecha 11

$$q_{CURI,11} = 1$$

71. Temuco visita en la fecha 2

$$q_{TEMU,2} = 0$$

72. Temuco local en la fecha 8

$$q_{TEMU,8} = 1$$

73. Ñublense visita en la fecha 10

$$q_{NUB,10} = 0$$

74. Ñublense visita en la fecha 11

$$q_{NUB,11} = 0$$

75.Ñublense visita en la fecha 12

$$q_{NUB,12} = 0$$

76.Deportes Concepción visita en la fecha 11

$$q_{DPCON,11} = 0$$

77.Deportes Concepción visita en la fecha 12

$$q_{DPCON,12} = 0$$

78.Deportes Puerto Montt visita en la fecha 10

$$q_{PMON,10} = 0$$

79.Deportes Puerto Montt visita en la fecha 11

$$q_{PMON,11} = 0$$

Interacción entre Primera A y Primera B

Variables

pbL_k variable binaria auxiliar para cruce entre Palestino y Barnechea

pbV_k variable binaria auxiliar para cruce entre Palestino y Barnechea

weL_k variable binaria auxiliar para cruce entre Wanderers y Everton

weV_k variable binaria auxiliar para cruce entre Wanderers y Everton

Restricciones

Cruces de equipos

80. Palestino y Barnechea están cruzados lo más posible

$$\begin{aligned} p_{PLTN,k} + \sum_n y_{BARNE,n,k} &= 1 - pbV_k + pbL_k, \forall k \in K \\ pbL_k + pbV_k &\leq 1, \forall k \in K \\ \sum_k pbL_k + pbV_k &\leq 3 \end{aligned}$$

81. Wanderers y Everton están cruzados lo más posible

$$\begin{aligned} p_{WDR,k} + \sum_n y_{EVR,n,k} &= 1 - weV_k + weL_k, \forall k \in K \\ weL_k + weV_k &\leq 1, \forall k \in K \\ \sum_k weL_k + weV_k &\leq 3 \end{aligned}$$

82. Universidad de Concepción cruzado con Deportes Concepción

$$p_{UDEK,k} + q_{DPCON,k} = 1 \forall k \in K$$

Función objetivo

La suma total de breaks

$$\min \sum_{i,k} y_{i,k} + w_{i,k} + \sum_{m,k} a_{m,k} + b_{m,k}$$

Resultados

En esta sección se da cuenta de los resultados obtenidos para los modelos y la metodología presentada. Con el fin de comparar estrategias de resolución, se dividió a éstas en dos: una de ellas resuelve el modelo conjunto tal como ha sido planteado originalmente, mientras que la otra resuelve los modelos por separado, es decir, primero el de Primera A y posteriormente el de Primera B. Este enfoque separado produce ciertas modificaciones en las restricciones conjuntas, pues el hecho de trabajar con un conjunto de patrones ya determinados para los equipos de Primera A, los cuales se obtienen de la resolución de su modelo, hace que el modelo de Primera B tenga menos libertad para determinar su fixture factible. Las modificaciones específicas para cada caso se indicarán posteriormente.

Para el caso del enfoque de resolución conjunta, se presentan, en primer lugar, los resultados obtenidos exclusivamente para el modelo generador de patrones. Posteriormente, se indican los resultados obtenidos a partir de la utilización de los patrones generados dentro del modelo principal. Se comparan distintas instancias y variantes en el enfoque de aplicación de estas herramientas, todas ellas con el fin de analizar la eficacia de los modelos y la metodología desarrollados para resolver el problema propuesto inicialmente. Para el caso del enfoque de resolución separada se sigue el mismo orden, salvo que no se estudia el comportamiento del modelo generador de patrones de modo exclusivo. Finalmente, se comparan ambos enfoques.

Las pruebas se programaron en el software AMPL 10.2, los modelos se resolvieron con el solver CPLEX 10.2 y las instancias se ejecutaron en un computador Intel(R) Core(TM) i5 de 2,53 GHz y 4 GB de RAM.

Descripción de las instancias

Para la realización de las pruebas se tomaron en consideración cinco instancias. La primera de ellas es idéntica a los modelos planteados originalmente, salvo que se permite un total de 4 breaks, 2 de local y 2 de visita. De forma abreviada, se referirá a esta instancia como "4B". La segunda instancia es semejante a la anterior, excepto por el hecho de que permite 3 breaks en total, pudiendo ser 2 de ellos de local y 1 de visita, o viceversa. Se referirá a ella de modo breve como "3B". La tercera instancia es idéntico al modelo planteado originalmente, salvo por el hecho de que se excluye un conjunto de restricciones, las cuales corresponden a las 9, 10, 14, 18, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 40 y 42. Cabe destacar que todas estas restricciones excluidas son parte de las de Primera A, categoría que tiene más restricciones que Primera B. De manera abreviada, se referirá a esta instan-

cia como “modelo pequeño”. La cuarta instancia es idéntico al modelo planteado originalmente, salvo por el hecho de que se excluye un conjunto de restricciones, las cuales corresponden a las 9, 10, 14, 23, 24, 29, 31 y 32, el cual es un subconjunto más pequeño que el conjunto de restricciones excluido en la instancia 3. De modo breve, se referirá a esta instancia como “modelo mediano”. Por último, la quinta instancia es el modelo tal como ha sido formulado originalmente. Se referirá a esta instancia de manera abreviada como “modelo completo”.

Resolución conjunta

Modelo generador de patrones

Se realizaron cuatro pruebas exclusivamente para el modelo generador de patrones. La idea de ellas fue observar la influencia de la inclusión o exclusión de dos factores en los tiempos de resolución de este modelo. Uno de los factores corresponde a la función objetivo en los tiempos de resolución, la cual es equivalente al total de breaks, mientras que el otro corresponde a un conjunto de restricciones, las cuales son la 13, 18, 19, 20, 53 y 54.

	Sin FO	Con FO
Todas las restricciones	589.53	747.28
Sin ciertas restricciones	602.71	712.80

Tabla 3: Tiempos [s.] para el modelo generador de patrones

Modelo principal

Instancia 1: 4B

A continuación se presenta una tabla con los tiempos que tomó cada etapa de la metodología propuesta, además de la cantidad de restricciones que se logró agregar en cada una de ellas.

Acción	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	175.815	48
Relajar 2 patrones de 1A	31.647	1
Relajar 2 patrones de 1A	89.169	1
Relajar 2 patrones de 1B	16.302	1

Relajar 2 patrones de 1B	8.532	1
Relajar 2 patrones de 1B	82.744	1
Relajar 3 patrones de 1A	203.727	1
Relajar 4 patrones de 1B	9.859	1

Tabla 4: Tiempos del MP para la instancia 1 según el enfoque conjunto

La siguiente tabla indica el tiempo que tomó resolver el modelo generador de patrones (MGP), el modelo principal (MP), lo cual corresponde a la suma de la tabla anterior, y el tiempo total, es decir, la suma de los dos tiempos anteriores.

	Tiempo [s.]
MGP	469.31
MP	617.795
Total	1087.105

Tabla 5: Tiempos para la instancia 1 según el enfoque conjunto

Para el caso de las demás instancias, se presentarán los resultados de acuerdo a la misma disposición.

Instancia 2: 3B

Acción	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	249.697	48
Relajar 2 patrones de 1A	76.971	1
Fijar todos los patrones	14.618	2
Relajar 2 patrones de 1A	34.981	1
Relajar 2 patrones de 1 ^a	237.904	1
Relajar 2 patrones de 1B	6.614	1
Relajar 2 patrones de 1B	66.04	1

Tabla 6: Tiempos del MP para la instancia 2 según el enfoque conjunto

	Tiempo [s.]
MGP	114.44
MP	686.825
Total	801.265

Tabla 7: Tiempos para la instancia 2 según el enfoque conjunto

Instancia 3: Modelo pequeño

	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	28.704	31
Relajar 2 patrones de 1A	18.366	1
Relajar 2 patrones de 1A	43.227	1
Relajar 2 patrones de 1A	59.654	1
Relajar 2 patrones de 1A	48.432	1
Relajar 2 patrones de 1B	11.105	1
Fijar todos los patrones	0.671	1
Relajar 2 patrones de 1B	6.054	1
Relajar 2 patrones de 1B	8.533	1
Fijar todos los patrones	2.418	1

Tabla 8: Tiempos del MP para la instancia 3 según el enfoque conjunto

	Tiempo [s.]
MGP	446.570
MP	227.164
Total	673.734

Tabla 9: Tiempos para la instancia 3 según el enfoque conjunto

Instancia 4: Modelo mediano

	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	31.171	39
Relajar 2 patrones de 1A	40.295	1
Fijar todos los patrones	10.110	4
Relajar 2 patrones de 1B	10.984	1
Fijar todos los patrones	3.073	1
Relajar 2 patrones de 1B	11.356	1
Relajar 2 patrones de 1B	10.639	1
Fijar todos los patrones	2.402	1

Relajar 2 patrones de 1A	49.068	1
Relajar 2 patrones de 1A	68.138	1

Tabla 10: Tiempos del MP para la instancia 4 según el enfoque conjunto

	Tiempo [s.]
MGP	522.600
MP	237.236
Total	759.836

Tabla 11: Tiempos para la instancia 4 según el enfoque conjunto

Instancia 5: Modelo completo

Acción	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	58.033	42
Relajar 2 patrones de 1A	37.305	1
Relajar 2 patrones de 1A	25.447	1
Fijar todos los patrones	2.278	1
Relajar 2 patrones de 1A	45.785	1
Relajar 2 patrones de 1A	29.079	1
Relajar 2 patrones de 1B	3.307	1
Fijar todos los patrones	6.785	4
Relajar 2 patrones de 1B	16.084	1
Relajar 3 patrones de 1A	108.091	1
Relajar 3 patrones de 1A	509.755	1

Tabla 12: Tiempos del MP para la instancia 5 según el enfoque conjunto

	Tiempo [s.]
MGP	589.53
MP	841.949
Total	1431.479

Tabla 13: Tiempos para la instancia 5 según el enfoque conjunto

Resolución separada

Instancia 1: 4B

En primer lugar, se presentan los resultados para la resolución del fixture de Primera A, luego aquellos para la del fixture de Primera B y, finalmente, la suma de ambos. Además, se especifican las modificaciones que fue necesario introducir en las restricciones conjuntas para obtener un fixture factible. Para las demás instancias se sigue la misma disposición. En ningún caso se tomó en consideración la restricción para los partidos atractivos, es decir, las restricciones correspondientes a la 111.

Primera A

Acción	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	130.320	33
Relajar 2 patrones de 1A	47.348	1
Fijar todos los patrones	4.961	2
Relajar 2 patrones de 1A	219.024	1
Relajar 4 patrones de 1A	522.226	1

Tabla 14: Tiempos del MP de 1A para la instancia 1 según el enfoque separado

	Tiempo [s.]
MGP	73.180
MP	923.879
Total	997.059

Tabla 15: Tiempos de 1A para la instancia 1 según el enfoque separado

Primera B

En cuanto a la modificación de las restricciones conjuntas, fue necesario redefinir la del cruce entre Universidad de Concepción y Deportes Concepción, para lo cual se reformuló a la manera de los otros cruces, es decir, el de Barnechea con Palestino y el Everton con Wanderers, salvo que la cantidad máxima de topes debió ser 4 en vez de 3.

Acción	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	16.816	11
Relajar 2 patrones de 1B	5.447	1
Relajar 2 patrones de 1B	17.626	1
Fijar todos los patrones	2.449	1

Tabla 16: Tiempos del MP de 1B para la instancia 1 según el enfoque separado

	Tiempo [s.]
MGP	2.820
MP	42.338
Total	45.158

Tabla 17: Tiempos de 1B para la instancia 1 según el enfoque separado

Total

	Tiempo [s.]
MGP	76.000
MP	966.217
Total	1042.217

Tabla 18: Tiempos para la instancia 1 según el enfoque separado

Instancia 2: 3B

Primera A

	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	101.525	31
Relajar 2 patrones de 1A	51.040	1
Fijar todos los patrones	5.413	2
Relajar 2 patrones de 1A	40.433	1
Relajar 2 patrones de 1A	14.635	1
Fijar todos los patrones	3.214	1
Relajar 2 patrones de 1A	6.568	1

Tabla 19: Tiempos del MP de 1A para la instancia 2 según el enfoque separado

	Tiempo [s.]
MGP	1.139
MP	222.828
Total	223.967

Tabla 20: Tiempos de 1A para la instancia 2 según el enfoque separado

Primera B

En cuanto a la modificación de las restricciones conjuntas, fue necesario redefinir la del cruce entre Everton con Wanderers, ya que la cantidad máxima de topes debió ser 4 en vez de 3.

	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	14.322	31
Relajar 2 patrones de 1B	6.538	1
Relajar 2 patrones de 1B	6.115	1
Relajar 2 patrones de 1B	25.957	1

Tabla 21: Tiempos del MP de 1B para la instancia 2 según el enfoque separado

	Tiempo [s.]
MGP	18.110
MP	52.932
Total	71.042

Tabla 22: Tiempos de 1B para la instancia 2 según el enfoque separado

Total

	Tiempo [s.]
MGP	19.249
MP	275.760
Total	295.009

Tabla 23: Tiempos para la instancia 2 según el enfoque separado

Instancia 3: Modelo pequeño

Primera A

Acción	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	24.784	20
Relajar 2 patrones de 1A	15.347	1
Fijar todos los patrones	2.590	2

Tabla 24: Tiempos del MP de 1A para la instancia 3 según el enfoque separado

	Tiempo [s.]
MGP	220.260
MP	42.721
Total	262.981

Tabla 25: Tiempos de 1A para la instancia 3 según el enfoque separado

Primera B

En cuanto a la modificación de las restricciones conjuntas, en esta instancia se debió realizar cambios más drásticos, ya que fue necesario redefinir la del cruce entre Universidad de Concepción y Deportes Concepción, para lo cual se reformuló a la manera de los otros cruces, pues la cantidad máxima de topes debió ser 4 en vez de 3. Además, fue necesario redefinir la restricción del cruce entre Everton con Wanderers, ya que la cantidad máxima de topes debió ser 9 en vez de 3.

Acción	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	5.801	8
Relajar 2 patrones de 1B	6.878	1
Relajar 2 patrones de 1B	3.089	1
Fijar todos los patrones	5.834	3
Relajar 3 patrones de 1B	165.649	1

Tabla 26: Tiempos del MP de 1B para la instancia 3 según el enfoque separado

	Tiempo [s.]
MGP	9.000
MP	187.251

Total	196.251
--------------	---------

Tabla 27: Tiempos de 1B para la instancia 3 según el enfoque separado

Total

	Tiempo [s.]
MGP	229.260
MP	229.972
Total	459.232

Tabla 28: Tiempos para la instancia 3 según el enfoque separado

Instancia 4: Modelo mediano

Primera A

	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	43.261	29
Relajar 2 patrones de 1A	24.642	1
Fijar todos los patrones	4.181	1
Relajar 2 patrones de 1A	27.607	1
Relajar 2 patrones de 1A	112.241	1
Relajar 3 patrones de 1A	344.902	1

Tabla 29: Tiempos del MP de 1A para la instancia 4 según el enfoque separado

	Tiempo [s.]
MGP	175.630
MP	556.834
Total	732.464

Tabla 30: Tiempos de 1A para la instancia 4 según el enfoque separado

Primera B

En cuanto a la modificación de las restricciones conjuntas, en esta instancia se debió realizar cambios aún más drásticos, ya que fue necesario redefinir la del cruce entre Universidad de Concepción y Deportes Concepción, pues la cantidad máxima de topes debió ser 7 en vez de 3. Además, fue necesario redefinir la res-

tricción del cruce entre Everton con Wanderers, ya que la cantidad máxima de toques debió ser 11 en vez de 3.

	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	6.739	10
Relajar 2 patrones de 1B	9.547	1
Fijar todos los patrones	6.426	3

Tabla 31: Tiempos del MP de 1B para la instancia 4 según el enfoque separado

	Tiempo [s.]
MGP	19.810
MP	22.712
Total	42.522

Tabla 32: Tiempos de 1B para la instancia 4 según el enfoque separado

Total

	Tiempo [s.]
MGP	195.440
MP	579.546
Total	774.986

Tabla 33: Tiempos para la instancia 4 según el enfoque separado

Instancia 5: Modelo completo

Primera A

Acción	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	33.537	31
Relajar 2 patrones de 1A	32.711	1
Relajar 2 patrones de 1A	40.948	1
Fijar todos los patrones	9.439	3
Relajar 2 patrones de 1A	182.704	1
Fijar todos los patrones	0.422	1
Relajar 3 patrones de 1A	415.918	1

Relajar 3 patrones de 1A	751.013	1
--------------------------	---------	---

Tabla 34: Tiempos del MP de 1A para la instancia 5 según el enfoque separado

	Tiempo [s.]
MGP	99.300
MP	1466.692
Total	1565.992

Tabla 35: Tiempos de 1A para la instancia 5 según el enfoque separado

Primera B

En cuanto a la modificación de las restricciones conjuntas, en esta instancia fue necesario redefinir la del cruce entre Universidad de Concepción y Deportes Concepción, pues la cantidad máxima de topes debió ser 4 en vez de 3. Además, fue necesario redefinir la restricción del cruce entre Everton con Wanderers, ya que la cantidad máxima de topes debió ser 4 en vez de 3.

Acción	Tiempo [s.]	# de restricciones
Fijar todos los patrones	4.399	7
Relajar 2 patrones de 1B	10.391	1
Relajar 2 patrones de 1B	7.676	1
Fijar todos los patrones	3.463	3
Relajar 3 patrones de 1B	3.339	1
Relajar 4 patrones de 1B	98.999	1

Tabla 36: Tiempos del MP de 1B para la instancia 5 según el enfoque separado

	Tiempo [s.]
MGP	12.510
MP	128.267
Total	140.777

Tabla 37: Tiempos de 1B para la instancia 5 según el enfoque separado

Total

	Tiempo [s.]
MGP	111.810
MP	1594.959
Total	1706.769

Tabla 38: Tiempos para la instancia 5 según el enfoque separado

Comparación de resoluciones

A continuación se presenta una comparación de los resultados para los distintos enfoques para las diversas instancias. Primero, se muestran los resultados para el modelo generador de patrones, luego para el modelo principal y, finalmente, para la suma de ambos.

Modelo generador de patrones

	Conjunto	Separado	Diferencia en %
4B	469,31	76	-84%
3B	114,44	19,249	-83%
Pequeño	446,57	229,26	-49%
Mediano	522,6	195,44	-63%
Completo	589,53	111,81	-81%

Tabla 39: Comparación de tiempos de resolución del MGP

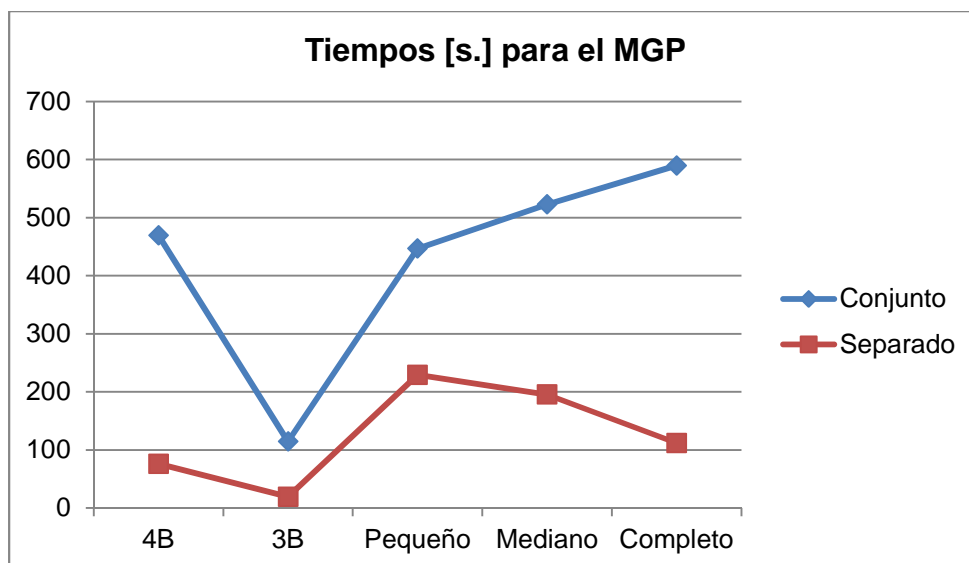


Ilustración 4: Tiempos de resolución del MGP según los enfoques

Modelo principal

	Conjunto	Separado	Diferencia en %
4B	617,795	966,217	56%
3B	686,825	275,76	-60%
Pequeño	227,164	229,972	1%
Mediano	237,236	579,546	144%
Completo	841,949	1594,959	89%

Tabla 40: Comparación de tiempos de resolución del MP

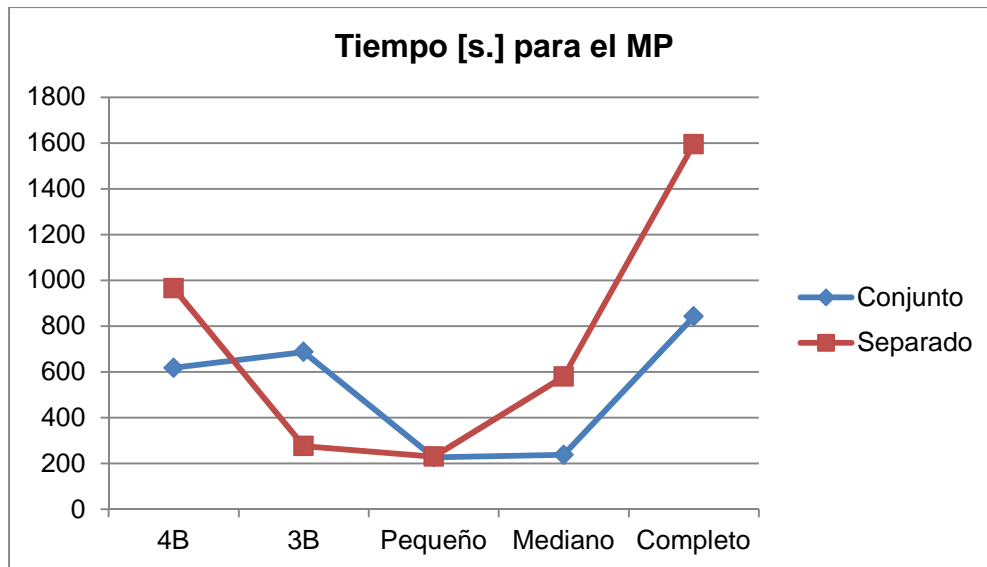


Ilustración 5: Tiempos de resolución del MP según los enfoques

Total

	Conjunto	Separado	Diferencia en %
4B	1087,105	1042,217	-4%
3B	801,265	295,009	-63%
Pequeño	673,734	459,232	-32%
Mediano	759,836	774,986	2%
Completo	1431,479	1706,769	19%

Tabla 41: Comparación de tiempos de resolución

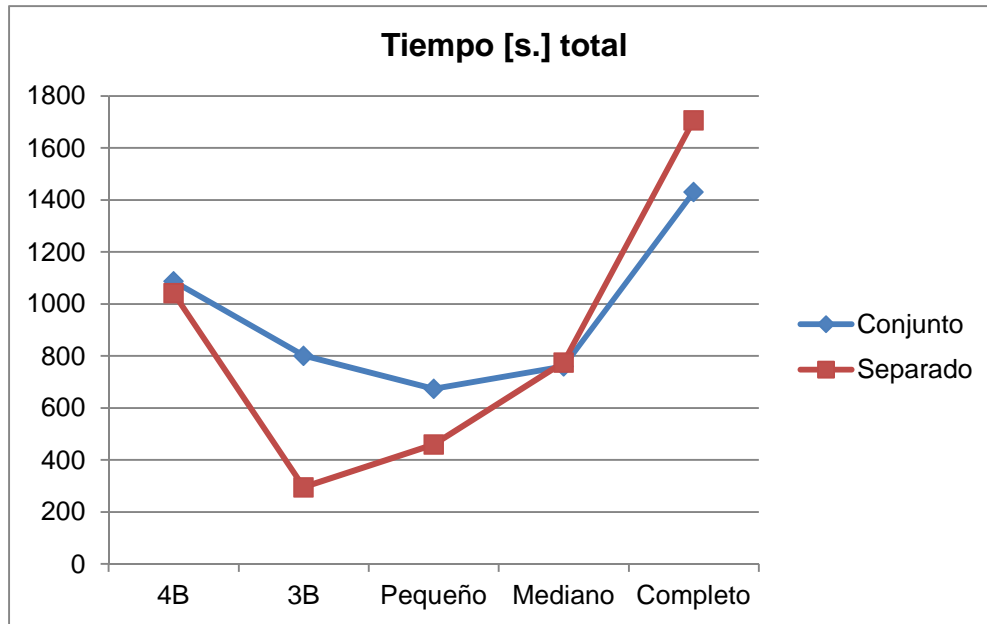


Ilustración 6: Tiempos de resolución según los enfoques

Análisis de resultados

En todas las instancias se logró resolver los modelos en tiempos razonables, pues todos ellos son inferiores a media hora, incluso en el caso de la instancia más compleja, es decir, aquella que representa modelo completo.

En el primer paso de la metodología, es decir, en la adición de restricciones utilizando todos los patrones fijos obtenidos mediante el modelo generador de patrones, se logra agregar la mayoría de las restricciones, de modo que los pasos que consisten en relajar patrones, y también volver a fijarlos, tienen como finalidad agregar las pocas restricciones residuales que no se logró incluir en las etapas precedentes.

Una vez que los patrones están fijos, el tiempo en el cual agregan cada restricción adicional es muy bajo, lo cual permite agregar muchas restricciones en poco tiempo, con lo cual se obtiene un fixture que, a pesar de no ser el ideal, si satisface gran parte de los requerimientos establecidos.

En casi ninguna de las instancias estudiadas fue necesario relajar 4 patrones, sino que sólo fue necesario, en general, relajar hasta 3 de ellos. En algunas de las instancias menos complejas ni siquiera fue necesario relajar 3 patrones, sino que bastó con relajar 2 de ellos.

En las instancias menos complejas, como era de esperarse, fue necesario realizar menos pasos de la metodología, lo cual se vincula directamente con el punto anterior, ya que no se necesitó relajar demasiados patrones para poder incluir todas las restricciones.

En general, el tiempo de resolución del modelo generador de patrones fue menor al del modelo principal, sin embargo, representa un porcentaje importante del tiempo de resolución total del modelo. No obstante, si se consideran también las restricciones que es posible agregar inmediatamente en la primera fase de la metodología, es decir, aquella donde están fijos todos los patrones obtenidos con el modelo generador de patrones, entonces se observa que es posible resolver gran parte del problema en un tiempo muy reducido, considerando la complejidad del modelo conjunto.

En general, como era de esperarse, el tiempo que toma agregar una restricción en el caso de relajar 3 patrones es mayor que aquel de relajar 2 patrones, aunque hay algunas excepciones en donde el primer caso es muy cercano al último, incluso a veces es mucho menor.

Cuando fue posible agregar restricciones en alguno de los pasos en donde todos los patrones estaban fijos, excepto el primero, la cantidad de ellas que se agregó fue cercana a 5.

Al considerar ambos enfoques de resolución, se observa que, para el caso del modelo generador de patrones, el enfoque separado siempre presentó un tiempo menor que el conjunto. Sin embargo, para el caso del modelo principal, el enfoque conjunto siempre tuvo tiempos menores que el separado, salvo en el caso de la instancia 3B.

En el caso del tiempo de resolución total, no hay una supremacía clara de un enfoque respecto al otro en general. Se observa que, para el caso de los modelos mediano y completo, el enfoque conjunto toma menos tiempo que el separado, mientras que para las otras instancias sucede lo inverso. Sin embargo, si se toma en consideración las modificaciones que fue necesario introducir para el caso de la resolución separada, entonces se observa que la mejora en los tiempos fue posible gracias a cambios demasiado drásticos en las restricciones conjuntas, de modo que no resulta claro que el enfoque separado sea mejor. En este caso, la evaluación depende del factor que se privilegie por parte del programador, ya sea el tiempo de resolución o las restricciones conjuntas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, si el número máximo de breaks no es tan restrictivo, por ejemplo, de 3 ó 4, entonces un enfoque separado presentaría un tiempo de resolución menor, mientras que si el número de breaks es reducido, por ejemplo, de 2, entonces un enfoque conjunto sería mejor. Si además se consideran las modificaciones en las restricciones para el enfoque separado, entonces la resolución conjunta resulta ser aún mejor, al menos en estos últimos casos mencionados.

Conclusiones

Esta tesis se planteó el objetivo de modelar conjuntamente ambos torneos del fútbol profesional chileno, es decir, la Primera A y la Primera B, utilizando instancias basadas en la temporada 2015-2016.

Debido a la complejidad del modelo, la cual es consecuencia de la enorme cantidad de restricciones y de variables que contiene, una resolución directa a través de un solver estándar actual no entregó resultados en tiempos razonables.

Por ello, fue necesario desarrollar una estrategia que permitiera disminuir los tiempos de resolución. Esta estrategia está basada fundamentalmente en el empleo de patrones asociados a equipos, los cuales establecen las secuencias de localías y visitas que estos siguen durante la temporada.

La estrategia desarrollada consiste en una metodología secuencial que comienza con la obtención de los patrones a través de un modelo generador de patrones, el cual considera las restricciones básicas del problema, entre ellas las que están vinculadas a localías y visitas fijas de antemano.

Posteriormente, los patrones obtenidos son asociados a los equipos en el modelo principal, con lo cual se asegura que se comienza su resolución con las restricciones básicas satisfechas.

Luego, se intenta incluir la mayor cantidad de las restricciones faltantes dejando fijos todos los patrones. Para aquellas que no se haya podido incluir, se puede relajar desde de 2 a 4 patrones, hasta que se encuentre un nuevo conjunto de patrones factibles que satisfagan todas las restricciones consideradas hasta ese instante.

Los resultados obtenidos de la aplicación de la estrategia descrita para instancias basadas en las condiciones de la temporada 2015-2016 fueron satisfactorios. La gran parte de las restricciones se incluye fijando los patrones obtenidos por el modelo generador, mientras que la relajación de algunos de ellos permite agregar las restricciones restantes.

Los tiempos de resolución son razonables, pues el mayor de ellos, el cual corresponde al modelo completo, es decir, aquel que considera todas las condiciones impuestas sobre la temporada 2015-2016, es menor a media hora.

De este modo, los modelos diseñados y la estrategia desarrollada cumplen el objetivo planteado inicialmente, con lo cual el trabajo realizado representa una contribución a la aplicación de las herramientas del área de sports scheduling al caso del fútbol profesional chileno.

Trabajo futuro

Al abordar cualquier problema y plantear una solución para él, siempre surgen nuevos desafíos que, en parte, están basados en el alcance de lo que se pretendió realizar y en el acotamiento de las propuestas realizadas.

En primer lugar, una idea a desarrollar sería comprobar la eficacia de la estrategia de resolución desarrolladas en otros campeonatos de fútbol, ya sea de Chile o del extranjero, como también en otros deportes.

En segundo lugar, se podría estudiar si el enfoque propuesto es capaz de resolver problemas un poco más complejos que el abordado en este trabajo. Por ejemplo, podría considerarse más equipos, más torneos, como la Copa Chile, torneos con distinta estructura, el horario de los partidos, los árbitros para cada encuentro, entre otros aspectos.

En tercer lugar, podría buscarse más herramientas que permitieran reducir aún más los tiempos de resolución de los modelos estudiados. De este modo, podría obtener métodos que utilizaran algún tipo de heurística o de algoritmo que facilitara algunas de las fases de la estrategia propuesta.

En cuarto lugar, sería interesante estudiar la repercusión real que podría tener lo propuesto en este trabajo. Por ejemplo, podrían aplicarse los modelos y la estrategia desarrollados para diseñar los fixtures reales de alguna temporada futura del fútbol profesional chileno, lo cual permitiría estudiar el impacto concreto de esta propuesta en términos de los costos y beneficios para los clubes y la ANFP, del atractivo del torneo para los hinchas y los fanáticos, de la imparcialidad deportiva de los campeonatos, entre otros aspectos.

Glosario

Esta sección está ampliamente basada en Hillier y Lieberman (2001), en donde se ofrecen diversos glosarios sobre la terminología de la investigación de operaciones en general, y en Rasmussen y Trick (2007), en donde se ofrece una aclaración de la terminología específica dentro de la subárea de sports scheduling.

Algoritmo: procedimiento sistemático para solucionar un tipo particular de problema.

Algoritmo genético: tipo de algoritmo para programación no convexa basado en los conceptos de genética, evolución y sobrevivencia del más fuerte.

Break: dos partidos consecutivos de local o de visita.

Constraint programming: técnica para formular tipos de restricciones complicados sobre variables enteras y luego para encontrar eficientemente soluciones factibles que satisfagan todas estas restricciones.

Función objetivo: parte de un modelo matemático que expresa lo que tiene que ser maximizado o minimizado, dependiendo del problema en consideración.

Lenguaje de modelamiento matemático: software que ha sido diseñado específicamente para formular de modo eficiente modelos matemáticos de gran tamaño, incluyendo modelos de programación lineal.

Metaheurística: un tipo general de método de solución que provee tanto una estructura general como estrategias guía para diseñar procedimientos heurísticos específicos que se ajusten a un tipo particular de problema.

Modelo: representación idealizada de algo.

Modelo de programación lineal: modelo matemático en el cual tanto la función objetivo como las restricciones que lo conforman son funciones lineales.

Parámetro: una constante dentro de un modelo matemático.

Patrón (de localías y visitas): secuencia de localías y visitas que sigue un equipo durante las fechas que se presentan en un campeonato.

Procedimiento de búsqueda local: procedimiento que busca una nueva solución en la vecindad de la solución actual.

Procedimiento heurístico: procedimiento diseñado intuitivamente para encontrar una solución buena (no necesariamente óptima) para un problema abordado.

Programación entera binaria: tipo de programación entera en la cual todas las variables son binarias.

Programación entera mixta: tipo de programación entera en la cual se requiere que sólo algunas de las variables tengan valores enteros.

Región factible: región geométrica formada por todas las soluciones factibles.

Relajación: una relajación de un problema se obtiene por medio de la eliminación de un conjunto de restricciones de tal problema.

Restricción: desigualdad o ecuación en un modelo matemático que expresa una condición sobre los valores que se pueden asignar a las variables de decisión.

Simulated annealing: tipo de metaheurística basada en la analogía con el proceso de recocido (*annealing*) físico.

Solución: cualquier asignación de valores para las variables de decisión, independiente de si tal asignación es buena o siquiera factible.

Solución factible: solución que satisface todas las restricciones.

Solución infactible: solución que viola al menos una de las restricciones.

Solución óptima: la mejor solución para un problema determinado.

Solución subóptima: solución que, aun siendo muy buena, no corresponde a la solución óptima para un problema determinado.

Tabu search: tipo de metaheurística que permite movimientos que no implican una mejora, pero que también incorpora una memoria de corto plazo de la búsqueda pasada por medio de una lista tabu que desincentiva retornar a soluciones consideradas previamente.

Torneo espejado: torneo en el cual durante la segunda rueda se juegan los mismos partidos que en la primera, salvo que las localías y visitas se invierten en cada caso.

Torneo round-robin: torneo donde todos los equipos se enfrentan entre sí una cantidad determinada de veces.

Variable binaria: variable que sólo puede tomar los valores 0 ó 1.

Variable de decisión: variable algebraica que representa una decisión cuantificable que debe llevarse a cabo.

Bibliografía

Ball, B.C., Webster, D.B. (1977) Optimal scheduling for even numbered team athletic conferences, *AIETransactions* 9, 161–169.

Bartsch, T., Drexl, A., Kröger, S. (2006) Scheduling the professional soccer leagues of Austria and Germany, *Computers & Operations Research* 33, 1907–1937.

Bean, J.C., Birge, J.R. (1980) Reducing travelling costs and player fatigue in the national basketball association, *Interfaces* 10, 98–102.

Bonomo, F., Cardemil, A., Durán, G., Marengo, J., Sabán, D. (2012) An application of the traveling tournament problem: the Argentine volleyball league, *Interfaces* 42, 245-259.

Cain, W.O. (1977) The computer-aided heuristic approach used to schedule the major league baseball clubs. In: Ladany SP, Machol RE, editors, *Optimal strategies in sports*, Amsterdam: North-Holland, 33–41.

Campbell, R.T., Chen, D-S. (1976) A minimum distance basketball scheduling problem. In: Machol RE, Ladany SP, Morrison DG, editors. *Management science in sports, Studies in the management sciences*, vol. 4, Amsterdam: North-Holland, 15–25.

Della Croce, F., Oliveri, D. (2006) Scheduling the Italian football league: an ILP-based approach, *Computers & Operations Research* 33, 1963–1974.

Della Croce, F., Tadei, R., Asioli, P. (1999) Scheduling a round robin tennis tournament under courts and players availability constraints, *Annals of Operations Research* 92, 349–361.

Durán, G., Guajardo, M., Miranda, J., Sauré, D., Souyris, S., Weintraub, A., Wolf-Yadlin, R. (2007) Scheduling the Chilean soccer league by integer programming, *Interfaces* 37, 539–552.

Durán, G., Guajardo, M., Wolf-Yadlin, R. (2012) Operations Research Techniques for Scheduling Chile's Second Division Soccer League, *Interfaces* 42(3), 273-285.

Easton, K., Nemhauser, G., Trick, M. (2003) Solving the traveling tournament problem: A combined integer programming and constraint programming approach, *Lecture Notes in Computer Science* 2740, 100-109.

Ferland, J.A., Fleurent, C. (1991) Computer aided scheduling for a sport league, *INFOR* 29, 14–25.

Ferland, J.A., Fleurent, C. (1993) Allocating games for the NHL using integer programming, *Operations Research* 41, 649–654.

Froncek, D. (2001) Scheduling the Czech national basketball league, *Congressus Numerantium* 153, 5–24.

Goossens, D., Spijksma, F. (2009) Scheduling the Belgian soccer league, *Interfaces* 39, 109–118.

Hausken, M., Andersson, K., Fagerholt, K., Flatberg, T. (2013) Scheduling the Norwegian football league, *International Transactions in Operational Research* 20, 59-77.

Hillier, F.S, Lieberman, G.J. (2001) Introduction to operations research, Volume 1 of McGraw-Hill series in industrial engineering and management science. McGraw-Hill.

Hoshino, R., Kawarabayashi, K. (2011) The distance-optimal inter-league schedule for Japanese Pro Baseball, *ICAPS 2011 Workshop on Constraint Satisfaction Techniques for Planning and Scheduling Problems (COPLAS)*, Freiburg, Germany.

Knust, S. (2007) Scheduling non-professional table-tennis leagues, *European Journal of Operational Research*, in press.

Kostuk, K.J., Willoughby, K.A. (2012) A decision support system for scheduling the Canadian football league, *Interfaces* 42, 286-295.

Kyngäs, J., Nurmi, K., Kyngäs, N., Lilley, G., Salter, T. (2014) Scheduling the Australian Football League, *Proc. 10th Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT)*, York, UK, 309-317.

Nemhauser, G.L., Trick, M.A. (1998) Scheduling a major college basketball conference, *Operations Research* 46, 1–8.

Noronha, T.F., Ribeiro, C.C., Durán, G., Souyris, S., Weintraub, A. (2007) A branch-and-cut algorithm for scheduling the highly-constrained Chilean soccer tournament, In: *Practice and theory of automated timetabling VI*, Lecture notes in computer science, vol. 3867, Berlin: Springer, 174–86.

Nurmi, K., Kyngäs, J., Goossens, D. (2011) Scheduling a triple round robin tournament for the Finnish national ice hockey league for players under 20, *IEEE*

SSCI 2011 - CISched 2011: 2011 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Scheduling, 46-53.

Rasmussen, R., Trick, M. (2007) Round robin scheduling – a survey, *European Journal of Operations Research* 188, 617-636.

Rasmussen, R. (2008) Scheduling a triple round robin tournament for the best Danish soccer league, *European Journal of Operational Research* 185, 795–810.

Recalde, D., Torres, R., Vaca, P. (2013) Scheduling the professional Ecuadorian football league by integer programming, *Computers & Operations Research* 40, 2478-2484.

Ribeiro, C.C., Urrutia, S. (2007) Scheduling the Brazilian soccer tournament with fairness and broadcast objectives, In: *Practice and theory of automated timetabling VI*, Lecture notes in computer science, vol. 3867, Berlin: Springer, 147–157.

Ribeiro, C.C., Urrutia, S. (2012) Scheduling the Brazilian soccer tournament: solution approach and practice, *Interfaces* 42, 260-272.

Russell, R.A., Leung, J.M. (1994) Devising a cost effective schedule for a baseball league, *Operations Research* 42, 614–625.

Russell, T., van Beek, P. (2012) A hybrid constraint programming and enumeration approach for solving NHL playoff qualification and elimination problems, *European Journal of Operational Research* 218, 819-828.

Saur, M.C., Starr, K., Husted, M., Newman, A.M. (2012) Scheduling softball series in the Rocky Mountain athletic conference, *Interfaces* 42, 296-309.

Schönberger, J., Mattfeld, D.C., Kopfer, H. (2004) Memetic algorithm timetabling for non-commercial sport leagues, *European Journal of Operational Research* 153, 102–116.

Van Voorhis, T.V. (2002) Highly constrained college basketball scheduling, *Journal of the Operational Research Society* 53, 603–609.

Westphal, S. (2014) Scheduling the German basketball league. *Interfaces*, 44, 498-508.

Willis, R.J., Terrill, B.J. (1994) Scheduling the Australian state cricket season using simulated annealing, *Journal of the Operational Research Society* 45, 276–280.

Wright, M. (1992) A fair allocation of county cricket opponents, *Journal of the Operational Research Society* 43, 195–201.

Wright, M. (1994) Time tabling county cricket fixtures using a form of tabu search, *Journal of the Operational Research Society* 45, 758–770.

Wright, M. (2005) Scheduling fixtures for New Zealand cricket, *IMA Journal of Management Mathematics* 16, 99–112.

Wright, M. (2006) Scheduling fixtures for basketball New Zealand, *Computers & Operations Research* 33, 1875–1893.

Anexos

A. Fixtures de los resultados de la resolución conjunta

En este anexo se recogen los fixtures para las instancias consideradas en la sección de resultados, en el caso de la resolución conjunta.

Instancia 1

Las siguientes tablas representan los fixtures obtenidos para Primera A y Primera B, respectivamente. La “@” frente al nombre abreviado de un club indica que en esa fecha juega de visita, mientras que el nombre abreviado solo indica que el equipo juega de local. Cuando los dos contrincantes consecutivos de un club aparecen coloreados de azul, aquello muestra que hay un break de local en esas fechas, mientras que cuando lo están de rojo muestra uno de visita.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UCH	ARICA	@ANTF	UDEC	@ UE	PLTN	@SLUIS	@HCH	OHG	AUDAX	@WDR	@COLO	IQ	CATO	@ULAC	CBSAL
COLO	@PLTN	WDR	@CBSAL	HCH	@ IQ	ANTF	ULAC	@CATO	@ARICA	UE	UCH	@UDEC	@AUDAX	SLUIS	@OHG
CATO	@HCH	IQ	@OHG	ULAC	@AUDAX	WDR	@UDEC	COLO	@ANTF	@SLUIS	CBSAL	PLTN	@UCH	ARICA	@ UE
ARICA	@UCH	HCH	@WDR	OHG	@CBSAL	ULAC	@SLUIS	ANTF	COLO	@PLTN	IQ	@ UE	UDEC	@CATO	AUDAX
IQ	UE	@CATO	AUDAX	@UDEC	COLO	CBSAL	@OHG	SLUIS	@HCH	ULAC	@ARICA	@UCH	ANTF	WDR	@PLTN
ANTF	@OHG	UCH	@ULAC	CBSAL	SLUIS	@COLO	PLTN	@ARICA	CATO	@AUDAX	WDR	@HCH	@ IQ	UE	@UDEC
CBSAL	SLUIS	@AUDAX	COLO	@ANTF	ARICA	@ IQ	@WDR	UE	@UDEC	HCH	@CATO	ULAC	@OHG	PLTN	@UCH
SLUIS	@CBSAL	OHG	@HCH	PLTN	@ANTF	UCH	ARICA	@ IQ	WDR	CATO	@UDEC	AUDAX	@ UE	@COLO	ULAC
WDR	UDEC	@COLO	ARICA	@AUDAX	UE	@CATO	CBSAL	@PLTN	@SLUIS	UCH	@ANTF	OHG	@ULAC	@ IQ	HCH
ULAC	AUDAX	@ UE	ANTF	@CATO	UDEC	@ARICA	@COLO	HCH	PLTN	@ IQ	OHG	@CBSAL	WDR	UCH	@SLUIS
PLTN	COLO	@UDEC	UE	@SLUIS	@UCH	OHG	@ANTF	WDR	@ULAC	ARICA	AUDAX	@CATO	HCH	@CBSAL	IQ
UE	@ IQ	ULAC	@PLTN	UCH	@WDR	UDEC	AUDAX	@CBSAL	OHG	@COLO	@HCH	ARICA	SLUIS	@ANTF	CATO
AUDAX	@ULAC	CBSAL	@ IQ	WDR	CATO	@HCH	@ UE	UDEC	@UCH	ANTF	@PLTN	@SLUIS	COLO	OHG	@ARICA
OHG	ANTF	@SLUIS	CATO	@ARICA	HCH	@PLTN	IQ	@UCH	@ UE	UDEC	@ULAC	@WDR	CBSAL	@AUDAX	COLO
UDEC	@WDR	PLTN	@UCH	IQ	@ULAC	@ UE	CATO	@AUDAX	CBSAL	@OHG	SLUIS	COLO	@ARICA	@HCH	ANTF
HCH	CATO	@ARICA	SLUIS	@COLO	@OHG	AUDAX	UCH	@ULAC	IQ	@CBSAL	UE	ANTF	@PLTN	UDEC	@WDR

Tabla 42: Fixture de Primera A para la instancia 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPIA	@DPCON	NUB	@MAGA	@COQ	PMON	@TEMU	EVR	@CBLOA	@ SM	RAN	LSR	@CURI	IBER	@USF	BARNE
LSR	IBER	@CURI	EVR	@PMON	TEMU	@USF	DPCON	@COQ	@BARNE	MAGA	@COPIA	CBLOA	@NUB	RAN	@ SM
COQ	@NUB	MAGA	@DPCON	COPIA	@BARNE	SM	@RAN	LSR	EVR	@CBLOA	PMON	@IBER	USF	@TEMU	CURI
USF	@TEMU	DPCON	RAN	@BARNE	@CBLOA	LSR	@IBER	PMON	@MAGA	SM	@CURI	EVR	@COQ	COPIA	@NUB
CBLOA	CURI	@BARNE	TEMU	@EVR	USF	@NUB	MAGA	COPIA	@RAN	COQ	DPCON	@LSR	@PMON	SM	@IBER
EVR	@RAN	SM	@LSR	CBLOA	@IBER	MAGA	@COPIA	CURI	@COQ	BARNE	TEMU	@USF	@DPCON	NUB	@PMON
BARNE	@ SM	CBLOA	@IBER	USF	COQ	@PMON	CURI	@DPCON	LSR	@EVR	NUB	@RAN	TEMU	MAGA	@COPIA
MAGA	PMON	@COQ	COPIA	@TEMU	NUB	@EVR	@CBLOA	IBER	USF	@LSR	RAN	@ SM	CURI	@BARNE	DPCON

SM	BARNE	@EVR	PMON	@CURI	DPCON	@COQ	NUB	@TEMU	COPIA	@USF	IBER	MAGA	@RAN	@CBLOA	LSR
CURI	@CBLOA	LSR	@NUB	SM	@RAN	IBER	@BARNE	@EVR	DPCON	@TEMU	USF	COPIA	@MAGA	PMON	@COQ
NUB	COQ	@COPIA	CURI	DPCON	@MAGA	CBLOA	@ SM	RAN	TEMU	@IBER	@BARNE	@PMON	LSR	@EVR	USF
DPCON	COPIA	@USF	COQ	@NUB	@ SM	RAN	@LSR	BARNE	@CURI	PMON	@CBLOA	@TEMU	EVR	IBER	@MAGA
IBER	@LSR	TEMU	BARNE	@RAN	EVR	@CURI	USF	@MAGA	@PMON	NUB	@ SM	COQ	@COPIA	@DPCON	CBLOA
RAN	EVR	@PMON	@USF	IBER	CURI	@DPCON	COQ	@NUB	CBLOA	@COPIA	@MAGA	BARNE	SM	@LSR	TEMU
TEMU	USF	@IBER	@CBLOA	MAGA	@LSR	COPIA	@PMON	SM	@NUB	CURI	@EVR	DPCON	@BARNE	COQ	@RAN
PMON	@MAGA	RAN	@ SM	LSR	@COPIA	BARNE	TEMU	@USF	IBER	@DPCON	@COQ	NUB	CBLOA	@CURI	EVR

Tabla 43: Fixture de Primera B para la instancia 1

Instancia 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UCH	@ANTF	IQ	@CBSAL	WDR	@HCH	@AUDAX	SLUIS	PLTN	@ UE	ULAC	@COLO	@ARICA	CATO	@OHG	UDEC
COLO	AUDAX	@PLTN	OHG	@UDEC	UE	CBSAL	@ IQ	@CATO	ARICA	@SLUIS	UCH	HCH	@ULAC	ANTF	@WDR
CATO	@ UE	HCH	@ULAC	ANTF	PLTN	@ARICA	@WDR	COLO	@AUDAX	OHG	@UDEC	IQ	@UCH	CBSAL	@SLUIS
ARICA	@HCH	ULAC	@ UE	CBSAL	@SLUIS	CATO	@OHG	ANTF	@COLO	UDEC	@WDR	UCH	@AUDAX	@ IQ	PLTN
IQ	UDEC	@UCH	SLUIS	@PLTN	AUDAX	@ UE	COLO	CBSAL	@WDR	HCH	@ANTF	@CATO	OHG	ARICA	@ULAC
ANTF	UCH	@OHG	PLTN	@CATO	ULAC	@UDEC	UE	@ARICA	SLUIS	@AUDAX	IQ	@CBSAL	WDR	@COLO	HCH
CBSAL	SLUIS	@AUDAX	UCH	@ARICA	OHG	@COLO	UDEC	@ IQ	@ULAC	WDR	@HCH	ANTF	PLTN	@CATO	UE
SLUIS	@CBSAL	WDR	@ IQ	ULAC	ARICA	@OHG	@UCH	AUDAX	@ANTF	COLO	@ UE	@PLTN	UDEC	@HCH	CATO
WDR	PLTN	@SLUIS	AUDAX	@UCH	UDEC	@ULAC	CATO	@HCH	IQ	@CBSAL	ARICA	OHG	@ANTF	@ UE	COLO
ULAC	OHG	@ARICA	CATO	@SLUIS	@ANTF	WDR	@HCH	@ UE	CBSAL	@UCH	AUDAX	@UDEC	COLO	@PLTN	IQ
PLTN	@WDR	COLO	@ANTF	IQ	@CATO	HCH	@AUDAX	@UCH	UDEC	UE	@OHG	SLUIS	@CBSAL	ULAC	@ARICA
UE	CATO	@UDEC	ARICA	@OHG	@COLO	IQ	@ANTF	ULAC	UCH	@PLTN	SLUIS	AUDAX	@HCH	WDR	@CBSAL
AUDAX	@COLO	CBSAL	@WDR	HCH	@ IQ	UCH	PLTN	@SLUIS	CATO	ANTF	@ULAC	@ UE	ARICA	@UDEC	OHG
OHG	@ULAC	ANTF	@COLO	UE	@CBSAL	SLUIS	ARICA	@UDEC	HCH	@CATO	PLTN	@WDR	@ IQ	UCH	@AUDAX
UDEC	@ IQ	UE	@HCH	COLO	@WDR	ANTF	@CBSAL	OHG	@PLTN	@ARICA	CATO	ULAC	@SLUIS	AUDAX	@UCH
HCH	ARICA	@CATO	UDEC	@AUDAX	UCH	@PLTN	ULAC	WDR	@OHG	@ IQ	CBSAL	@COLO	UE	SLUIS	@ANTF

Tabla 44: Fixture de Primera A para la instancia 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPIA	SM	@MAGA	PMON	@COQ	LSR	@TEMU	USF	@EVR	CBLOA	RAN	@CURI	BARNE	@NUB	DPCON	@IBER
LSR	MAGA	@IBER	RAN	@EVR	@COPIA	CBLOA	@DPCON	COQ	@PMON	NUB	@USF	TEMU	@CURI	SM	@BARNE
COQ	@NUB	CURI	@CBLOA	COPIA	SM	@IBER	PMON	@LSR	BARNE	@TEMU	DPCON	@MAGA	RAN	@EVR	USF
USF	CBLOA	@PMON	CURI	@IBER	RAN	NUB	@COPIA	@ SM	TEMU	@DPCON	LSR	EVR	@BARNE	MAGA	@COQ
CBLOA	@USF	NUB	COQ	@PMON	EVR	@LSR	TEMU	@RAN	@COPIA	MAGA	@BARNE	CURI	@ SM	IBER	@DPCON
EVR	@TEMU	RAN	@NUB	LSR	@CBLOA	SM	@MAGA	COPIA	@IBER	BARNE	PMON	@USF	@DPCON	COQ	@CURI
BARNE	@DPCON	TEMU	SM	@MAGA	IBER	@PMON	CURI	NUB	@COQ	@EVR	CBLOA	@COPIA	USF	@RAN	LSR
MAGA	@LSR	COPIA	@DPCON	BARNE	PMON	@CURI	EVR	@TEMU	SM	@CBLOA	RAN	COQ	@IBER	@USF	NUB
SM	@COPIA	DPCON	@BARNE	NUB	@COQ	@EVR	RAN	USF	@MAGA	@CURI	IBER	@PMON	CBLOA	@LSR	TEMU
CURI	PMON	@COQ	@USF	DPCON	@NUB	MAGA	@BARNE	IBER	@RAN	SM	COPIA	@CBLOA	LSR	@TEMU	EVR
NUB	COQ	@CBLOA	EVR	@ SM	CURI	@USF	IBER	@BARNE	DPCON	@LSR	@TEMU	@RAN	COPIA	PMON	@MAGA
DPCON	BARNE	@ SM	MAGA	@CURI	TEMU	@RAN	LSR	@PMON	@NUB	USF	@COQ	@IBER	EVR	@COPIA	CBLOA
IBER	@RAN	LSR	@TEMU	USF	@BARNE	COQ	@NUB	@CURI	EVR	PMON	@ SM	DPCON	MAGA	@CBLOA	COPIA
RAN	IBER	@EVR	@LSR	TEMU	@USF	DPCON	@ SM	CBLOA	CURI	@COPIA	@MAGA	NUB	@COQ	BARNE	@PMON
TEMU	EVR	@BARNE	IBER	@RAN	@DPCON	COPIA	@CBLOA	MAGA	@USF	COQ	NUB	@LSR	@PMON	CURI	@ SM

PMON	@CURI	USF	@COPIA	CBLOA	@MAGA	BARNE	@COQ	DPCON	LSR	@IBER	@EVR	SM	TEMU	@NUB	RAN
------	-------	-----	--------	-------	-------	-------	------	-------	-----	-------	------	----	------	------	-----

Tabla 45: Fixture de Primera B para la instancia 2

Instancia 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UCH	OHG	@ARICA	ULAC	@UE	AUDAX	@CBSAL	@WDR	IQ	@UDEC	ANTF	@COLO	PLTN	CATO	@SLUIS	HCH
COLO	@HCH	CBSAL	@PLTN	WDR	@ANTF	SLUIS	UE	@CATO	ARICA	@ULAC	UCH	@OHG	@AUDAX	UDEC	@IQ
CATO	@UDEC	ANTF	SLUIS	@OHG	HCH	@ARICA	@ULAC	COLO	@AUDAX	WDR	@IQ	UE	@UCH	CBSAL	@PLTN
ARICA	@PLTN	UCH	@HCH	IQ	@UDEC	CATO	@SLUIS	OHG	@COLO	AUDAX	@CBSAL	@ULAC	UE	ANTF	@WDR
IQ	UE	@OHG	CBSAL	@ARICA	ULAC	@AUDAX	PLTN	@UCH	ANTF	@SLUIS	CATO	@WDR	UDEC	@HCH	COLO
ANTF	ULAC	@CATO	UE	@AUDAX	COLO	@PLTN	CBSAL	WDR	@IQ	@UCH	OHG	@UDEC	HCH	@ARICA	SLUIS
CBSAL	SLUIS	@COLO	@IQ	PLTN	@WDR	UCH	@ANTF	AUDAX	@UE	UDEC	ARICA	@HCH	OHG	@CATO	ULAC
SLUIS	@CBSAL	UDEC	@CATO	HCH	OHG	@COLO	ARICA	@UE	@ULAC	IQ	@PLTN	AUDAX	@WDR	UCH	@ANTF
WDR	AUDAX	@ULAC	OHG	@COLO	CBSAL	@HCH	UCH	@ANTF	PLTN	@CATO	@UDEC	IQ	SLUIS	@UE	ARICA
ULAC	@ANTF	WDR	@UCH	UDEC	@IQ	@OHG	CATO	@HCH	SLUIS	COLO	@UE	ARICA	@PLTN	AUDAX	@CBSAL
PLTN	ARICA	@AUDAX	COLO	@CBSAL	UE	ANTF	@IQ	UDEC	@WDR	@HCH	SLUIS	@UCH	ULAC	@OHG	CATO
UE	@IQ	HCH	@ANTF	UCH	@PLTN	UDEC	@COLO	SLUIS	CBSAL	@OHG	ULAC	@CATO	@ARICA	WDR	@AUDAX
AUDAX	@WDR	PLTN	@UDEC	ANTF	@UCH	IQ	OHG	@CBSAL	CATO	@ARICA	HCH	@SLUIS	COLO	@ULAC	UE
OHG	@UCH	IQ	@WDR	CATO	@SLUIS	ULAC	@AUDAX	@ARICA	HCH	UE	@ANTF	COLO	@CBSAL	PLTN	@UDEC
UDEC	CATO	@SLUIS	AUDAX	@ULAC	ARICA	@UE	HCH	@PLTN	UCH	@CBSAL	WDR	ANTF	@IQ	@COLO	OHG
HCH	COLO	@UE	ARICA	@SLUIS	@CATO	WDR	@UDEC	ULAC	@OHG	PLTN	@AUDAX	CBSAL	@ANTF	IQ	@UCH

Tabla 46: Fixture de Primera A para la instancia 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPIA	@SM	LSR	BARNE	@RAN	PMON	@COQ	IBER	@DPCON	EVR	@TEMU	@CBLOA	CURI	@MAGA	USF	@NUB
LSR	BARNE	@COPIA	EVR	@PMON	NUB	@IBER	CURI	@COQ	CBLOA	RAN	@SM	USF	@DPCON	TEMU	@MAGA
COQ	@TEMU	CURI	@IBER	MAGA	@USF	COPIA	@BARNE	LSR	@SM	@CBLOA	NUB	@RAN	PMON	@EVR	DPCON
USF	NUB	@BARNE	CURI	@DPCON	COQ	@PMON	@RAN	CBLOA	@MAGA	SM	TEMU	@LSR	IBER	@COPIA	EVR
CBLOA	MAGA	@PMON	NUB	@EVR	DPCON	@CURI	TEMU	@USF	@LSR	COQ	COPIA	@BARNE	SM	@IBER	RAN
EVR	@IBER	TEMU	@LSR	CBLOA	@MAGA	RAN	@SM	NUB	@COPIA	BARNE	DPCON	@PMON	@CURI	COQ	@USF
BARNE	@LSR	USF	@COPIA	IBER	@SM	@DPCON	COQ	@PMON	TEMU	@EVR	RAN	CBLOA	@NUB	MAGA	@CURI
MAGA	@CBLOA	IBER	RAN	@COQ	EVR	@NUB	DPCON	@TEMU	USF	@CURI	PMON	@SM	COPIA	@BARNE	LSR
SM	COPIA	@DPCON	PMON	@NUB	BARNE	@TEMU	EVR	@CURI	COQ	@USF	LSR	MAGA	@CBLOA	@RAN	IBER
CURI	DPCON	@COQ	@USF	TEMU	@RAN	CBLOA	@LSR	SM	@NUB	MAGA	IBER	@COPIA	EVR	@PMON	BARNE
NUB	@USF	RAN	@CBLOA	SM	@LSR	MAGA	PMON	@EVR	CURI	@IBER	@COQ	@TEMU	BARNE	@DPCON	COPIA
DPCON	@CURI	SM	@TEMU	USF	@CBLOA	BARNE	@MAGA	COPIA	@RAN	PMON	@EVR	@IBER	LSR	NUB	@COQ
IBER	EVR	@MAGA	COQ	@BARNE	TEMU	LSR	@COPIA	RAN	@PMON	NUB	@CURI	DPCON	@USF	CBLOA	@SM
RAN	PMON	@NUB	@MAGA	COPIA	CURI	@EVR	USF	@IBER	DPCON	@LSR	@BARNE	COQ	@TEMU	SM	@CBLOA
TEMU	COQ	@EVR	DPCON	@CURI	@IBER	SM	@CBLOA	MAGA	@BARNE	COPIA	@USF	NUB	RAN	@LSR	PMON
PMON	@RAN	CBLOA	@SM	LSR	@COPIA	USF	@NUB	BARNE	IBER	@DPCON	@MAGA	EVR	@COQ	CURI	@TEMU

Tabla 47: Fixture de Primera B para la instancia 3

Instancia 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UCH	AUDAX	@ANTF	OHG	@ARICA	UE	@IQ	@WDR	SLUIS	@UDEEC	CBSAL	@COLO	PLTN	CATO	@ULAC	HCH
COLO	@PLTN	IQ	@HCH	WDR	@CBSAL	ULAC	ARICA	@CATO	ANTF	@UE	UCH	@SLUIS	@AUDAX	UDEEC	@OHG
CATO	@WDR	CBSAL	@SLUIS	UDEEC	@PLTN	HCH	@AUDAX	COLO	@ULAC	OHG	ARICA	@ANTF	@UCH	IQ	@UE
ARICA	@OHG	UDEEC	@PLTN	UCH	@HCH	ANTF	@COLO	ULAC	@SLUIS	AUDAX	@CATO	@IQ	CBSAL	UE	@WDR
IQ	ULAC	@COLO	UE	@AUDAX	@ANTF	UCH	@UDEEC	OHG	@CBSAL	WDR	@PLTN	ARICA	HCH	@CATO	SLUIS
ANTF	@HCH	UCH	@WDR	SLUIS	IQ	@ARICA	@ULAC	CBSAL	@COLO	UDEEC	@UE	CATO	@PLTN	OHG	@AUDAX
CBSAL	SLUIS	@CATO	ULAC	@OHG	COLO	@AUDAX	UE	@ANTF	IQ	@UCH	HCH	@UDEEC	@ARICA	WDR	@PLTN
SLUIS	@CBSAL	WDR	CATO	@ANTF	AUDAX	@UE	HCH	@UCH	ARICA	@ULAC	@UDEEC	COLO	@OHG	PLTN	@IQ
WDR	CATO	@SLUIS	ANTF	@COLO	ULAC	@OHG	UCH	@PLTN	HCH	@IQ	@AUDAX	UE	UDEEC	@CBSAL	ARICA
ULAC	@IQ	HCH	@CBSAL	PLTN	@WDR	@COLO	ANTF	@ARICA	CATO	SLUIS	@OHG	AUDAX	@UE	UCH	@UDEEC
PLTN	COLO	@UE	ARICA	@ULAC	CATO	UDEEC	@OHG	WDR	@AUDAX	@HCH	IQ	@UCH	ANTF	@SLUIS	CBSAL
UE	@UDEEC	PLTN	@IQ	HCH	@UCH	SLUIS	@CBSAL	AUDAX	@OHG	COLO	ANTF	@WDR	ULAC	@ARICA	CATO
AUDAX	@UCH	OHG	@UDEEC	IQ	@SLUIS	CBSAL	CATO	@UE	PLTN	@ARICA	WDR	@ULAC	COLO	@HCH	ANTF
OHG	ARICA	@AUDAX	@UCH	CBSAL	@UDEEC	WDR	PLTN	@IQ	UE	@CATO	ULAC	@HCH	SLUIS	@ANTF	COLO
UDEEC	UE	@ARICA	AUDAX	@CATO	OHG	@PLTN	IQ	@HCH	UCH	@ANTF	SLUIS	CBSAL	@WDR	@COLO	ULAC
HCH	ANTF	@ULAC	COLO	@UE	ARICA	@CATO	@SLUIS	UDEEC	@WDR	PLTN	@CBSAL	OHG	@IQ	AUDAX	@UCH

Tabla 48: Fixture de Primera A para la instancia 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPIA	BARNE	@LSR	COQ	@RAN	PMON	@DPCON	IBER	@CURI	EVR	@CBLOA	@SM	MAGA	@NUB	USF	@TEMU
LSR	@IBER	COPIA	PMON	@DPCON	BARNE	@NUB	EVR	@COQ	@RAN	SM	@CBLOA	USF	@TEMU	CURI	@MAGA
COQ	NUB	@CURI	@COPIA	TEMU	@MAGA	USF	@SM	LSR	CBLOA	@DPCON	IBER	@RAN	BARNE	@PMON	EVR
USF	EVR	@PMON	CURI	@NUB	DPCON	@COQ	@BARNE	CBLOA	@SM	MAGA	TEMU	@LSR	RAN	@COPIA	IBER
CBLOA	DPCON	@MAGA	NUB	@PMON	CURI	@EVR	TEMU	@USF	@COQ	COPIA	LSR	@BARNE	SM	@IBER	RAN
EVR	@USF	TEMU	@IBER	SM	@RAN	CBLOA	@LSR	NUB	@COPIA	BARNE	DPCON	@PMON	@CURI	MAGA	@COQ
BARNE	@COPIA	IBER	@SM	MAGA	@LSR	@CURI	USF	@PMON	DPCON	@EVR	RAN	CBLOA	@COQ	TEMU	@NUB
MAGA	@SM	CBLOA	RAN	@BARNE	COQ	@PMON	CURI	@DPCON	TEMU	@USF	NUB	@COPIA	IBER	@EVR	LSR
SM	MAGA	@DPCON	BARNE	@EVR	NUB	@TEMU	COQ	@IBER	USF	@LSR	COPIA	CURI	@CBLOA	@RAN	PMON
CURI	@TEMU	COQ	@USF	IBER	@CBLOA	BARNE	@MAGA	COPIA	@NUB	RAN	PMON	@SM	EVR	@LSR	DPCON
NUB	@COQ	RAN	@CBLOA	USF	@SM	LSR	PMON	@EVR	CURI	@IBER	@MAGA	@TEMU	COPIA	@DPCON	BARNE
DPCON	@CBLOA	SM	@TEMU	LSR	@USF	COPIA	@RAN	MAGA	@BARNE	COQ	@EVR	@IBER	PMON	NUB	@CURI
IBER	LSR	@BARNE	EVR	@CURI	TEMU	RAN	@COPIA	SM	@PMON	NUB	@COQ	DPCON	@MAGA	CBLOA	@USF
RAN	PMON	@NUB	@MAGA	COPIA	EVR	@IBER	DPCON	@TEMU	LSR	@CURI	@BARNE	COQ	@USF	SM	@CBLOA
TEMU	CURI	@EVR	DPCON	@COQ	@IBER	SM	@CBLOA	RAN	@MAGA	PMON	@USF	NUB	LSR	@BARNE	COPIA
PMON	@RAN	USF	@LSR	CBLOA	@COPIA	MAGA	@NUB	BARNE	IBER	@TEMU	@CURI	EVR	@DPCON	COQ	@SM

Tabla 49: Fixture de Primera B para la instancia 4

Instancia 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UCH	ARICA	@ANTF	UE	@HCH	PLTN	@IQ	@OHG	UDEEC	@AUDAX	WDR	@COLO	SLUIS	CATO	@ULAC	CBSAL
COLO	@WDR	OHG	@UDEEC	AUDAX	@CBSAL	ANTF	ULAC	@CATO	HCH	@PLTN	UCH	@ARICA	@UE	IQ	@SLUIS
CATO	@IQ	CBSAL	@ULAC	WDR	ARICA	@SLUIS	@UE	COLO	@ANTF	OHG	@UDEEC	AUDAX	@UCH	HCH	@PLTN
ARICA	@UCH	UDEEC	@OHG	ULAC	@CATO	WDR	@CBSAL	SLUIS	@UE	IQ	@ANTF	COLO	@AUDAX	PLTN	@HCH

IQ	CATO	@HCH	SLUIS	@PLTN	ANTF	UCH	@AUDAX	UE	@OHG	@ARICA	CBSAL	@WDR	UDEC	@COLO	ULAC
ANTF	@UDEC	UCH	@AUDAX	CBSAL	@IQ	@COLO	HCH	@PLTN	CATO	@ULAC	ARICA	UE	@SLUIS	OHG	@WDR
CBSAL	SLUIS	@CATO	PLTN	@ANTF	COLO	@ULAC	ARICA	WDR	@UDEC	UE	@IQ	OHG	@HCH	AUDAX	@UCH
SLUIS	@CBSAL	AUDAX	@IQ	OHG	@UDEC	CATO	@WDR	@ARICA	PLTN	@HCH	ULAC	@UCH	ANTF	@UE	COLO
WDR	COLO	@PLTN	HCH	@CATO	UE	@ARICA	SLUIS	@CBSAL	ULAC	@UCH	AUDAX	IQ	@OHG	@UDEC	ANTF
ULAC	HCH	@UE	CATO	@ARICA	OHG	CBSAL	@COLO	AUDAX	@WDR	ANTF	@SLUIS	UDEC	@PLTN	UCH	@IQ
PLTN	@AUDAX	WDR	@CBSAL	IQ	@UCH	UE	@UDEC	ANTF	@SLUIS	COLO	@OHG	HCH	ULAC	@ARICA	CATO
UE	@OHG	ULAC	@UCH	UDEC	@WDR	@PLTN	CATO	@IQ	ARICA	@CBSAL	HCH	@ANTF	COLO	SLUIS	@AUDAX
AUDAX	PLTN	@SLUIS	ANTF	@COLO	HCH	@OHG	IQ	@ULAC	UCH	UDEC	@WDR	@CATO	ARICA	@CBSAL	UE
OHG	UE	@COLO	ARICA	@SLUIS	@ULAC	AUDAX	UCH	@HCH	IQ	@CATO	PLTN	@CBSAL	WDR	@ANTF	UDEC
UDEC	ANTF	@ARICA	COLO	@UE	SLUIS	@HCH	PLTN	@UCH	CBSAL	@AUDAX	CATO	@ULAC	@IQ	WDR	@OHG
HCH	@ULAC	IQ	@WDR	UCH	@AUDAX	UDEC	@ANTF	OHG	@COLO	SLUIS	@UE	@PLTN	CBSAL	@CATO	ARICA

Tabla 50: Fixture de Primera A para la instancia 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPIA	@MAGA	LSR	SM	@EVR	NUB	@DPCON	PMON	@CBLOA	@CURI	RAN	@BARNE	USF	@TEMU	IBER	@COQ
LSR	NUB	@COPIA	RAN	@PMON	CBLOA	@EVR	TEMU	@COQ	@BARNE	MAGA	@SM	CURI	@IBER	DPCON	@USF
COQ	@USF	IBER	@CBLOA	MAGA	@CURI	SM	@BARNE	LSR	DPCON	@TEMU	NUB	@RAN	PMON	@EVR	COPIA
USF	COQ	@EVR	DPCON	@CURI	TEMU	@IBER	@SM	NUB	@MAGA	BARNE	CBLOA	@COPIA	RAN	@PMON	LSR
CBLOA	EVR	@PMON	COQ	BARNE	@LSR	MAGA	@RAN	COPIA	@SM	CURI	@USF	DPCON	@NUB	TEMU	@IBER
EVR	@CBLOA	USF	@IBER	COPIA	@MAGA	LSR	@CURI	RAN	@NUB	SM	PMON	@BARNE	@DPCON	COQ	@TEMU
BARNE	CURI	@DPCON	NUB	@CBLOA	PMON	@TEMU	COQ	@IBER	LSR	@USF	COPIA	EVR	@SM	@MAGA	RAN
MAGA	COPIA	@NUB	PMON	@COQ	EVR	@CBLOA	IBER	@TEMU	USF	@LSR	RAN	SM	@CURI	BARNE	@DPCON
SM	@IBER	TEMU	@COPIA	@RAN	DPCON	@COQ	USF	@PMON	CBLOA	@EVR	LSR	@MAGA	BARNE	CURI	@NUB
CURI	@BARNE	RAN	@TEMU	USF	COQ	@NUB	EVR	@DPCON	COPIA	@CBLOA	IBER	@LSR	MAGA	@SM	PMON
NUB	@LSR	MAGA	@BARNE	TEMU	@COPIA	CURI	DPCON	@USF	EVR	@IBER	@COQ	@PMON	CBLOA	@RAN	SM
DPCON	@RAN	BARNE	@USF	IBER	@SM	COPIA	@NUB	CURI	@COQ	PMON	@TEMU	@CBLOA	EVR	@LSR	MAGA
IBER	SM	@COQ	EVR	@DPCON	@RAN	USF	@MAGA	BARNE	@PMON	NUB	@CURI	TEMU	LSR	@COPIA	CBLOA
RAN	DPCON	@CURI	@LSR	SM	IBER	@PMON	CBLOA	@EVR	TEMU	@COPIA	@MAGA	COQ	@USF	NUB	@BARNE
TEMU	PMON	@SM	CURI	@NUB	@USF	BARNE	@LSR	MAGA	@RAN	COQ	DPCON	@IBER	COPIA	@CBLOA	EVR
PMON	@TEMU	CBLOA	@MAGA	LSR	@BARNE	RAN	@COPIA	SM	IBER	@DPCON	@EVR	NUB	@COQ	USF	@CURI

Tabla 51: Fixture de Primera B para la instancia 5

B. Fixtures de los resultados de la resolución separada

En este anexo se recogen los fixtures para las instancias consideradas en la sección de resultados, en el caso de la resolución separada.

Instancia 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UCH	ANTF	@HCH	WDR	@UDEC	IQ	@ARICA	@OHG	UE	CBSAL	@PLTN	@COLO	AUDAX	CATO	@ULAC	SLUIS
COLO	@AUDAX	OHG	@CBSAL	PLTN	@ANTF	HCH	ULAC	@CATO	@SLUIS	UDEC	UCH	@UE	@IQ	ARICA	@WDR
CATO	@PLTN	IQ	@ULAC	UE	@AUDAX	WDR	@UDEC	COLO	@HCH	ANTF	@ARICA	SLUIS	@UCH	@OHG	CBSAL
ARICA	@ULAC	AUDAX	@UE	CBSAL	@UDEC	UCH	@WDR	HCH	@ANTF	@SLUIS	CATO	@IQ	OHG	@COLO	PLTN
IQ	HCH	@CATO	SLUIS	@ANTF	@UCH	UDEC	@UE	OHG	@AUDAX	WDR	@CBSAL	ARICA	COLO	@PLTN	ULAC

ANTF	@UCH	UE	@AUDAX	IQ	COLO	@OHG	SLUIS	@PLTN	ARICA	@CATO	ULAC	@WDR	CBSAL	UDEC	@HCH
CBSAL	SLUIS	@UDEC	COLO	@ARICA	@ULAC	PLTN	@HCH	WDR	@UCH	AUDAX	IQ	@OHG	@ANTF	UE	@CATO
SLUIS	@CBSAL	PLTN	@IQ	OHG	@HCH	UE	@ANTF	@AUDAX	COLO	ARICA	@UDEC	@CATO	ULAC	WDR	@UCH
WDR	@OHG	ULAC	@UCH	AUDAX	@PLTN	@CATO	ARICA	@CBSAL	UDEC	@IQ	UE	ANTF	@HCH	@SLUIS	COLO
ULAC	ARICA	@WDR	CATO	@HCH	CBSAL	AUDAX	@COLO	@UDEC	UE	@OHG	@ANTF	PLTN	@SLUIS	UCH	@IQ
PLTN	CATO	@SLUIS	UDEC	@COLO	WDR	@CBSAL	AUDAX	ANTF	@OHG	UCH	HCH	@ULAC	@UE	IQ	@ARICA
UE	UDEC	@ANTF	ARICA	@CATO	OHG	@SLUIS	IQ	@UCH	@ULAC	HCH	@WDR	COLO	PLTN	@CBSAL	AUDAX
AUDAX	COLO	@ARICA	ANTF	@WDR	CATO	@ULAC	@PLTN	SLUIS	IQ	@CBSAL	OHG	@UCH	@UDEC	HCH	@UE
OHG	WDR	@COLO	HCH	@SLUIS	@UE	ANTF	UCH	@IQ	PLTN	ULAC	@AUDAX	CBSAL	@ARICA	CATO	@UDEC
UDEC	@UE	CBSAL	@PLTN	UCH	ARICA	@IQ	CATO	ULAC	@WDR	@COLO	SLUIS	@HCH	AUDAX	@ANTF	OHG
HCH	@IQ	UCH	@OHG	ULAC	SLUIS	@COLO	CBSAL	@ARICA	CATO	@UE	@PLTN	UDEC	WDR	@AUDAX	ANTF

Tabla 52: Fixture de Primera A para la instancia 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPIA	MAGA	@CURI	SM	LSR	@COQ	@TEMU	NUB	@DPCON	@CBLOA	PMON	@EVR	USF	@IBER	BARNE	@RAN
LSR	CBLOA	@MAGA	RAN	@COPIA	@EVR	CURI	@PMON	COQ	@BARNE	TEMU	@SM	IBER	@DPCON	USF	@NUB
COQ	@TEMU	USF	@EVR	NUB	COPIA	@CBLOA	SM	@LSR	DPCON	@IBER	BARNE	@RAN	PMON	@MAGA	CURI
USF	IBER	@COQ	CBLOA	@BARNE	@CURI	SM	EVR	@MAGA	@PMON	NUB	RAN	@COPIA	TEMU	@LSR	DPCON
CBLOA	@LSR	EVR	@USF	DPCON	@PMON	COQ	TEMU	@SM	COPIA	RAN	@MAGA	CURI	@NUB	IBER	@BARNE
EVR	CURI	@CBLOA	COQ	@TEMU	LSR	@DPCON	@USF	PMON	@SM	BARNE	COPIA	@MAGA	@RAN	NUB	@IBER
BARNE	@DPCON	TEMU	@PMON	USF	@SM	@RAN	MAGA	@IBER	LSR	@EVR	@COQ	NUB	CURI	@COPIA	CBLOA
MAGA	@COPIA	LSR	@DPCON	@RAN	TEMU	@NUB	@BARNE	USF	IBER	@CURI	CBLOA	EVR	@SM	COQ	@PMON
SM	@NUB	RAN	@COPIA	IBER	BARNE	@USF	@COQ	CBLOA	EVR	@DPCON	LSR	@PMON	MAGA	@CURI	TEMU
CURI	@EVR	COPIA	@NUB	PMON	USF	@LSR	IBER	@TEMU	@RAN	MAGA	DPCON	@CBLOA	@BARNE	SM	@COQ
NUB	SM	@PMON	CURI	@COQ	DPCON	MAGA	@COPIA	RAN	TEMU	@USF	@IBER	@BARNE	CBLOA	@EVR	LSR
DPCON	BARNE	@IBER	MAGA	@CBLOA	@NUB	EVR	@RAN	COPIA	@COQ	SM	@CURI	@TEMU	LSR	PMON	@USF
IBER	@USF	DPCON	@TEMU	@SM	RAN	PMON	@CURI	BARNE	@MAGA	COQ	NUB	@LSR	COPIA	@CBLOA	EVR
RAN	PMON	@SM	@LSR	MAGA	@IBER	BARNE	DPCON	@NUB	CURI	@CBLOA	@USF	COQ	EVR	@TEMU	COPIA
TEMU	COQ	@BARNE	IBER	EVR	@MAGA	COPIA	@CBLOA	CURI	@NUB	@LSR	PMON	DPCON	@USF	RAN	@SM
PMON	@RAN	NUB	BARNE	@CURI	CBLOA	@IBER	LSR	@EVR	USF	@COPIA	@TEMU	SM	@COQ	@DPCON	MAGA

Tabla 53: Fixture de Primera B para la instancia 1

Instancia 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UCH	@PLTN	OHG	HCH	@ARICA	SLUIS	@ULAC	UE	AUDAX	@IQ	CBSAL	@COLO	@UDEC	CATO	@WDR	ANTF
COLO	ULAC	@AUDAX	@ANTF	UDEC	@CBSAL	WDR	@HCH	@CATO	PLTN	@OHG	UCH	IQ	@UE	ARICA	@SLUIS
CATO	@IQ	CBSAL	@UE	PLTN	@AUDAX	OHG	@ANTF	COLO	@UDEC	@WDR	ARICA	SLUIS	@UCH	@ULAC	HCH
ARICA	@UE	PLTN	@UDEC	UCH	@WDR	AUDAX	@IQ	@SLUIS	CBSAL	ULAC	@CATO	@ANTF	HCH	@COLO	OHG
IQ	CATO	@HCH	SLUIS	@ULAC	UE	@CBSAL	ARICA	@PLTN	UCH	@AUDAX	ANTF	@COLO	UDEC	@OHG	WDR
ANTF	AUDAX	@WDR	COLO	@HCH	ULAC	@UE	CATO	@UDEC	OHG	@PLTN	@IQ	ARICA	@CBSAL	SLUIS	@UCH
CBSAL	SLUIS	@CATO	ULAC	@AUDAX	COLO	IQ	@OHG	WDR	@ARICA	@UCH	PLTN	@HCH	ANTF	@UE	UDEC
SLUIS	@CBSAL	UE	@IQ	OHG	@UCH	@PLTN	ULAC	ARICA	@AUDAX	HCH	@UDEC	@CATO	WDR	@ANTF	COLO
WDR	@UDEC	ANTF	@OHG	UE	ARICA	@COLO	PLTN	@CBSAL	ULAC	CATO	@HCH	AUDAX	@SLUIS	UCH	@IQ
ULAC	@COLO	UDEC	@CBSAL	IQ	@ANTF	UCH	@SLUIS	HCH	@WDR	@ARICA	UE	OHG	@AUDAX	CATO	@PLTN
PLTN	UCH	@ARICA	AUDAX	@CATO	HCH	SLUIS	@WDR	IQ	@COLO	ANTF	@CBSAL	UE	@OHG	@UDEC	ULAC
UE	ARICA	@SLUIS	CATO	@WDR	@IQ	ANTF	@UCH	OHG	@HCH	UDEC	@ULAC	@PLTN	COLO	CBSAL	@AUDAX

AUDAX	@ANTF	COLO	@PLTN	CBSAL	CATO	@ARICA	UDEC	@UCH	SLUIS	IQ	@OHG	@WDR	ULAC	@HCH	UE
OHG	HCH	@UCH	WDR	@SLUIS	UDEC	@CATO	CBSAL	@UE	@ANTF	COLO	AUDAX	@ULAC	PLTN	IQ	@ARICA
UDEC	WDR	@ULAC	ARICA	@COLO	@OHG	HCH	@AUDAX	ANTF	CATO	@UE	SLUIS	UCH	@IQ	PLTN	@CBSAL
HCH	@OHG	IQ	@UCH	ANTF	@PLTN	@UDEC	COLO	@ULAC	UE	@SLUIS	WDR	CBSAL	@ARICA	AUDAX	@CATO

Tabla 54: Fixture de Primera A para la instancia 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPIA	BARNE	@IBER	DPCON	@NUB	TEMU	@LSR	EVR	@CBLOA	@PMON	RAN	@MAGA	CURI	@COQ	SM	@USF
LSR	USF	@CBLOA	BARNE	@RAN	IBER	COPIA	@DPCON	COQ	@MAGA	PMON	@SM	EVR	@CURI	NUB	@TEMU
COQ	@CURI	MAGA	@EVR	PMON	@CBLOA	@TEMU	SM	@LSR	DPCON	@USF	NUB	@RAN	COPIA	@BARNE	IBER
USF	@LSR	EVR	CURI	@BARNE	@DPCON	MAGA	@NUB	PMON	@SM	COQ	RAN	@TEMU	IBER	@CBLOA	COPIA
CBLOA	@TEMU	LSR	NUB	@CURI	COQ	PMON	@RAN	COPIA	@BARNE	IBER	@EVR	MAGA	@DPCON	USF	@SM
EVR	DPCON	@USF	COQ	@MAGA	@PMON	RAN	@COPIA	NUB	@IBER	BARNE	CBLOA	@LSR	@SM	TEMU	@CURI
BARNE	@COPIA	RAN	@LSR	USF	MAGA	@IBER	TEMU	@CURI	CBLOA	@EVR	DPCON	SM	@NUB	COQ	@PMON
MAGA	NUB	@COQ	SM	EVR	@BARNE	@USF	IBER	@TEMU	LSR	@CURI	COPIA	@CBLOA	RAN	PMON	@DPCON
SM	@PMON	TEMU	@MAGA	@IBER	NUB	@CURI	@COQ	RAN	USF	@DPCON	LSR	@BARNE	EVR	@COPIA	CBLOA
CURI	COQ	@DPCON	@USF	CBLOA	@RAN	SM	@PMON	BARNE	@NUB	MAGA	TEMU	@COPIA	LSR	@IBER	EVR
NUB	@MAGA	PMON	@CBLOA	COPIA	@SM	DPCON	USF	@EVR	CURI	@TEMU	@COQ	@IBER	BARNE	@LSR	RAN
DPCON	@EVR	CURI	@COPIA	TEMU	USF	@NUB	LSR	@IBER	@COQ	SM	@BARNE	@PMON	CBLOA	@RAN	MAGA
IBER	@RAN	COPIA	@TEMU	SM	@LSR	BARNE	@MAGA	DPCON	EVR	@CBLOA	PMON	NUB	@USF	CURI	@COQ
RAN	IBER	@BARNE	@PMON	LSR	CURI	@EVR	CBLOA	@SM	TEMU	@COPIA	@USF	COQ	@MAGA	DPCON	@NUB
TEMU	CBLOA	@SM	IBER	@DPCON	@COPIA	COQ	@BARNE	MAGA	@RAN	NUB	@CURI	USF	@PMON	@EVR	LSR
PMON	SM	@NUB	RAN	@COQ	EVR	@CBLOA	CURI	@USF	COPIA	@LSR	@IBER	DPCON	TEMU	@MAGA	BARNE

Tabla 55: Fixture de Primera B para la instancia 2

Instancia 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UCH	WDR	@OHG	UDEC	@AUDAX	ARICA	@IQ	@SLUIS	UE	@HCH	CBSAL	@COLO	PLTN	CATO	@ULAC	ANTF
COLO	@PLTN	HCH	@CBSAL	SLUIS	@UE	OHG	AUDAX	@CATO	ULAC	@ANTF	UCH	@WDR	@ARICA	IQ	@UDEC
CATO	@ARICA	IQ	@ULAC	ANTF	@PLTN	HCH	@WDR	COLO	@UDEC	SLUIS	OHG	@AUDAX	@UCH	CBSAL	@UE
ARICA	CATO	@UE	@IQ	PLTN	@UCH	SLUIS	@ANTF	OHG	@AUDAX	UDEC	@HCH	CBSAL	COLO	@WDR	ULAC
IQ	OHG	@CATO	ARICA	@WDR	CBSAL	UCH	@UE	UDEC	@SLUIS	HCH	@PLTN	@ANTF	ULAC	@COLO	AUDAX
ANTF	ULAC	@UDEC	OHG	@CATO	AUDAX	@WDR	ARICA	@CBSAL	@UE	COLO	@SLUIS	IQ	@PLTN	HCH	@UCH
CBSAL	SLUIS	@ULAC	COLO	@UE	@IQ	UDEC	@HCH	ANTF	PLTN	@UCH	WDR	@ARICA	AUDAX	@CATO	OHG
SLUIS	@CBSAL	@WDR	AUDAX	@COLO	OHG	@ARICA	UCH	@ULAC	IQ	@CATO	ANTF	UE	@HCH	UDEC	@PLTN
WDR	@UCH	SLUIS	@PLTN	IQ	@ULAC	ANTF	CATO	@AUDAX	@OHG	UE	@CBSAL	COLO	@UDEC	ARICA	@HCH
ULAC	@ANTF	CBSAL	CATO	@HCH	WDR	@AUDAX	@OHG	SLUIS	@COLO	PLTN	@UE	UDEC	@IQ	UCH	@ARICA
PLTN	COLO	@AUDAX	WDR	@ARICA	CATO	UE	@UDEC	HCH	@CBSAL	@ULAC	IQ	@UCH	ANTF	@OHG	SLUIS
UE	@UDEC	ARICA	@HCH	CBSAL	COLO	@PLTN	IQ	@UCH	ANTF	@WDR	ULAC	@SLUIS	OHG	@AUDAX	CATO
AUDAX	@HCH	PLTN	@SLUIS	UCH	@ANTF	ULAC	@COLO	WDR	ARICA	@OHG	@UDEC	CATO	@CBSAL	UE	@IQ
OHG	@IQ	UCH	@ANTF	UDEC	@SLUIS	@COLO	ULAC	@ARICA	WDR	AUDAX	@CATO	HCH	@UE	PLTN	@CBSAL
UDEC	UE	ANTF	@UCH	@OHG	HCH	@CBSAL	PLTN	@IQ	CATO	@ARICA	AUDAX	@ULAC	WDR	@SLUIS	COLO
HCH	AUDAX	@COLO	UE	ULAC	@UDEC	@CATO	CBSAL	@PLTN	UCH	@IQ	ARICA	@OHG	SLUIS	@ANTF	WDR

Tabla 56: Fixture de Primera A para la instancia 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPIA	@LSR	NUB	COQ	@EVR	DPCON	@RAN	TEMU	@CBLOA	@PMON	BARNE	@MAGA	USF	@CURI	SM	@IBER
LSR	COPIA	@DPCON	PMON	@RAN	EVR	@TEMU	CURI	COQ	@BARNE	SM	@CBLOA	MAGA	@NUB	IBER	@USF
COQ	@CURI	TEMU	@COPIA	MAGA	@USF	SM	@PMON	@LSR	CBLOA	@IBER	DPCON	@RAN	BARNE	@EVR	NUB
USF	CBLOA	@BARNE	CURI	@DPCON	COQ	@IBER	@SM	NUB	@MAGA	RAN	TEMU	@COPIA	EVR	@PMON	LSR
CBLOA	@USF	CURI	@TEMU	IBER	@SM	PMON	@NUB	COPIA	@COQ	MAGA	LSR	@BARNE	RAN	@DPCON	EVR
EVR	@TEMU	IBER	@MAGA	COPIA	@LSR	NUB	@RAN	BARNE	DPCON	@CURI	PMON	@SM	@USF	COQ	@CBLOA
BARNE	@IBER	USF	@NUB	TEMU	@PMON	@CURI	DPCON	@EVR	LSR	@COPIA	RAN	CBLOA	@COQ	MAGA	@SM
MAGA	@NUB	RAN	EVR	@COQ	CURI	@DPCON	IBER	@TEMU	USF	@CBLOA	COPIA	@LSR	SM	@BARNE	PMON
SM	DPCON	@PMON	RAN	@CURI	CBLOA	@COQ	USF	@IBER	TEMU	@LSR	NUB	EVR	@MAGA	@COPIA	BARNE
CURI	COQ	@CBLOA	@USF	SM	@MAGA	BARNE	@LSR	PMON	@NUB	EVR	IBER	@TEMU	COPIA	@RAN	DPCON
NUB	MAGA	@COPIA	BARNE	@PMON	RAN	@EVR	CBLOA	@USF	CURI	@DPCON	@SM	@IBER	LSR	TEMU	@COQ
DPCON	@SM	LSR	@IBER	USF	@COPIA	MAGA	@BARNE	RAN	@EVR	NUB	@COQ	@PMON	TEMU	CBLOA	@CURI
IBER	BARNE	@EVR	DPCON	@CBLOA	@TEMU	USF	@MAGA	SM	@RAN	COQ	@CURI	NUB	PMON	@LSR	COPIA
RAN	PMON	@MAGA	@SM	LSR	@NUB	COPIA	EVR	@DPCON	IBER	@USF	@BARNE	COQ	@CBLOA	CURI	@TEMU
TEMU	EVR	@COQ	CBLOA	@BARNE	IBER	LSR	@COPIA	MAGA	@SM	PMON	@USF	CURI	@DPCON	@NUB	RAN
PMON	@RAN	SM	@LSR	NUB	BARNE	@CBLOA	COQ	@CURI	COPIA	@TEMU	@EVR	DPCON	@IBER	USF	@MAGA

Tabla 57: Fixture de Primera B para la instancia 3

Instancia 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UCH	UE	@WDR	SLUIS	@CBSAL	UDEC	@PLTN	@ANTF	OHG	@IQ	HCH	@COLO	AUDAX	CATO	@ULAC	ARICA
COLO	@UDEC	PLTN	@AUDAX	ANTF	@UE	ULAC	WDR	@CATO	CBSAL	@ARICA	UCH	@OHG	@HCH	IQ	@SLUIS
CATO	@HCH	IQ	@ULAC	OHG	ARICA	@SLUIS	@AUDAX	COLO	@UE	ANTF	@WDR	UDEC	@UCH	CBSAL	@PLTN
ARICA	OHG	@CBSAL	IQ	ULAC	@CATO	ANTF	@UE	WDR	@AUDAX	COLO	@HCH	SLUIS	@PLTN	UDEC	@UCH
IQ	WDR	@CATO	@ARICA	PLTN	@HCH	UE	CBSAL	@UDEC	UCH	@SLUIS	ANTF	@ULAC	OHG	@COLO	AUDAX
ANTF	AUDAX	@HCH	OHG	@COLO	SLUIS	@ARICA	UCH	@PLTN	UDEC	@CATO	@IQ	UE	CBSAL	@WDR	ULAC
CBSAL	SLUIS	ARICA	@UDEC	UCH	@ULAC	OHG	@IQ	HCH	@COLO	AUDAX	@UE	PLTN	@ANTF	@CATO	WDR
SLUIS	@CBSAL	UDEC	@UCH	HCH	@ANTF	CATO	@ULAC	UE	@WDR	IQ	@PLTN	@ARICA	AUDAX	@OHG	COLO
WDR	@IQ	UCH	@PLTN	UE	@OHG	AUDAX	@COLO	@ARICA	SLUIS	@ULAC	CATO	HCH	@UDEC	ANTF	@CBSAL
ULAC	@PLTN	@OHG	CATO	@ARICA	CBSAL	@COLO	SLUIS	AUDAX	@HCH	WDR	@UDEC	IQ	@UE	UCH	@ANTF
PLTN	ULAC	@COLO	WDR	@IQ	@AUDAX	UCH	@HCH	ANTF	@OHG	UDEC	SLUIS	@CBSAL	ARICA	@UE	CATO
UE	@UCH	@AUDAX	HCH	@WDR	COLO	@IQ	ARICA	@SLUIS	CATO	@OHG	CBSAL	@ANTF	ULAC	PLTN	@UDEC
AUDAX	@ANTF	UE	COLO	@UDEC	PLTN	@WDR	CATO	@ULAC	ARICA	@CBSAL	OHG	@UCH	@SLUIS	HCH	@IQ
OHG	@ARICA	ULAC	@ANTF	@CATO	WDR	@CBSAL	UDEC	@UCH	PLTN	UE	@AUDAX	COLO	@IQ	SLUIS	@HCH
UDEC	COLO	@SLUIS	CBSAL	AUDAX	@UCH	HCH	@OHG	IQ	@ANTF	@PLTN	ULAC	@CATO	WDR	@ARICA	UE
HCH	CATO	ANTF	@UE	@SLUIS	IQ	@UDEC	PLTN	@CBSAL	ULAC	@UCH	ARICA	@WDR	COLO	@AUDAX	OHG

Tabla 58: Fixture de Primera A para la instancia 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPIA	PMON	@BARNE	IBER	@RAN	NUB	@EVR	CURI	@TEMU	@COQ	SM	@MAGA	DPCON	CBLOA	@USF	LSR
LSR	BARNE	@PMON	NUB	@EVR	CURI	@USF	CBLOA	COQ	@RAN	IBER	@SM	MAGA	@DPCON	TEMU	@COPIA
COQ	@SM	CURI	@CBLOA	DPCON	@TEMU	BARNE	@MAGA	@LSR	COPIA	@USF	NUB	@RAN	PMON	@IBER	EVR
USF	EVR	@CBLOA	PMON	@IBER	RAN	LSR	@SM	MAGA	@BARNE	COQ	@TEMU	CURI	@NUB	COPIA	@DPCON
CBLOA	@DPCON	USF	COQ	@PMON	EVR	@IBER	@LSR	RAN	@NUB	BARNE	@CURI	TEMU	@COPIA	MAGA	@SM
EVR	@USF	RAN	@TEMU	LSR	@CBLOA	COPIA	@BARNE	NUB	@DPCON	MAGA	PMON	@IBER	@CURI	SM	@COQ

BARNE	@LSR	COPIA	@MAGA	@CURI	PMON	@COQ	EVR	@IBER	USF	@CBLOA	RAN	SM	@TEMU	DPCON	@NUB
MAGA	@TEMU	DPCON	BARNE	@SM	IBER	@NUB	COQ	@USF	CURI	@EVR	COPIA	@LSR	RAN	@CBLOA	PMON
SM	COQ	@NUB	CURI	MAGA	@DPCON	@RAN	USF	@PMON	TEMU	@COPIA	LSR	@BARNE	IBER	@EVR	CBLOA
CURI	NUB	@COQ	@SM	BARNE	@LSR	TEMU	@COPIA	DPCON	@MAGA	RAN	CBLOA	@USF	EVR	@PMON	IBER
NUB	@CURI	SM	@LSR	TEMU	@COPIA	MAGA	IBER	@EVR	CBLOA	@DPCON	@COQ	@PMON	USF	@RAN	BARNE
DPCON	CBLOA	@MAGA	RAN	@COQ	SM	@PMON	TEMU	@CURI	EVR	NUB	@IBER	@COPIA	LSR	@BARNE	USF
IBER	@RAN	TEMU	@COPIA	USF	@MAGA	CBLOA	@NUB	BARNE	@PMON	@LSR	DPCON	EVR	@SM	COQ	@CURI
RAN	IBER	@EVR	@DPCON	COPIA	@USF	SM	PMON	@CBLOA	LSR	@CURI	@BARNE	COQ	@MAGA	NUB	@TEMU
TEMU	MAGA	@IBER	EVR	@NUB	COQ	@CURI	@DPCON	COPIA	@SM	PMON	USF	@CBLOA	BARNE	@LSR	RAN
PMON	@COPIA	LSR	@USF	CBLOA	@BARNE	DPCON	@RAN	SM	IBER	@TEMU	@EVR	NUB	@COQ	CURI	@MAGA

Tabla 59: Fixture de Primera B para la instancia 4

Instancia 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UCH	AUDAX	@HCH	ULAC	@ARICA	OHG	@IQ	@PLTN	UE	@WDR	CBSAL	@COLO	UDEC	CATO	@SLUIS	ANTF
COLO	@UDEC	IQ	@ANTF	PLTN	@CBSAL	WDR	SLUIS	@CATO	HCH	@ULAC	UCH	@AUDAX	@UE	ARICA	@OHG
CATO	@PLTN	CBSAL	@WDR	UDEC	UE	@HCH	@AUDAX	COLO	@ANTF	SLUIS	@ARICA	OHG	@UCH	IQ	@ULAC
ARICA	@WDR	UE	@UDEC	UCH	@IQ	OHG	@ANTF	@SLUIS	ULAC	@HCH	CATO	@PLTN	CBSAL	@COLO	AUDAX
IQ	ULAC	@COLO	SLUIS	@AUDAX	ARICA	UCH	@OHG	CBSAL	@UDEC	UE	@ANTF	@HCH	PLTN	@CATO	WDR
ANTF	HCH	@SLUIS	COLO	@OHG	AUDAX	@ULAC	ARICA	@PLTN	CATO	@WDR	IQ	CBSAL	@UDEC	UE	@UCH
CBSAL	SLUIS	@CATO	OHG	@HCH	COLO	@AUDAX	ULAC	@IQ	PLTN	@UCH	WDR	@ANTF	@ARICA	UDEC	@UE
SLUIS	@CBSAL	ANTF	@IQ	UE	@WDR	UDEC	@COLO	ARICA	@OHG	@CATO	HCH	@ULAC	AUDAX	UCH	@PLTN
WDR	ARICA	@AUDAX	CATO	@ULAC	SLUIS	@COLO	HCH	@UDEC	UCH	ANTF	@CBSAL	UE	@OHG	PLTN	@IQ
ULAC	@IQ	PLTN	@UCH	WDR	@UDEC	ANTF	@CBSAL	OHG	@ARICA	COLO	@UE	SLUIS	HCH	@AUDAX	CATO
PLTN	CATO	@ULAC	AUDAX	@COLO	HCH	@UE	UCH	ANTF	@CBSAL	UDEC	@OHG	ARICA	@IQ	@WDR	SLUIS
UE	OHG	@ARICA	HCH	@SLUIS	@CATO	PLTN	UDEC	@UCH	AUDAX	@IQ	ULAC	@WDR	COLO	@ANTF	CBSAL
AUDAX	@UCH	WDR	@PLTN	IQ	@ANTF	CBSAL	CATO	@HCH	@UE	OHG	@UDEC	COLO	@SLUIS	ULAC	@ARICA
OHG	@UE	UDEC	@CBSAL	ANTF	@UCH	@ARICA	IQ	@ULAC	SLUIS	@AUDAX	PLTN	@CATO	WDR	@HCH	COLO
UDEC	COLO	@OHG	ARICA	@CATO	ULAC	@SLUIS	@UE	WDR	IQ	@PLTN	AUDAX	@UCH	ANTF	@CBSAL	HCH
HCH	@ANTF	UCH	@UE	CBSAL	@PLTN	CATO	@WDR	AUDAX	@COLO	ARICA	@SLUIS	IQ	@ULAC	OHG	@UDEC

Tabla 60: Fixture de Primera A para la instancia 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COPIA	@TEMU	LSR	EVR	@DPCON	RAN	@USF	NUB	@CBLOA	@SM	MAGA	@BARNE	CURI	@COQ	PMON	@IBER
LSR	BARNE	@COPIA	DPCON	@EVR	TEMU	@RAN	USF	COQ	@PMON	SM	@IBER	CBLOA	@CURI	NUB	@MAGA
COQ	@SM	USF	@TEMU	PMON	@IBER	CURI	@BARNE	@LSR	EVR	@CBLOA	NUB	@MAGA	COPIA	@RAN	DPCON
USF	DPCON	@COQ	NUB	@CBLOA	EVR	COPIA	@LSR	PMON	@CURI	RAN	@MAGA	IBER	@BARNE	@TEMU	SM
CBLOA	@RAN	IBER	@MAGA	USF	@PMON	SM	@CURI	COPIA	@NUB	COQ	DPCON	@LSR	TEMU	@EVR	BARNE
EVR	@PMON	TEMU	@COPIA	LSR	@USF	MAGA	@IBER	BARNE	@COQ	CURI	RAN	@SM	@DPCON	CBLOA	@NUB
BARNE	@LSR	PMON	@IBER	MAGA	@SM	@NUB	COQ	@EVR	DPCON	@TEMU	COPIA	@RAN	USF	CURI	@CBLOA
MAGA	NUB	@CURI	CBLOA	@BARNE	DPCON	@EVR	TEMU	@RAN	IBER	@COPIA	USF	COQ	@PMON	@SM	LSR
SM	COQ	@NUB	RAN	@CURI	BARNE	@CBLOA	DPCON	@TEMU	COPIA	@LSR	PMON	EVR	@IBER	MAGA	@USF
CURI	@IBER	MAGA	@PMON	SM	NUB	@COQ	CBLOA	@DPCON	USF	@EVR	TEMU	@COPIA	LSR	@BARNE	RAN
NUB	@MAGA	SM	@USF	TEMU	@CURI	BARNE	@COPIA	IBER	CBLOA	@DPCON	@COQ	@PMON	RAN	@LSR	EVR
DPCON	@USF	RAN	@LSR	COPIA	@MAGA	PMON	@SM	CURI	@BARNE	NUB	@CBLOA	@TEMU	EVR	IBER	@COQ
IBER	CURI	@CBLOA	BARNE	@RAN	COQ	@TEMU	EVR	@NUB	@MAGA	PMON	LSR	@USF	SM	@DPCON	COPIA

RAN	CBLOA	@DPCON	@ SM	IBER	@COPIA	LSR	@PMON	MAGA	TEMU	@USF	@EVR	BARNE	@NUB	COQ	@CURI
TEMU	COPIA	@EVR	COQ	@NUB	@LSR	IBER	@MAGA	SM	@RAN	BARNE	@CURI	DPCON	@CBLOA	USF	@PMON
PMON	EVR	@BARNE	CURI	@COQ	CBLOA	@DPCON	RAN	@USF	LSR	@IBER	@ SM	NUB	MAGA	@COPIA	TEMU

Tabla 61: Fixture de Primera B para la instancia 5