

Tipo de documento: Tesis de maestría

Master in Management + Analytics

Diseño estratégico de competencias deportivas: incorporando un torneo midseason en la NBA

Autoría: Insúa, Tomás

Fecha de defensa de la tesis: 2023

¿Cómo citar este trabajo?

Insúa T. (2023) Diseño estratégico de competencias deportivas: incorporando un torneo midseason en la NBA". *[Tesis de maestría. Universidad Torcuato Di Tella]*.

Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella

<https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/12035>

El presente documento se encuentra alojado en el Repositorio Digital de la Universidad Torcuato Di Tella bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 2.5 Argentina (CC BY-NC-SA 2.5 AR)

Dirección: <https://repositorio.utdt.edu>



**UNIVERSIDAD
TORCUATO DI TELLA**

MASTER IN MANAGEMENT + ANALYTICS

DISEÑO ESTRATÉGICO DE COMPETENCIAS

DEPORTIVAS: INCORPORANDO UN TORNEO

MIDSEASON EN LA NBA

TESIS

Tomás Insua

Mayo 2023

Tutores: Nicolás García Aramouni, Juan José Miranda Bront

Resumen

La liga estadounidense de basquetbol (NBA por sus siglas en inglés) es considerada la mejor liga doméstica de básquet del mundo y, en términos generales, una de las ligas deportivas más importantes a nivel internacional. Sin embargo, el formato actual de esta competencia presenta varios desafíos y oportunidades de mejora. Desde un calendario extenso con muchos partidos de poca relevancia hasta incentivos implícitos para que los equipos de bajo rendimiento pierdan de manera intencionada, estas y otras características hacen que la competición pierda cierto atractivo en momentos de la temporada.

En la presente tesis desarrollamos una propuesta de *framework* para la inclusión de una competición secundaria dentro del calendario actual de partidos que permita abordar, al menos parcialmente, estos aspectos. El objetivo es identificar los principales factores a tener en cuenta en el diseño de un torneo *midseason* y el impacto de cada uno de ellos en la factibilidad de su implementación y en el resultado económico. La misma se apoya en una reducción de 150 partidos de temporada regular y en la inclusión de 23 partidos correspondientes al torneo nuevo. Partiendo de datos reales de las temporadas 2016, 2017 y 2018, se emplearon distintas herramientas y métodos analíticos a fin de evaluar el impacto de distintas configuraciones para incorporar de manera sistemática un torneo adicional, junto con partidos nuevos, al calendario de la temporada de la NBA. En base al análisis de los resultados de las distintas instancias de torneo generadas, se encontró que dependiendo de la amplitud de tiempo designada a cada ronda y el grado de flexibilización de las reglas de la temporada, el porcentaje de instancias de torneo factibles puede variar desde un 20% hasta un 100%, concluyendo en la relevancia de estos dos factores en el diseño de un torneo paralelo. Para aquellas instancias de torneo factibles además, el modelo de Programación Lineal Entera (PLE) propuesto para la asignación de partidos ayudó a reducir en un 45% el impacto en el incremento de la distancia promedio por partido. Por último, se analizó el punto de equilibrio económico para determinar la viabilidad del negocio. Se concluyó que dejando de lado ciertos ingresos y otros beneficios indirectos que se obtendrían con su implementación, el resultado operativo del negocio dependerá principalmente del impacto que tenga el ahorro en los gastos de los traslados de los equipos. En este sentido, se analizaron distintos escenarios, resultando el peor de ellos en una pérdida del 10%, lo que equivaldría a 18 días de un calendario de temporada regular.

Abstract

The National Basketball Association (NBA) is considered the best domestic basketball league in the world and is also known as one of the most important sports leagues in the industry. However, the current competition structure presents several challenges and opportunities for improvement. From an extensive schedule with many low-relevance games to implicit incentives for intentionally losing games, all of these drawbacks cause the competition to mislay some sport engagement at certain points during the season.

In this present work, we develop a framework for the inclusion of a complementary competition that addresses these problems within the current schedule of games. The goal is to identify the main elements to be considered in the design of a midseason tournament and the impact of each of them on the feasibility of its implementation and its economic outcome. The framework is based on the reduction of 150 regular season games and the addition of 23 games corresponding to the new tournament. Starting from real data from the 2016, 2017, and 2018 seasons, different analytical tools and methods were employed to evaluate the impact of various configurations for systematically incorporating an additional tournament, along with new matches, into the NBA season calendar. Based on the results of the different tournament instances generated, we found that depending on the amount of time designated for each round and the degree of flexibility of the season rules, the percentage of feasible tournament instances can vary from 20% to 100%, concluding the relevance of these two factors in the design of a parallel tournament. For those tournament instances that were feasible, the proposed Integer Lineal Programming (ILP) model helped reduce the impact on the average distance per game by 45%. Finally, the break-even point was analyzed to determine the viability of the business. We concluded that, aside from certain revenues and other qualitative benefits that would be obtained with its implementation, the operational result will depend on the impact of the savings in the expenses of the teams' travel. In this regard, different scenarios were analyzed. The worst of them represents a loss of 10%, which would be equivalent to a 18 days regular season schedule.

Índice

Índice	4
1. Introducción	6
2. La Investigación Operativa en el deporte y el Scheduling	8
2.1. El campo del Sport Analytics	8
2.2. Nociones básicas de Programación Lineal Entera	9
2.3. Los problemas de Scheduling	12
2.4. El problema del Travelling Tournament (TTP)	16
3. Características del calendario de la NBA	19
3.1. Estructura general de una temporada regular	19
3.2. Las restricciones del calendario de la NBA	21
4. Problemas y desventajas del calendario actual	22
4.1. Un calendario ajustado	22
4.2. La asistencia en temporada regular	25
4.3. Los equipos de bajo rendimiento deportivo	28
4.4. El Draft de la NBA y el problema del Tanking	33
4.5. Los desafíos de la liga como una oportunidades de mejora	37
5. La importancia de un torneo midseason	37
5.1. Ideas actuales en la NBA	37
5.2. Benchmark: La Copa del Rey de Baloncesto	39
6. Un framework para el diseño del torneo midseason	41
6.1. Introducción a la metodología	41
6.2. El formato del torneo	42
6.2.1. La modalidad en los enfrentamientos	43
6.2.2. Los equipos y el premio para el campeón	43
6.3. La quita de partidos	46
6.3.1. El antecedente de la temporada 2020/2021	48
6.4. El momento para disputar los partidos el torneo	49
6.4.1. Las reglas de la temporada	50
6.4.2. Las ventanas de cada ronda	52
6.5. Utilizando el algoritmo de PageRank para la simulación de rankings	54
6.6. El modelo de asignación de partidos	56
6.7. Resumen de la metodología	61
7. Resultados computacionales	62
7.1. Introducción	62
7.2. Factibilidad de implementación en el calendario actual	64
7.2.1. La amplitud de las ventanas	64
7.2.2. La flexibilización de las reglas de la temporada	65
7.2.3. Combinando configuraciones de ventana y reglas de temporada	66

7.2.4. La factibilidad a nivel partidos	68
7.2.5. La factibilidad a nivel torneo	71
7.2.6. Resultados de otras configuraciones	72
7.2.7. Resumen del análisis de factibilidad	74
7.3. Impacto en las distancias recorridas	74
7.4. Factibilidad económica	81
8. Conclusiones	86
9. Próximos trabajos	89
10. Referencias	94
10.1. Papers académicos	94
10.2. Artículos periodísticos	96

1. Introducción

El deporte es un aspecto fundamental en la vida de las personas, que va desde el impacto cotidiano en la salud física y mental, hasta el efecto socioeconómico y cultural que producen los eventos deportivos en una comunidad. Un equipo o atleta de cualquier deporte, ya sea profesional o no, puede convocar multitudes y lograr grandes disputas o rivalidades entre comunidades. Eternos debates sobre tácticas, jugadores o equipos suelen ocurrir a diario en cualquier parte del mundo. Puede resultar una pasión muy grande para los fanáticos del deporte. Sin embargo, muchas veces se pierde de vista que detrás existe un negocio, que para sea sustentable en el tiempo debe presentar un saldo positivo entre los costos asociados a la organización de una competencia y los ingresos que ésta genera: desde las entradas a los eventos deportivos, hasta aquellos derivados de la venta de camisetas y otros productos. Una de las fuentes más importantes de estos ingresos suele ser la asistencia de los fanáticos y los contratos con los medios de comunicación por los derechos de transmisión de los partidos. Es por esto que el diseño del calendario de una competencia resulta clave para el éxito de este negocio. Al mismo tiempo, existen múltiples actores e intereses en juego al momento de armar el calendario de partidos: los propios organizadores, franquicias, jugadores, fanáticos, medios de comunicación, aerolíneas, etc. La complejidad e interrelación entre todos estos factores y el impacto económico que tiene en el negocio, hacen que la organización de una competencia sea muy relevante. Es por ello, que cada vez hay más trabajos de investigación en el campo de Sports Analytics que ponen el foco en técnicas y heurísticas para la optimización de calendarios deportivos. Una de las principales ligas deportivas en el mundo que suele ser referente en este aspecto es la liga estadounidense de baloncesto (NBA por sus siglas en inglés).

La NBA es una de las ligas deportivas más vistas en el mundo y está posiblemente dentro del top de las más rentables junto a la también ligas estadounidenses de baseball (MLB) y fútbol americano (NFL). Según Forbes, 3 de los 10 equipos deportivos con mayor valor de mercado en el mundo pertenecen a la NBA [V]. A diferencia de dichas ligas de baseball y fútbol americano, la NBA presenta además un público más globalizado, siendo China y Europa los mercados más importantes fuera de Estados Unidos. No debe sorprender que parte fundamental de este éxito comercial surge del atractivo de los enfrentamientos entre los distintos jugadores y estrellas de las franquicias que conforman la organización del torneo.

Durante toda la historia de esta competencia, el formato y diseño del calendario ha sufrido cambios importantes, como la inclusión más reciente del Play-in, donde se adicionó una instancia de eliminación directa para los que un conjunto de equipos en la mitad de la tabla de posiciones peleen por un lugar en la fase final de la temporada. No obstante, en términos generales, una temporada de la NBA (ver e.g., [42]) se compone de 30 equipos, donde cada uno juega 82 partidos, con una cantidad variable de partidos según el rival, con un mínimo de 2 y un máximo de 4 partidos por rival. Aproximadamente la mitad de los equipos clasifican a los playoffs: series de eliminación al mejor de 7 partidos, en los que se definirá primero a los dos campeones regionales (Este y Oeste) y luego de éstos surgirá el campeón máximo de la liga. Cabe destacar que, además, los peores equipos de la tabla al final de la temporada, tienen una mayor chance para adquirir los jugadores universitarios con mayor proyección a futuro, en lo que se conoce como el Draft de la NBA.

Un formato de competencia con una duración tan extensa como la actual, conlleva varios desafíos. Por un lado, mayor cansancio y riesgo de lesiones para los jugadores. Por otro lado,

mayor proporción de partidos de bajo atractivo deportivo para los espectadores. Al mismo tiempo, tanto para los equipos clasificados a los playoffs como para los equipos ya eliminados, sucede algo interesante: dado que los resultados de sus partidos durante la segunda mitad de la temporada no tendrían mucha influencia sobre su posición final, podrían llegar a disputarse con un grado de interés e intensidad menor. Justamente en este tipo de ligas es conocido un fenómeno denominado *tanking*, en donde existen incentivos directos como el mencionado Draft, para que los peores equipos que ya no cuentan con chances reales de clasificación, pierdan partidos de forma intencionada y conseguir así una posición más favorable para la elección de los mejores jugadores jóvenes. En este sentido, podemos separar a los equipos en tres grupos: los de mayor calidad competitiva, los de menor calidad y los de nivel intermedio. Uno podría pensar que los equipos de nivel intermedio, que no se los suele considerar como verdaderos contendientes al título, tienen más incentivos a perder intencionalmente que intentar clasificar a los playoffs; sin embargo, es interesante resaltar que en general estos equipos por una cuestión de “orgullo”, suelen hacer cambios en su equipo con tal de conseguir una clasificación a las últimas plazas disponibles.

Dada esta situación, hace ya varios años que, en medios especializados como Forbes [IV] y NBC [X], se plantea la necesidad de acortar la cantidad de partidos de la temporada regular, pero manteniendo el nivel de ingresos para equipos y jugadores. De hecho la NBA reconoce que esta es una alternativa que está siendo evaluada. Para esto, además de acortar la cantidad de partidos, es necesario crear una estructura que asegure mantener el interés (y por ende los ingresos) para aquellos equipos que se ven motivados por el fenómeno de *tanking*. Una alternativa es introducir torneos durante la temporada que generen un incentivo adicional, tanto para los equipos como para los aficionados.

La pregunta que emerge entonces es: ¿existe un formato alternativo de liga superador al actual, que requiera de menos partidos pero que al mismo tiempo permita mantener el interés de los fanáticos y así los ingresos de los equipos y la liga? Si esto es así, ¿qué factores le permiten garantizar una buena calidad al calendario? ¿Existe una organización óptima de este formato?

Analizando datos de las temporadas 2016, 2017 y 2018¹ este trabajo pretende indagar en estas preguntas para entender si es posible lograr una mejora en el espectáculo deportivo de la NBA y al mismo tiempo en el negocio. Para ello, dividimos el trabajo en dos grandes partes. En la primera desarrollamos la motivación del problema mediante una revisión bibliográfica de la literatura relacionada al tema de estudio (Sección 2), un análisis de las principales características del calendario de esta liga (Sección 3) y sus principales oportunidades de mejora (Secciones 4). En la segunda parte, planteamos una posible solución a los problemas analizados mediante la implementación de un torneo *midseason*, realizando un relevamiento de las principales ideas que posee actualmente la organización que dirige la NBA y un *benchmark* de una liga europea (Sección 5). Luego, planteamos un *framework* para la implementación de un torneo paralelo, describiendo los principales factores a tener en cuenta a la hora del diseño de un torneo de estas características (Sección 6). Finalmente analizamos los resultados de una serie de simulaciones con el objetivo de describir el impacto que tienen estos factores en la posibilidad de implementar el torneo *midseason* en el calendario actual de la NBA (Sección 7).

¹ Los datos de la temporada 2019/2020 y 2020/2021 fueron descartados por el claro impacto que tuvo la pandemia del COVID en la organización de los partidos y en la asistencia de los fanáticos a los estadios. Al momento del presente trabajo, la temporada 2021/2022 se encontraba en pleno desarrollo.

Por último, resumimos las principales conclusiones de este trabajo (Sección 8) y proponemos algunas ideas para futuros trabajos relacionados al tema (Sección 9).

2. La Investigación Operativa en el deporte y el Scheduling

2.1. El campo del Sport Analytics

En general, no es una práctica habitual asociar a la actividad deportiva con el ámbito de los negocios, fundamentalmente por parte de los fanáticos que ven a sus equipos o jugadores favoritos con una perspectiva alejada de conceptos asociados a costos, rentabilidad, márgenes de ganancia, etc. El deporte como fenómeno cultural está más relacionado al aspecto social pero sería ingenuo negar que las grandes organizaciones deportivas, en especial aquellas que son profesionales, solo buscan fomentar lo deportivo como único objetivo. Detrás de todas estas organizaciones existe un requisito mínimo de mantener una sustentabilidad económica en el tiempo, más allá de la cuestión deportiva y social, y para ello es necesario adoptar una mirada más pragmática y enfocar los esfuerzos en la optimización de recursos e ingresos. En las últimas décadas, el mundo del deporte se viene favoreciendo por el desarrollo de trabajos de investigación científica aplicada a los problemas que enfrentan, principalmente desde el campo de la Investigación Operativa (OR por sus siglas en inglés). La aplicación concreta de estas herramientas cuantitativas o matemáticas de análisis de datos para la toma de decisiones relacionados al mundo del deporte es considerada una rama dentro de la Investigación Operativa conocida como Sports Analytics. La misma se basa fundamentalmente en técnicas de optimización, estadística y data science [16].

En general, cuando se habla de Sports Analytics suele relacionarse dicho término exclusivamente a cuestiones deportivas como la predicción de resultados o al análisis de datos para la evaluación de planteles o jugadores individuales². Sin embargo, estas herramientas no sirven exclusivamente para mejorar a los equipos y ayudarlos a ganar, sino que también existen una variedad mucho más amplia de aplicaciones de analytics en la industria deportiva que tienen mayor relación con el lado del negocio [16, 31, 37]. Desde estudios para entender el comportamiento de los fanáticos hasta análisis de efectividad de los sponsors, son solo algunos ejemplos de cómo estas aplicaciones pueden ayudar a potenciar el negocio de la industria deportiva [14, 26]. Según la revista especializada Forbes, se espera que la misma crezca en USD 4000 millones en 2022 con la ayuda de estas técnicas y aplicaciones [VII].

Hoy en día ya no se ignora la importancia que tienen los datos en la toma de decisiones, y más aún en el mundo corporativo. Existe una tendencia muy fuerte a orientar la mayoría de las decisiones en este sentido y la industria del deporte no se encuentra ajena a este fenómeno. Es aquí donde las técnicas de sports analytics son fundamentales para las organizaciones, no sólo para reclutar jugadores, armar planteles y mejorar el rendimiento deportivo de los equipos, sino que también para poder optimizar recursos y mejorar el resultado económico, que es el que le permitirá subsistir en el tiempo. Y no solo las organizaciones están advirtiendo esta

² La película *Moneyball* (2011) basada en su libro homónimo fue una de las primeras referencias de la cultura popular al campo del Sports Analytics y fue también la que popularizó la temática de los datos aplicados al mundo deportivo. En la misma se cuenta la historia real del General Manager del equipo estadounidense de Baseball Oakland Athletics que logra armar un equipo contendiente al título de la liga MLB con un presupuesto muy inferior al del resto de los equipos de la liga. Esto lo logra conseguir mediante herramientas y técnicas sofisticadas de análisis de datos para el reclutamiento de jugadores subvaluados y la evaluación de planteles rivales.

tendencia. Los deportistas profesionales cada vez son más conscientes de la importancia de la utilización de tecnología para el análisis de datos en la mejora de sus resultados económicos individuales [XI].

El Scheduling es un campo específico dentro de la rama de Sports Analytics que en el último tiempo viene creciendo en cantidad de estudios y publicaciones científicas. El objetivo de estas investigaciones es proveer soluciones para el diseño y la planificación de calendarios deportivos. El principal problema que se intenta resolver en estos casos consiste en la definición del día y la sede para los múltiples partidos y equipos que componen una liga deportiva, considerando restricciones de distinta índole, muchas veces propias del deporte y contexto en el cual se desarrolla la competencia [25, 34]. Dado que la organización de estas competencias deportivas implica una inversión importante, es fundamental la optimización de recursos. Aquí es donde el área de Scheduling puede ofrecer distintos abordajes metodológicos para ayudar a las ligas deportivas a eficientizar recursos y lograr mejores resultados económicos para la liga y los equipos.

2.2. Nociones básicas de Programación Lineal Entera

La utilización de Programación Lineal Entera (PLE) es una metodología habitual para la resolución de este tipo de problemas de Scheduling. El mismo se refiere a una clase dentro de la Programación Lineal que se caracteriza por la combinación de variables discretas para la resolución de un modelo matemático, expresado como una función objetivo de orden lineal que en su expresión general se busca maximizar, satisfaciendo una serie de restricciones representadas por un conjunto de inecuaciones lineales que luego se resuelven por medio de herramientas y algoritmos computacionales. La forma estandarizada de estos modelos es la siguiente:

$$\begin{array}{ll} 1) & \text{Max } cx \\ 2) & \text{s. t. } Ax \leq b \\ 3) & x \in Z^n \end{array}$$

donde x es un vector de n variables de decisión, (1) representa la función objetivo que se busca optimizar sujeta a una matriz A de m restricciones por n variables y b un vector de tamaño m con los límites específicos para cada restricción (2). La segunda definición (3) es la que fuerza la utilización de variables discretas para su resolución y la que caracteriza a este tipo de modelos. Por medio de la misma se obliga al modelo a trabajar con un conjunto de soluciones perteneciente al dominio de los números enteros. Esta particularidad hace que su implementación y sus soluciones tengan una gran utilidad práctica en problemas de la vida real, fundamentalmente en contextos de negocio donde es habitual enfrentarse a situaciones donde se busca optimizar una decisión económica en función a una serie de restricciones. Así por ejemplo, se puede utilizar PLE para decisiones de abastecimiento, producción e inventario (e.g minimización de desperdicios y stock inmovilizado), de locación geográfica (e.g diseño de red de abastecimiento) de asignación de recursos (e.g programación de turnos de trabajo), etc. Tal vez de todos ellos, el problema más clásico dentro de esta área sea el famoso Problema de Transporte, muy utilizado fundamentalmente en el área de Logística y ruteo. No obstante, la esencia de este problema permite una adaptación natural a otras problemáticas similares. La definición clásica de este problema consiste en una cantidad n de proveedores de un determinado producto, una cantidad m de clientes de ese mismo producto, una cantidad de $n \times m$ rutas que unen a cada productor con cada cliente, cada una de ellas con sus respectivos

costos variables a la cantidad de producto enviado. Además existen restricciones de capacidad en la cantidad de oferta para cada productor y de demanda para cada cliente.

El objetivo principal es definir la cantidad a enviar de producto desde el proveedor i hasta el cliente j de forma tal que la suma de los costos totales de cada envío sea mínima. Las restricciones están asociadas a la capacidad que tiene cada proveedor y a la demanda de cada cliente. Esto quiere decir que la sumatoria de todo lo que se envíe desde el proveedor i a cualquier cliente, no puede ser mayor a su capacidad de abastecimiento. Por el contrario, todo lo que reciba el cliente j por parte de cualquier proveedor, no puede ser mayor a su demanda. Cada alternativa de envío tiene un costo asociado variable a la cantidad del producto que se vaya a enviar. En este contexto entonces se busca satisfacer la demanda de todos los clientes al menor costo posible. Este escenario lo podemos representar gráficamente con un ejemplo en la Figura 1. En la misma, podemos ver 3 proveedores ($n = 3$) con una capacidad de producción equivalente a S_i y a 4 clientes ($m = 4$) con una demanda equivalente a D_j . Como cada proveedor i no puede enviar más de lo que puede producir, la sumatoria de lo que envíe no puede superar su capacidad. Esta restricción se representa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = S_i \forall i \in \{1, 2, 3\}$$

Donde x_{ij} es la variable de decisión y representa la cantidad de producto a enviar desde el proveedor i al cliente j . Siguiendo este ejemplo, todo lo que el proveedor 1 envíe no debe superar el total de 20 unidades de producto. Y lo mismo aplica para el resto de los 2 proveedores. Algo similar ocurre con la restricción de la demanda de cada cliente j :

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = D_j \forall j \in \{1, 2, 3, 4\}$$

Así por ejemplo lo que reciba el cliente 1 no puede superar la cantidad de 10 unidades de producto dado que ese es el total de su demanda. Cabe destacar además que esta versión del problema supone que tanto la oferta del producto como la demanda son exactamente iguales. En nuestro ejemplo el total que producen los proveedores es igual al total de producto demandado por los clientes y este es igual a 70:

$$\sum_{i=1}^n S_i = \sum_{j=1}^m D_j$$

La función objetivo a su vez estará determinada por la siguiente definición:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij}$$

donde c_{ij} representa el costo unitario que implica enviar desde el proveedor i hasta el cliente j . Por último, como el modelo buscará minimizar el costo, hay que asegurarse de que el conjunto de soluciones sea positivo (no se puede enviar una cantidad negativa de productos) y que además el modelo elija cantidades finitas de producto a enviar. Para eso hace falta agregar una restricción más:

$$x_{ij} \in Z^+$$

Figura 1. Representación del Problema de Transporte y de Asignación

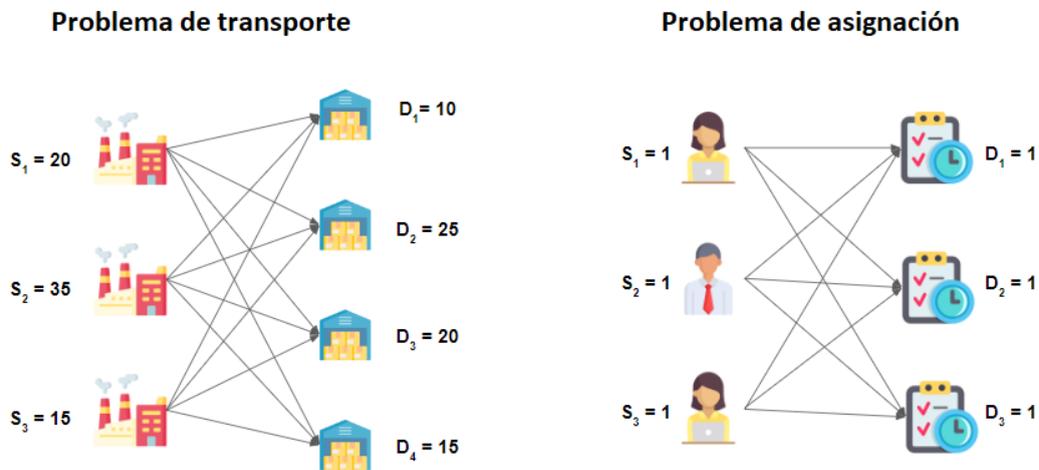


Figura 1: Representación geográfica del Problema de Transporte (izquierda) y de Asignación (derecha) para el ejemplo de tres proveedores ($n = 3$) y cuatro clientes ($m = 4$) en el primer caso y para $m = n = 3$ en el segundo caso. En el caso de transporte la capacidad de cada proveedor está representada por la letra S y la demanda del producto de cada cliente está representada por la letra D . En el caso de asignación, tanto S como D son iguales a 1 por la naturaleza del problema. Las flechas representan en ambos casos las alternativas de decisión.

Este es el planteo básico del problema de transporte. De este problema básico pueden surgir múltiples variantes en su formulación, tanto de la función objetivo como de las restricciones. De esta manera, el problema puede adaptarse naturalmente a otros escenarios similares que no necesariamente tengan que ver con el ruteo y envío de productos. El Problema de Asignación, por ejemplo, es una adaptación en donde existen $m = n$ cantidad de proveedores y clientes y donde las variables de decisión solo pueden adoptar 0 (cero) o 1 (uno) como posible valor. Ahora en lugar de buscar una cantidad de productos a distribuir en distintas rutas, lo que queremos definir es si asignaremos un objeto (“proveedores”) a otro (“clientes”) con un costo o ganancia explícita para cada una de esas asignaciones posibles. El objetivo será minimizar el costo o maximizar la ganancia total de esa asignación final mediante la misma función objetivo definida en el problema de transporte. Cabe destacar que en estos escenarios la decisión consiste en asignar a un proveedor i con el cliente j o no. Esto es representado en el modelo con una restricción que fuerce a que la variable de decisión sea binaria, es decir, que sea equivalente a 1 (uno) si se asigna o 0 (cero) en caso contrario. Es por ello que la restricción mencionada anteriormente de cantidades finitas y no negativas se puede reemplazar por la siguiente:

$$x_{ij} \in \{0, 1\}$$

Siguiendo la Figura 1 podemos ver gráficamente cómo se adapta el problema de transporte a de asignación. Notar que ahora necesariamente tenemos la misma cantidad de “proveedores” y “clientes” y las restricciones relacionadas a la capacidad y demanda se reemplazan por la siguiente:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \forall i \in \{1, 2, 3\}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \forall j \in \{1, 2, 3\}$$

La primera de estas dos restricciones obligará al modelo a que cada “proveedor” i tenga solo un “cliente” j asignado. La segunda por su parte, forzará a que cada “cliente” j solo tenga un “proveedor” i asignado. De esta manera, la solución tiene sentido y cada cliente y proveedor tiene una única asignación.

Tal como el problema de transporte, el caso anterior es una versión básica del modelo. Existen muchas variantes y formas para adaptarse a problemas similares pero más complejos. Sin embargo, es importante entender la esencia de este problema y su formulación, dado que la mayoría de las aplicaciones de Scheduling se basan en estos modelos. Como mencionamos, en Scheduling el objetivo es asignar una serie de partidos (“proveedores”) a una serie de fechas disponibles para disputar estos partidos (“clientes”). Es por eso que los modelos para programar partidos de calendarios deportivos guardan una estrecha similitud con este tipo de problemas. No obstante, existen algunas características que lo diferencian del resto y que desarrollamos a continuación.

2.3. Los problemas de Scheduling

El problema básico de Scheduling se encuentra definido para un torneo *round-robin*, es decir, uno en el que todos los equipos se enfrentan entre sí, una cantidad fija de veces. Los formatos más comunes son el *single* y el *double round-robin* en donde se enfrentan una y dos veces contra cada equipo, respectivamente. Existen dos tipos de torneos *round-robin*: aquellos con restricción temporal (“*temporally constrained*”) y aquellos con flexibilidad temporal (“*temporally relaxed*”) [15, 32]. El primer tipo se caracteriza por tener ventanas de tiempo (*slots* o rondas) en donde la cantidad total de partidos programados para esos períodos es igual a la cantidad de partidos que cada equipo debe jugar (más los descansos o *byes* en el caso de que haya una cantidad impar de equipos³), por lo tanto cada uno disputa un encuentro por ronda. En el caso de los torneos con flexibilidad temporal existen más ventanas que las necesarias. Por ejemplo en un torneo *double round-robin* de 4 equipos, serán necesarias 6 rondas, 3 para la primera vuelta y 3 para la segunda. En el caso de un torneo con restricción temporal existirán exactamente 6 rondas para programar (3 de la primera vuelta más 3 de la segunda) y cada equipo juega un partido por ronda. En el caso de un torneo con flexibilidad temporal, en cambio, se definirán más de 6 rondas, en donde no todos los equipos disputarán partidos en algunas de ellas. Esto hará que la secuencia de partidos para los equipos sea distinta y por ende haya múltiples períodos de descanso para cada uno de ellos. Este es el caso del calendario de la NBA.

Un aspecto importante en el scheduling de una liga es el patrón de local-visitante (HAP por sus siglas en inglés) y los denominados *breaks*. El primero se refiere a la secuencia de localía que cada equipo tiene como consecuencia de sus partidos programados. Para el caso de un torneo de formato *single round robin* y un equipo particular, se puede definir matemáticamente al HAP como un vector $H = (h_1, h_2, \dots, h_{n-1})$ donde $h_r \in \{H, A\}$ especifica si un equipo

³ Es habitual para el caso de los torneos con una cantidad impar de equipos, que se cree un equipo ficticio que en realidad sirva para asignar fechas libres cada vez que los equipos deban “enfrentarlo”.

juega de local (“H” por su sigla en inglés) o de visitante (“A” por su sigla en inglés) en la ronda $r = 1, 2, \dots, n - 1$, siendo n la cantidad de equipos. Si dentro de este patrón existen el caso en que $h_{r-1} = h_r$ para cualquier $r = 2, 3, \dots, n - 1$ entonces significa que hay un *break* en el HAP para ese equipo [5]. En término coloquial, un *break* se produce cuando se “corta” el patrón y entonces un equipo tiene que jugar dos o más partidos consecutivos bajo la misma condición, ya sea de local o de visitante. Esto es una situación no deseada en el armado de los calendarios deportivos ya que produce cierta ventaja deportiva en favor del equipo que repite localía de manera consecutiva y desventaja para aquel que debe afrontar de manera consecutiva partidos de visitante. Sin embargo, los *breaks* también sirven para optimizar las distancias recorridas mediante las giras de visitante, en especial si existen equipos concentrados en grupos geográficos. De esta forma, un equipo que juega de visitante en una ciudad puede avanzar a otra ciudad más cercana para jugar su próximo partido, sin tener la necesidad de volver a su ciudad para jugar de local y luego volver a recorrer los kilómetros necesarios para enfrentarlo. Es por esta dicotomía que si bien se buscan reducir los *breaks* tampoco es conveniente eliminarlos del todo si se busca reducir distancias recorridas por los equipos. Es quizá por eso que la optimización de *breaks* es posiblemente uno de los temas más estudiados dentro de la literatura de Scheduling [5, 6, 25].

El caso de los *breaks* sirve para ejemplificar algo muy común en los problemas de Scheduling que es la existencia de múltiples objetivos a la hora de modelar y diseñar un calendario deportivo, muchos de ellos contrapuestos e interrelacionados. Estos objetivos contrapuestos muchas veces se modelan mediante restricciones impuestas que vayan en cierta forma en detrimento del objetivo principal del modelo. La solución apunta a obtener la mejor combinación de todos esos elementos complejos. Cabe destacar, además, que resulta imposible definir un modelo estándar y generalizado que logre alcanzar a todos los problemas de Scheduling. La formulación de estos modelos depende de los objetivos estratégicos que busquen las distintas organizaciones deportivas a la hora de desarrollar un torneo. Sin embargo, en la literatura, la mayoría de ellos se enfocan en optimizar una función objetivo que en general apunta a minimizar las distancias viajadas por los equipos o la cantidad de *breaks* junto con un conjunto de diversas restricciones que varían dependiendo el objeto de estudio. Es común en estos casos generales, que capturen características importantes comunes a varios problemas y contextos de aplicación para poder dar una solución sistemática a problemas de mayor escala y complejidad.

Así como se estudian distintos problemas y variantes junto con distintos objetivos, también se desarrollan múltiples metodologías y formas de abordajes. Desarrollamos a continuación las metodologías más utilizadas en la literatura, según lo expuesto en [25]:

1. Descomposición de problemas

Muchos de los problemas de Scheduling presentan una complejidad computacional muy alta para su resolución. Es por ello que es una práctica habitual descomponer el problema en varios subproblemas más pequeños y simples para aplicar distintas metodologías a cada uno de ellos. Existen dos tipos de abordajes:

- a. “*First-Schedule, then-break*”: Primero se definen los emparejamientos de equipos en cada ronda y luego se determina el patrón local-visitante para cada uno, en general buscando minimizar la cantidad de *breaks*.
- b. “*First-break, then-Schedule*”: Primero se busca un patrón local-visitante factible que por lo general busca una mínima cantidad de *breaks* y luego se busca

definir un emparejamiento factible que cumpla con el patrón definido previamente.

En la literatura se pueden encontrar ejemplos tanto para el primer tipo [7, 18, 28] como para el segundo tipo [5, 29] de metodología de descomposición.

2. Programación Lineal Entera

Tal como se presentó previamente, la programación lineal entera es una herramienta matemática muy útil para la resolución de los problemas de Scheduling. En general esta metodología se aplica directamente luego de descomponer los problemas más complejos en distintos subproblemas o *steps*. A pesar de que no existe un modelo único y abarcativo para cada escenario, por lo general presentan algunas definiciones básicas que comparten todos los torneos. Para analizar estas definiciones básicas presentamos uno de los formatos más analizados dentro del área de Scheduling:

Dado un torneo con un conjunto E de n equipos (n es un número par) y un conjunto F de $2n - 2$ fechas, se debe asignar para cada equipo $i, j \in E$ qué partido deben jugar en cada fecha de forma que todos jueguen contra todos en dos ocasiones, una de local y otra de visitante (torneo *double round robin*).

La variable de decisión: se define x_{ijf} siendo $i \neq j$ (un equipo no puede jugar contra sí mismo) cuyo valor equivaldrá 1 si el equipo i juega de local contra el equipo j en la fecha f , o de lo contrario será igual a 0.

La función objetivo puede variar dependiendo el problema específico. Se puede definir de forma genérica de la siguiente manera:

$$\min \sum_{i \in E} \sum_{j \in E, j \neq i} \sum_{f \in F} c_{ijf} x_{ijf}$$

siendo c_{ijf} un costo asociado a disputar el partido entre el equipo i de local y el equipo j de visitante en la fecha f . Así por ejemplo, en el caso de que los equipos puedan disputar dos o más fechas consecutivas de visitante y puedan hacer ese trayecto sin retornar a su ciudad, el costo c_{ijf} puede estar relacionado a la distancia que implica disputar el partido de i contra j en la fecha f y entonces la función objetivo estará buscando minimizar las distancias recorridas por los equipos⁴.

Suele ser una característica de los torneos *double round robin* que los partidos donde un equipo i oficia de local y otro equipo j de visitante, se disputen una única vez. Esto quiere decir que ningún equipo repetirá localía contra el mismo equipo más de una vez en todo el torneo. Es por eso que se agrega la siguiente restricción:

$$\sum_{f=1}^{2n-2} x_{ijf} = 1 \quad \forall i, j \in E, i \neq j$$

Se fija también una restricción de partidos por equipo y fecha con el objetivo de que todos los equipos jueguen solo una vez por fecha:

⁴ Notar que también es posible que en lugar de buscar minimizar un costo, se puede adaptar la función objetivo para intentar maximizar un beneficio asociado a disputar un partido en una fecha determinada

$$\sum_{j \in E} x_{ijf} + x_{jif} = 1 \quad \forall i \in E, f \in F$$

Finalmente definimos el dominio de la variable de decisión:

$$x_{ijf} = \{0, 1\}$$

Como hemos visto previamente, esta restricción es esencial para el modelo y su aplicación práctica. Mediante la misma restringimos los valores que puede adoptar la variable de decisión en 0 o 1 para luego poder traducir la solución matemática en una solución práctica al problema de la vida real.

Al momento de diseñar calendarios deportivos pueden surgir restricciones propias de una liga o un equipo particular. Es por eso que a esas definiciones básicas se le pueden adicionar otras restricciones que apliquen a casos puntuales. A continuación detallamos algunos ejemplos.

Con motivo de mejorar el interés deportivo, una liga puede definir que un conjunto de partidos preestablecidos se dispute en una fecha particular como por ejemplo, en algún feriado o fin de semana). Entonces, por ejemplo, dado un conjunto de pares de equipos considerados “clásicos” o con cierta rivalidad histórica entre sí, se busca imponer que jueguen en la fecha t por ser una fecha especial mediante la siguiente restricción:

$$x_{ijt} = 1 \quad \forall (i, j) \in C$$

En algunas ligas del tipo *temporally relaxed* (ver sección 2.3) también es común fijar una cantidad b de partidos máximos por fecha. Sin esta restricción puede ocurrir que se asignen muchos partidos en un solo día lo que lo volvería poco atractivo para el público. Mediante esta restricción obligamos al modelo a que, para cada fecha, la cantidad de partidos asignados no supere ese límite. Si se busca una distribución equitativa, en lugar de plantear la restricción como una inecuación, se debería cambiar por el signo de igualdad y así obligar al modelo a que asigne una cantidad b de partidos para todas las fechas por igual:

$$\sum_{i \in E} \sum_{j \in E} x_{ijf} = b \quad \forall f \in F, i \neq j$$

También es habitual que existan fechas donde, por diferentes motivos, no se pueda disputar ningún partido. Para ello formulamos la siguiente restricción. Dado un conjunto S de fechas especiales tal que $S \subseteq F$, se fija en cero la cantidad de partidos a asignar para la fecha $f \in S$. Esto en la práctica se utiliza para pausar la actividad en ciertas fechas como pueden ser Navidad, día de elecciones, etc:

$$\sum_{i \in E} \sum_{j \in E} x_{ijf} = 0 \quad \forall f \in S, i \neq j$$

Adicionalmente puede ocurrir en la práctica que los equipos tengan comprometido el estadio por otros eventos en alguna fecha $t \in F$. En esos casos se fija la variable en cero para el equipo $b \in E$ en la fecha t contra cualquier equipo y de esa forma ningún partido será asignado para esa fecha t . Para ello formulamos la siguiente restricción:

$$x_{bjt} = 0 \quad \forall j \in E$$

3. Constraint Programming

Se denomina así a la técnica de programación utilizada para resolver problemas de búsqueda combinatoria, basados en una serie de variables interrelacionadas, con un dominio predefinido y un conjunto de restricciones. Esta técnica se basa en los aportes de diversos campos del conocimiento como la Inteligencia Artificial, las Ciencias de la Computación, Lenguajes de Programación y la Investigación Operativa [35]. La idea de esta técnica se basa en que el usuario define las variables, el dominio con un número finito de instancias para cada una de ellas, una serie de restricciones a cumplir y el objetivo general y luego un *solver* resuelve aplicando distintos métodos algorítmicos. Las restricciones se definen como relaciones entre las variables y el objetivo es encontrar una solución que cumpla con todas esas restricciones. En este sentido la palabra “*programming*” no solo refiere a la programación en sentido matemático de formulación de variables y restricciones sino que también hace referencia a la programación computacional para la implementación de algoritmos para su resolución de manera eficiente. En la presente tesis no se implementan este tipo de soluciones, sin embargo, ejemplos de estas aplicaciones en el campo de Scheduling pueden encontrarse en [9, 22, 23, 24].

4. Heurísticas y Metaheurísticas

Posiblemente gran parte del atractivo de los problemas de scheduling se encuentra en la complejidad que pueden alcanzar estos problemas, ya sea por la cantidad de variables (equipos y fechas) o por la cantidad de restricciones o un conjunto de ambas. Muchos de los modelos estudiados no presentan una solución óptima conocida para instancias de tamaño normal para aplicaciones prácticas, al menos en tiempos de cómputo razonables. Es por eso que gran parte de la literatura se enfoca en encontrar soluciones factibles pero cuya optimalidad no puede ser confirmada. En estos casos es común la implementación de metaheurísticas combinatorias que consisten en técnicas algorítmicas para lograr disminuir la complejidad computacional de estos problemas y encontrar en tiempos razonables de ejecución, la mejor solución posible que no necesariamente sea la óptima. El caso de estudio probablemente más emblemático del campo de Scheduling, el problema del *Travelling Tournament*, utiliza este tipo de métodos para su resolución debido a la complejidad alta que lo caracteriza [41].

2.4. El problema del Travelling Tournament (TTP)

Mencionamos previamente que en la literatura se suele exponer el caso hipotético de un torneo con ciertas características que sirvan como ejemplo para la presentación de un modelo y poder disparar así las discusiones en torno a la solución propuesta. El problema del *Travelling Tournament* (TTP por sus siglas en inglés) es uno de esos casos, muy estudiado en el campo de Scheduling, cuyo nombre proviene de otro problema clásico similar: El problema del *Travelling Salesman*. Presentado por Easton [17], propone un complejo problema de optimización combinatoria que sirve como base para el diseño de calendarios cuando la minimización de distancias recorridas es un objetivo clave. Dado un conjunto E de n equipos (par), un conjunto R de $2n - 2$ rondas, una matriz de distancias D , donde d_{ij} representa la distancia entre las ciudades de los equipos i y j (siendo $d_{ij} = 0$ si $i = j$), y dos números enteros L y U que representan respectivamente la cantidad mínima y máxima de partidos consecutivos que un equipo puede jugar de local y de visitante, este problema propone una solución para un torneo *double round robin* que busca minimizar las distancias recorridas por los equipos, suponiendo que todos los equipos que tienen dos partidos consecutivos de visitante, no regresan a sus

ciudades luego del primero de esos dos partidos, sino que continúan desde la ciudad del último equipo enfrentado. Además se pueden sumar las siguientes restricciones:

- Cada equipo inicia el torneo de local y debe retornar a su ciudad luego de su último partido de visitante.
- Ningún par de equipos puede enfrentarse en dos partidos de manera consecutiva (Variante del problema original denominada TTP/*No Repeat*).
- El torneo debe presentar una segunda vuelta “espejada” es decir, igual a la primera vuelta pero con las localías invertidas (Variante del problema original denominada TTP/*Mirrored*)

El modelo toma como input entonces un número entero n de equipos, una matriz D de $n \times n$ con las distancias entre las ciudades de los equipos y dos parámetros L y U que es el número mínimo y máximo de partidos consecutivos de visitante (*giras* o *road trips*) y de local (*home stand*) que podrá tener cada equipo. Para el caso $U = 1$ es fácil notar que la única solución posible considerará un patrón de local-visitante perfecto, sin *breaks*. Si existen más de dos equipos ($n > 2$) habrá equipos que comenzarán el patrón de local y otros que harán lo propio de visitante. Esto significa que necesariamente dos de ellos compartirán la misma secuencia, y entonces nunca podrán enfrentarse entre sí, por lo que no habrá solución posible, por lo tanto es necesario que $U > 1$ para encontrar una solución factible bajo estas condiciones.

La formulación matemática básica de este problema presentada en [34] es la que se describe a continuación.

Se define la variable binaria x_{ijk} que equivale a 1 si el equipo i juega de visitante contra el equipo j en la ronda k , o 0 de lo contrario. Se define además una variable auxiliar binaria y_{tijk} que equivale a 1 si el equipo t viaja desde la ciudad del equipo i a la ciudad del equipo j entre las rondas k y $k + 1$. La función objetivo queda formulada de la siguiente manera :

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \cdot x_{ij1} + \sum_{t=1}^n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{2n-3} d_{ij} \cdot y_{tijk} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ji} \cdot x_{ij,2n-2}$$

Esta función expresa la distancia total recorrida por los equipos. Se puede dividir en tres términos. El primero hace referencia a la distancia recorrida por los equipos que deben jugar de visitante en la primera ronda. El segundo, representa la totalidad recorrida por los equipos luego de la primera ronda y antes de la última. El último término representa la distancia recorrida por los equipos que deben volver a sus ciudades luego de jugar un partido de visitante en la última ronda.

Las restricciones del modelo son:

- Ningún equipo juega contra sí mismo

$$x_{iik} = 0, \quad \forall i \in E, \quad k \in R$$

- Cada equipo juega solo una vez por ronda

$$\sum_{j=1}^n (x_{ijk} + x_{jik}) = 1 \quad \forall i \in E, \quad k \in R$$

- Cada equipo juega contra cada otro de visitante solo una vez

$$\sum_{k=1}^{2n-2} x_{ijk} = 1 \quad \forall i, j \in E, i \neq j$$

- Cada secuencia de partidos consecutivos que jueguen los equipos en la misma condición (local o visitante) serán como mínimo U y como máximo L partidos.

$$L \leq \sum_{\ell=0}^U \sum_{j=1}^n x_{ij,k+\ell} \leq U, \quad \forall i \in E, k = 1, \dots, 2n - 2 - U$$

- Los equipos no repiten rivales de manera consecutiva

$$x_{ijk} + x_{jik} + x_{ij,k+1} + x_{ji,k+1} \leq 1 \quad \forall i, j \in E, k = 1, \dots, 2n - 3$$

- Creamos una variable auxiliar binaria z_{ik} que equivale a 1 si el equipo i juega de local en la ronda k

$$z_{ik} = \sum_{j=1}^n x_{jik} \quad \forall i \in E, k \in R$$

- Relacionamos la variable auxiliar anterior a la variable principal para forzar a que valgan lo mismo si el equipo i juega de local contra j en la ronda k

$$z_{ik} = x_{jik} \quad \forall i, j \in E, k \in R, i \neq j$$

- Relacionamos la variable y_{tijk} para que valga 1 si el equipo t viaja desde la ciudad del equipo i hasta la ciudad del equipo j en la ronda k

$$y_{tijk} \geq z_{ti,k} + z_{tj,k+1} - 1, \quad \forall t, i, j \in E, i \neq j, k = 1, \dots, 2n - 3$$

- Por último definimos el dominio de las variables binarias

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in E, k \in R$$

$$z_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in E, k \in R$$

$$y_{tijk} \in \{0, 1\} \quad \forall t, i, j \in E, k \in R$$

Como se puede evidenciar, el modelo presentado anteriormente presenta una complejidad alta y por ende el problema TTP es muy difícil de resolver computacionalmente [4, 40]. De hecho para instancias de solo 12 equipos no se puede asegurar encontrar soluciones óptimas [41]. Existen distintas propuestas de solución en la literatura que utilizan algunos de los métodos descritos en la sección anterior [1, 3, 8, 12, 17, 19, 20, 24, 30, 43, 44, 46]. También se han presentado y estudiado distintas variantes del problema como la versión presentada en [10, 11, 39] donde se estudia la posibilidad de incluir una restricción en la cantidad de partidos a disputar de manera consecutiva de visitante; o como la ya mencionada versión espejada en donde la segunda ronda es exactamente igual a la primera pero con las localías invertidas. Resulta particularmente interesante para el objeto de estudio del presente trabajo mencionar la variante del TTP para un torneo del tipo *temporary-relaxed* (TRTTP por sus siglas en inglés). El mismo fue presentado en [2] y justamente se encuentra inspirado en el calendario de la NBA. La principal diferencia con la versión original del problema es que en este caso no todos los equipos juegan en todas las rondas y existen fechas libres (o *byes* como se denomina en la

literatura a este tipo de descansos). Así los parámetros L y U se mantienen pero se introduce un tercer parámetro K que controla la cantidad de *byes* o fechas libres por equipo. En el caso extremo que $K = 0$, el problema se reduce a la versión original del TTP. En general, la complejidad computacional de esta variante es desconocida, es por eso que se exponen también varios métodos de descomposición, PLE y *Constraint Programming* para resolver distintas instancias de K con un $L = 1$ y $U = 2$. Además en dicho trabajo se presentan las principales restricciones que son propias del calendario de la NBA:

Restricciones estructurales: Cantidad de juegos entre Divisiones y Conferencias.

Restricciones externas: Partidos televisados, patrón de local-visitante (HAP), disponibilidad de los estadios, disponibilidad de los equipos, calendarios complementarios para equipos que comparten localía.

Restricciones de *fairness*: Partidos durante los fines de semana, partidos consecutivos (denominados *back to backs*), distancia recorrida, descansos consecutivos.

A continuación analizaremos con mayor detalle alguna de estas características estructurales de dicha liga y las restricciones particulares de su complejo calendario.

3. Características del calendario de la NBA

3.1. Estructura general de una temporada regular

Cada año la organización de la NBA ha ido implementando cambios en el formato, reglas de competición y calendario de partidos con el objetivo de aumentar el atractivo del espectáculo y al mismo tiempo el interés de las franquicias, jugadores y demás stakeholders. El último cambio de gran impacto fue la mencionada creación del play-in como una instancia de eliminación directa para la clasificación a Playoffs de los equipos que están disputando los últimos lugares del ranking clasificatorio. No obstante, existen ciertos atributos de la temporada que se han mantenido sin demasiados cambios y que sin duda definen y caracterizan a dicha liga. Estos mismos se pueden resumir de la siguiente manera:

Existen 30 equipos distribuidos en dos conferencias: un grupo de 15 denominado Conferencia Este (Eastern Conference en inglés) y otro de 15 denominado Conferencia Oeste (Western Conference). Esta distribución se realiza bajo criterios geográficos en función a la ubicación de las ciudades de los equipos. Al mismo tiempo, los equipos de cada Conferencia se agrupan en 3 subgrupos de 5 equipos cada uno denominados Divisiones de acuerdo a la zona geográfica que ocupan dentro del mapa de Estados Unidos y Canadá⁵. Estas Divisiones son: División Atlántico, División Central, División Noroeste, División Pacífico, División Sureste y División Suroeste. En función a esta distribución geográfica, pueden existir 2 tipos de partidos: aquellos disputados entre equipos de una misma conferencia y aquellos donde se enfrentan equipos de distinta conferencia. A su vez, dentro de una misma conferencia, un equipo puede disputar un encuentro en contra de un equipo de su misma división o de otra. Un equipo disputa 52 de sus 82 partidos contra equipos de una misma conferencia y el resto contra equipos de la otra conferencia. Dentro de esos 52 partidos, 16 son en contra de equipos de la misma División y el

⁵ Los Toronto Raptors son la única franquicia de la liga que no es de origen estadounidense. Su base está, como su nombre lo indica, en Toronto, Canadá y forman parte de la NBA desde mediados de la década de los 90. Previamente competían también los Vancouver Grizzlies pero dicha franquicia se mudó a la ciudad de Memphis, Estados Unidos, a inicios de los 2000.

resto contra equipos de otra División (pero misma Conferencia). Además la cantidad de veces contra las que se enfrentan a un mismo equipo puede variar entre 2 a 4 veces por temporada.

La temporada se divide en dos etapas. Una primera etapa de temporada regular donde todos los equipos juegan al menos dos veces contra todo el resto de los equipos. Una segunda etapa eliminatoria al mejor de siete partidos denominada *Playoffs* en la que clasifican sólo los primeros ocho de cada conferencia. Las llaves de esta etapa se conforman de acuerdo al ranking que surge de la fase regular y se agrupan de acuerdo a las conferencias. Así, los emparejamientos se realizan del mejor posicionado, al peor de cada conferencia. Por ejemplo, el primero de la conferencia Este, queda emparejado con el último clasificado de la misma conferencia (8vo mejor clasificado); el 2do con el anteúltimo clasificado, y así sucesivamente. De esta manera, surgen dos campeones iniciales: el campeón de la conferencia Este y el campeón de la conferencia Oeste, que disputan la final para obtener al campeón definitivo de la temporada.

En total se disputan 1230 enfrentamientos de temporada regular distribuidos entre los meses de octubre y abril del año siguiente, disputándose partidos todos los días de la semanas (ver Figura 2), con un breve receso de una semana en enero producto del All Star Weekend⁶. Esto significa que un equipo juega 82 partidos, de los cuales la mitad son de local y el resto de visitantes. Cabe destacar que, a diferencia de otras ligas, en la NBA no existe esquema de ascensos ni descensos ni algún sistema de “castigo” para los equipos con peor desempeño de la temporada [33]. Salvo por causas excepcionales, como alguna situación de venta de una franquicia o mudanza, los equipos se mantienen en el torneo durante todas las temporadas, independientemente de su performance deportiva.

Figura 2. Cantidad de partidos por día de la semana (Temporada regular versus Playoffs)

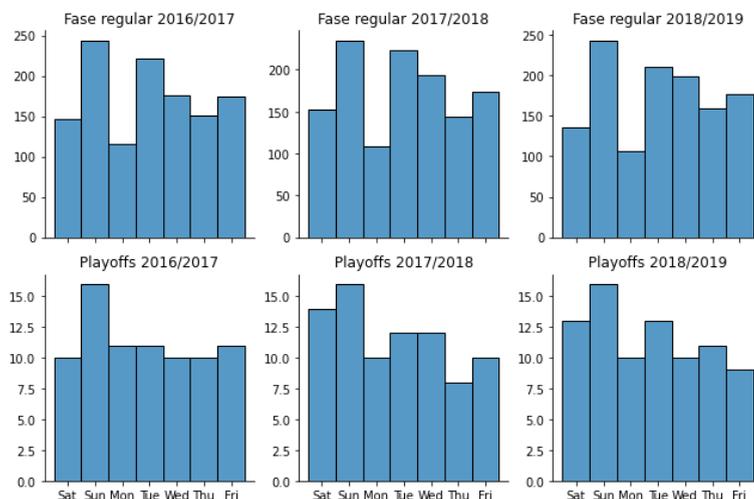


Figura 2: Distribución de la cantidad de partidos en función al día de la semana disputado. En la fila superior se muestra la fase regular. En la fila inferior la distribución de partidos de la fase de Playoffs. Cada par vertical de gráficos representa una temporada distinta. En el eje horizontal de cada uno de ellos se representan los días de la semana (formato inglés). En el eje vertical se representa la cantidad de partidos disputados.

⁶ El All Star Weekend es un evento exhibición realizado durante un fin de semana, en donde se disputa un partido amistoso entre los jugadores más votados por la afición y la prensa especializada, además de otras competencias de carácter recreativas como la competencia de habilidades, de triples y el famoso torneo de volcadas.

En paralelo a la temporada, todos los años se celebra el Draft de la NBA, que es un evento deportivo de relevancia para la liga, que consiste en la selección de los mejores prospectos juveniles para su integración a los planteles de los distintos equipos que participan del torneo. Este evento se describe con mayor detalle en la Sección 4.4., sin embargo cabe destacar que aquellos equipos con peor ranking al finalizar la temporada, tienen prioridad en la elección de estos jóvenes talentos.

Desde la temporada 2019/2020 se juega la instancia del Play-in, previo a los *Playoffs*, para los equipos que ocupan el 7mo, 8vo, 9no y 10mo lugar de cada conferencia. Estos enfrentamientos son eliminatorios al mejor de un único juego. El 7mo y el 8vo se enfrentan y el ganador clasifica directamente a los *playoffs* mientras que el perdedor tiene una segunda oportunidad jugando un partido eliminatorio, en condición de local, contra el ganador del enfrentamiento entre el 9no y 10mo para terminar de definir el último clasificado.

3.2. Las restricciones del calendario de la NBA

Todos los años la liga norteamericana de básquet debe organizar 1230 partidos para una temporada regular de 30 equipos, distribuidos en aproximadamente seis meses de competición. Para ello, los organizadores cuentan con equipos especializados para la programación de partidos. Si bien este proceso se mantiene en secreto, existen algunas restricciones que se repiten año a año en el calendario.

Los meses de la etapa regular van desde octubre hasta mediados de abril⁷. La fase de *playoffs* se juega a partir de entonces hasta mediados de junio. La NBA con esto busca superponerse lo menos posible con los calendarios de otras ligas deportivas igual de importantes, como el de la NFL o la MLB. Antes de programar los partidos, los dueños de las franquicias (equipos) envían a los organizadores una lista con fechas en la que sus estadios no estarán disponibles por encontrarse ocupados por otros eventos. También pueden pedir hasta tres días en particular para jugar de local. Las mismas serán consideradas dentro de las restricciones del modelo. Además pueden existir otras limitaciones particulares, ajenas a las franquicias y la organización: en las fechas especiales como el primer partido de la temporada, Navidad o el día Martin Luther King⁸, la NBA suele organizar partidos entre equipos específicos. También existen días en donde no se disputan partidos como por ejemplo en el feriado del Día de Acción de Gracias o en aquellos donde se celebran elecciones [XIII]. El día de la final de la NCAA (liga estadounidense de básquet universitario) es otro de los ejemplos donde no se disputa ningún partido.

Independientemente de los días no habilitados para disputar encuentros, pueden existir restricciones relacionadas a objetivos estratégicos de la liga. En las últimas temporadas, por ejemplo, se puede evidenciar que hay una clara intención por parte de la organización a programar mayor cantidad de partidos los días sábados y domingos (ver Figura 2), probablemente no solo para permitir mayor asistencia de los fanáticos a los partidos sino que también para poder organizar los horarios de forma conveniente para otros mercados internacionales como Europa o Asia. Para optimizar costos y tiempos de traslados, el calendario

⁷ Las temporadas 2019/2020 y la 2020/2021 fueron la excepción por motivos externos como lo fue la pandemia que obligó la reprogramación de partidos y readaptación de calendarios para poder cumplir con el desarrollo de dichas temporadas a tiempo.

⁸ El tercer lunes de cada enero en Estados Unidos se conmemora el nacimiento de Martin Luther King Jr quien fuera un activista muy importante de los derechos civiles. Este es un feriado nacional muy importante para ese país.

de un equipo tiene lo que se denominan “giras” que son un conjunto de partidos jugados de manera consecutiva bajo una misma condición de localía [2]. Los equipos aprovechan así el viaje a alguna región geográfica en particular para disputar partidos contra todos los equipos que se encuentran en esa zona. Lo mismo ocurre con las giras de local para aprovechar las giras de visitante de otros equipos⁹. La organización se permite además agendar en ocasiones partidos en fechas consecutivas, sin que haya un día de descanso en el medio. A esto se lo conoce como un “Back-to-Back” y puede también derivar en que un equipo dispute cuatro partidos en cinco días. Como se verá más adelante, todos los equipos tienen una cantidad programada de back-to-backs distinta, sin embargo, se busca reducir al máximo posible estas situaciones.

Como se puede apreciar, el volumen de restricciones al cual se enfrentan los equipos encargados de programar los partidos es muy alto. Distintos *stakeholders* pujando por sus intereses, muchas veces contrapuestos con el de otros, distintos husos horarios dentro del propio Estados Unidos y al mismo tiempo opuesto al de mercados internacionales como Asia y Europa, el número elevado de equipos con localidades ampliamente distribuidas en el territorio y separadas por amplias distancias, volumen alto de partidos, son además otras restricciones que se suman de manera implícita y a las que los organizadores deben enfrentarse para diseñar el calendario de la liga. Como consecuencia, la NBA obtiene como resultado un calendario muy completo pero al mismo tiempo muy complejo. Es natural pensar que ante este escenario, se presenten ciertas oportunidades de mejora. A continuación analizaremos en detalle cada una de ellas, que surgen no solo del calendario sino que también del propio formato de competición.

4. Problemas y desventajas del calendario actual

4.1. Un calendario ajustado

El torneo de la NBA no se caracteriza únicamente por su alto nivel de juego y espectáculo sino que también por el ritmo intenso y la extensa duración. Durante aproximadamente 6 meses los mejores equipos del mundo se dan cita para disputar la temporada regular, presentando al menos un enfrentamiento todos los días, con muy pocas excepciones en los días mencionados previamente. Solo se designa una semana de descanso en febrero que marca la mitad de temporada y el inicio del fin de semana del *All-Star*. Luego se reinicia la competición hasta mediados de abril. Al finalizar dicha etapa en la que todos juegan la misma cantidad de partidos, comienza la fase denominada *Playoffs* donde participan solo los 16 mejores equipos de la etapa anterior y la cantidad de partidos varía dependiendo de la disparidad que pueda existir entre los equipos. A pesar de que disminuye la cantidad de equipos y partidos en esta segunda etapa, el ritmo de juego no disminuye. Los equipos juegan series a mejor de 7 partidos contra el mismo rival emparejado según el ranking, con el siguiente patrón a favor del equipo mejor posicionado: los dos primeros partidos de local, los dos siguientes de visitante y de ser necesarios se van alternando partidos de local y visitante hasta que alguno alcance la 4ta victoria¹⁰. Estos partidos se juegan cada dos o tres días y cada vez que una llave queda

⁹ Las giras son un recurso clave en la organización de esta liga dada la extensión geográfica de Estados Unidos y Canadá y las enormes distancias que separan a las ciudades de algunos equipos.

¹⁰ Este patrón está diseñado para que el que terminó con mejor ranking logre tener la posibilidad de definir la serie en el séptimo y último juego bajo condición de local (en caso de ser necesario llegar hasta ese partido).

conformada se da inicio a los partidos de la misma sin importar si el resto de las llaves se completaron o no. Si un equipo sobresale por sobre el resto y gana todas sus series con una amplia ventaja, es probable que llegue con mucho descanso a la final. De lo contrario, los equipos llegan con un ritmo de juego sin muchos días de descanso entre partido y partido.

Esta característica del calendario resulta de vital importancia, fundamentalmente para los jugadores, que se exponen a un desgaste físico extremo año tras año [IV]. Algunos equipos utilizan partidos de menor importancia para darle descanso a sus jugadores estrellas, que suelen cargar con un volúmen de minutos de juego superior al resto de sus compañeros. Sin embargo, la NBA entiende que dar descanso a los mejores jugadores le quita atractivo a los partidos, y por ende valor de negocio, con lo cual es algo que la propia organización sigue de cerca constantemente.

Un aspecto muy importante en la medición de la exigencia de un calendario deportivo es la cantidad de los denominados “*Back to Back*”. Como se mencionó previamente, se denomina así a la cantidad de veces que un equipo juega dos (o más) partidos en días consecutivos, sin mediar día de descanso entre partido y partido. Este número de partidos jugados de manera consecutiva varía de acuerdo a cada equipo y fue cambiando año a año. En las temporadas analizadas, cada equipo tuvo en promedio 15 *Back to Backs* por temporada. Cuanto mayor cantidad de estos partidos juega un equipo, mayor es el esfuerzo de sus jugadores y por ende, mayor es el riesgo de fatiga o lesiones. Sin embargo, la pregunta que surge inmediatamente es: ¿por qué los equipos se deben someter a este tipo de situaciones? Los *Back to Backs* existen naturalmente para que se pueda cumplir con los plazos estipulados del torneo. Quitarlos en una temporada, exigiendo un mínimo de días de descanso entre partido y partido, implicaría que la NBA necesite de más tiempo para completar el calendario, debido a todas las demás restricciones que ya exige un calendario de este tipo. Este es el motivo por el cual no resulta tan trivial el hecho de reducir este tipo de situaciones. Sin embargo es visible la intención de la organización de año tras año intentar restringirlos al máximo. Como se puede observar en la Figura 3, la temporada 2018/19 logró una mejora sustancial con respecto a la temporada 2016/2017, logrando reducir la distribución en la cantidad total de *Back to Backs* por equipo (línea verde). Así, la cantidad promedio por equipo pasó de 16 en la 2016/17 a 13 en la 2018/19. Esto se logró al mismo tiempo que se redujo la distribución de *Back to Back* de visitante (línea naranja) y se aumentó levemente la de local (línea azul), buscando posiblemente aprovecharlos para reducir al máximo la duración de las giras de visitantes y el esfuerzo que esto supone para los equipos. Resulta interesante destacar además el cambio en la distribución de partidos consecutivos de visitante. Siguiendo la misma Figura, podemos ver cómo en las temporadas 2016/2017 y 2017/2018, había una gran dispersión en la distribución de *Back to Backs* de visitante. Esto generaba un escenario injusto dado que algunos equipos tenían tan solo un par de partidos consecutivos de visitante en la temporada mientras que otros llegaban a tener hasta casi 10. A partir de la 2018/2019 se nota una reducción en esta dispersión y la mayoría de los equipos ahora posee alrededor de 5 *Back to Backs* de visitante.

Figura 3. Cantidad de Back to Backs de los equipos por tipo y temporada.

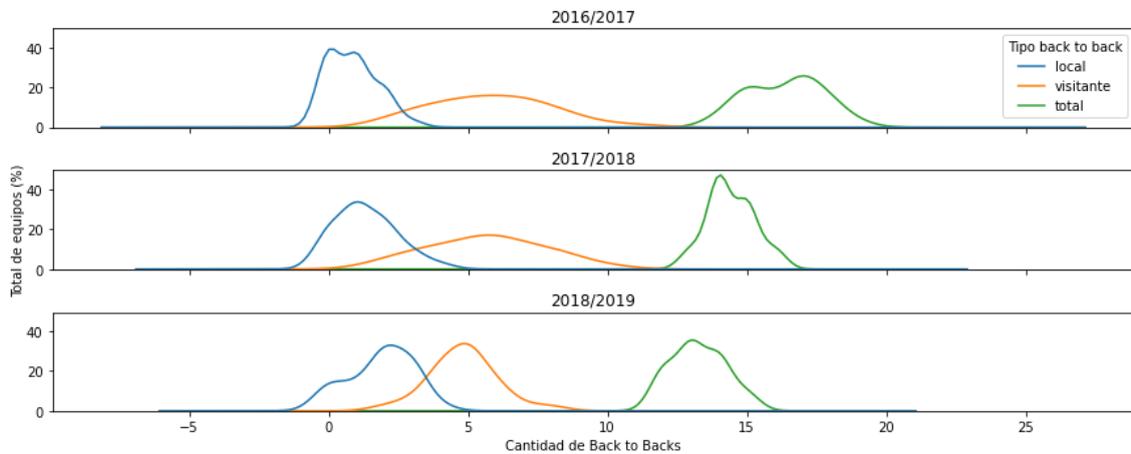


Figura 3: Distribución de la cantidad de partidos jugados sin tener día de descanso previo, por temporada y tipo. Cada subgráfico representa una temporada distinta. En el eje horizontal se observan la cantidad de Back to Backs disputados por los equipos en la temporada y en el eje vertical el porcentaje de equipos que tuvo esa cantidad en su calendario. En línea azul se representan los Back to Backs de local, en naranja los de visitante y en línea verde los totales (sin considerar localías).

De todas formas, los *Back to Backs* son solo una cara de algo más concreto que es la cantidad de descanso que tienen los jugadores entre un partido y el siguiente. La exigencia física de un calendario puede evaluarse directamente analizando cuánto es, para cada equipo, el tiempo que transcurre entre cada compromiso. Como mencionamos, en este tipo de ligas temporalmente flexibles, este tiempo de descanso no es fijo, varía inclusive para un mismo equipo. En promedio, un equipo descansa aproximadamente 50 horas entre dos partidos seguidos (o alrededor de dos días). El máximo de descanso se da a mitad de temporada, justo antes del fin de semana del *All Star*, donde todos los equipos tienen una semana de descanso. Y como se mencionó, los *Back to Backs* son un caso extremo donde el tiempo de descanso entre partidos consecutivos es menor a 24 horas.

Figura 4. Distribución de descansos en horas.

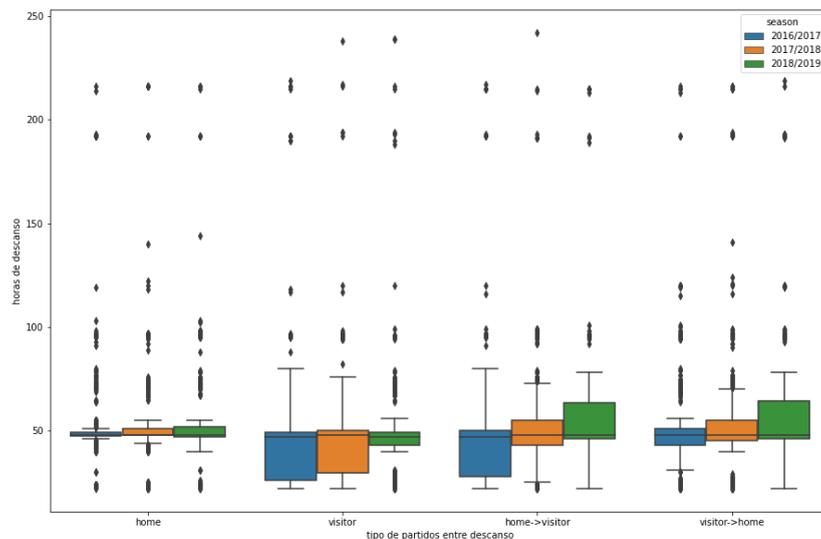


Figura 4: Distribución de horas de descanso según el patrón de localía de los partidos jugados en el medio. En el eje vertical se representan las distintas horas de descanso entre un partido y el siguiente. En el eje horizontal el tipo de partidos que disputan entre ese descanso. Los primeros dos tipos representan partidos jugados de forma consecutiva bajo la misma condición, ya sea dos partidos seguidos de local ("home") o visitante ("visitor"). Los últimos dos representan partidos en donde los equipos debieron cambiar de localía entre el período de descanso, ya sea jugando de local primero y luego de visitante ("home->visitor") o viceversa ("visitor->home").

En general, los equipos tienen descansos de entre 40 y 60 horas entre cada compromiso. Sin embargo también es frecuente que algunos tengan descansos de entre 20 y 40 horas o entre 60 y 80 horas. Son muy pocos los casos en donde los equipos descansan más de 100 horas entre partido. El descanso puede variar también dependiendo el patrón de localía de los partidos de un equipo. Como se puede observar en la Figura 4, cuando un equipo juega dos partidos de local seguidos, en general tienen 50 horas de descanso entre ambos compromisos. Sin embargo, para los casos en donde deben cambiar de localía (ya sea porque juegan dos partidos de visitante, o porque tienen un partido de local y luego de visitante o viceversa), el descanso puede variar mucho más. Uno podría suponer que cuando un plantel entero debe trasladarse geográficamente para el siguiente compromiso, la NBA intenta darle más tiempo para que justamente no solo tengan descanso sino que también tiempo para el traslado. Sin embargo, mirando la distribución de descansos en este tipo de escenarios (segundo grupo de boxplots de la Figura 4) parece haber indicios que sugieren que en las giras de visitantes, los equipos tienen menor descanso que para los casos en donde deben volver a jugar de local habiendo jugado previamente de visitante (cuarto grupo de boxplots), o viceversa (tercer grupo de boxplots). Esto podría deberse a que se intenta que los equipos reduzcan al máximo el tiempo de las giras de visitante o bien a otorgarle un *buffer* de tiempo para antes y después de las giras de visitante. Además, como también se puede apreciar en la misma Figura, esta diferencia parece haberse ampliado para la temporada 2018/2019. Si se compara esa temporada con la de las anteriores ediciones, la misma representa una notable mejoría en la distribución del descanso entre dos partidos para los casos que suponen un traslado físico de los equipos a otro estadio, ya sea porque están en una gira de visitante, porque les toca un partido de visitante habiendo jugado de local, o porque les toca un partido de local habiendo jugado de visitante.

4.2. La asistencia en temporada regular

Uno de los indicadores más importantes a la hora de estimar el éxito de una temporada, ya sea en términos comerciales o deportivos, es la asistencia o concurrencia de la afición a los estadios. No solo para un equipo la venta de entradas resulta fundamental para sus ingresos, sino que también sirve para entender el grado de interés y por ende el valor que tiene un equipo para los medios de comunicación y para la NBA. Tomando los datos de asistencia a los estadios de las temporadas mencionadas, podemos determinar que, en general, la asistencia de la afición a los partidos en cada una de ellas es relativamente buena. En la Figura 5 se puede visualizar la distribución del ratio o porcentaje de asistencia¹¹ que hubo durante estas temporadas. Durante estas tres ediciones, la asistencia promedio fue superior al 95% y en aproximadamente 3/4 de los partidos, fue superior a casi el 90% de la capacidad de los

¹¹ El indicador que utilizaremos para medir la asistencia será un ratio que equivale al cociente entre la cantidad de espectadores de un partido y la capacidad que posee el estadio donde se disputa ese mismo partido. Este indicador puede interpretarse como el porcentaje de la capacidad del estadio cubierta por los espectadores en un partido. El motivo para utilizar este ratio es poder normalizar los distintos volúmenes de asistencia que tienen los equipos a causa de los diferentes tamaños de sus estadios y que de esta forma sea comparable entre ellos.

estadios. Eso es una cifra muy significativa para un torneo de tan extensa duración y que a su vez cuenta con tantos equipos y partidos.

Figura 5. Distribución de Asistencia por Temporada

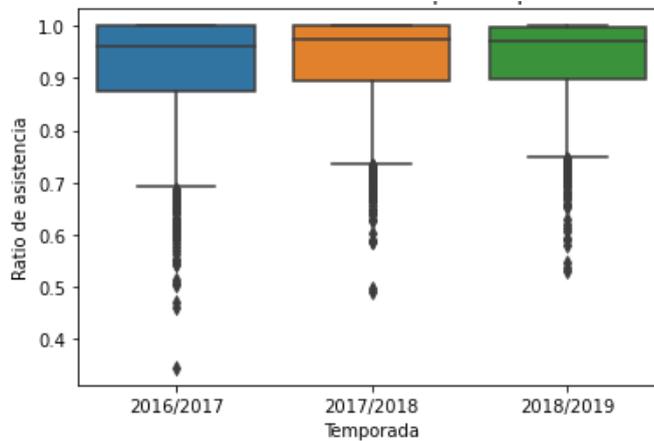


Figura 5: Distribución del ratio de asistencia (cantidad de espectadores sobre total de asientos disponibles) para las ediciones 2016/17, 2017/18 y 2018/19. En el eje vertical se representan los ratios de asistencia por partido y en el eje horizontal la temporada correspondiente a cada distribución.

No obstante, la intensidad y el atractivo de los partidos no es la misma durante los 6 meses de competición. Por tal motivo, es difícil que se mantenga tan buenos ratios de asistencia durante toda la temporada. Si observamos la evolución de este indicador durante los meses en los que transcurre la competición (Figura 6) podemos notar cómo a medida que la competición va llegando a instancia definitivas de la temporada regular, la asistencia promedio a los partidos va en crecimiento. De esta forma, el primer mes de competición parece ser bueno en términos de espectadores, pero durante los meses siguientes hasta febrero, este ratio no parece mejorar. A partir de febrero comienza a crecer de forma más pronunciada hasta llegar al mes de abril, mes en el que comienzan los Playoffs. Luego de ese momento y hasta el final de temporada, la asistencia promedio de los partidos que se disputan en esa etapa, alcanza casi el 100%.

Figura 6. Ratio de asistencia de las últimas 3 temporadas pre-pandemia

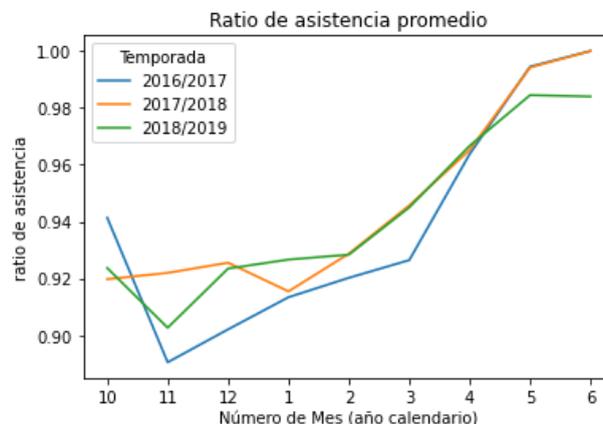


Figura 6: Ratio de asistencia promedio durante las temporadas 2016/17, 2017/18 y 2018/19. Los meses de temporada regular (eje horizontal) van de octubre (mes 10) a mayo (mes 5) y la temporada culmina con los Playoffs que se juegan durante mediados de abril hasta finalizar en el mes de junio (mes 6). Cada línea representa el ratio promedio mensual de asistencia (eje vertical) de distintas temporadas

Esto nos permite inferir que a medida que la competencia llega a instancias definitivas, el atractivo de los partidos sube, dado que hay mucho más en juego, no solo para los equipos que se disputan las primeras posiciones¹², sino que también para los equipos que están peleando por ingresar a los Playoffs. Finalmente, en la última etapa de la temporada, donde los partidos son a eliminación directa por el campeonato, la expectativa generada y el atractivo es tal que el interés por los partidos es mucho mayor y por ende la respuesta de la afición¹³.

Figura 7. Distribución del ratio de asistencia según la etapa de la temporada.

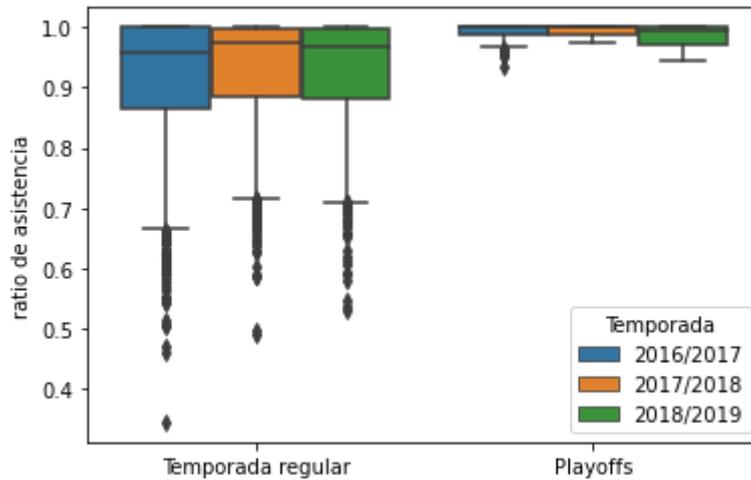


Figura 7: Distribución del ratio de asistencia durante fase regular y Playoffs. A la izquierda del eje horizontal, la distribución de temporada regular, separando cada año de edición en distintos colores. A la derecha, la distribución del ratio de asistencia pero para la etapa de Playoffs, con la misma separación por año. En el eje vertical se representan los ratios de asistencia por partido.

Este incremento en el interés por partidos a eliminación directa también se puede apreciar en la Figura 7 donde comparamos la distribución de la asistencia entre la etapa regular y la etapa de playoffs donde ya se disputan juegos en donde el perdedor queda fuera de competición y el ganador avanza a una siguiente instancia. Durante esta etapa definitiva de la temporada el ratio de asistencia promedio es cercano al 100% y la variabilidad por partido es muy baja (ningún partido tuvo menos del 90% de asistencia). En cambio en la etapa regular, el promedio es cercano al 95% pero tiene mucha mayor dispersión, lo que significa que si bien la asistencia fue buena, hubo una proporción mucho mayor de partidos con menor atractivo para la afición.

Sabemos que sólo 16 de los 30 equipos clasifican a la etapa de Playoffs. Entonces, cabe preguntarse si este efecto incremental en la asistencia a los partidos producto de la instancia eliminatoria propia de Playoffs, es igual para todos los equipos, inclusive aquellos que se encuentran lejos de los puestos de clasificación. Sus fanáticos, ¿mantienen una fidelidad a pesar de que no estén peleando por acceder a la instancia definitiva de la temporada?. Si decimos que el grado de asistencia de la afición a los partidos de su equipo es un gran indicador del éxito que está teniendo una franquicia en la temporada, el puesto que ocupan en el ranking general de la temporada lo es aún más.

¹² En cada emparejamiento de Playoff, el equipo que tiene mejor ranking tiene lo que se denomina “ventaja deportiva” que le da el beneficio de no solo iniciar como local la llave de playoff, sino que también de cerrar la llave en el caso de que sea necesario llegar a un séptimo partido.

¹³ El lema “Win or go home” fue durante muchas temporadas el slogan elegido por la organización de la NBA para publicitar la fase de playoff, haciendo alusión a la instancia definitiva y buscando, probablemente, generar expectativa y atractivo para los partidos en esta etapa de la temporada.

4.3. Los equipos de bajo rendimiento deportivo

La mayoría de las ligas deportivas del mundo poseen un sistema de organización y ordenamiento de equipos basado en un ranking. El mismo es determinado por alguna métrica que busca reflejar el éxito de cada competidor en la temporada. Por ejemplo, la Federación Internacional del Automóvil (FIA) corona campeón al piloto y equipo de la Fórmula 1 en función a un ranking que establece para cada uno de ellos, determinado por los puntos que van obteniendo de acuerdo a las posiciones en las que fueron finalizando cada carrera del circuito. La mayoría de las ligas de fútbol del mundo como la Premier League o La Liga Española, hacen lo propio en base a puntos obtenidos por victorias y empates. En el caso de la NBA, el ranking es determinado por el ratio de victorias sobre el total de partidos jugados y sirve para poder definir a los equipos que clasificarán a la etapa de Playoffs donde se determinará al campeón de la temporada por medio de una serie de llaves eliminatorias. Ya sea para determinar al campeón o para definir a los equipos clasificados a una posterior etapa eliminatoria, el ranking sirve como indicador del rendimiento deportivo que cada competidor está teniendo en la temporada. Naturalmente, cuanto mejor posicionado esté un equipo en dicho ranking mayor serán sus probabilidades de obtener el campeonato. Por el contrario, los equipos con peor desempeño en la temporada, estarán ubicados en los últimos lugares con pocas posibilidades de pelear el campeonato. Resulta lógico pensar entonces que el interés del público y el atractivo deportivo de un determinado encuentro estará fuertemente influenciado por la posición que ocupen los competidores en ese ranking (entre otros factores). De esta forma es esperable que aquellos partidos que disputen los equipos que se encuentren entre los primeros puestos tengan un mayor atractivo de aquellos que están muy alejados por la pelea del título.

Observando los datos de las temporadas de referencia en la Figura 8, se puede observar cómo el ranking que ocupan los equipos es un determinante importante en el ratio de asistencia a los partidos¹⁴. Los equipos que ocupan el top 5 de cada conferencia no solo poseen una mayor respuesta de su afición con respecto al resto de los equipos, sino que también tienen un grado mucho más consistente y estable de espectadores durante todo el transcurso de la temporada. Su promedio no baja del 95% y se mantiene relativamente creciente de manera constante hasta alcanzar los playoffs.

¹⁴ Para este análisis, se consideró el ranking de los equipos al momento de disputar el partido.

Figura 8. Evolución del ratio promedio de asistencia según la etapa de la temporada.

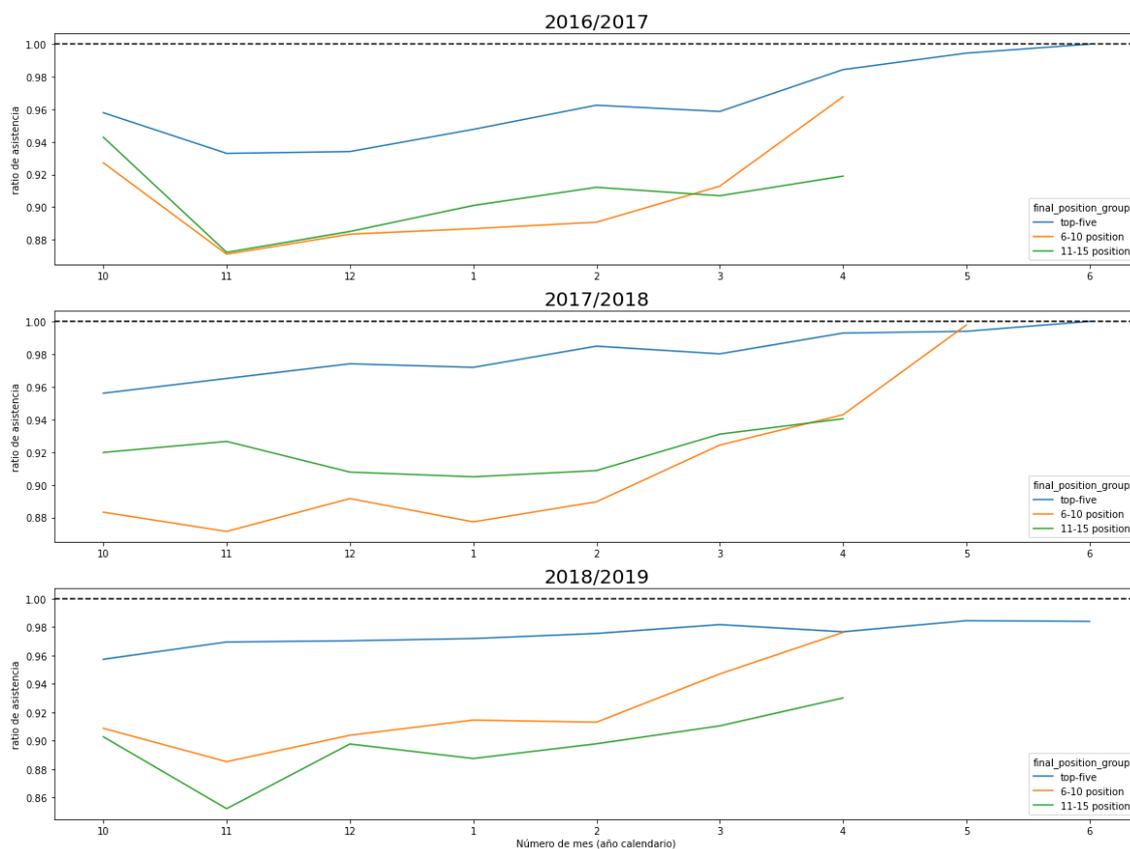


Figura 8: Evolución del ratio de asistencia promedio mensual por grupos de equipos de acuerdo al ranking de conferencia al momento de disputar el partido. En el eje horizontal está el mes calendario de competición. En el eje vertical se representa el ratio promedio por partido. Cada línea representa un cluster de equipos según su ranking. Para ello se agruparon los equipos utilizando el ranking de conferencia de cada uno al momento del partido. De esta manera, para cada puesto del ranking existen dos equipos, uno por cada conferencia. Es importante destacar que los Playoffs comienzan a mediados del mes 4 (abril), con lo cual el ratio promedio del mes 5 (mayo) y 6 (junio) solo considera aquellos equipos que lograron clasificarse a dichas instancias. En la temporada 2016/2017 se dio el caso "raro" en el que un equipo preclasificado en los últimos puestos del ranking, logró avanzar a la segunda instancia. Es por eso que el ratio promedio de ese grupo (línea naranja) se estira hasta el mes 5. Para el resto de las 2 temporadas no ocurrió eso y se dio la lógica de que los equipos dentro del top 5 avanzaran hasta las últimas instancias.

Del otro lado están los 20 equipos restantes que no se logran posicionar como los claros candidatos al título. Sin embargo, no se encuentran ajenos a la tendencia creciente en el nivel de espectadores y al igual que el grupo de los mejores equipos, su asistencia parece mejorar de forma relativa en el último tramo, cuando se acerca el cierre de la temporada regular previa a los Playoffs.

Ahora bien, podríamos utilizar también el ranking de ambos equipos al momento de disputar el partido para inferir el grado de paridad que va a tener un encuentro. ¿Esta paridad competitiva entre dos equipos puede influir en el interés que va a despertar un partido determinado? Uno a priori imaginaría que a menor diferencia de ranking entre uno y otro, mayor nivel competitivo de los equipos y por ende mejor espectáculo y mayor interés entonces en el partido. Sin embargo, viendo la distribución de la asistencia a los partidos en función a la diferencia de rankings entre el local y visitante (Figura 9), podemos notar que en realidad no hay diferencias

significativas. Lo que sí se puede notar, es que a medida que la diferencia de ranking es mayor entre el local y visitante, la asistencia a los partidos se vuelve más volátil y por ende, más impredecible¹⁵. En cambio, para partidos con menor diferencia, la asistencia promedio es levemente superior y se concentra más cercano al 100%.

Figura 9. Distribución del ratio de asistencia según la diferencia de ranking.

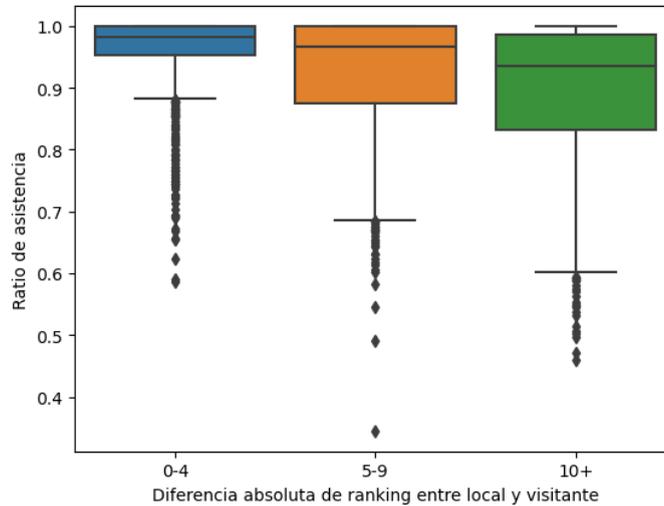


Figura 9: Distribución del ratio de asistencia en función a la cantidad de posiciones de distancia que existen entre el equipo local y el equipo visitante en un partido. En el eje horizontal se representan la cantidad de posiciones de diferencia entre el equipo que oficia de local y el que lo hace de visitante para un partido particular. Los partidos se dividen en 3 categorías: aquellos donde la diferencia de ranking es de 0 a 4 puestos, de 5 a 9 y finalmente aquellos partidos donde la diferencia es de más de 10 puestos. En el eje vertical, los distintos ratios de asistencia para los partidos de ese tipo. El ranking utilizado es el correspondiente a cada conferencia. Cuando la diferencia del ranking es 0 se trata de un partido donde ambos equipos poseen el mismo puesto en sus respectivas conferencias. Cuando es de 14, se trata de un partido disputado entre el primero y el último de la misma o diferentes conferencias.

No obstante, este análisis estaría incompleto si no consideramos que la diferencia del ranking puede favorecer o no al local, lo que podría influir en la decisión de los fanáticos de asistir a un partido en donde su equipo tiene mayor o menor chance de ganar. Observando el ratio promedio según el ranking del local y el visitante (Figura 10), podemos notar cómo en realidad los equipos que hacen de local y que tienen mejor ranking, mantienen un ratio promedio de asistencia superior a otros encuentros de la liga en términos relativos, independientemente del equipo contra el que se enfrentan. Cuando el equipo que tiene la localía se encuentra dentro del top 5, la asistencia a su estadio es superior en los encuentros disputados contra cualquier equipo. De manera inversa, cuando los equipos de mitad de tabla para abajo se enfrentan a equipos top 5 de local, el promedio de asistencia también es bueno. Esto pone en evidencia que en realidad, los equipos que están teniendo mejor desempeño en la temporada, tienen un efecto “empuje” de aficionados a sus estadios durante toda la competición. Inclusive para partidos contra los peores equipos, el promedio de asistencia es alto.

¹⁵ Cabe aclarar que los partidos con mucha diferencia de ranking son menos frecuentes que los partidos entre equipos más cercanos en el ranking y por ende con menor diferencia. Por ejemplo, el enfrentamiento entre el primero y el último resultará en una diferencia máxima de 14 puestos. Esto puede ocurrir en contadas ocasiones al lado de enfrentamientos donde la diferencia de rankings es menor. Esta diferencia más baja se puede dar en muchos más partidos donde los equipos no tienen tanta diferencia de ranking.

Figura 10. Ratio promedio de asistencia según el ranking del equipo local y visitante.

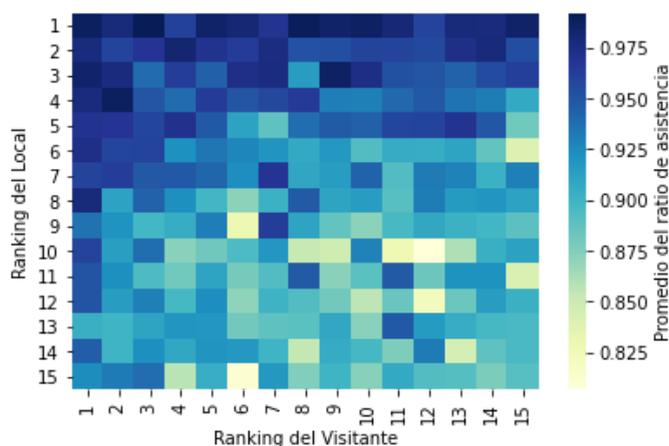


Figura 10: Ratio de asistencia promedio total (temporadas 2016, 2017 y 2018) por partido según el ranking de conferencia del equipo que oficia de local y del que lo hace de visitante. Para ello se consideró el ranking de Conferencia al momento de disputar cada partido.

En este sistema de ordenamiento de equipos por medio de un ranking, los medios de comunicación y fanáticos suelen poner el foco en los equipos que están luchando las primeras posiciones. Son los que le dan el atractivo a una temporada. Pero como hemos visto existen otros equipos ubicados al final de estos rankings, que no reciben tanto interés por parte del público a causa de su pobre desempeño. Aquí se hace visible el problema para aquellos que deben transcurrir la temporada con nulas expectativas de pelear por las primeras posiciones. En este contexto, la afición no recibe interés suficiente para asistir a los encuentros, con la excepción de aquellos espectadores cuya asistencia a los partidos depende de otros factores externos al rendimiento deportivo, como el sentido de pertenencia al equipo o el interés de presenciar un espectáculo deportivo de primer nivel.

El caso de los equipos que terminan “cayendo” a las posiciones más bajas del ranking es un problema que comparten la mayoría de las ligas de cualquier deporte. Cómo hacer para incentivar a que los peores equipos no den por perdida una temporada a pesar de sus bajos rendimientos y sigan intentando mantener el nivel competitivo y, por ende, el interés del público, en cada uno de los encuentros restantes, es uno de los principales desafíos. Para intentar abordar este problema es normal que las distintas organizaciones establezcan ciertas reglas para motivar a que los equipos que llegan a estas instancias, no den por terminada la temporada antes de tiempo y puedan tener otros objetivos distintos al campeonato. El mecanismo más común para estos casos es el que utilizan muchas de las ligas de fútbol y baloncesto en el mundo, en la cual establecen un sistema de descensos a categorías de menor nivel deportivo [33]. Este sistema consiste en seleccionar a aquellos que hayan quedado con el peor ranking¹⁶ al finalizar una (o varias) temporadas e intercambiarlos con aquellos equipos que hayan logrado el mejor ranking del torneo inferior. Para que vuelvan a competir en la máxima categoría, estos equipos descendidos deben lograr la clasificación establecida por medio de otra competición, considerada de menor nivel deportivo. Pero esta tampoco es la

¹⁶ El ranking puede realizarse en función a un indicador distinto al que se utiliza para determinar al campeón. Por ejemplo, en la primera categoría de la liga de fútbol profesional argentina se utiliza el promedio de puntos por partido obtenidos durante las últimas 4 temporadas para definir los equipos que descenderán a la segunda categoría mientras que para determinar al campeón de la primera categoría se utiliza la suma de puntos obtenidos en la temporada.

única forma que existe para incentivar a los competidores a mantener la intensidad hasta el final de temporada. Siguiendo el ejemplo de la liga de fútbol argentina, la clasificación a otros torneos internacionales como la Copa Libertadores o la Copa Sudamericana¹⁷, también sirve como estímulo para que los equipos de mitad de ranking para abajo sigan compitiendo para obtener los puestos necesarios y así sus partidos tengan un atractivo hasta el final de temporada. Sin embargo, en el caso de la NBA no existen otras ligas internacionales a las cuales puedan aspirar estos equipos ni tampoco existen otras categorías dentro de la propia organización como para poder implementar un sistema de ascensos y descensos que obligue la pelea por salir de los últimos puestos. De hecho ocurre lo contrario: existen beneficios implícitos para que los peores equipos busquen perder de manera intencionada. A este fenómeno se lo conoce como *tanking* y se desarrollará con mayor detalle en la siguiente sección. Es por este hecho paradójico que la liga intentó explotar al máximo el interés que tienen los equipos por clasificar a los Playoffs, mediante la creación de una competencia paralela denominada Play-In.

Antes de su implementación en la temporada 2019/2020, los equipos que ocupaban hasta el octavo puesto de cada conferencia, clasificaban directamente a la última fase de la temporada mientras que el resto daba por terminada su actuación en el torneo. Con esta nueva modalidad se incrementó el atractivo de los últimos partidos del calendario de los equipos que ocupaban entre la posición siete y diez de cada conferencia. Además se creó una fuente de ingresos adicional para la NBA, dado que los derechos de televisación de estos partidos fueron comercializados de manera exclusiva e independiente a los otros partidos del torneo. Si bien se creó en el momento en que la liga estaba disputando partidos sin público por la pandemia, el *rating* televisivo de dichos partidos sirvió para demostrar el interés que tuvo la afición por este tipo de encuentros. El partido de Play-in de Los Angeles Lakers vs Golden State Warriors disputado el 19 de mayo de 2020, tuvo un rating de 5,6 millones de televidentes y fue récord de televidentes para la cadena televisiva ESPN en un partido de NBA desde 2019 [VI]. Además, si tomamos los datos de asistencia a los 6 partidos del Play-in de la temporada 2021/2022 (Tabla 1) podemos observar que dichos partidos tuvieron una asistencia superior al promedio de la temporada de estos equipos participantes. Cabe destacar también que dicha diferencia fue aún superior para aquellos que terminaron más abajo en el ranking. En consecuencia, podemos asumir que este partido resultó más interesante para la afición de los equipos que originalmente no hubieran logrado una clasificación directa a los Playoffs por encontrarse en peores puestos del ranking.

¹⁷ En el caso de las ligas de fútbol europeas, el equivalente a estos torneos internacionales son la UEFA Champions League, la UEFA Europa League y la UEFA Conference League.

Tabla 1. Asistencia a los partidos de Play-in (temporada 2021/2022).

Equipo	Asistencia Play-in	Promedio Asistencia de la temporada	Diferencia	Ranking final de conf
Minnesota Timberwolves	17.136	16.028	7%	7
Los Angeles Clippers	19.068	16.927	13%	8
New Orleans Pelicans	18.610	15.511	20%	9
Brooklyn Nets	17.732	17.355	2%	7
Cleveland Cavaliers	19.432	18.493	5%	8
Atlanta Hawks	18.137	16.408	11%	9

Tabla 1: Asistencia a los partidos de Play-in correspondientes a la temporada 2021/2022. Fueron 6 partidos disputados. En la imagen se observan los datos de los 6 equipos que oficiaron de local para cada uno de ellos. Los primeros tres equipos son los correspondientes a la Conferencia Oeste y los otros tres a la Conferencia Este. En la segunda columna se encuentra la asistencia del partido de Play-in. En la tercera columna se encuentran los datos de asistencia promedio de la temporada para cada uno de estos equipos y en la cuarta la diferencia porcentual entre la asistencia del partido en cuestión en relación promedio general del equipo. Por último se encuentra el ranking de conferencia con el que finalizó cada equipo la temporada regular.

A pesar de estos beneficios, su lanzamiento estuvo rodeado de críticas [I], en especial por parte de los jugadores que no sólo reclamaban por el riesgo físico derivado de tener que disputar partidos adicionales sino que también acusaban de injusta la decisión de que los equipos que lograron obtener el séptimo y octavo puesto luego de transcurrir toda la temporada regular, pudieran quedar afuera de los Playoffs como consecuencia del azar producto de jugar solo uno o dos partidos del Play-in. De todas formas, el público respondió de forma muy positiva a este evento, lo que se tradujo en un resultado económico favorable para la NBA [VI]. Como consecuencia de esto y a pesar de las críticas de las principales figuras, la organización acordó con el Sindicato de Jugadores repetir este esquema para las temporadas que le siguieron.

El Play-in no solo tuvo impacto positivo en lo económico. Con su puesta en marcha, veinte de los treinta equipos de la liga pasaron a pelear de forma directa por un lugar en la etapa final de la temporada, y al mismo tiempo aumentó las chances de clasificación a aquellos equipos que se encontraran cercanos a obtener el décimo puesto de cada conferencia y que en otras temporadas no hubieran tenido motivación alguna para seguir compitiendo hasta el final. Es el caso de estos equipos en donde se vuelve más habitual la mencionada práctica del *tanking*. La misma corresponde a una estrategia enfocada en perder partidos de forma intencionada con el fin de ganar ciertos beneficios a futuro. Estos beneficios están relacionados a la obtención de privilegios a la hora de elegir jugadores debutantes, considerados como las próximas estrellas del torneo, en el evento que organiza la propia NBA conocido como Draft de la NBA.

4.4. El Draft de la NBA y el problema del Tanking

El Draft es un proceso que no es exclusivo de la NBA. El mismo se practica en muchas ligas deportivas de Estados Unidos como la NFL, MLB o la NHL y consiste en un sistema diseñado con el objetivo de que los 30 equipos recluten de forma organizada y ordenada a 60 de los jugadores jóvenes más prometedores para el futuro de la liga. Existen algunos requisitos¹⁸ y un proceso formal para que los propios jugadores se consideren elegibles pero en general, estos jugadores provienen de otras ligas estadounidenses, que han demostrado tener cierto nivel

¹⁸ Para declararse elegibles deben tener al menos 19 años y haber transcurrido al menos un año desde que terminaron la escuela secundaria. Para ingresar automáticamente, cuatro años de Universidad, transcurridos post-secundaria o haber sido profesional en otra liga del mundo.

apto para este tipo de competencia. No obstante, existen casos de jugadores que provienen de otras ligas internacionales, como el famoso caso de Emanuel Ginóbili o el recientemente elegido Leandro Bolmaro.

Los equipos van realizando un *scouting*¹⁹ sobre estos jugadores para poder seleccionar a aquel de mejor rendimiento o aquel que creen será el más adecuado para su futura plantilla de jugadores. Adicionalmente, la NBA organiza un evento denominado “*NBA Draft Combine*”, en donde se convocan a un grupo selecto de jóvenes para que los reclutadores de los equipos puedan verlos ejecutar una serie de pruebas físicas y de habilidades. Ante este escenario, los equipos cuentan con mucha información para elegir al mejor candidato. Sin embargo, es esperable que muchos equipos quieran elegir al mismo, más si se trata de un jugador que logró destacar en su respectiva liga y en las pruebas físicas. Entonces, ¿cómo hacen los equipos para decidir quién se quedará con un determinado jugador? Y el jugador, ¿no puede elegir al equipo que le ofrezca más dinero o un mejor proyecto deportivo? Lamentablemente para éstos últimos, el sistema de elección y traspasos en la NBA es unidireccional en la mayoría de los casos²⁰, lo que significa que los equipos eligen y los jugadores no pueden negociar. Para todos estos jugadores que están buscando ingresar a la liga existe además un tope impuesto por la NBA en el valor de los contratos de su primera temporada, con lo cual tampoco se puede implementar un sistema de puja para determinar al equipo con la mejor oferta. Es por eso que lo que se utiliza es un método para organizar a los equipos en un orden determinado para que vayan eligiendo de manera secuencial. Este orden será clave para estos equipos porque naturalmente los mejores jugadores serán los primeros en ser elegidos. Como consecuencia, el método para determinar este orden es crítico.

Como el principal objetivo de este mecanismo es buscar equilibrar el nivel de los equipos e impedir que solo un puñado de ellos domine la liga, bajando así el nivel competitivo y el grado de interés del público, se busca que los equipos de peor rendimiento tengan prioridad y así puedan elegir a los mejores prospectos. Para ello el proceso de elección se divide en dos rondas. En principio, los equipos eligen una vez por cada ronda. Sin embargo, el derecho de futuras elecciones de una u otra ronda se pueden utilizar como medio de cambio para incluir en negociaciones por jugadores en el mercado de pases, con lo cual los equipos pueden contar adicionalmente con el derecho adquirido de otros equipos. En cada ronda, los primeros 14 turnos para la elección están reservados exclusivamente para los 14 equipos que no lograron clasificarse a la postemporada de Playoffs. El orden para estos se determina por sorteo en una lotería que está diseñada para darle mayor probabilidad a los equipos con peor récord de victorias de la temporada que finalizó.

No se utiliza el esquema tradicional de sorteo sino que por medio de un sistema complejo de asignación, se otorgan distintas combinaciones de números o bolillas a estos equipos para luego ir sorteando combinaciones de números para cada puesto en la selección de jugadores. El método es similar al de la lotería²¹ en donde cada equipo tiene una combinación de números y se va asignando cada equipo a los lugares de acuerdo a la combinación que sale sorteada. Lo

¹⁹ Se denomina *scouting* al proceso por el cual los equipos van monitoreando de cerca y comparando entre ellos la evolución de los jugadores elegibles para el Draft. Para ello se utilizan métricas relacionadas a las características físicas (como por ejemplo la capacidad de salto, contextura física, etc) o de juego (como por ejemplo efectividad de tiro de tres puntos, rebotes promedio, etc)

²⁰ Existen algunas excepciones de jugadores con un nivel superlativo demostrado, en cuyo caso pueden influir en la decisión o pedir un traspaso a otro equipo pero no es algo que ocurra frecuentemente.

²¹ La NBA realiza un evento transmitido en vivo por televisión conocido como la “Lotería del Draft” en donde se realiza el sorteo de los equipos en cada posición.

novedoso es que el reparto de bolillas previo a cada equipo, se realiza de forma tal que los tres con peor récord de victorias, tengan la misma probabilidad de salir sorteados en el primer lugar de selección, y a su vez que para el resto de los equipos dicha probabilidad vaya disminuyendo de manera gradual a medida que se va bajando en el orden de equipos con peor record. Del puesto 15 al 30 por su parte, eligen los equipos que sí clasificaron a los Playoffs, en orden inverso según el porcentaje de victorias que tuvieron en la temporada. De esta forma, los equipos con peor porcentaje elegirán primero. Para la segunda ronda, los 30 equipos eligen nuevamente en orden inverso de acuerdo al porcentaje de victorias que tuvieron en la temporada. En este caso no hay lotería para determinar el orden de las primeras catorce elecciones. La elección de cada equipo en cada ronda se mantiene en secreto hasta el día de la ceremonia del Draft. Este es un evento que se transmite por televisión y del cual se generan todo tipo de rumores y especulaciones para saber no solo a qué jugador elige cada equipo sino también para saber qué jugadores serán los elegidos en los primeros puestos de la elección²². En dicha ceremonia los principales candidatos asisten a una cena donde luego el principal ejecutivo de la NBA va anunciando en orden los elegidos por cada equipo.

Tabla 2. Resultados de la lotería del draft del año 2022.

Equipo	Juegos ganados	Juegos perdidos	% victorias	Ranking 2021/2022	Probabilidad Lotería Draft 2022	Resultado Lotería
Houston Rockets	20	62	24,4	30	14,0%	3
Orlando Magic	22	60	26,8	29	14,0%	1
Detroit Pistons	23	59	28,0	28	14,0%	5
Oklahoma City Thunder	24	58	29,3	27	12,5%	2
Indiana Pacers	25	57	30,5	26	10,5%	6
Portland Trail Blazers	27	55	32,9	25	9,0%	7
Sacramento Kings	30	52	36,6	24	7,5%	4
Los Angeles Lakers(*)	33	49	40,2	23	6,0%	8
San Antonio Spurs	34	48	41,5	22	4,5%	9
Washington Wizards	35	47	42,7	21	3,0%	10
New Orleans Pelicans	36	46	43,9	20	2,0%	14
New York Knicks	37	45	45,1	19	1,5%	11
Los Angeles Clippers(*)	42	40	51,2	18	1,0%	12
Charlotte Hornets	43	39	52,4	17	0,5%	13

Tabla 2: Listado de los 14 peores equipos de la temporada 2021/2022 junto con el orden en el cual quedaron para la elección de jugadores durante la primera ronda del Draft del año 2022. La anteúltima columna indica la probabilidad

²² El jugador elegido en el primer turno es considerado como una de las próximas estrellas rutilantes de la liga. Sobre estos jugadores se genera una expectativa deportiva y comercial enorme. Los jugadores que en su momento fueron elegidos en el primer puesto dan una idea del nivel que pueden llegar a alcanzar. La lista es extensa pero sólo a modo de ejemplo se pueden mencionar a algunos: Earvin “Magic” Johnson (1979), Patrick Ewing (1985), Shaquille O’Neal (1992), LeBron James (2003), Kyrie Irving (2011). Algo similar ocurre para el resto de los jugadores elegidos en los primeros puestos de la primera ronda.

asignada por el sistema de Draft para la lotería como consecuencia del porcentaje de victorias o ranking de la temporada finalizada. La última columna indica el orden en el que quedaron sorteados luego de dicha lotería. Los equipos marcados con un asterisco () cedieron el derecho de esa elección a otros equipos por haberlos incluido en negociaciones realizadas previamente.*

Al analizar la estructura de este sistema de selección queda en evidencia que se generan de manera involuntaria incentivos para que ciertos equipos busquen perder de manera intencionada con el objetivo de empobrecer su ratio de victorias, lograr descender en la tabla de posiciones de la liga y obtener así mejores probabilidades para el sorteos. Algunas de estas prácticas llevadas a cabo pueden ser: armar una plantilla llena de jugadores con poca experiencia y/o nivel deportivo bajo, hasta no utilizar a los mejores jugadores en los momentos claves de partidos “cerrados” o parejos.

A pesar de que esta práctica es perjudicial para el torneo, la NBA no penaliza de manera explícita a los equipos sospechados de estar ejerciendo estas estrategias. Posiblemente esto se deba a la dificultad de identificar de manera objetiva a los equipos que realmente están llevando a cabo estas prácticas con el objetivo de perder. Los equipos podrían argumentar que están apostando a una reconstrucción de largo plazo en sus plantillas y por ende se desprenden de buenos jugadores, o que en el afán de cuidar la integridad física de sus mejores jugadores deciden darle descanso y no utilizarlos para algunos partidos²³. Lo que sí puede hacer la NBA es crear reglas para tratar de balancear estos incentivos, como la mencionada implementación del Play-in. Muchos de los ajustes realizados en el sistema del Draft están relacionados a esto. De hecho, el diseño complejo de la lotería se creó en la década de los 90s con el fin de que el ranking de los equipos no sea 100% determinante en el orden en el que iban a elegir y así aplacar de alguna forma la intención de los equipos de perder deliberadamente. Otro ejemplo de esto es el cambio en las probabilidades asignadas a los 14 peores equipos que tienen prioridad en la primera ronda de selección. Antes de este cambio, el equipo con el peor récord de victorias obtenía mejores probabilidades que el segundo peor equipo y éste a su vez recibía mejores chances que el tercero y así sucesivamente hasta llegar al “mejor” de los 14 peores equipos que elegirían en la primera ronda. En este escenario, estos equipos tenían incentivos a seguir perdiendo hasta el final de la temporada, aún siendo de los peores en la tabla. Al igualar las probabilidades asignadas a los tres peores y redistribuir el resto de las probabilidades de manera más equitativa entre los demás, no solo pasó a ser indiferente para los primeros tres peores equipos sino que la diferencia en las chances de salir sorteados con el resto disminuyó, lo que significa que a partir de este cambio, obtener un peor puesto no es garantía absoluta de obtener uno de los primeros puesto en la selección del mejor jugador del Draft. La Tabla 2 muestra los resultados de la última lotería realizada en junio del año 2022, una vez finalizada la temporada. Allí se puede evidenciar que a pesar de que Houston Rockets terminó en la última posición del ranking, terminó eligiendo tercero, luego de Oklahoma City Thunder y Orlando Magic. Este último logró obtener la primera selección del Draft, quien supone ser el mejor jugador de esa camada. Notar además que aquellos equipos que quedaron en los puestos más cercanos al puesto de clasificación de Playoff (puesto decimosexto) quedaron muy atrás en la elección de jugadores, lo que implica que terminaron eligiendo a los jugadores menos atractivos en términos deportivos. Para este grupo de equipos, el escenario fue doblemente malo. No lograron clasificar a la postemporada pero tampoco

²³ La liga ya cuenta con una regla explícita que impide a los equipos darle más de cierta cantidad de juegos de descanso a los jugadores “estrella”. Esto se debe a que estos jugadores son los que en general impulsan la venta de tickets de los partidos a pesar de que se trate de encuentros poco atractivos.

lograron buenos puestos para la elección de mejores jugadores. Como consecuencia, el *tanking* se vuelve un riesgo potencialmente más alto para estos equipos.

4.5. Los desafíos de la liga como una oportunidades de mejora

Sería difícil argumentar que la NBA no posee un buen modelo de negocio. Las cifras económicas que manejan equipos, sponsors y demás *stakeholders* hacen ver que dicha estructura no solo resulta sustentable sino que se mantiene en crecimiento. Al mismo tiempo la organización trabaja continuamente implementando cambios y ajustes en la estructura y diseño no solo del calendario sino que del mismo juego para mejorar el espectáculo y el atractivo deportivo. Sin embargo, tal como hemos analizado, todavía persisten algunas oportunidades de mejora.

La extensión de una temporada de la NBA y la cantidad de equipos que disputan el torneo hace que haya una gran variedad de partidos de distinta relevancia para la afición y equipos. Si bien la asistencia a los partidos se mantiene en niveles muy consistentes durante la etapa regular, y se estabiliza alrededor del 100% en la etapa de Playoffs, existen algunos equipos que no logran mantener esa consistencia, debido principalmente a su pobre desempeño deportivo. Al mismo tiempo, el poco descanso entre partidos provoca un ritmo de competición intenso que limita aún más el interés de los fanáticos, naturalmente porque es muy difícil que la afición se mantenga igual de expectante durante tantos partidos. Esto último además tiene repercusiones en la salud de los jugadores que se ven expuestos a riesgos de lesiones como consecuencia del cansancio físico que genera ese ritmo de competición. Toda esta situación es retroalimentada por el problema del *tanking*.

Desde ya, este escenario complejo admite distintas alternativas para su posible resolución. Las más evidentes serían quitar partidos para que haya más descansos, los jugadores no sufran tanto desgaste y la competencia intente ser más reñida. Otra opción podría ser penalizar con duras sanciones (económicas y deportivas) a los equipos sospechados por incurrir en la práctica del *tanking*. No obstante, la complejidad de la problemática no permite soluciones tan simples. Por ejemplo, quitar partidos provocaría una disminución importante en los ingresos de los equipos que por supuesto se trasladarían a los sueldos de los jugadores y a contratos con sponsors y dueños de derechos televisivos. Por otra parte, la sanción a equipos por prácticas de *tanking* parece fácil en la teoría pero resulta muy dificultosa su aplicación en la práctica: ¿cómo se puede determinar de manera objetiva que un equipo está efectivamente perdiendo partidos de manera intencionada? ¿Bajo qué criterio se puede decir que en realidad no se trata de una mala racha o de un equipo apostando a un proyecto de largo plazo mediante la reconstrucción de su plantilla de jugadores?. Es por todo ello que la solución a estos problemas debe abordarse con un enfoque más amplio. Entre todas las alternativas, una de las que resuena con más fuerza últimamente es la implementación de un torneo "*midseason*" complementario al torneo actual de la NBA.

5. La importancia de un torneo midseason

5.1. Ideas actuales en la NBA

Algo que caracteriza a la dirigencia de la NBA es la predisposición permanente a nuevas ideas y cambios para adaptar el espectáculo al contexto y lograr así potenciar el negocio. La apertura de la liga a jugadores extranjeros a principios de la década de los 90', la programación de

partidos en estadios fuera de Estados Unidos, la creación de los Play-in, la implementación de la “Burbuja de Orlando” en la época de la pandemia, son solo algunos ejemplos que demuestran que la liga siempre ha buscado permanecer a la vanguardia en cuestiones relacionadas a la organización de espectáculos deportivos. Es probable que los ejecutivos de la organización no desconozcan todos los problemas y desafíos que hoy existen en la liga, en especial con las pérdidas originadas por la suspensión de la temporada con motivo de la pandemia en el 2020 [II, X]. Una evidencia clara acerca de esta preocupación creciente es la cantidad de noticias en medios especializados respecto de la posibilidad que hoy se encuentra analizando la NBA de implementar un torneo complementario. Esto implicaría un cambio radical en la liga, que siempre se mantuvo en un único formato. El objetivo que se buscaría con esto es readaptar los contratos televisivos y sumar patrocinadores, de forma tal de potenciar los ingresos de la organización.

Los primeros rumores informados por la cadena televisiva ESPN indicaban que los organizadores buscaban replicar el formato exitoso que posee la Champions League de fútbol [XII]. La idea de una fase de grupos y una posterior rueda de partidos a eliminación directa parecía ser la que más atraía a los ejecutivos. Estos rumores también insinuaban que la liga iba a buscar reducir al mismo tiempo la cantidad de partidos de 82 a 78 por equipo. El problema de hacer esto parecía estar en que las franquicias no veían con buenos ojos la reducción en los ingresos que iba a suponer la pérdida de 2 partidos en condición de local. A pesar de ello, estaba claro que ya se había instalado una discusión en el ambiente y que los principales actores ya dejaban de negar rotundamente dicha posibilidad.

Durante una conferencia de prensa celebrada en febrero del 2022 con motivo del fin de semana del “Juego de las Estrellas”, el comisionado Adam Silver, máxima autoridad de la organización de la NBA, se refirió por primera vez de manera oficial respecto a la posibilidad de implementar un torneo adicional. Según él, los jugadores estaban más receptivos que antes a esa idea, al mirar la aceptación general que había generado por parte de ellos la creación del Play-in [VIII]. En julio de ese mismo año, se realizó una reunión clave en Las Vegas, Nevada, entre todos los dueños de las franquicias y los ejecutivos de la NBA. Este encuentro se realiza habitualmente todos los años, previo al inicio de una nueva edición de la temporada. El motivo es discutir distintos cambios, desde reglas puntuales de juego hasta modificaciones en el formato del torneo. En dicha reunión trascendió que se volvió a plantear la posibilidad de implementar un torneo complementario. Esta vez además trascendieron las características que podría tener esta nueva competición. El mismo se trataría de un torneo corto compuesto por los 8 mejores equipos. Se jugaría entre el segundo y tercer mes de competición (Noviembre y Diciembre). Los cuatro finalistas pasarían a competir en una única sede neutral y como mínimo se implementaría en el calendario de la temporada 2023/2024 [III].

Según esta última información parece haber un cambio en las preferencias de los organizadores y el formato que se buscaría replicar ahora es el de un torneo corto entre unos pocos equipos. Atrás habrían quedado las opciones de un formato más amplio que incluya a más equipos y partidos, que quizás tenía menos consenso con los jugadores al implicar una mayor cantidad de partidos nuevos en el calendario. Independientemente de esto, parecen haber ciertos indicios de que ejecutivos, franquicias, jugadores y demás *stakeholders* ya han comenzado a aceptar la idea de un torneo adicional en el calendario y su creación está cada vez más cerca de ser una realidad. Ahora la discusión parecería estar enfocada sobre cuál es el formato más adecuado para ese torneo y cuál debería ser el incentivo para los jugadores [IX]. En cuanto al formato, el que más suena en la NBA últimamente según la prensa especializada

es uno muy similar al que ya existe hoy en día en España con la denominada Copa del Rey de Baloncesto [III].

5.2. Benchmark: La Copa del Rey de Baloncesto

El básquet europeo es considerado en el ambiente como uno de los mejores y más atractivos después de la NBA. Las principales potencias de este deporte (excluyendo a Estados Unidos) provienen de esta región y los resultados obtenidos por estas selecciones en las competiciones internacionales dan cuenta de ello. En la mayoría de las ligas domésticas de Europa, existen torneos complementarios que se disputan de manera paralela al calendario principal. En Italia existe la "Coppa Italia", en Francia la "Coupe de France", en Serbia la "Copa de Serbia" o KLS por sus siglas en serbio, en Lituania la LKF por sus siglas en lituano, etc. Incluso en otras regiones como Oceanía o Sudamérica, existen competiciones secundarias o Copas locales que se disputan de manera paralela a la liga principal del país. La liga ACB de España (Asociación de Clubes de Baloncesto, según sus siglas) no es la excepción a este formato. La misma es considerada por muchos como una de las mejores ligas del básquet europeo. Como selección, España es una de las potencias top de este deporte, alcanzando con frecuencia las últimas instancias de los torneos internacionales, siendo el primer puesto obtenido en el Mundial de 2019 su último gran hito. De esta liga surgieron una lista extensa de jugadores que luego lograrían un gran impacto en la liga norteamericana. Arvydas Sabonis, Pau y Mark Gasol, Ricky Rubio, Nikola Mirotić, Luka Dončić son solo un ejemplo de jugadores que primero se desarrollaron en la liga española para luego alcanzar el estrellato en la NBA. Para otros jugadores con menor protagonismo en esa liga, lograr un protagonismo en la ACB es igualmente un paso previo necesario. Tal es el caso de muchos de la denominada "Generación Dorada" de la selección Argentina como Luis Scola, Andres Nocioni, Walter Herrman, Pablo Prigioni y también de jugadores más jóvenes como Facundo Campazzo, Gabriel Deck, Nicolás Laprovittola y Luca Vildoza, que luego de destacadas participaciones en la liga española lograron la visibilidad necesaria para atraer la atención de algunos equipos de la NBA.

A diferencia de la NBA, esta competición está compuesta por 18 equipos, poco más de la mitad de los que existen en la liga norteamericana. Sin embargo, en sus respectivos formatos ambas ligas poseen características similares. En ambos, el calendario se divide en dos fases, una fase regular con un formato *double round robin* y una fase posterior de eliminación directa (*playoff*) al mejor de una serie de partidos. Los mejores ocho equipos al finalizar la fase regular son los que logran la clasificación a los *playoffs*. Además, las series de eliminación se juegan al mejor de tres partidos, con la excepción de la final que se juega a mejor de cinco. Estas diferencias ponen en contraste y dan cuenta aún más de lo exigente del calendario norteamericano.

La liga española posee dos diferencias importantes con respecto a la NBA. En primer lugar no posee ningún esquema de incentivos para los equipos de peor desempeño como hace la NBA que ofrece beneficios para el reclutamiento de jugadores jóvenes (de hecho no existe la versión española del Draft). Por el contrario, la liga posee un esquema de descensos de categoría para los peores equipos de la temporada. En segundo lugar, además de la competición principal, posee un torneo "*midseason*" que se juega de manera complementaria. Al igual que en el fútbol, la ACB cuenta con la denominada Copa del Rey. Este se trata de un torneo corto disputado de manera paralela a la competición original. Cuenta con un formato de competición estilo "Final 8 (ocho)", es decir, partidos a eliminación directa entre los mejores 8 equipos de la liga ACB que se inicia al finalizar la primera rueda de enfrentamientos de la competición principal. Todos estos partidos se disputan en una sede única. Si la ciudad designada como

anfitriona posee un equipo en la liga, entonces el mismo reemplazará al 8vo mejor clasificado en su lugar. La llave inicial de cuartos de final se arma con emparejamientos que van del mejor al peor según el ranking de la liga. El equipo campeón será aquel que logre vencer en las instancias de cuartos, semifinal y final de esta competición. A su vez, cada instancia del torneo se juega en un mismo día, disputándose de manera consecutiva en los casos que haya más de un partido (cuartos y semis). Los equipos vencedores no tienen días de descanso entre un partido y el siguiente y todo el evento tiene una duración de tres días, uno para cada instancia. En total se disputan siete partidos. De esta manera, los equipos como máximo juegan tres partidos en caso de alcanzar la final o uno solo en caso de quedar eliminados en la primera instancia.

Al momento de pensar en torneos complementarios una de las cuestiones a analizar es el nivel de paridad y competición que existe entre los equipos que conforman la liga. Como la final de este torneo se disputa aproximadamente a la mitad del campeonato principal, una vez finalizada la primera rueda de enfrentamientos de la liga, la temporada finaliza con dos campeones separados por tan solo unos meses entre sí. Un escenario donde haya una superioridad deportiva concentrada en uno o dos equipos, hará que la probabilidad de que un mismo equipo logre ambos campeonatos sea más alta. Esto naturalmente le quita atractivo al *midseason* tanto para los fanáticos como también para los equipos. En este sentido, la ACB representa un buen ejemplo para analizar esta situación. La liga española (no solo de baloncesto) se caracteriza por una fuerte presencia de equipos históricos y populares como el Real Madrid y Barcelona. Al igual que ocurre en otras disciplinas, estos equipos siempre logran posicionarse dentro de los mejores de cada temporada. Analizando los títulos históricos de la ACB podemos notar que el Real Madrid ha logrado 36 campeonatos de la liga de las últimas 66 disputadas (~55%) y el Barcelona a su vez ha alcanzado los 19 títulos de esa misma liga (~29%). El resto de las 11 ocasiones (~16%), en las que no salieron campeones ninguno de estos dos equipos, el título lo alcanzaron 5 equipos distintos. Esto evidencia una cierta polarización en el nivel competitivo para esta competición. Sin embargo, si analizamos ahora el palmarés de la Copa del Rey podemos observar que esa distribución cambia radicalmente y esta polarización disminuye. Si bien el Real Madrid y Barcelona siguen concentrando la mayoría de los títulos (se consagraron campeones en el 31% y 32% de las ediciones respectivamente), las ocasiones en las que otro equipo de la liga pudo alcanzar el título fue mucho mayor (37%). Esto evidencia que dicha copa resulta mucho más competitiva que la competición principal. Probablemente esto se deba a la corta duración del torneo que permite que un equipo no tan dominante pueda salir campeón al encontrar una racha positiva de 3 partidos consecutivos sin perder.

Analicemos ahora cuántas veces ocurrió la denominada “Doble Corona” (cuando un mismo equipo logra tanto la liga como también la Copa en una misma temporada). Para eso tomamos los datos históricos de las últimas 66 temporadas de la ACB. Como se puede observar en la Figura 11, al inicio del período era mucho más frecuente que un equipo saliera campeón en ambas competencias. En 1975 la probabilidad de que esto ocurriera utilizando los últimos 5 años era del 100%, esto significa que del 1970 al 1975 en todos los años se repitió el mismo campeón tanto para la liga como para la Copa. Sin embargo también se puede observar que hay una tendencia a que esto ocurra cada vez con menor frecuencia. Al 2021, la probabilidad histórica de que se repita un campeón para ambas competencias era de poco más del 40%, sin embargo, considerando sólo los últimos 5 y 10 años esa probabilidad era poco más del 20%. Es decir que a pesar de esta polarización en el nivel competitivo, equipos de menor nivel encuentran la manera de disputarle alguno de los dos torneos a los principales equipos y si

bien puede ocurrir que un equipo logre ambos campeonatos, esto es cada vez menos frecuente.

Figura 11. Porcentaje de ocasiones en las que hubo doble campeón en la liga española.

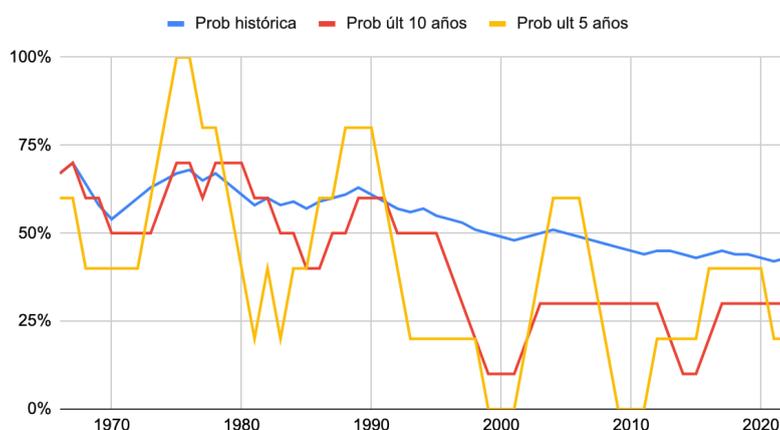


Figura 11: Porcentaje de ocasiones en las que hubo doble campeón en una misma temporada durante los últimos 66 años de la liga española. En azul se representa el porcentaje respecto a los años históricos acumulados al momento de cada año de análisis. En rojo se representa el porcentaje considerando sólo los últimos 10 años y en amarillo sólo los últimos cinco años respecto del año de análisis.

6. Un framework para el diseño del torneo midseason

6.1. Introducción a la metodología

Está claro entonces que la implementación de un torneo complementario podría ser una alternativa que aborde de manera integral, varios de los problemas del torneo actual. También se hace evidente que un nuevo torneo en la NBA dejó de ser una mera idea de algunos ejecutivos de la organización y ya se está avanzando en la implementación concreta de uno. Ahora bien, ¿qué aspectos se deben tener en cuenta a la hora de diseñar un torneo de estas características? Una cosa es diseñar e implementar una única competición para una liga, pero otra muy distinta es hacer lo propio para el caso en el que ya existe una. Claramente existirán consideraciones y restricciones iniciales que hay que considerar a la hora de pensar en este nuevo torneo complementario. El objetivo final de hacer esto es que ambos torneos logren potenciar en conjunto a la liga, tanto en interés deportivo como también atractivo comercial. En este camino, es importante que el desarrollo de una competencia no vaya en detrimento de su par complementario, sino que justamente logren una convivencia positiva para todos los *stakeholders*. Para esto serán entonces necesarias una serie de decisiones y definiciones estratégicas y operativas que se deberán tomar a la hora de diseñar e implementar dicho torneo.

Todo diseño de un nuevo torneo se inicia a partir de la definición de dos aspectos importantes: el formato de la nueva competición y la duración del torneo. Ambas decisiones no pueden ser consideradas de manera independiente dado que el formato y esquema de enfrentamientos del nuevo torneo determinará la extensión en el tiempo necesaria para su desarrollo y a su vez, cualquier duración deseable deberá ser acorde a un formato determinado. En relación a la duración, al tratarse del caso de un torneo complementario, se debe considerar además un aspecto central que es la definición del momento del calendario en donde se incluirán los

nuevos partidos. Para ello, será necesario dividirlo en intervalos o ventanas de tiempo que serán considerados como espacios potenciales dentro del calendario para la introducción de nuevos partidos. Puede definirse un único espacio o ventana en el caso de que el torneo se dispute en una única instancia del calendario o en múltiples espacios para cada ronda, en caso de que se decida jugar en distintos momentos del torneo principal. Para este último escenario además se pueden decidir distintos tamaños o amplitudes en el tiempo a considerar para cada ronda. Pueden ser tamaños de ventanas iguales para todas ellas o aumentar el tamaño para las primeras rondas que incluyen una mayor cantidad de equipos.

Definidas las ventanas de tiempo y su longitud, es necesario establecer concretamente en qué fechas de cada ventana se disputarán estos nuevos partidos. Naturalmente se espera que en la fecha elegida ninguno de los equipos participantes ya tenga programado otro partido de la competencia principal. Pero además de esto, también se debe verificar que al asignar un partido, se cumpla con el patrón elegido por la organización en cuanto a los descansos y al número máximo de partidos que pueden disputar los equipos en una determinada cantidad de días. Con esto se trata de cumplir las restricciones actuales del calendario original y que los equipos no se vean obligados a subir su ritmo de competencia a causa de este nuevo torneo. Finalmente, con las alternativas de fechas ya validadas, es necesario elegir un día puntual para la disputa de cada encuentro. Existen distintos criterios pero en general, una idea razonable puede ser elegir aquella que al incluirse en el itinerario de viaje de cada equipo, provoque el menor impacto posible en la distancia recorrida, teniendo en cuenta los demás partidos que ambos ya tienen programados para la temporada regular.

De esta forma es como las definiciones estratégicas del formato y la duración del nuevo torneo dan lugar a una serie de definiciones más operativas como en qué momento disputar el torneo, qué espacios del calendario serán utilizados, y finalmente en qué fechas se designarán los nuevos partidos dentro de esos espacios de tiempo. A continuación describimos en detalle un *framework* para la implementación de un torneo paralelo a la competición actual de la NBA. Junto con los datos del calendario y los partidos de las temporadas 2016, 2017 y 2018, se analizan todas estas definiciones mencionadas anteriormente, que se deben realizar para su ejecución. Para ello, tomaremos como *input* el calendario y los resultados de los partidos de esas temporadas, para luego analizar cuál es la mejor forma de insertar el torneo secundario en el medio del calendario principal. Utilizamos como base un formato concreto de torneo corto a eliminación directa, compuesto de cinco rondas entre los 24 mejores equipos del calendario. Tomamos como supuesto un calendario más corto al tradicional, con 10 partidos menos por equipo, para lo cual probaremos distintas opciones de partidos a quitar. A partir de todo esto, analizamos distintas configuraciones de torneo para evaluar mediante simulaciones, el impacto de cada elemento en la factibilidad de su implementación. Además, utilizamos un modelo de PLE para la inserción de los partidos en las fechas disponibles cuyos resultados se exponen en la Sección 7.

6.2. El formato del torneo

Cuando nos referimos al formato de un torneo, estamos haciendo alusión a la modalidad de enfrentamientos que tendrá el nuevo torneo. Definir el formato implica establecer las características principales que harán a esta nueva competición. Puntualmente se deberá delimitar: la modalidad de enfrentamientos de los equipos participantes, la cantidad de partidos que se deberán jugar para determinar el campeón y finalmente, la cantidad de

equipos que disputarán el torneo y el beneficio que se ofrecerá como incentivo para la competición.

6.2.1. La modalidad en los enfrentamientos

La modalidad de los enfrentamientos hace referencia al tipo de torneo que se va a crear. Básicamente, se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Torneo de eliminación directa, donde los participantes van disputando llaves y eliminando de forma directa hasta coronar al campeón.
- Torneo donde los competidores se enfrentan en una lógica de “todos contra todos” y los ganadores van acumulando puntos que se registran en una tabla general ordenada del peor al mejor, logrando el título aquel que al finalizar el calendario de la competición logra el primer puesto de ese ranking.
- Torneos mixtos que combinan ambas características. La NBA ya está incluida en este último grupo, dado que posee una primera fase donde todos los equipos se enfrentan entre sí para lograr la clasificación a la etapa de playoffs que luego se disputa bajo la modalidad de eliminación directa.

Cada tipo de torneo tiene sus ventajas y desventajas, pero en general las ligas deportivas que poseen más de una competición, suelen utilizar un tipo de torneo distinto para justamente complementar al principal. Sería muy poco atractivo para una liga utilizar dos torneos exactamente iguales. Aunque depende de cada deporte, no sería descabellado pensar que de esa manera un mismo equipo puede lograr de manera más frecuente el título en ambas competiciones. La NBA además posee el desafío de que incluye ambos formatos en su competición, lo que significa que el torneo nuevo será similar en muchos aspectos al formato original. Sin embargo, para nuestra metodología elegiremos el formato de eliminación directa. Esto lo haremos por dos motivos. En primer lugar, porque los torneos de eliminación directa implican una menor duración. Como ocurre con la Copa del Rey, un torneo corto puede aumentar las posibilidades de otros equipos de alcanzar el título, lo que podría ser más atractivo para estos. En segundo lugar, como hemos relevado en la etapa de análisis, la fase eliminatoria que se presenta en la etapa de playoffs parece tener un efecto muy positivo en el interés del público, y como consecuencia en la asistencia a los partidos. Con esta modalidad entonces se busca generar en pocos partidos un interés alto que logre compensar los ingresos y la audiencia que se “pierden” con motivo de la quita de partidos. En tercer lugar, este formato tiene mayor probabilidades de ser elegido por la NBA para ser llevado adelante, de acuerdo a los rumores descritos en la sección 5.1. Y en cuarto y último lugar, este formato corto de eliminación directa a un partido a priori parece también tener un efecto positivo en la asistencia según la experiencia del Play-in descrita en la sección 4.3.

6.2.2. Los equipos y el premio para el campeón

¿Incluiremos a todos los equipos en el torneo complementario? Si esto no es así, ¿qué criterio se utilizará para la clasificación? Al existir un torneo principal que ya determina a un campeón, ¿qué se puede ofrecer para incentivar a que los equipos compitan al mismo nivel que la competición original? Todas estas preguntas son las que nos debemos hacer al momento de diseñar un torneo. Sin dudas que no hay respuestas correctas o incorrectas para cada una de esas preguntas. Lo que sí existen son ventajas y desventajas y un criterio de elección que dependerá de los objetivos y la visión estratégica de la organización.

En nuestra metodología utilizaremos una modalidad en la que sólo algunos equipos sean los que puedan clasificar a este torneo. El motivo principal es poder incentivar a los equipos de peor rendimiento a que intensifiquen su nivel competitivo para lograr clasificar a este torneo y así evitar el *tanking* de manera prematura en la temporada. Como la modalidad definida es de eliminación directa, la cantidad ideal de equipos participantes debería ser un número que sea el resultado de una potencia de base 2 (2^n) para asegurarnos así que el ganador de cada llave no deba esperar la resolución de otro cruce para conocer a su próximo rival. El conjunto de soluciones inicial que satisface esta condición está compuesto entonces por un torneo compuesto de dos (2), cuatro (4), ocho (8), o dieciséis (16) equipos (la opción siguiente sería 32 pero la cantidad de equipos de la liga es igual a 30 lo que vuelve a esa opción no factible). Como hemos notado en la etapa de análisis, la idea principal de este torneo es apuntar a los equipos de mitad de ranking para abajo. Son aquellos que no logran mantener un nivel consistente de asistencia. Al utilizar alguna de estas opciones estaríamos excluyendo a ese grupo que más nos interesa incluir. También vale recordar que definimos que solo un grupo de equipos podría clasificar a este torneo con el motivo de incentivar la competencia de los últimos equipos del ranking. Por todo ello definiremos que la cantidad de equipos participantes de este nuevo torneo sea de 24 equipos, aceptando que habrá equipos que estén exentos de jugar la primera instancia. Si bien para los 6 equipos restantes que no participen del *midseason*, el riesgo de *tanking* se mantiene latente, el objetivo es que exista un incentivo lo suficientemente alto para que busquen la clasificación al torneo.

Para la selección de estos 24 equipos se utilizará el ranking de los mismos en el momento de hacer el corte y dar inicio al *midseason*. Ahora bien, existen distintas formas de rankear equipos. Por el momento supondremos que existe un ranking para cada equipo que va desde el primero al décimo quinto de cada conferencia y que aquellos entre los primeros doce puestos, serán los habilitados para jugar en esta instancia de torneo. Más adelante en la Sección 6.5 describimos los inconvenientes de utilizar el *ranking* tradicional y desarrollaremos una propuesta alternativa para la elaboración del mismo, que podría ser distinto al utilizado para la temporada regular. Adicionalmente, para equiparar el nivel competitivo de los equipos se organizarán los enfrentamientos de la siguiente manera (ver Figura 12):

1. Llaves que se dividen en 2 zonas de 3 grupos cada una:
 - a. Grupo A: del 1ero al 4to
 - b. Grupo B: del 5to al 8vo
 - c. Grupo C: del 9no al 12
2. En total, incluyendo la final del torneo, se disputarán 5 rondas por zona.
3. Los mejores 4 equipos de cada conferencia (Grupo A) iniciarán su participación en la segunda ronda del torneo.
4. Los emparejamientos irán del mejor al peor. Por ejemplo en el Grupo A de la Conferencia Oeste, el primero juega contra el cuarto y el segundo contra tercero. En el grupo B el 5to vs el 8vo y el 6to vs el 7mo, y así sucesivamente. El sentido de aplicar este tipo de emparejamientos es intentar mejorar el atractivo, especialmente para los equipos de peor rendimiento. Este supuesto surge del efecto que observamos en la sección 4.3 donde los equipos de peor rendimiento mejoraban la asistencia de sus partidos en aquellos encuentros disputados contra los mejores equipos de la temporada.
5. El que tiene mejor ranking oficial de local. Esto es para dar un incentivo e interés para que los equipos busquen un mejor ranking.

6. Las dos zonas pueden estar divididas por conferencias o se podrían realizar cruces entre equipos de distintas conferencias.

Cabe destacar que el esquema de cruces entre partido y el diseño de las llaves puede tener algunas variantes pero en general, los torneos a eliminación directa, siempre presentan una estructura similar. Lo importante es mencionar que dicho esquema propuesto de cruces y enfrentamientos en zonas o grupos puede ser fácilmente adaptado a otros sin perjudicar el resultado final del *framework*.

Finalmente queda por definir cuál será el beneficio para las franquicias y jugadores de participar en este torneo. A los efectos de implementar nuestra metodología, haremos ciertas suposiciones sobre este punto. Nos referimos a que al momento de analizar el *framework* estamos dando por sentado que los equipos cuentan con algún beneficio lo suficientemente atractivo como para motivarlos a competir al máximo nivel y esfuerzo en este torneo. Uno de los beneficios más intuitivos a otorgar es una ventaja o prioridad para el Draft. Los equipos tienen mucho interés en obtener una buena elección de jugadores, aún contando con un equipo competitivo. Es por ello que este beneficio podría resultar interesante tanto para los equipos de peor rendimiento como también para aquellos equipos candidatos al título a que jueguen en su máximo nivel posible. El riesgo de hacer esto es que los equipos más fuertes, y por ende, con mayores chances de campeonato, logren obtener tanto el título principal de la NBA y al mismo tiempo mejores probabilidades para elegir a los mejores jugadores del Draft. En este sentido, la superioridad de estos equipos se incrementaría con respecto al resto, provocando una situación de desigualdad, justamente algo que se quiere evitar con la modalidad de elección del Draft. A esto también se le podrían considerar otros beneficios deportivos, tales como otorgar clasificación directa para los Playoffs u ofrecer ventaja de localía para dicha fase. La desventaja de ofrecer este tipo de beneficios es que pueden derivar en distorsiones sobre la competencia original como por ejemplo, equipos de bajo rendimiento que logran la clasificación a instancias definitivas del torneo principal por haber tenido una buena racha en el *midseason*, quitándole de esta manera nivel a la fase de *playoffs*.

Otro incentivo que podría otorgarse es un premio económico para franquicias y equipos. Esta idea no es nueva y de hecho es el que se utiliza en muchas de las competiciones, incluida la NBA. Puede estar dirigido al equipo campeón pero también otorgarse a aquellos equipos que logren alcanzar las últimas instancias del torneo. También podría evaluarse la posibilidad de eximir a los equipos de ciertos impuestos que hoy la liga ya cobra por excederse de cierto límite en el armado de los equipos²⁴, aunque esto también podría provocar un escenario de desigualdad tal como ocurre con el beneficio explicado anteriormente. Por último, no hay que olvidarse de un incentivo intrínseco a toda competición deportiva: el prestigio que logra un equipo campeón. Esto podría funcionar especialmente para el grupo de equipos de nivel medio o bajo, que cuentan con pocas chances de lograr el título principal y más aún para aquellos que poseen históricamente pocas apariciones en instancias decisivas del campeonato tradicional y que pueden ver a este torneo adicional como su máxima posibilidad para lograr alguna participación de relevancia en la liga.

²⁴ En la NBA existe el denominado "Impuesto de lujo" en donde la liga penaliza con un impuesto a aquellos equipos que superen determinado monto al momento de armar el plantel de sus equipos. Lo recaudado se reparte luego entre los equipos de peor desempeño en la temporada.

Figura 12. Diagrama de enfrentamientos del torneo Midseason

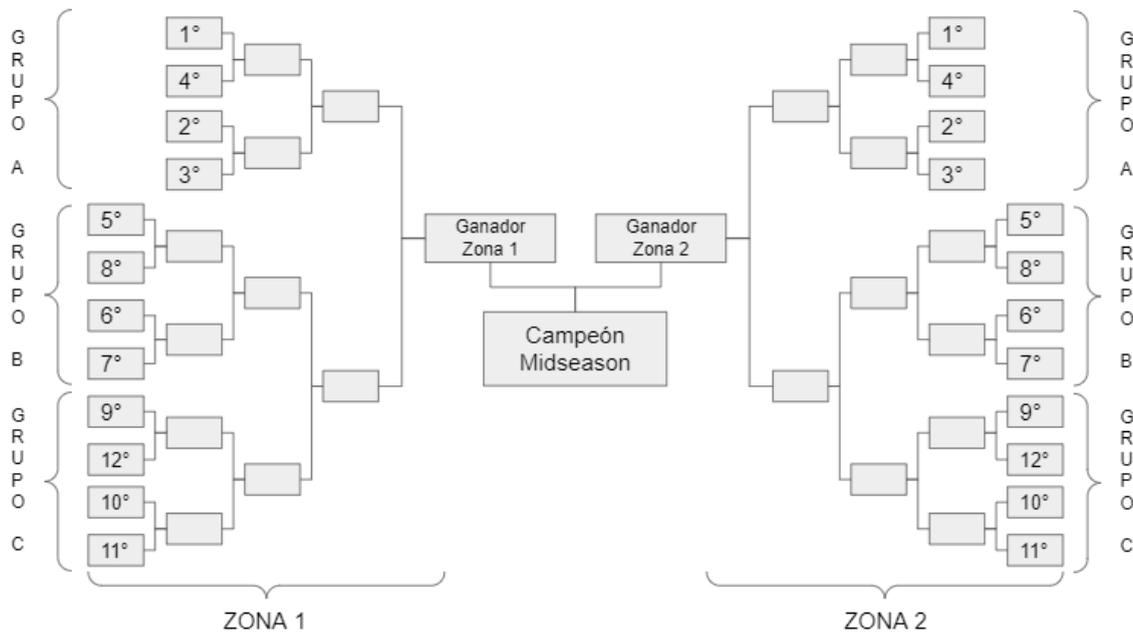


Figura 12: Esquema de enfrentamientos entre equipos para el torneo midseason. Los números representan la posición en el ranking de conferencia al momento del inicio del torneo. Los primeros 4 equipos de cada conferencia se ordenan en el grupo A, los 4 del medio en el grupo B y los últimos 4 en el grupo C. Esto se divide en 2 zonas. El total de equipos participantes es de 24. Los equipos del grupo A de cada zona, inician su participación directamente en la segunda ronda. Cada zona determina un ganador y el campeón final se determina entre el cruce de ambos dos.

6.3. La quita de partidos

La definición de un formato bajo la modalidad de eliminación directa para una cantidad de 24 equipos resultará en una competición compuesta por 23 partidos totales creados para este nuevo torneo. Esto equivale a que un equipo necesite disputar hasta 4 o 5 partidos como máximo para coronarse campeón del *midseason* (si el equipo proviene del grupo A, tendrá un partido menos). En el medio habrá equipos que naturalmente no lograrán superar las distintas rondas pero para ellos esto no significará haber invertido tantos partidos. Desde ya que ningún equipo, en especial los jugadores, verá con buenos ojos la creación de un torneo paralelo que implique una cantidad excesiva de partidos porque eso significaría una mayor exigencia y riesgo físico para ellos. Vale recordar que la temporada regular ya cuenta con 82 partidos por equipo. A eso hay que sumarle los partidos de playoffs para aquellos que logren alcanzar esa instancia. Sería poco probable entonces que crear un torneo que implique sumar más partidos al ya exigente calendario, sea aprobado por los jugadores²⁵.

²⁵ Los jugadores están representados por un Sindicato de Jugadores (NBPA por sus siglas en inglés) que como toda organización de este tipo, busca velar por los derechos e intereses de sus representados. Los propios jugadores son los que ocupan los cargos directivos de esta organización, siendo por ejemplo el propio Lebrón James el que ocupó el puesto de Vicepresidente en el 2015, comandado por otra gran estrella de la liga como Chris Paul en el cargo de Presidente. Este Sindicato participa de forma muy activa en negociaciones cuando la NBA busca implementar cambios significativos en la competición o en las políticas generales de la organización. Una de las acciones más recordadas de la NBPA fue la huelga conocida como el Lockout del 2011 donde la NBA tuvo que suspender su calendario por reclamos relacionados a la participación de los jugadores en las ganancias de la liga y al tope salarial impuesto por el ya mencionado "Impuesto de lujo".

Para entender qué partidos podemos quitar del calendario es necesario primero entender qué tipo de partidos existen y cuáles son los más frecuentes. Existe una clasificación de partidos en función a la conferencia en la que están ubicados dos equipos. Así puede haber partidos entre 2 equipos de una misma conferencia o partidos entre equipos de conferencias distintas. Estos últimos, implican una mayor distancia de viaje para los equipos enfrentados dado que cada conferencia agrupa a los equipos en función a la cercanía geográfica de las ciudades a las que representan. Al mismo tiempo, los partidos entre dos equipos de una misma conferencia pueden ser entre dos de una misma división o entre dos de distintas divisiones. De nuevo, aquellos enfrentamientos entre equipos de distinta división representarán una mayor distancia de viaje, dado que al igual que ocurre con las conferencias, las divisiones agrupan equipos de cercanía.

En concreto, un equipo juega 36 enfrentamientos contra equipos de una misma conferencia pero distinta división (~42%), 30 partidos contra equipos de otra conferencia (~37%) y finalmente 16 cotejos contra equipos de una misma división (~21%). Este criterio se mantiene para todas las temporadas analizadas. La liga programa una cantidad variable de partidos para cada par de equipos, sin embargo cabe destacar que para el caso de los enfrentamientos entre equipos de una misma división, esta cantidad es fija, lo que significa que todos los años se repiten la misma cantidad de partidos divisionales.

Figura 13. Cantidad de partidos por tipo y mes de la temporada

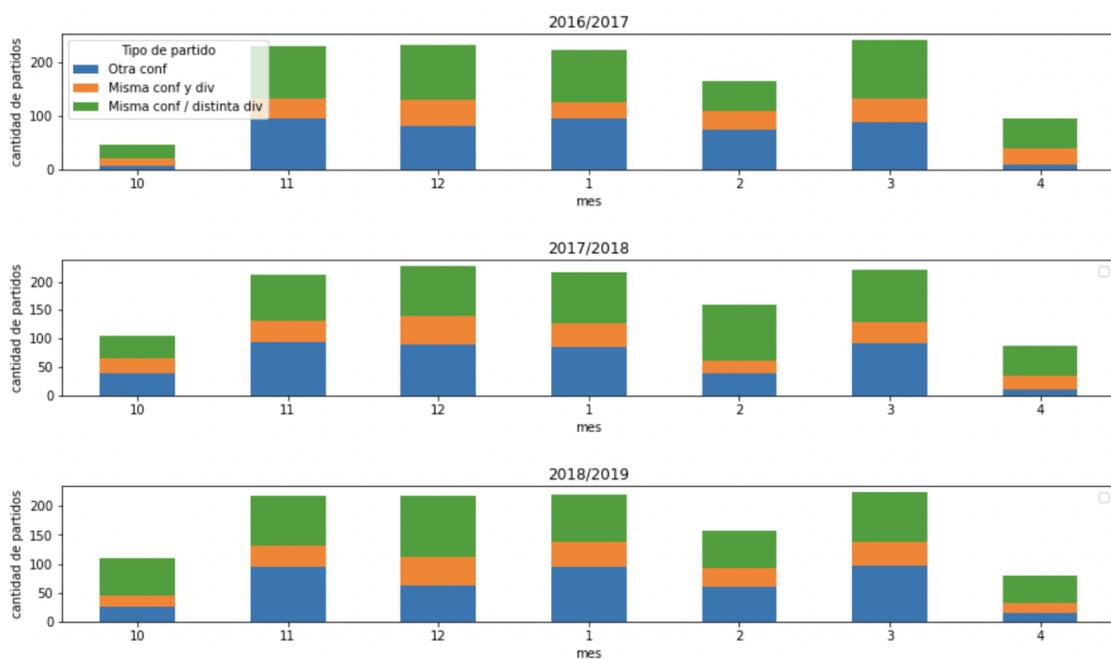


Figura 13: Cantidad de partidos por tipo y mes de la temporada. Cada fila del gráfico representa una temporada distinta. En cada eje horizontal se representa el mes calendario de competición. En el eje vertical la cantidad de partidos. En color se representan los totales de cada tipo de partido.

Ahora bien, ¿cuál de todos estos partidos habría que sacar para descomprimir el calendario? Por lo que se puede observar en la Figura 13, estos partidos se encuentran distribuidos de manera más o menos homogénea dentro del calendario, con lo cual, a priori no parecería que enfocarse sobre algún partido en particular pudiera liberar algún “hueco” en la temporada. Si nos guiamos por la cantidad total queda claro que deberíamos sacar partidos entre equipos de una misma conferencia pero distinta división, dado que representan el mayor volumen de

partidos de la temporada y esto nos daría cierto margen. Otro criterio sería hacer un mix y quitar partidos también de equipos de otras conferencias. La liga parece tener algún criterio u objetivo estratégico sobre los partidos divisionales dado que son los menos frecuentes y todos los años se repiten.

Por el momento mencionaremos lo ocurrido en la temporada 2020/2021 donde la NBA se vio obligada por el contexto post-pandemia a diseñar un calendario más apretado. En ese caso redujo la cantidad de partidos de 82 a 72 por equipos, resultando en una disminución de 150 partidos del calendario.

6.3.1. El antecedente de la temporada 2020/2021

A causa de la pandemia, la temporada 2019/2020 tuvo que ser suspendida de forma repentina, debiendo ser retomada y reajustada en un torneo corto, jugado enteramente en una sola locación, con 22 de los 30 equipos concentrados en lo que se denominó la “Burbuja de la NBA”. Este nombre se debió a que los equipos disputaron todos los enfrentamientos a puertas cerradas, con transmisión única de medios oficiales digitales y televisivos, en el predio de Disney, Orlando, Estados Unidos, bajo los más estrictos controles de sanidad, para asegurar la salud de jugadores, cuerpos técnicos y miembros de la organización. Así cada equipo disputó 3 partidos de exhibición al inicio más otros 8 enfrentamientos que sirvieron para dar como concluida la temporada regular interrumpida. Luego de esos enfrentamientos, los equipos clasificados disputaron los Playoffs hasta determinar a Los Ángeles Lakers como el nuevo campeón de la temporada. Este modelo fue considerado un éxito y replicado en otros eventos deportivos, dado el nivel de ingresos que logró recuperar luego del *lockdown* producido por la pandemia.

Sin embargo, concluida esa temporada, surgió otro desafío en el diseño del siguiente calendario, dado que la misma había concluido el 11 de Octubre, 5 meses más tarde de lo usual. En este sentido, la Organización resolvió posponer 2 meses el inicio normal de la temporada regular, arrancando a finales de Diciembre, pero al mismo tiempo, reducir la cantidad de partidos, pasando de 82 a 72 enfrentamientos por equipo, para poder demorar solo un mes en la finalización y celebrar así en julio, las finales de la temporada. Esto fue todo una novedad que serviría para sentar un precedente de una idea que se venía gestando desde antes de la pandemia, empujada fundamentalmente entre jugadores, que es reducir la cantidad de partidos y flexibilizar así la exigencia y la demanda física que supone para ellos un calendario tan apretado y extenso como el de la NBA. Analizando los enfrentamientos de dicha temporada y comparándola con los datos de las temporadas “normales” anteriores, podemos identificar la estrategia que adoptó la NBA para esta quita de partidos, enfocándose en los partidos de equipos de una misma conferencia. Anteriormente, un equipo disputaba 16 encuentros contra equipos de una misma división y 36 partidos contra equipos de distinta división (misma conferencia). Estos lo hacían la mitad de las veces oficiando de local y la otra mitad de visitante. Sin embargo para la temporada 2020 esta cantidad se redujo y los equipos pasaron a jugar 12 partidos divisionales y 30 partidos interdivisionales (misma conferencia). Así para el primer caso la reducción fue de 4 encuentros y para el segundo fue de 6 encuentros, resultando en un total de 10 partidos menos jugados por equipo.

La NBA se caracteriza por tratar de mantener los detalles del armado y programación de partidos para el calendario en secreto. No queda claro por qué solo se enfocaron en los partidos de una misma conferencia y dejaron sin cambios el número de partidos entre equipos de distintas conferencias que suponen una mayor distancia recorrida. Tal vez a los

organizadores no les interese tanto reducir la distancia y los costos y para ellos en realidad esos partidos les resulta estratégico para el negocio. Lo que sí parece tener cierta motivación es haberse centrado en los partidos interdivisionales ya que los mismos representaban un número mucho mayor en relación a los divisionales, lo que le daría más margen para quitar partidos en esa categoría.

Para evitar sobrecargar un calendario tan exigente como el actual y para lograr más aceptación, fundamentalmente de jugadores y equipos, la metodología propuesta se basa en la idea de descomprimir primero el calendario para luego buscar adicionar los nuevos partidos. De esta forma se reduce el impacto en la cantidad de encuentros que deben disputar los jugadores y se evita aumentar el cansancio físico y los riesgos de lesiones en los jugadores. Para la metodología proponemos entonces una quita de partidos del calendario regular tomando como supuesto, una temporada regular de 10 partidos menos por equipo, 4 divisionales y 6 interdivisionales menos, tal como se pudo observar en dicha temporada 2020. Además, como no hay certeza sobre qué tipo de partidos la NBA piensa quitar exceptuando este único antecedente, experimentamos con otras opciones, siempre manteniendo en 10 el total de partidos quitados. Establecemos así otras opciones en donde en lugar de quitar partidos divisionales e interdivisionales, se eliminan partidos interconferencia. El detalle de la cantidad de partidos quitados en cada una de estas opciones para cada tipo se encuentra en el apartado correspondiente al resumen de la metodología (Sección 6.7)

6.4. El momento para disputar los partidos el torneo

Es ahora el momento de definir un aspecto central: el momento de la temporada regular en el que se disputarán los partidos nuevos. Esto es un gran desafío dado que el calendario de esta competición es muy apretado, resultando en pocos días de descanso entre partido y partido para los equipos y dejando poco lugar para nuevos, a pesar aún de la quita de 10 partidos por equipo. En este punto existen dos grandes opciones: disputar la nueva competición de manera exclusiva mientras la actividad principal se encuentra suspendida o disputar ambas competiciones de manera concurrente. Para la primera opción habría que definir dentro del calendario una ventana de tiempo lo suficientemente amplia como para poder disputar los 23 partidos. Ningún partido de la competición original debería programarse en ese intervalo y así ambas competencias se desarrollarían de manera secuencial. Las decisiones más importantes en este caso estarían relacionadas a definir esa amplitud de tiempo óptima que se necesita para disputar el torneo complementario, asegurando un mínimo de descanso para los equipos, y el momento dentro del calendario en el cual disputar este torneo.

No obstante, nos parece más interesante el caso en el que la competición secundaria se deba desarrollar de manera paralela al torneo principal. Aquí el escenario es más complejo por lo mencionado anteriormente sobre el apretado calendario que hoy tiene la NBA. Aún quitando algunos partidos, el ritmo de competición sigue siendo alto y los descansos muy pocos. La liga mantiene ciertos criterios o "reglas" mínimas de descansos a la hora de programar los partidos de una temporada y de ser posible, los nuevos partidos deberían respetarlas al máximo. Para ello, y aprovechando que el nuevo torneo tiene una baja duración, crearemos ventanas de tiempo para cada ronda del midseason, en donde buscaremos dentro de ese lapso de tiempo, cuál es el mejor momento para asignar un partido. Aquí el mejor momento para asignar el nuevo enfrentamiento estará dado por aquel día que permita el menor impacto posible en las distancias recorridas por los equipos. Es decir, buscaremos incorporar el nuevo torneo al

calendario de cada equipo de manera tal que el aumento en la distancia que sumamos a cada recorrido sea el menor posible.

6.4.1. Las reglas de la temporada

Uno de los aspectos del cual no se tiene mucha visibilidad en la NBA es la política de descansos y el criterio que aplica la organización en este sentido cuando realiza la programación de partidos de una temporada. Como hemos visto, los descansos entre partidos para un equipo generalmente oscilan alrededor de los dos días de promedio. Al mismo tiempo suelen tener entre 15 y 20 ocasiones en donde deben disputar de manera consecutiva y sin descanso entre partidos. Además, estas definiciones son variables, no se repiten de manera estrictamente igual entre todos los equipos. Es importante entender esto porque a la hora de insertar un partido nuevo al calendario original, nuestro objetivo principal debería estar orientado a respetar al máximo posible estas “reglas”. Como observamos en la revisión de bibliografía, la NBA presenta la misma estructura del problema del *Travelling Tournament*, cuya complejidad dificulta la adición de partidos nuevos en el calendario. Al hacer esto, idealmente nos gustaría replicar la política de descansos que la organización establece. Estas reglas no están definidas de manera explícita, con lo cual inferimos desde el calendario de partidos lo que la NBA estableció como norma para una temporada puntual tratando de identificar el patrón de partidos jugados por los equipos. La manera de hacerlo será calculando la cantidad máxima de partidos que juegan los equipos dentro de una ventana de tiempo. Naturalmente puede haber ventanas de tiempo que vayan de los 2 días hasta los 5 meses que dura la temporada. No obstante, enfocaremos nuestro análisis dentro de la semana de competición de un equipo. Una vez calculado este máximo, a la hora de tener una fecha libre para asignar al nuevo torneo, estaremos en condiciones de determinar si es posible asignar ese partido validando que de hacerlo, no supere ese máximo de encuentros disputados por los equipos dentro de la semana de competición.

El proceso para validar las reglas de la temporada y que utilizaremos en el framework se divide en tres partes. Primero, calculamos la cantidad máxima de partidos que juegan los equipos. Luego, para una fecha libre determinada, calculamos cuántos partidos juega un equipo si se asigna el partido en esa fecha. Por último, validamos si esa cantidad no supera el máximo calculado previamente. Si la supera, se considera que esa fecha no está disponible para un nuevo partido, por lo que se debe buscar otra. Como se puede observar, el primer paso es muy relevante. Es en donde establecemos las reglas de la temporada que se encuentran implícitas en el calendario principal y lo que nos dará un marco para la asignación de nuevos partidos.

Por su parte, desarrollamos un algoritmo para el cálculo de estas reglas de la temporada. El mismo se ejecuta para cada día del calendario y consiste de los siguientes pasos:

1. Para cada día del calendario y para cada equipo, fijamos seis ventanas móviles, cada una de ellas con una amplitud distinta, yendo de los 2 a los 7 días corridos. Serán móviles porque iremos moviendo cada una de ellas para calcular cuántos partidos se disputan en cada una de ellas, variando los posibles días de inicio, de manera tal que siempre incluya al día del calendario que estamos analizando.
2. Dentro de una ventana específica y en una posición determinada, contamos la cantidad de partidos que el equipo tiene programado. Como resultado obtenemos distintas cantidades de partidos disputados dependiendo la posición de la ventana.

- Finalmente, para cada ventana calculamos el máximo resultante de cada posición. Como resultado para ese día y ese equipo en particular obtendremos una cantidad máxima de partidos para cada una de las 6 opciones de ventanas.

Figura 14. Cantidad máxima de partidos disputados en un período de tiempo

Equipo	Ventana	Amplitud ventana	Lunes 1	Martes 2	Miércoles 3	Jueves 4	Viernes 5	Cantidad de partidos dentro de la ventana
San Antonio Spurs	A	2		Celtics		Knicks		1
San Antonio Spurs	A	2		Celtics		Knicks		1
San Antonio Spurs	B	3		Celtics		Knicks		1
San Antonio Spurs	B	3		Celtics		Knicks		2
San Antonio Spurs	B	3		Celtics		Knicks		1

Figura 14: Cantidad máxima de partidos disputados en un período de tiempo. Ejemplo de cálculo de cantidad de partidos máximos para el equipo de San Antonio en un día particular (Miércoles 3), utilizando ventanas móviles de 2 y 3 días. Los días Martes 2 y Jueves 4, el equipo debe enfrentar a Boston Celtics y New York Knicks respectivamente. En amarillo se representan los días que conforman la ventana. Para ese día particular y para una ventana de dos días, la cantidad máxima que se disputa es de un partido. En cambio para una ventana de tres días, la cantidad máxima de partidos es de 2 juegos dado que existe una posición de dicho intervalo en donde el equipo llega a disputar dos partidos con un día libre en el medio.

Al finalizar este proceso, tendremos para cada equipo un conjunto de partidos máximos disputados para ventanas de 2, 3, 4, 5, 6 y 7 días de tiempo, como se puede observar en el ejemplo de la Figura 14. Con esos resultados a nivel equipo, calculamos por tamaño de ventana el máximo total de la temporada de forma tal de obtener un límite general por ventana de tiempo. El resultado final será una cantidad máxima de partidos disputados para cada intervalo de 2 a 7 días.

A todos estos toques por ventana, los consideramos como las reglas de la temporada, ya que imponen una restricción a la hora de determinar si un partido del nuevo torneo puede asignarse a una fecha específica o no. Al analizar una fecha libre para asignarle un partido del nuevo torneo a un equipo determinado, validamos si en distintas ventanas móviles de 2 a 7 días que incluyen al día que se está analizando, se supera ese tope calculado o no. Si lo supera para alguna de ellas, definimos a esa fecha como no disponible para asignar un nuevo partido. Por el contrario, si no la excede para ninguno de los dos equipos involucrados, podemos considerar que es una potencial fecha para disputar un nuevo partido.

Es importante notar que al hacer todos estos cálculos no mencionamos la condición de local o visitante de estos partidos. Podríamos dividir estas reglas y hacer los cálculos considerando sólo los partidos de local y entonces definir la cantidad de partidos máximos a disputar bajo esa condición, o hacer lo propio pero únicamente con los partidos de visitante, o no considerar la condición de localía y tener los toques máximos totales. Una cuarta y última opción podría ser considerar todas las opciones anteriores, es decir, respetar el máximo de local, de visitante y el total independientemente de la localía²⁶. Al buscar una fecha libre del calendario para asignarla al midseason ¿debemos considerar las reglas de partidos de local, de visitante, total o todas ellas al mismo tiempo? ¿O una combinación de ellas? Está claro que deberíamos buscar aplicar todas, no solo algunas, pero como veremos en un futuro apartado (Sección 7.2.2), esto puede ir en detrimento de la factibilidad del torneo, dado que respetar todas estas reglas restringe

²⁶ Es importante destacar que el límite de partidos total que no considera la localía no necesariamente es equivalente a la suma de los otros dos límites.

fuertemente la cantidad de fechas libres dentro del calendario para asignarlas al nuevo torneo. En esa sección además analizaremos el impacto de combinar estos tres tipos de restricciones.

6.4.2. Las ventanas de cada ronda

El formato del torneo elegido permite dividir los partidos en las 5 rondas en las que se van a disputar los partidos. Ya mencionamos que con motivo de generar discusiones en torno a la creación de un nuevo torneo, nos permitimos elegir el escenario en el que estas rondas se disputarán con un período de tiempo entre cada una de ellas. La decisión a tomar en este punto es la amplitud de ese intervalo de tiempo que debe transcurrir entre cada ronda. Esto además servirá para acotar el análisis de las fechas disponibles. Una vez definida la ventana de una ronda en particular, buscaremos las fechas disponibles dentro de esa ventana para poder definir todos los partidos de la ronda. Resulta intuitivo pensar que ventanas más amplias de tiempo nos dan la posibilidad de “capturar” más fechas libres y asignar partidos de forma más distribuida. Por el contrario, ventanas más cortas harán que la cantidad de fechas disponibles sea más acotada y que los partidos del nuevo torneo se jueguen de manera muy concentrada en el calendario.

Sin duda que existen muchas combinaciones de ventanas para cada ronda, pero a los efectos de analizar el impacto de las mismas en nuestra metodología definimos un conjunto limitado de alternativas partiendo de la base de que en general se pueden pensar en dos grandes tipos de configuraciones.

1. Ventanas de tiempo fijas para cada ronda (de partición homogénea): En este caso se definen intervalos equitativos de tiempo para cada ronda. Por ejemplo definimos un mes para buscar fechas libres y disputar los partidos de la primera ronda, otro mes (el siguiente) para disputar los de la segunda y así sucesivamente hasta la quinta ronda²⁷.
2. Ventanas de tiempo de diferente longitud para cada ronda (de partición heterogénea): En este escenario, la amplitud de las ventanas de cada ronda difieren unas de otras. Aquí surgen tres alternativas:
 - a. Ventanas decrecientes: Los intervalos de tiempo para disputar las primeras rondas serán mayores que las subsiguientes y así hasta llegar a la última que será la de menor amplitud.
 - b. Ventanas crecientes: Los intervalos de tiempo para disputar las últimas rondas serán mayores que las primeras, de forma tal que una será más grande que su antecesora hasta llegar a la última que será la de mayor amplitud
 - c. Ventanas de amplitud variable: Las ventanas de tiempo de cada ronda no son iguales pero tampoco siguen algún patrón fijo o definido.

Tomando este punto de partida y a los efectos de probar distintas configuraciones, en nuestro apartado de resultados analizamos alternativas de ventanas fijas y alternativas de ventanas decrecientes para cada ronda²⁸. Para el caso de las alternativas de amplitud fija además buscamos evaluar el impacto de implementarlas en distintos momentos dentro de la temporada regular. Este análisis se hace más difícil de replicar para las alternativas de ventanas

²⁷ En este ejemplo, serán necesarios 5 meses para jugar las 5 rondas. En este caso el torneo nuevo debería iniciarse como máximo en enero, dado que de lo contrario finalizaría después de la temporada regular y esto haría que se extienda el calendario total de la liga.

²⁸ Para tratar de delimitar scope y enfocarnos en otros aspectos del framework propuesto, dejamos de lado el análisis de las ventanas de amplitud creciente y variable sin dejar de mencionar que existen esas configuraciones posibles.

decrecientes dado que, como veremos más adelante, se requiere de una extensión más grande de la temporada regular para su implementación factible.

De esta forma, en este trabajo experimentamos con las siguientes opciones de ventana:

- Ventanas de partición homogénea entre rondas (torneo disputado al inicio de la temporada).
- Ventanas de partición homogénea entre rondas (torneo disputado a la mitad de la temporada).
- Ventanas de partición homogénea entre rondas (torneo disputado al final de la temporada).
- Ventanas de partición homogénea entre rondas (torneo disputado durante toda la temporada).
- Ventanas de partición heterogénea entre rondas.

Para facilitar la referencia en la etapa de análisis (Secciones 7 y 8) numeramos cada una de estas opciones y las representamos gráficamente en la Figura 15. Definimos la opción 1, 2, 3 y 4 para las opciones de ventana de partición homogénea entre rondas, enunciadas respectivamente en el listado precedente. Para la opción de ventanas heterogéneas, definimos tres opciones distintas: la opción 5, 6 y 7. La intuición de las opciones de partición homogénea 1, 2 y 3 tres está relacionada al diseño de un torneo que dure una mitad de temporada y que el mismo se juegue en la primera mitad del calendario, en la última o en el medio de la temporada regular de la NBA, respectivamente. La cuarta opción de este grupo de partición homogénea está asociada a la idea de que se juegue durante todo el transcurso de la temporada regular con una amplitud de tiempo equitativa para todas las rondas. Finalmente, las últimas tres opciones tienen que ver con la idea de ir dejando más tiempo para la fijación de partidos para las primeras rondas, que es donde más partidos y equipos habrá. Cabe destacar que para todas las opciones se requiere un tiempo mínimo inicial para que los equipos logren la clasificación al torneo. En todas estas opciones se definió que ese lapso de tiempo es equivalente al 10% inicial de temporada, con la excepción de la primera opción donde es un poco antes debido a que para la misma, el objetivo es terminar exactamente cuando la temporada regular haya alcanzado el 50%.

Figura 15. Opciones de ventanas de tiempo para la asignación de partidos de cada ronda

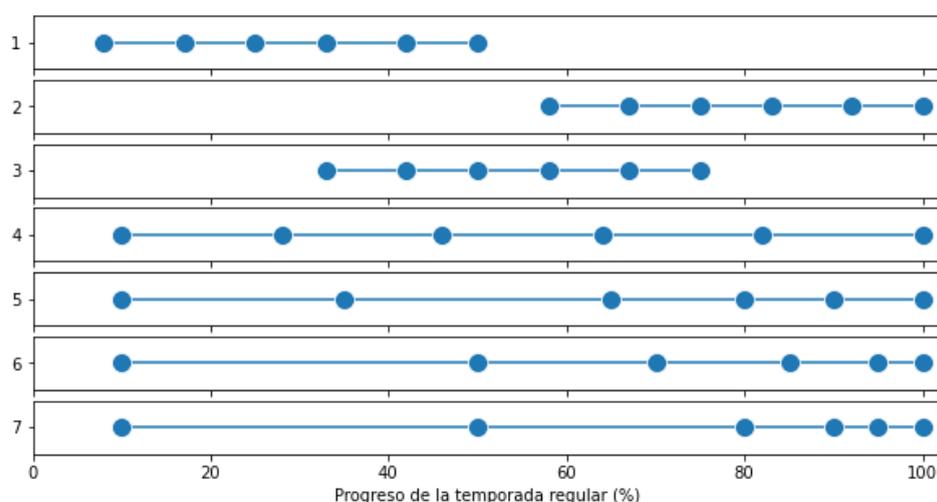


Figura 15. Opciones de ventanas de tiempo para la asignación de partidos de cada ronda. En el eje horizontal se representa el porcentaje de avance de la temporada regular de la NBA y la línea representa el momento de la temporada regular en la que se planea jugar el torneo midseason. Cada punto representa el inicio y fin de una ventana de tiempo que se considerará para la búsqueda de fechas disponibles en una ronda determinada. La extensión total de la línea azul representa la duración del torneo midseason en relación al avance de la temporada regular. Cada línea está compuesta por 5 tramos consecutivos. Estos representan la ventana de cada ronda del torneo. En el eje vertical por su parte se representa cada una de las 7 opciones definidas.

6.5. Utilizando el algoritmo de PageRank para la simulación de rankings

El ranking de equipos es una técnica que se utiliza con mucha frecuencia en cualquier competencia deportiva para ordenar y comparar a todos los participantes, ya sean equipos o jugadores individuales. Definimos al ranking como un número que refleja la posición de un elemento (jugador o equipo) en una lista en relación a otros y que el mismo surge de un orden establecido a partir de algún criterio. Sin embargo, pueden existir múltiples criterios para su elaboración. Puede haber ranking de equipos defensivos, que consideren alguna métrica relacionada al aspecto defensivo como puede ser puntos recibidos promedio por cantidad de posesiones rivales. Puede haber un ranking de equipos ofensivos, con la misma lógica pero a la inversa. Es posible también aplicar una combinación de métricas para determinar un ranking global que incluya aspectos tanto defensivos como ofensivos. Sin embargo, para rankear a un equipo en una competencia por su nivel general, el criterio más común suele estar basado en su cantidad de victorias. Esto es natural si se considera que el objetivo principal de una competencia es determinar cuál equipo es el “mejor” y la cantidad de victorias suele ser una consecuencia directa de la superioridad de un competidor por sobre otro.

El caso de la NBA no es la excepción y para rankear a los equipos clasificados a la fase de playoffs se usa el criterio de porcentaje de partidos ganados. Al finalizar la temporada, y dado que todos los equipos juegan la misma cantidad de partidos, equivale a utilizar la cantidad absoluta de partidos ganados. Sin embargo, durante el transcurso de la temporada utilizar este criterio para comparar y seleccionar equipos para un eventual torneo paralelo, puede traer algunos inconvenientes, considerando que la cantidad de partidos que se juegan contra cada rival no es la misma y que el ritmo de competencia no se encuentra enteramente equilibrado durante momentos específicos de la competición. Al haber tantos equipos y enfrentamientos programados, es casi imposible que todos ellos avancen en el calendario al mismo ritmo de partidos disputados. De esta manera es muy común que los equipos mantengan una cantidad dispar de partidos disputados en algún punto determinado del calendario. Si en algún momento se compararan equipos utilizando el número absoluto de victorias, aquel que tenga más victorias solo por haber jugado más partidos podría quedar mejor rankeado en ese momento puntual de la temporada y esto podría considerarse injusto para el equipo con menor cantidad de partidos. De esta manera, utilizar el criterio que se aplica en la liga de victorias totales o victorias sobre el total de partidos disputados no parece ser una idea “justa” para establecer un ranking que defina las posibilidades o enfrentamientos de un equipo en un potencial torneo mid-season dado que dicho ranking se establece en un momento donde la la dificultad o intensidad del schedule jugado por los equipos puede llegar a ser muy dispar. Por tal motivo nos proponemos utilizar una alternativa para la selección de los equipos clasificados al torneo complementario. Para ello utilizaremos la técnica de PageRank.

El algoritmo de PageRank es un método desarrollado por los fundadores de Google, creado con el objetivo de rankear páginas web para su famoso motor de búsqueda [21]. La idea original es poder determinar para cada página web, un grado de importancia general, con el fin de poder ordenarlas de las más importantes a las menos importantes y mostrar los resultados en base a

ello. El algoritmo toma como input un grafo dirigido en el que los ejes representan los links que van de una página a otra. Dicho grafo entonces captura la estructura de la red y retorna la importancia para cada página web, arrojando como resultado un ranking en función a esa importancia, evaluando en parte qué tantos hipervínculos hay a una página en particular. Técnicamente, el algoritmo calcula la probabilidad para cada página web de que un *navegador aleatorio* pase por cada una de ellas siguiendo la estructura de la red. Luego, se ordenan de manera descendente siendo las más importantes aquellas que tienen una probabilidad más alta. El ranking final de esas páginas web surge entonces como consecuencia de ese orden descendente de probabilidades.

Figura 16. Adaptación del PageRank para el ranking de equipos

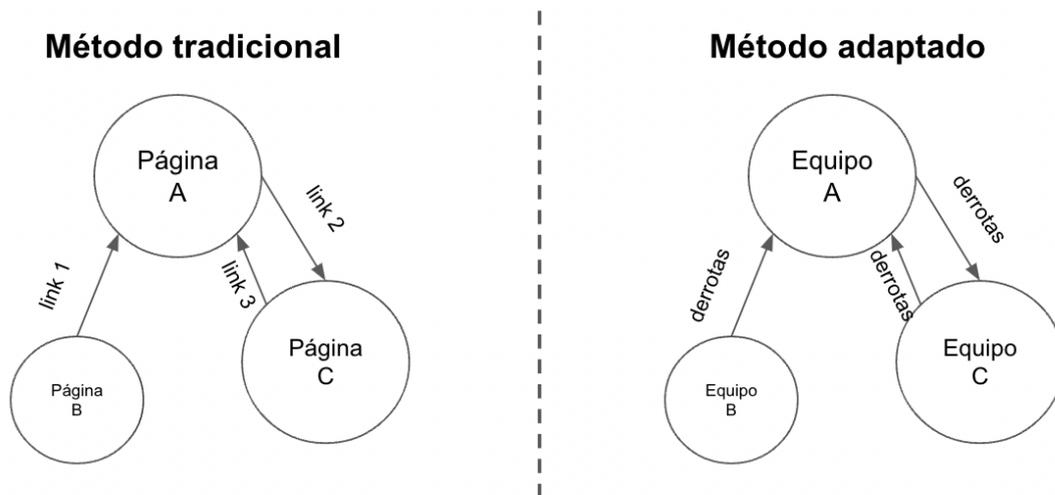


Figura 16: Adaptación del PageRank para el ranking de equipos. A la izquierda se muestra una simplificación del sistema de grafos dirigidos construido para el método de PageRank tradicional de ranking de páginas webs. Cada nodo representa una página web distinta. Cada enlace representa el link (o url) que conduce a otra página. El tamaño de cada nodo representa la probabilidad de cada página de recibir una visita aleatoria de un usuario en función a la cantidad de links que recibe. A la derecha se muestra el mismo sistema simplificado pero adaptado a un conjunto de tres equipos ficticios. Ahora los nodos representan a un equipo particular y los enlaces y su dirección representan las derrotas de un equipo sobre otro y sus pesos representan la cantidad de esas derrotas. El tamaño de los nodos representa la probabilidad calculada por método de PageRank y por ende el ranking relativo de los tres equipos

Cabe notar que el problema original por el cual se desarrolló el algoritmo de PageRank es en esencia el mismo al nuestro: poder rankear elementos en función a algún criterio objetivo que refleje la importancia relativa de cada uno de ellos por sobre el resto. En el caso de Google, el objetivo era poder clasificar e identificar las mejores opciones de páginas web ante una búsqueda de un usuario, y por ese motivo dicho criterio fue la cantidad de referencias que lleva a una página web determinada. En el ámbito deportivo, en cambio, el objetivo es poder clasificar a los equipos en función a una medida objetiva de desempeño que refleje la importancia de cada uno de ellos en la temporada. Una opción razonable es utilizar la cantidad de victorias de un equipo por sobre otro. Para utilizar dicho criterio en el cálculo del PageRank será necesario adaptar el sistema de grafos que utiliza el algoritmo como input para el cálculo de las probabilidades. Esta misma adaptación se realiza siguiendo el trabajo realizado en [21]. En el mismo, se explica cómo implementar el mencionado algoritmo para rankear equipos de la NFL, algo estrictamente similar a lo que queremos realizar en el presente trabajo.

Como se puede observar en la Figura 16, podemos representar este problema en un grafo dirigido, con los equipos como nodos al igual que las páginas webs y los enlaces reemplazarlos por las derrotas de un equipo sobre otro. Esto es así porque en la aplicación original, la dirección de un enlace es lo que le da la “importancia” al nodo que recibe ese enlace. En nuestro caso, la importancia estará dada por la cantidad de veces que un equipo venció a otro hasta cierto punto en la temporada. Para ello, y siguiendo el trabajo mencionado, utilizaremos pesos en los enlaces que expresarán las victorias como la cantidad de derrotas que sufrió el nodo donde tiene origen el enlace. De esta manera y continuando el ejemplo de la Figura 16, el grafo se interpreta de la siguiente forma: el equipo B no tiene victorias, el equipo A tiene victorias frente al resto y el equipo C solo le pudo ganar al A. Ante este escenario, el equipo A tendría el primer puesto del ranking, el equipo C el segundo y B el tercero.

Otro aspecto a aclarar es que para esta adaptación utilizaremos pesos en los enlaces que representarán la cantidad de derrotas de un equipo contra otro [21]. En la aplicación original del PageRank, al inicio de la iteración, todos los enlaces de un nodo tienen el mismo peso equivalente a $w_{ij} = \frac{1}{n_i}$, siendo w_{ij} el peso del enlace del nodo i al nodo j y n_i la cantidad de enlaces totales salientes desde el nodo i . Luego esos pesos se van distribuyendo a los nodos a los cuales están dirigidos para calcular la probabilidad final de cada uno. En nuestra aplicación en cambio el peso de los enlaces de un nodo no será igual para todos ellos, sino que estará dado por $w_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i}$ siendo w_{ij} el peso del enlace del equipo i al equipo j y n_i la cantidad de derrotas del equipo i frente al equipo j . Estos pesos a su vez se encuentran normalizados para que su suma sea equivalente a 1. Realizando estas adaptaciones en el input del algoritmo de PageRank podemos implementarlo para calcular un ratio de 0 a 1 para cada equipo y en base a eso ordenarlos desde los más a los menos “importantes”. De ahí podremos obtener un ranking para cada uno sin considerar la diferencia que pudiera existir entre ellos en la cantidad de partidos disputados hasta el momento.

Además de la adaptación propuesta, existen otras formas de implementar un ranking deportivo utilizando técnicas basadas en grafos y derivaciones del método de PageRank [11, 24, 35, 40]. En general muchos de estos trabajos buscan enfocarse en la predicción de resultados deportivos y por ese motivo, los desarrollos de estos métodos implican técnicas matemáticas y estadísticas mucho más sofisticadas que la actual propuesta. Al mismo tiempo, no solo consideran las victorias de un equipo sino que también utilizan más de una métrica para calificar el rendimiento individual o de equipo. Por cuestiones de extensión y a los efectos de enfocarnos en el objetivo principal de la tesis, nuestro *framework* no considera otras métricas y técnicas avanzadas para la elaboración del *ranking*. Ahondar en las distintas formas de cálculo del *ranking* excede el objetivo del presente trabajo. Lo importante para nuestro objetivo es definir una forma de seleccionar a los equipos que participarán del torneo de una manera razonable, que considere el rendimiento de los equipos en términos relativos a los partidos jugados hasta el momento, de forma tal de no sesgar la clasificación. El *framework* propuesto acepta otras alternativas y formas de calcular dicho ranking para el mecanismo de clasificación. Esto significa que también pueden implementarse otros modelos de rankings mucho más sencillos, que no requieran tantos cálculos y conocimientos técnicos previos, como el mencionado porcentaje de victorias, o el ratio de victorias sobre derrotas. A pesar de no favorecer a la “justicia deportiva” o *fairness* en aquellos equipos con cantidad de partidos dispares, estos modelos más sencillos pueden ser interpretados más fácilmente por el público y replicados en el modelo propuesto. No obstante es importante mencionar que, aún cuando el método de PageRank no es el más sencillo de interpretar, se pueden encontrar en la literatura

otras implementaciones de igual o mayor complejidad, como las descritas en [15], que ayuden a favorecer el *fairness* y la calidad de los emparejamientos de un torneo. En dicho estudio, no solo se mencionan el uso de otros sistemas más elaborados de *ranking* de equipos sino que también se utiliza uno conocido como el método de Colley, que involucra entre otros cálculos, la resolución de un sistema de ecuaciones lineales para determinar el *ranking* de cada competidor de una liga de sports en una ronda determinada.

6.6. El modelo de asignación de partidos

Una vez definidos los cruces de una ronda, el intervalo de tiempo y los días disponibles dentro de ese intervalo para jugar los partidos, es necesario elegir una fecha concreta en donde se disputará el partido del *midseason*. Esto requiere definir un criterio para elegir la mejor de las alternativas (si es que existe más de una alternativa). Más adelante se presenta un análisis para los casos en los que no existen fechas para elegir (Sección 7.2), sin embargo, supongamos por el momento que existe al menos una alternativa para designar el partido. ¿Qué criterio se puede utilizar? Típicamente, los modelos de asignación buscan reducir una métrica objetivo, como la distancia total recorrida, o alguna relacionada al descanso de los equipos. Para nuestro framework buscaremos reducir la distancia de viaje, dado que las métricas relacionadas al descanso de los equipos están indirectamente consideradas al momento de analizar qué fechas tienen libres los equipos para jugar el partido del *midseason* de acuerdo a las reglas preestablecidas de la temporada. Estas reglas ya suponen una definición de los descansos mínimos y equitativos para todos los equipos. Al considerarlas en el momento de evaluar una fecha ya estamos incluyendo este aspecto en la asignación como una restricción, con lo cual tiene sentido definir otro criterio como objetivo. Naturalmente podría ser una opción la inversa y establecer un objetivo maximizar los descansos y fijar restricciones en la distancias recorridas por los equipos, sin embargo, consideramos que el calendario tan ajustado de la NBA ofrece pocas oportunidades para maximizar los descansos y minimizar la distancia recorrida tendría un impacto mucho mayor en los costos de los equipos y, consecuentemente, en el nuevo torneo que se busca incorporar al calendario original.

¿Cómo se elige una fecha entre varias alternativas, utilizando como criterio aquella que reduzca la distancia? Si recordamos, los equipos tienen un patrón de viaje en su calendario (el mencionado HAP). Viajan de una ciudad a la otra, dependiendo de donde se encuentren y hacia dónde se deben dirigir para su próximo encuentro. Tienen giras de local, giras de visitante y giras donde intercambian entre ambas condiciones de localía. Esta secuencia de viaje determina la distancia que va a recorrer un equipo. Cualquier cambio en este patrón puede aumentar o reducir la distancia considerablemente. Por ejemplo, consideremos el caso de un equipo A que viene de jugar de visitante contra el equipo E y al cual le tenemos que incorporar un partido nuevo de local contra otro equipo correspondiente al torneo *midseason*. Este partido nuevo deberá ser incorporado en una ventana de tiempo que incluye a dos partidos de temporada regular que el equipo A ya tenía programado: un partido contra el equipo C de visitante y luego otro contra D de visitante también. Para eso se cuentan con fechas disponibles antes, después y en el medio de ambos partidos ya programados. En la Figura 17 se representa la ubicación geográfica de estos equipos ficticios y las tres alternativas que se presentan para la incorporación del nuevo partido dentro del itinerario del equipo A en una ventana de tiempo determinada. La pregunta entonces es: ¿en qué posición de la secuencia de partidos ubicamos el nuevo enfrentamiento de A? ¿Conviene incluirlo al inicio de la secuencia de los dos partidos de la ventana (alternativa 1 en la Figura)? Tal vez el equipo A recorre menos distancia si se incluye al final de la secuencia, de tal forma que luego de disputar el partido de visitante en D,

el equipo A regrese a su estadio para disputar el partido (alternativa 2 en la Figura). La otra opción que queda es insertar el partido nuevo en el medio de los dos enfrentamientos que A ya tenía programado dentro de la ventana (alternativa 3 en la Figura). En ese caso, finalizado el encuentro con E, el equipo en cuestión viajaría a la ciudad del equipo C, luego volvería a su ciudad para disputar el nuevo partido y finalmente cerraría su itinerario dentro de la ventana yendo a jugar de visitante contra el equipo D. Ante este contexto, ¿cuál es la mejor opción de fecha para el partido de local en A? El objetivo es reducir la distancia que dicho equipo debe recorrer y de la Figura 17 queda claro que elegir una fecha al inicio, al finalizar o en el medio de ambos partidos programados implica distintos recorridos para el equipo A. Para obtener la distancia recorrida total de cada alternativa deberíamos sumar las extensiones de cada tramo punteado, compararlas entre sí y quedarnos con aquella que signifique un total más corto. Esto parece una respuesta sencilla a la luz del ejemplo dado. Sin embargo, al considerar otras cuestiones prácticas, la solución no resulta tan intuitiva y se necesita de una herramienta para la toma de decisión. En primer lugar hay que considerar que en la vida real no serán solo 2 partidos los que se encuentren dentro de la ventana de tiempo del equipo A. Serán muchos más con distintos días en el medio igual de factibles de ser utilizados para asignar un nuevo partido. En segundo lugar, el ejemplo no considera que hay otro equipo que es aquel que debe enfrentar de visitante al equipo A y al cual también debemos analizar los partidos y su distancia recorrida.

Figura 17. Alternativa de itinerarios de partidos entre equipos ficticios

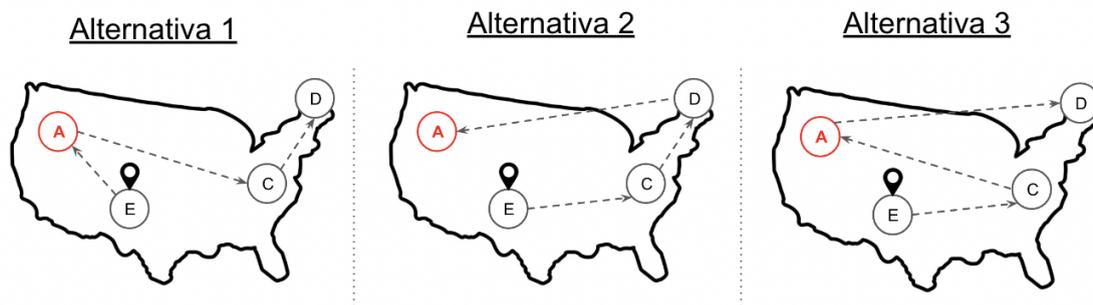


Figura 17. Alternativa de itinerarios de partidos entre equipos ficticios. Cada círculo representa la ubicación geográfica de los estadios de los equipos ficticios presentados en el ejemplo. El ícono sobre la ubicación de E representa el inicio del itinerario del equipo A dentro de la secuencia de partidos de su ventana. En rojo se identifica el partido adicional que se debe agregar con motivo del midseason y al cual se debería asignar una fecha. En líneas punteadas se representa la distancia hipotética que el equipo A debería recorrer en cada alternativa de itinerario. La distancia total recorrida por el equipo A en cada alternativa está dada por la sumatoria de los tramos punteados.

El escenario descrito anteriormente es el clásico problema de asignación de partidos al cual se enfrentan las distintas ligas deportivas en el diseño de sus calendarios, con la diferencia principal que en nuestro caso deberemos hacerlo en medio de un calendario ya existente. A pesar de que una descripción general del problema ya fue presentada en la Sección 2, cabe destacar en este apartado sus ideas principales para entender las adaptaciones que realizamos para nuestro caso particular. Existen diversas variantes de este problema y su complejidad aumenta exponencialmente a medida que crecen la cantidad de equipos, partidos a disputar y requerimientos a satisfacer por parte del calendario. Las organizaciones suelen aplicar algoritmos basados en modelos de Programación Lineal Entera para poder asignar las fechas en las que se van a disputar todos los partidos. Estos modelos reciben como input distintas

restricciones de acuerdo a distintos objetivos que puedan perseguir las organizaciones en el diseño de sus calendarios. Desde la cantidad mínima de descansos que los equipos deben tener entre un partido y el siguiente, hasta la cantidad máxima de partidos consecutivos que pueden disputar de visitante. Otro input que reciben estos modelos es una función objetivo, que también dependerá del objetivo que persiga cada liga. La misma puede ser reducir al máximo la distancia viajada por cada equipo en toda la temporada, minimizar la cantidad de giras de visitante de los equipos, maximizar los descansos de los equipos, etc.

Como describimos en la sección bibliográfica, esta temática constituye una rama del campo del Sport Analytics denominada Sports Scheduling y hay una vasta bibliografía académica que intenta resolver mediante diferentes técnicas de modelado las distintas variantes de calendarios deportivos y ligas. Nuestro aporte va en la misma dirección, formulando una variante de estos modelos de programación lineal entera para asignar los partidos nuevos del torneo del midseason. A diferencia del problema clásico de Scheduling previamente mencionado, donde generalmente se busca programar todo el conjunto de partidos de una temporada, en nuestro caso vamos a implementar un modelo distinto para cada ronda, tomando como *input* el calendario de partidos real de la NBA para las temporadas 2016, 2017 y 2018 (menos los 10 partidos que se remueven del calendario como parte de la metodología) y el conjunto de partidos simulados del *midseason* correspondientes a cada ronda. De esta manera, para asignar los partidos de una ronda determinada, el modelo considera:

- La ventana de tiempo que tenemos para disputar cada ronda y que tomaremos como rango para elegir las distintas alternativas de fechas.
- Los enfrentamientos que surgen del ranking de los equipos clasificados (para la primera ronda) y de los ganadores de las rondas anteriores (para las rondas posteriores a la primera ronda).
- Dado un enfrentamiento, las fechas donde ambos equipos involucrados no poseen un compromiso correspondiente a la temporada regular y al mismo tiempo que al disputarlo no viole las reglas preestablecidas por el calendario regular en cuanto a la cantidad máxima de partidos a jugar.
- La distancia que implicaría cada alternativa en el calendario particular de cada equipo que va a disputar el partido para el intervalo de tiempo que dura la ventana. La misma surge de sumar los tramos que ambos equipos deben recorrer en sus respectivos itinerarios de viaje dentro de la ventana de tiempo de la ronda para una alternativa de fecha determinada, tal como se observa en el ejemplo presentado en la Figura 17. Además se deberá considerar también el tramo de distancia que se modifica del recorrido original con la inclusión de un nuevo partido. De esta forma nos aseguramos de que al agregar un partido, se elija la opción más eficiente: aquella con la de menor impacto en la distancia total de los equipos.

Con estas consideraciones podemos definir matemáticamente nuestro modelo. Comenzamos definiendo s_{ij} como la distancia desde el estadio del equipo i al estadio del equipo j . Dado el equipo i y una fecha posible t para disputar un nuevo partido, consideramos dos fechas con partidos programados para dicho equipo t_0 y t_1 tal que $t_0 < t < t_1$. En t_0 tenemos el partido regular previo a la fecha t , a disputarse en el estadio del equipo j_0 y en t_1 el partido regular a disputarse en el estadio del equipo j_1 (donde j_0 y j_1 pueden ser el estadio del propio equipo i si juega alguno de los dos de local). La distancia recorrida originalmente entonces estaría dada

por $s_{j_0 j_1}$. Si ahora queremos insertar un partido en la fecha t que se disputará en el estadio del equipo k (donde nuevamente $k = i$ si es un partido de local), entonces el impacto en la distancia recorrida que implica agregar el partido en la fecha t será definida como $\Delta_{ikt} = s_{j_0 k} + s_{k j_1} - s_{j_0 j_1}$. En cada ventana de tiempo correspondiente a una ronda además vamos a tener un conjunto M de partidos a disputar y un conjunto T de fechas disponibles para asignar a uno o más partidos de M . Cada $m \in M$ tendrá un subconjunto $T_m \subseteq T$ de fechas disponibles para ser disputadas y a su vez cada una de estas fechas implica una distancia recorrida distinta d_{mt} . Formalmente definimos a d_{mt} como la distancia total en kilómetros resultante de utilizar la fecha $t \in T_m$ para el partido $m \in M$. Esta distancia estará dada por el recorrido del equipo durante la ventana (contando el partido m en la fecha t), menos el tramo de distancia que se modifique del recorrido original por haber agregado el partido m en la fecha t . Así, programar un partido $m = (a, b)$ en la fecha t donde a es el equipo local y b el visitante, implica una distancia $d_{mt} = \Delta_{aat} + \Delta_{bat}$. Por último definiremos a x_{mt} como la variable de decisión que equivaldrá a 1 si el partido $m \in M$ se juega en la fecha disponible $t \in T_m$, o a 0 en caso contrario.

Como objetivo buscaremos entonces minimizar la suma de distancias d_{mt} que implica jugar el partido m en la fecha $t \in T_m$.

Como mencionamos antes, las restricciones que surgen de las reglas de la temporada ya están consideradas al calcular el conjunto de fechas T_m de cada partido m , por lo que ya existió un trabajo de pre-procesamiento para filtrar posibles fechas candidatas. Es por ello que la única restricción que impondremos de forma arbitraria es que cada partido se dispute en días distintos. Esto es para darle mayor atractivo al midseason y así no “canibalizar” la audiencia asignando más de un partido a un mismo día. En este sentido podemos definir un parámetro b que indique la cantidad de partidos de la ronda que como máximo se pueden asignar a una misma fecha, generalizando de esta forma esta restricción a más de una fecha por ronda. El caso extremo de esta restricción sería $b = 1$.

De esta forma el modelo quedaría definido de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{m \in M} \sum_{t \in T_m} d_{mt} x_{mt} \\ & \text{S. t.} \sum_{t \in T_m} x_{mt} = 1 \quad \forall m \in M \quad (1) \\ & \sum_{m \in M} x_{mt} \leq b \quad \forall t \in T \quad (2) \\ & x_{mt} = \{0, 1\} \quad (3) \end{aligned}$$

La restricción (1) y (3) son restricciones clásicas en los modelos de asignación. De no existir estas restricciones, el resultado final del modelo no tendría sentido práctico. La (1) busca seleccionar solo una fecha para cada partido y la restricción (3) se utiliza para que el valor de la variable de decisión sea 1 (asignar un partido a una fecha) o 0 (no asignar). La restricción (2) es

aquella que mencionamos previamente en donde definimos una cantidad máxima b de partidos que se pueden asignar en una fecha t que posee potencialmente más de un partido posible a disputar. Es por eso que esta restricción la aplicaremos solo para aquellas fechas t que puedan tener dos o más partidos asignados.

Como podemos ver se trata de un modelo distinto en comparación a los modelos que se suelen implementar para programar toda la temporada regular de una liga deportiva. En cualquier deporte existen por lo general decenas de equipos y centenas de partidos a disputar, así como un intervalo de tiempo mayor para elegir las posibles fechas. En el caso de aplicación de este trabajo, se aplica un modelo limitado a un intervalo de tiempo menor, para un subconjunto de equipos de la liga y con un desafío adicional en donde primero se deben encontrar un conjunto de fechas potenciales que coincidan para ambos equipos. Por otro lado, al programar los partidos de una temporada tradicional, se suelen definir diversas restricciones, ya que se busca que el calendario cumpla con distintos objetivos estratégicos. Para nuestro modelo incluimos una restricción que tiene como objetivo evitar que al asignar partidos no se perjudique el atractivo general del espectáculo. En términos computacionales, el modelo planteado presenta una complejidad baja para su resolución. Lo que será más complejo y determinará la principal factibilidad del modelo será el conjunto de fechas disponibles que existan para cada partido, dado que puede ocurrir que para un partido no exista ninguna alternativa. Para ello será relevante estudiar qué factores del diseño del torneo afectan a la cantidad de fechas disponibles y por ende a la factibilidad del modelo.

6.7. Resumen de la metodología

Ante la evidente necesidad de la liga de crear un torneo paralelo hemos definido una metodología para la implementación de un torneo corto a eliminación directa entre los mejores 24 equipos a un momento dado de la temporada. Podemos resumir esta metodología como un algoritmo que sigue los siguientes pasos:

1. Partiendo de un fixture real, quitar k partidos por equipo para liberar el calendario. En base a la discusión previa, tomamos $k = 10$ (ver Sección 6.3).
2. Establecer el momento de inicio del campeonato y las ventanas para cada ronda, por ejemplo siguiendo alguna de las siete opciones propuestas en la Sección 6.4.2. Esto será un input a la hora de armar el fixture, y solo se evaluará a posteriori.
3. Seleccionar a los 24 equipos participantes de acuerdo al ranking calculado por la metodología de Pagerank. El mismo se calculará en función a lo descrito en la sección 6.5. Se utilizarán como input los resultados de todos los partidos transcurridos desde el inicio de la temporada regular hasta la fecha de inicio del nuevo torneo.
4. Armar los emparejamientos según este ranking y la conferencia de cada uno de ellos.
5. Para cada ronda:
 - a. Definir las fechas libres disponibles T_m de cada partido m dentro de la ventana de tiempo considerando las reglas de la temporada (cantidad máxima de partidos que puede jugar cada equipo).
 - b. Asignar el partido m a la fecha t implementando un modelo de PLE que busque reducir el trayecto recorrido por los equipos en ese intervalo de tiempo, siguiendo el modelo descrito en la sección 6.6.
 - c. Tomando los equipos ganadores de cada cruce, definir los nuevos cruces para la ronda siguiente, simulando el ganador de manera aleatoria (el detalle de dicha simulación se presenta en la sección 7.1).

6. Iterar hasta llegar a la última ronda en donde el equipo vencedor es el campeón.

En el medio se fueron desarrollando distintas alternativas de decisiones que habría que tomar para el diseño del mismo. Entre ellas destacamos las siguientes que serán parte del análisis del presente trabajo:

- Tipo de emparejamiento de equipos: Para cada llave armar emparejamientos entre equipos de una misma conferencia o de distinta conferencia.
- Tipos de partidos a considerar en el momento de evaluar las reglas de la temporada para la determinación de las fechas disponibles.
- Distintas configuraciones de ventana para cada ronda.

Resulta pertinente destacar que si bien utilizamos distintas opciones de quita de partidos no la consideraremos como un factor de decisión a la hora del diseño del torneo, sino más bien como una decisión externa impuesta por la organización de la cual no tenemos control completo a la hora de organizar el torneo nuevo.

Con motivo de generar discusiones que permitan pensar en los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar un torneo paralelo de estas características, en la siguiente sección analizamos cómo impactan estas definiciones en su implementación y las consideraciones que habría que tener en la práctica para asegurar su factibilidad en un calendario como el de la liga.

7. Resultados computacionales

7.1. Introducción

A continuación se evalúan las distintas alternativas y el impacto del diseño de este torneo corto de 24 equipos desarrollado de manera paralela al calendario principal de la liga. Para esto implementamos una serie de simulaciones, tomando como input los datos del calendario de las temporadas 2016, 2017 y 2018. Para cada configuración posible de torneo, seleccionamos a los equipos clasificados mediante la metodología descrita, y determinamos de forma aleatoria el ganador de cada cruce para la definición de las rondas posteriores del torneo hasta completar todo los partidos del nuevo Midseason. Esto lo repetimos 5 veces por cada configuración de torneo y cada temporada. Dicha simulación además se realiza utilizando el Pagerank calculado al momento del inicio del torneo y de cada ronda respectivamente. Para ello asignamos una probabilidad normalizada por dicho Pagerank. El motivo de hacer esto es para darle mayor probabilidad de ganar al mejor equipo y reflejar de mejor manera la realidad deportiva del torneo y los equipos. Dado un equipo más “fuerte” a y un equipo más “débil” b , la probabilidad de ganar de cada uno será calculada entonces de la siguiente forma:

$$P(a) = \frac{PR_a}{PR_a + PR_b}$$

$$P(b) = \frac{PR_b}{PR_a + PR_b}$$

siendo PR_a y PR_b el Pagerank del equipo fuerte y débil respectivamente, tal que $PR_a > PR_b$. Notar que a partir de esta definición $P(a) > P(b)$. De esta manera, el Pagerank queda expresado en términos de probabilidad. Así la probabilidad de ganar del equipo fuerte es

equivalente a uno (1) menos la probabilidad de ganar del equipo débil y viceversa. Para determinar al ganador de un partido midseason generamos de forma aleatoria un número p tal que $0 \leq p \leq 1$. En el caso que $p \leq P(a)$ y por ende $1 - p > P(b)$, el ganador será el equipo más fuerte (equipo a). En el caso contrario que $p > P(a)$ y por ende $1 - p < P(b)$ el equipo más débil (equipo b) será el ganador.

Este procedimiento se aplica para cada una de las temporadas y configuración de un torneo según las cuatro variables descritas anteriormente. Como resultado, tendremos distintas instancias de torneo para analizar. El objetivo es determinar la factibilidad técnica en la implementación del torneo resultante y el resultado del modelo propuesto para la asignación de los partidos a las distintas fechas. La factibilidad será medida a través de la cantidad de fechas disponibles que cada configuración genere para poder disputar los partidos nuevos, mientras que la efectividad del modelo se evaluará calculando las distancias recorridas por los equipos. Las configuraciones que iremos probando serán una combinación de las siguientes alternativas (para facilitar la exposición de los resultados utilizaremos una denominación para cada alternativa):

1. Tipos de partidos quitados:
 - **“6 Same Div / 4 Other Div / 0 Other conf”**: 6 partidos divisionales y 4 interdivisionales (misma Conferencia).
 - **“0 Same Div / 6 Other Div / 4 Other conf”**: 6 partidos interdivisionales (misma Conferencia) y 4 interconferencia.
 - **“4 Same Div / 0 Other Div / 6 Other conf”**: 6 partidos interconferencia y 4 partidos divisionales.
 - **“0 Same Div / 0 Other Div / 10 Other conf”**: 10 partidos interconferencia.
2. Tipo de emparejamiento de equipos: Si los partidos de la primera ronda se realizan entre equipos de una misma conferencia o cruzando equipos de distintas conferencias.
 - **“Conf Matches”**: Emparejamientos de equipos de una misma conferencia.
 - **“Interconf matches”**: Emparejamientos de equipos de distinta conferencia.
3. Combinación aplicada de reglas de la temporada (ver sección 6.3.2): Cantidad máxima de partidos que se pueden fijar para los equipos en intervalos de tiempo (de 2 a 7 días) según el calendario original. Este límite será tenido en cuenta para identificar si una fecha se encuentra libre de ser asignada a un partido del torneo paralelo. Esta cantidad máxima puede evaluarse según la condición de localía de los partidos y así flexibilizar el límite de partidos a disputar en un intervalo de tiempo. Esto permite generar más fechas para el torneo si se respetan solo los partidos bajo una condición de localía en particular. :
 - **“Home restriction”**: Considerar sólo partidos de local.
 - **“Visitor restriction”**: Considerar sólo partidos de visitante.
 - **“All restriction”**: Considerar sólo partidos totales (sin considerar localía): *“all restriction”*
 - **“Home + visitor restriction”**: Considerar partidos de local y visitante.
 - **“All + home restriction”**: Considerar partidos de local y totales.
 - **“All + visitor restriction”**: Considerar partidos de visitantes y totales.
 - **“All + home + visitor restriction”**: Considerar partidos de visitante, de local y totales.
 - **“None restriction”**: No considerar reglas y solo validar que no haya superposición de partidos para los equipos involucrados.

4. Distintas configuraciones de ventana para cada ronda (ver Figura 15 en la Sección 6.4.2):
- **Opción 1:** Ventana de partición homogénea entre rondas. Torneo disputado a principio de la temporada.
 - **Opción 2:** Ventana de partición homogénea entre rondas. Torneo disputado al final de la temporada.
 - **Opción 3:** Ventana de partición homogénea entre rondas. Torneo disputado a mitad de la temporada.
 - **Opción 4:** Ventana de partición homogénea entre rondas. Torneo disputado durante la mayor parte de la temporada regular.
 - **Opción 5:** Ventana de partición heterogénea entre rondas.
 - **Opción 6:** Idem anterior pero con mayor amplitud en la primera ronda.
 - **Opción 7:** Idem anterior pero con mayor amplitud en la segunda ronda.

En resumen, por cada iteración se implementa el algoritmo descrito en la Sección 6.7 a los calendarios de las temporadas 2016, 2017 y 2018, tomando como variables de entrada las distintas configuraciones planteadas, eligiendo una opción en particular para cada uno de los 4 inputs enumerados anteriormente. Así, primero se quitan 10 partidos por equipo del calendario, lo que equivale a un reducción total de 150 partidos en toda la temporada. Esto quiere decir que cada equipo jugará 72 partidos en su temporada regular, en lugar de 82 como una temporada tradicional. Luego para cada combinación de estos cuatro inputs se simulan los resultados de los cruces de cada ronda en 5 iteraciones distintas, lo que significa que habrá 5 torneos distintos para cada combinación posible. La idea de hacer esto es poder realizar el análisis sobre distintas instancias de torneo en donde haya un componente de aleatoriedad.

7.2. Factibilidad de implementación en el calendario actual

7.2.1. La amplitud de las ventanas

Con un calendario como el de la NBA es posible que, dependiendo de las configuraciones y restricciones operativas impuestas, existan partidos específicos del nuevo torneo que no puedan ser insertados dentro del calendario de la temporada regular. Una ronda en la que exista al menos un partido que no posea fechas factibles para asignar se considerará no factible y, por ende, debería realizarse para la misma, algún ajuste en las restricciones para que se pueda llevar a cabo. El objetivo es entonces entender aquellos parámetros del diseño del torneo permiten aumentar la factibilidad en su aplicación y la calidad del torneo.

Dentro de estas configuraciones, es evidente que el diseño de las ventanas juega un papel muy importante en la factibilidad del torneo. Ventanas de tiempo muy amplias aumentan la cantidad de días posibles y la probabilidad de que dos equipos que se deban enfrentar encuentren coincidencias en las fechas para poder jugar. Sin embargo, aumentar la ventana para una ronda implica reducir necesariamente la amplitud de la ventana de otra ronda. En base a las variantes mencionadas en la Sección 6.4.2, se definen 7 alternativas de características variadas (ver Figura 15). A partir de los datos obtenidos en la simulación, nos planteamos analizar el rendimiento de cada una de estas alternativas en términos de cantidad de días disponibles que se obtienen para la inserción de los nuevos partidos. En la Figura 18 se visualiza la cantidad de días libres que en promedio se obtuvieron para cada partido de cada instancia del torneo simulado, según el tipo de opción de ventana utilizado en dichas instancias. Allí podemos observar que las opciones de ventana con partición homogénea 1, 2 y 3 tuvieron un rendimiento similar y generaron en promedio 4 fechas posibles por partido. Esto

tiene sentido porque sus intervalos de tiempo son iguales para cada ronda y la única diferencia entre ellas es el momento en el que se plantea llevar a cabo el torneo dentro del calendario. Por otro lado, estas tres opciones consideran un torneo más comprimido, jugado durante el transcurso de una mitad de temporada regular. Esto hace que las ventanas para jugar cada ronda sean mucho más pequeñas, por ende la disponibilidad de fechas para jugar este torneo secundario será menor que para las opciones restantes. Dentro de este grupo restante, la opción 4 corresponde a ventanas de partición homogénea, como las primeras tres, pero con una extensión de tiempo más larga, con lo cual es esperable que tenga más fechas disponibles. En promedio esta configuración genera 7 fechas posibles por partido, casi el doble que las primeras tres opciones. Al igual que ellas, la extensión de cada intervalo es fija e igual para todas las rondas, por ende cada ronda recibe en promedio una cantidad de días por partido similar al resto de las rondas, al igual que lo que ocurre con las opciones 1, 2 y 3. Finalmente, se encuentran las opciones 5, 6 y 7 que corresponden a ventanas de partición heterogénea, es decir con intervalos de tiempo distintos entre cada ronda. Por ello que en dicha Figura se pueden visualizar promedios de fechas que varían sensiblemente para cada ronda del torneo. Además la lógica detrás del diseño de cada una de ellas es coherente con el resultado obtenido: las primeras dos rondas generaron un promedio muy superior de días por partido que las últimas rondas dado que su amplitud de tiempo era más grande. El problema que existe es que estas primeras rondas reciben más días disponibles en detrimento de las rondas siguientes, tal como habíamos intuido al inicio del análisis. Observar por ejemplo que para las opciones 6 y 7, la primera ronda del torneo recibe en promedio 14 días para asignar un partido nuevo mientras que la última recibe en promedio tan sólo 2 días. Eso significa una diferencia de casi 12 días por partido.

Figura 18. Disponibilidad de fechas por opción de ventana y ronda

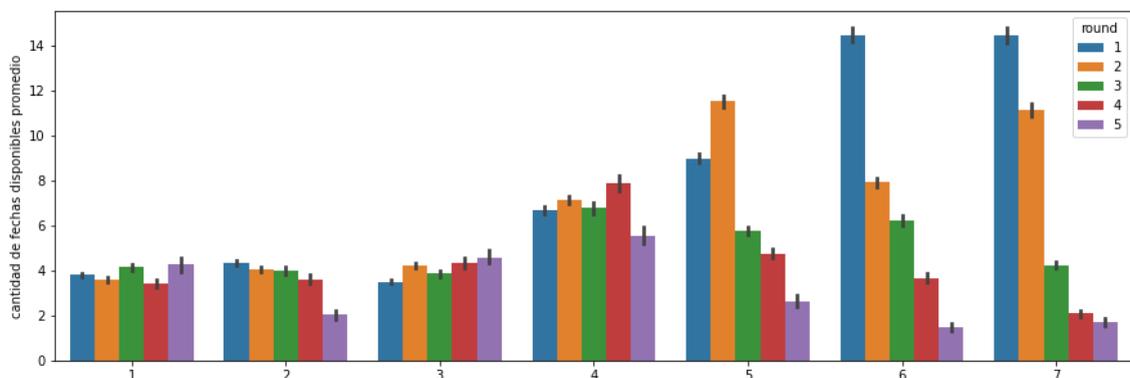


Figura 18. Disponibilidad de fechas por opción de ventana y ronda. Para cada partido de cada instancia del torneo se calculó el promedio de días disponibles para la asignación de un nuevo partido. En el eje horizontal se representan las 7 opciones de ventana presentadas en la Sección 6.4.2. En el eje vertical, la cantidad de días libres promedio por partido nuevo del midseason. Cada color representa una ronda distinta del torneo. Las opciones de ventanas equitativas generan una cantidad pareja de fechas disponibles para cada ronda. A medida que son más grandes la disponibilidad aumenta. Sin embargo, aumentar las ventanas de las primeras rondas aumenta la cantidad de fechas disponibles en detrimento de la disponibilidad de las rondas siguientes.

7.2.2. La flexibilización de las reglas de la temporada

Otra de las configuraciones del torneo que se puede analizar es el grado de rigurosidad o aceptación de las reglas vigentes de la temporada. Es importante recordar el concepto de este parámetro detallado en la Sección 6.4.1 para entender el efecto concreto en la cantidad de días disponibles. Podemos mencionar brevemente que las reglas de la temporada son el límite

máximo de partidos que debemos considerar al momento de buscar fechas potenciales para la asignación de nuevos partidos. El mismo surge de analizar los partidos programados en el calendario original. Si al asignar un nuevo partido en una fecha puntual estamos excediendo este límite para alguno de los dos equipos involucrados en el nuevo partido, entonces ese día no puede considerarse y se debe buscar otra fecha. La manera de flexibilizar este parámetro es considerando sólo algún tipo de partidos, ya sea los partidos disputados de local, de visitante, ambos al mismo tiempo o una combinación de estas opciones. Es natural pensar que cuanto menos partidos consideremos, mayor cantidad de fechas vamos a encontrar para asignar un nuevo partido. Esta intuición la podemos validar siguiendo la Figura 19 donde se visualiza la cantidad promedio de días libres por partido según la combinación de reglas mencionadas²⁹ o lo que es lo mismo, el tipo de partidos considerados al momento de definir el límite máximo de partidos.

Figura 19. Días promedio libres por partido según las reglas de la temporada

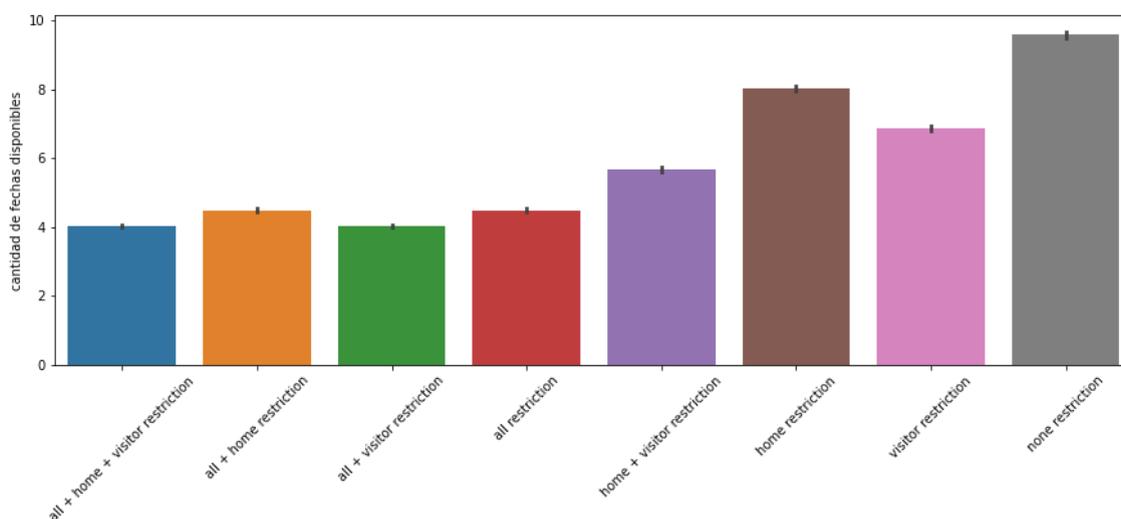


Figura 19. Días promedio libres por partido según las reglas de la temporada. En el eje horizontal se representa la combinación de reglas aplicadas (ver Sección 7.1). En el eje vertical se representa la cantidad promedio de días disponibles por partido de todas las instancias de torneo simuladas.

En esa misma figura se puede ver que el promedio de días disponibles para asignar un nuevo encuentro es de 4 para las instancias de torneo que fueron más rigurosas en las reglas y dentro de la combinación posible incluyeron aquella que no considera la condición de localía (“*all restriction*”). Por el contrario, cuando se descarta esta regla de la combinación aplicada, el promedio de días libres es más alto. Por ejemplo, el promedio de fechas libres para nuevos partidos es de 6 días aproximadamente si se consideran sólo el máximo de partidos de local y de visitante (“*home + visitor restriction*”), de 8 días si se consideran solo los partidos de local (“*home restriction*”), de 7 días si se consideran solo los de visitante (“*visitor restriction*”), y finalmente alcanza el máximo de 10 días disponibles por partido si no se considera ningún máximo en absoluto y lo único que se valida es que los dos equipos no tengan programado un partido en esa fecha.

²⁹ Para la referencia de cada una de ellas en el gráfico remitirse a la Sección 7.1.

7.2.3. Combinando configuraciones de ventana y reglas de temporada

Ahora bien, ¿cómo impacta la aplicación de las reglas de la temporada en cada opción de ventanas? Nos proponemos evaluar ahora si el impacto analizado de la amplitud de las ventanas y la flexibilización de las reglas se mantiene cuando ambas configuraciones interactúan al mismo tiempo en el diseño del torneo. Siguiendo la Figura 20, podemos comparar las distribuciones de fechas disponibles de cada ronda entre sí, para instancias de torneo con distintas configuraciones de ventana y reglas aplicadas. A medida que se van flexibilizando y quitando reglas (avanzando en la Figura de izquierda a derecha para cada opción de ventana), la distribución de la cantidad de fechas disponibles por ronda va aumentando levemente, en especial cuando se quita la regla que considera el máximo de partidos independientemente de la localía ("*all restriction*"). Este punto de inflexión se ve gráficamente a partir de la quinta columna de boxplots en adelante. Al mismo tiempo, esta tendencia a aumentar en cantidad de días disponibles a partir de no considerar esta regla se nota más fácilmente para la opción de ventana 4. De igual manera, no es tan clara de visualizar para las opciones de ventana con partición heterogénea (opciones 5, 6 y 7).

Cabe destacar el hecho de que para el caso en que se flexibiliza completamente y no se imponen reglas adicionales a la superposición de partidos, existe al menos una fecha disponible para todas las rondas solo en el caso de las opciones de ventanas de partición homogénea 1, 3 y 4 (en la opción dos solo para la última ronda parece haber ocasiones donde no hubo fecha disponible). Para el resto de las tres opciones flexibilizar estas reglas no parece mejorar tanto, inclusive podemos identificar que hubo casos con 0 (cero) fechas disponibles para la ronda final. Visualmente lo podemos identificar enfocando el análisis en los boxplots violetas de las tres últimas filas.

Figura 20. Disponibilidad de fechas por ronda, tipo de ventanas y restricción en las reglas

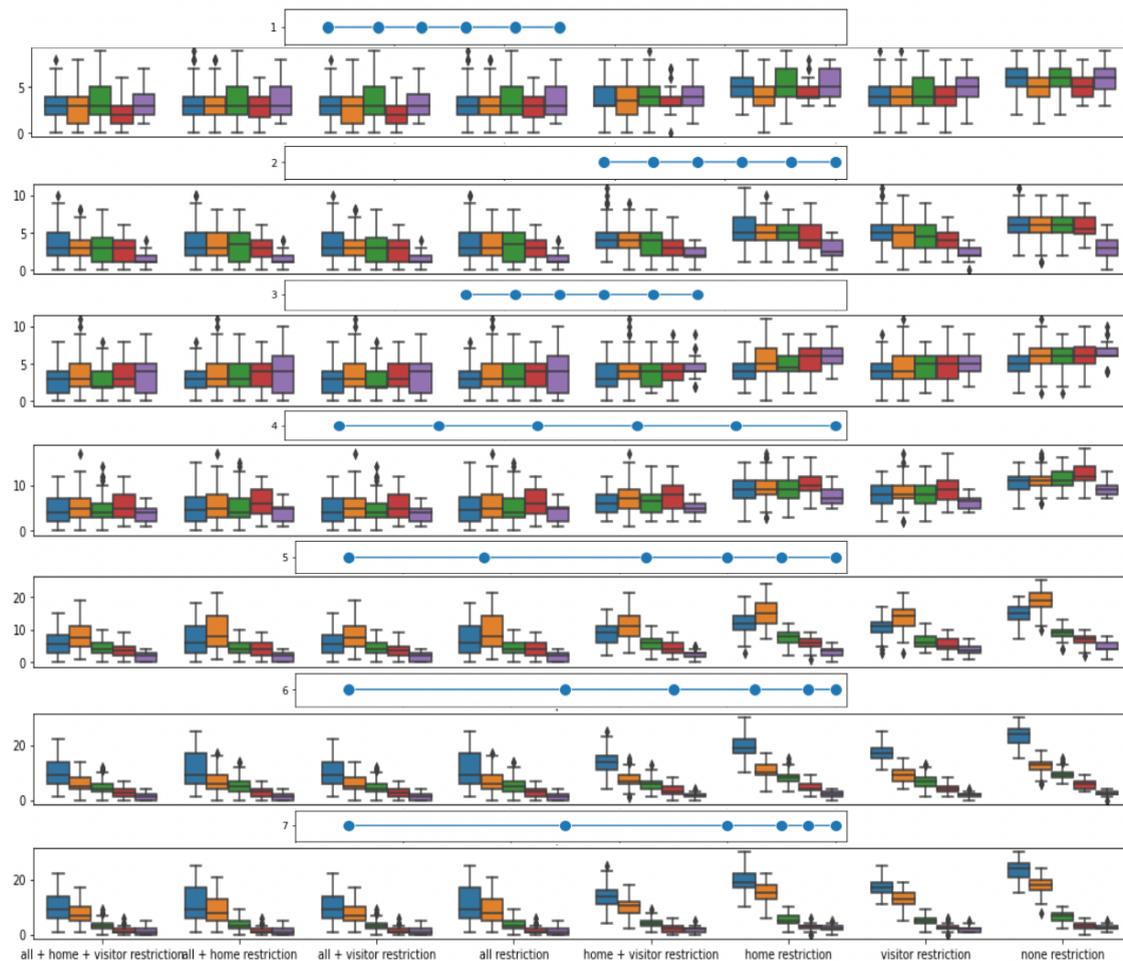


Figura 20. Distribución de la cantidad de fechas disponibles por ventana, tipo de restricción y ronda. Cada fila de la grilla representa una opción de ventana (la misma está graficada sobre cada una como referencia) y cada columna representa una combinación de reglas de temporada aplicada al momento de calcular la disponibilidad. Las mismas están en orden de izquierda a derecha, desde la combinación más estricta (aquella que considera todas las reglas de la temporada) hasta aquella que no considera las reglas de la temporada, solo verifica que ambos equipos no tengan ningún partido en esa fecha. En el eje vertical de cada sub gráfico se representa la cantidad de fechas disponibles por partido de cada instancia del torneo.

El presente análisis de distribuciones vuelve a confirmar el efecto de la amplitud de las ventanas en la cantidad de fechas disponibles, independientemente de las reglas aplicadas. Para las opciones 1, 2, 3 y 4 (ventanas de partición homogénea), podemos notar cómo la distribución no varía en general de una ronda a la otra para ninguna de las reglas aplicadas. Existen algunas excepciones, por ejemplo para la segunda opción de ventana (fila dos de la Figura), la quinta ronda parece tener una distribución de días disponibles más baja que el resto de las rondas. Esto además se repite para el resto de las opciones en donde la última ronda coincide con el final de temporada. Inicialmente podríamos suponer que esto se debe a que el final de la temporada regular está mucho más concentrado en el calendario y, en esos casos, al coincidir la última ronda con el final de la temporada regular, la disponibilidad para jugar un partido adicional es menor. Sin embargo, analizando la cantidad total de partidos que juegan los equipos en el calendario, no se observa una mayor cantidad de encuentros al final del calendario con lo cual esta hipótesis a priori debería descartarse. De todas formas, cuando nos enfocamos en las opciones 5, 6 y 7, que poseen ventanas más grandes para las primeras rondas, podemos notar dos cosas. Por un lado, que la distribución de fechas disponibles

aumenta considerablemente para las rondas con ventanas más amplias. Por otro lado, que la misma distribución baja notablemente para las rondas que poseen ventanas de tiempo más chicas. Esto termina de refutar nuestra intuición inicial: no importa que las últimas rondas se jueguen con menos equipos o que coincidan con el final de temporada, si fijamos ventanas de tiempo más chicas, la disponibilidad promedio por partido de fechas para jugar el mid season baja y así aumenta la probabilidad de que no encontremos factibilidad para disputarlo. De igual manera, fijar ventanas con una misma amplitud de tiempo mejora la factibilidad de encontrar fechas disponibles.

Una última conclusión que se desprende del análisis de distribuciones de días disponibles es que para disputar el torneo con una duración equivalente al 50% de una temporada regular, esto es, durante una mitad de temporada (opciones de ventana 1, 2 y 3), es necesario establecer ventanas comprimidas para cada ronda y esto termina resultando en menor cantidad de fechas posibles para agregar los nuevos partidos. Incluso podemos observar en dicha figura que no existen grandes diferencias entre disputar el mid season en el primer, segundo o último tercio de la temporada regular para estas tres opciones. Esto indica que si el objetivo es establecer un torneo que transcurra en un tiempo reducido dentro del calendario actual, la disponibilidad de fechas es baja y será necesario implementar otros cambios para obtener fechas libres para los nuevos partidos (por ejemplo, pausar la temporada durante cierta cantidad de días y concentrar el torneo ahí).

Hemos relevado entonces el impacto de dos características importantes que se deberán tener en cuenta al momento de implementar no solo el *framework* propuesto, sino que también cualquier otro esquema de torneo secundario. Estas son la amplitud de los intervalos de tiempo a considerar para definir el momento en donde se asignarán los nuevos partidos y la cantidad máxima de encuentros que se respetará al insertarlos en el calendario de los equipos. La principal conclusión es que a mayor amplitud de tiempo, mayor disponibilidad de días. Lo mismo ocurre con el tope de días a considerar. A mayor flexibilización del límite, mayor cantidad de fechas libres para la asignación de nuevos partidos. Sin embargo, como mencionamos al inicio, basta con una ronda del torneo que no posea opciones de fechas para que toda la organización del torneo no sea factible de implementar. El paso siguiente entonces es evaluar si alguna de estas dos configuraciones impide el desarrollo total de un torneo paralelo, independientemente de los días que genera.

7.2.4. La factibilidad a nivel partidos

El caso de una ronda sin fechas disponibles para alguno de sus partidos es un gran inconveniente, ya que supone que esa ronda, y por ende ese torneo, no es factible de jugarse. Este es el principal obstáculo a sortear. En la Figura 20 podemos ver que solo flexibilizando al máximo las reglas de la temporada (“none restrictions”) logramos que todas las rondas tengan fecha disponible para todos los partidos, salvo que la ventana sea muy pequeña. Sin embargo, es lógico pensar que si no consideramos las reglas de la temporada sería mucho más factible la implementación de un torneo adicional. Esto nos lleva a pensar, ¿existe alguna forma de aplicar en mayor o menor medida las reglas de la temporada y así lograr la factibilidad en la implementación del *framework*? Si es así, ¿qué combinación de reglas de temporada y ventanas logran una mejor efectividad y reducen las chances de que no podamos implementar el torneo por falta de fechas disponibles? Con los resultados de la simulación podemos intentar responder estas preguntas. Para eso calculamos en primera instancia el porcentaje de partidos que tuvieron al menos una fecha disponible de acuerdo a las condiciones impuestas por las

reglas de la temporada y al intervalo de tiempo fijado para jugar cada ronda. Si analizamos la Figura 21 y la Tabla 3 podemos sacar algunas conclusiones preliminares. Por un lado, tal como se mencionaba anteriormente, ninguna configuración específica de ventanas garantiza por sí sola la factibilidad para jugar todas las rondas. Analizando la Tabla 3 podemos observar en las primeras cuatro filas que dada cualquier alternativa de ventana utilizada, aplicando una combinación de reglas que incluya aquella que considera la totalidad de los partidos independientemente de la condición de localía (*“all restriction”*), el porcentaje de partidos sin posibilidad de programación por falta de fechas aumenta considerablemente con respecto a las alternativas que no la incluyen. Por ejemplo, para la opción de ventana 1, el porcentaje de partidos sin fechas disponibles es en promedio del 17% cuando se aplica dicha regla, pero el mismo disminuye al 5% cuando se descarta y sólo se aplican las reglas de partidos de local y visitante. En ese mismo contexto, el porcentaje disminuye aún más si solo se aplica una única regla al momento de evaluar la disponibilidad, ya sea la de partidos de visitante (~2%) o partidos de local (~0%). Naturalmente si no se considera ninguna regla (*“none restriction”*) el porcentaje también es aproximadamente cero. Este comportamiento en donde la factibilidad disminuye a medida que se flexibilizan las reglas de la temporada, se repite para las siete opciones de ventana. La diferencia se encuentra en que las magnitudes que adopta este porcentaje cambian entre cada opción. Por ejemplo, para la opción de ventana 2 el porcentaje promedio de fechas sin disponibilidad para escenarios con más de una regla de temporada aplicada pasa del 17%, como mencionamos para el caso de la opción 1, al 14% en el caso de la opción 2, al 15% en la opción 3, al 6% en el caso de la opción 4, al 4% en la opción 5, al 6% en la opción 6 y al 8% en el caso de la opción 7. Esto significa que si bien no existe una configuración de ventanas que permita por sí sola asegurar fechas disponibles para disputar nuevos partidos, sí se pueden utilizar en conjunto con las reglas de la temporada para ayudar a mejorar la disponibilidad de fechas. Continuando con la misma Tabla podemos comparar ahora las opciones de ventanas, independientemente de las reglas. Las opciones 4, 5, 6 y 7 generan menor porcentaje de partidos sin fechas posibles que las opciones 1, 2 y 3. Estas últimas tienen un porcentaje muy superior al resto de las opciones de ventana. Esto tiene sentido dado que las primeras opciones representan torneos disputados en intervalos de temporada regular más cortos y por ende con ventanas de tiempo más comprimidas para cada ronda. Las últimas por el contrario están diseñadas en función a intervalos más amplios, abarcando más tiempo dentro del calendario regular.

Tabla 3. Ratio de partidos generados sin fechas disponibles según configuración

opción de ventana	1	2	3	4	5	6	7
regla aplicada							
all + home + visitor restriction	0.176087	0.142754	0.154710	0.058333	0.041667	0.064855	0.082609
all + home restriction	0.171014	0.134783	0.146014	0.058333	0.041304	0.063406	0.080797
all + visitor restriction	0.176087	0.142754	0.154710	0.058333	0.041667	0.064855	0.082609
all restriction	0.171014	0.134783	0.146014	0.058333	0.041304	0.063406	0.080797
home + visitor restriction	0.054348	0.047101	0.028261	0.006159	0.006159	0.022464	0.040580
home restriction	0.006159	0.010870	0.001812	0.000000	0.000725	0.007246	0.015217
none restriction	0.000362	0.000725	0.000725	0.000000	0.000000	0.004348	0.006159
visitor restriction	0.024275	0.017391	0.014493	0.003986	0.001449	0.011232	0.021014

Tabla 3: Ratio de partidos generados sin fechas disponibles según configuración de ventana y reglas. El ratio se calcula en función al total de partidos generados para una misma ventana y combinación de reglas aplicadas. Cada celda expresa la proporción de los partidos generados que no encontraron ninguna fecha disponible para su programación. El color de las celdas de la tabla representa la magnitud relativa con respecto a los otros valores para una misma opción de ventana. Cuanto más oscura es la celda, mayor proporción de partidos sin fechas en comparación con las otras combinaciones de reglas dentro de una misma opción de venta.

Naturalmente el efecto del diseño en las ventanas junto con las reglas aplicadas no es igual para todas las rondas del torneo *midseason*, especialmente para las opciones de ventana 5, 6 y 7, que tienen tamaños diferentes para cada una de ellas. En la Figura 21 podemos observar el porcentaje de partidos sin fechas posibles, pero ahora además en función a la cantidad de partidos de cada ronda. Queda en relieve ahora que algunas rondas se ven más perjudicadas que otras ante la aplicación de las reglas. Para las opciones 5, 6 y 7 la adición de nuevas reglas perjudica fundamentalmente a las últimas rondas del torneo. Inclusive este porcentaje llega aproximadamente al 50% de los partidos generados para la última ronda cuando se aplican todas las reglas (*all + visitor + home*). Esto se debe a que todas estas opciones implican intervalos de tiempo más pequeños para las últimas rondas en comparación a las primeras rondas³⁰. En el resto de los casos el impacto de la aplicación de dichas restricciones es mucho más parejo para todas las rondas. Si bien el porcentaje de partidos sin posibilidad de programación aumenta con las restricciones, lo hace de la misma manera para todas ellas. Por último, podemos concluir de dicha figura que la opción de ventana 4 es la que reduce al máximo el riesgo de no poder asignar partidos por falta de fechas, en relación a las demás alternativas de ventanas. Del mapa de calor se puede observar que dicha opción es la que menor porcentaje tiene de partidos sin posibilidad de asignación para todas las combinaciones de reglas y rondas. Esto es esperable dado que dicha opción implica intervalos de tiempos más amplios y distribuidos de forma equitativa para todas las rondas. En dicha opción, el peor escenario posible resulta en un 10% de partidos sin asignación para la ronda 5 y en poco más del 5% para las rondas 1 y 2.

Figura 21. Proporción de partidos generados sin fechas disponibles

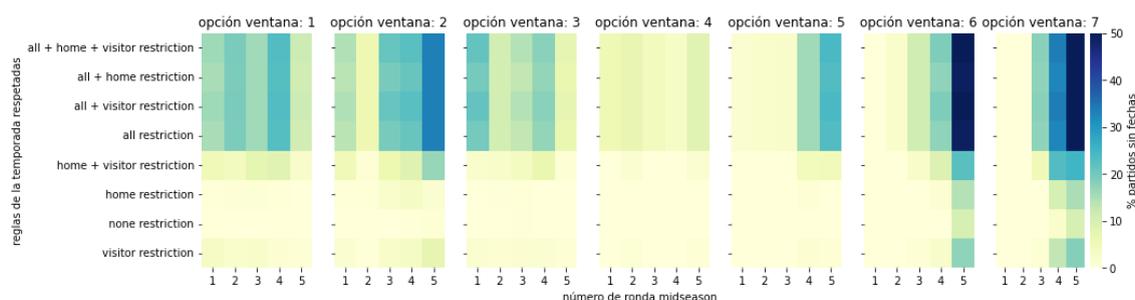


Figura 21: Proporción de partidos nuevos generados sin fecha disponible para su programación. El eje horizontal de cada mapa de calor representa la ronda del torneo. En el eje vertical se representan las distintas combinaciones de reglas. El color representa el porcentaje de partidos generados sin fechas posibles para su programación (porcentaje calculado sobre el total de de partidos generados para una misma ronda, ventana y configuración de reglas en particular).

³⁰ Como se trata de un torneo eliminatorio, las últimas rondas tendrán menos partidos en comparación a las primeras rondas. Esto significa que al haber un partido sin fecha disponible en una instancia de torneo dada, el impacto en el porcentaje de partidos será mayor para las últimas rondas dado que hay menor cantidad de partidos. Por ello, para analizar el impacto de una ventana o regla en particular, se debe comparar el porcentaje entre las mismas rondas.

7.2.5. La factibilidad a nivel torneo

A priori, uno pensaría que tener hasta un 10% de partidos del midseason sin factibilidad para disputarse dentro del calendario regular de la NBA resulta un número bajo. Sin embargo queda claro que basta con tener solo un único partido sin posibilidad de asignación para que toda la organización resulte no factible de implementar. Es por ello que además de analizar el porcentaje de partidos sin fechas posibles debemos analizar, de las simulaciones realizadas, en cuántas ocasiones se podría haber disputado el torneo midseason. Esto es, en cuántas instancias de midseason simuladas hubo al menos una fecha disponible para todos los partidos de todas las rondas y, por ende, es factible completar el torneo. Del análisis previo se desprende que podríamos esperar que jugar con las ventanas de la opción 4, sin considerar las reglas de la temporada a la hora de asignar partidos, nos aseguraría que el torneo es factible y podremos elegir al menos un día del calendario para asignar al midseason en cualquier instancia. Pero lo interesante es ver cómo existen algunas otras variantes que, si bien tienen riesgo de no ser factibles, el mismo no es tan alto. Como se puede ver en la Figura 22, por ejemplo, existen configuraciones de torneo que utilizan la opción de ventana número 3 y aplican sólo la regla de de partidos máximos de local, que tienen una factibilidad que no es del 100% pero que es del 96%. Esto es lo mismo que decir que cada 100 instancias de torneos simuladas, solo en 4 de ellas no fue factible la implementación por falta de opciones de fechas. Y mirando a nivel reglas, podemos ver que la factibilidad es de 60% o más cuando se aplican sólo una regla, ya sea de partidos máximos de local o de visitante. Incluso aplicando ambas en conjunto la factibilidad parece ser buena para las alternativas de ventanas 4 y 5. En el análisis de partidos posibles de asignación notamos una superioridad de la opción 4 de ventanas, pero ahora podemos observar en esta nueva Figura, que en términos de factibilidad a nivel torneo la alternativa 5 es igual de superadora que la opción 4. Esto ocurre porque la opción 5 presenta pocos partidos posibles de asignación concentrados en instancias de torneo particulares que luego no repercuten en el resultado global cuando se analizan los torneos simulados a nivel general (un torneo puede no ser factible de implementar teniendo solo un partido o todos los partidos sin fechas libres).

Es interesante destacar entonces que en combinación con otras reglas, las otras opciones de ventanas pueden mejorar el porcentaje de factibilidad en términos de instancia de torneo, logrando un nivel de más del 80%. Por ejemplo, siguiendo la misma Figura 22, y suponiendo que la organización está decidida a implementar el torneo bajo un esquema de ventanas igual a la opción 1 (barra azul de la imagen), si aplicamos todas las reglas de la temporada ("*all + home + visitor restriction*"), la factibilidad del torneo no llega al 20%. Sin embargo, aplicando solo las reglas de cantidad máxima de partidos de local ("*home restriction*"), vemos que dicha factibilidad pasa a ser del 90% e inclusive si no respetamos ninguna de las dichas reglas, encontraríamos disponibilidad para todos los partidos del midseason en el casi 100% de las instancias de torneo simuladas.

Figura 22. Factibilidad por tipo de configuración del midseason

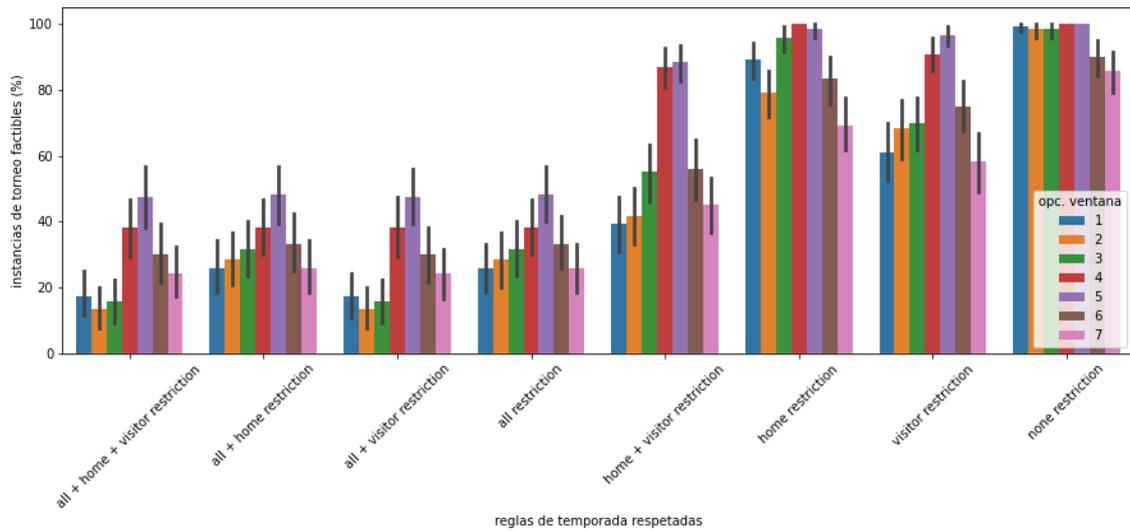


Figura 22. Porcentaje de instancias de torneo factibles por cada tipo de configuración. Las primeras 4 combinaciones de reglas aplicadas dan como resultado una factibilidad promedio del 30% por tipo de ventanas. Las segundas 4 combinaciones de reglas en cambio dan un promedio de factibilidad del 80% para cada tipo de ventanas. Esto significa que al utilizar combinaciones de reglas más “laxas” duplica la factibilidad de poder implementar el torneo.

7.2.6. Resultados de otras configuraciones

Una vez analizadas las ventanas y las reglas de la temporada, ¿Qué ocurre con los otros parámetros del formato como el tipo de emparejamiento en el armado de los cruces o el tipo de partidos que se quitan?. ¿Cuál es su efecto en combinación con las reglas de la temporada y el tipo de ventanas?

Con respecto al tipo de emparejamientos, a priori uno podría imaginar que el principal impacto se da en la distancia total viajada por los equipos participantes del midseason. Resulta natural pensar que al utilizar emparejamientos entre equipos de distintas conferencias los equipos deberán viajar mayores distancias para jugar estos enfrentamientos. No obstante, esto dependerá de la inteligencia con la que se realice la asignación e inserción de los nuevos partidos en el calendario y en este punto, la efectividad del modelo de asignación es clave. El impacto en las distancias y la efectividad del modelo se analiza en la siguiente Sección pero en términos de factibilidad nos preguntamos si elegir un tipo especial de emparejamiento produce algún impacto en la disponibilidad de fechas. Para que hubiese un efecto en la disponibilidad deberíamos suponer que los equipos de una conferencia tienen un calendario de partidos notablemente distinto al de los equipos de la otra conferencia. Entonces, en ese escenario podríamos pensar que imponer cruces entre ellos en un momento determinado de la temporada, lograría contrastar estos calendarios distintos y provocar alguna diferencia negativa en la disponibilidad de fechas para un partido de un torneo nuevo, en cuyo caso representaría un error en el diseño elegir utilizar este tipo de configuración. Por ejemplo, si los equipos de la Conferencia Este tendieran a jugar más en la última mitad de la semana y los de la Oeste en la primera mitad de la semana, entonces, si cruzamos a dos equipos podríamos suponer que la disponibilidad para agregar un partido será menor dado que cuando unos mayor disponibilidad tienen, los otros menor disponibilidad tienen y así viceversa. Sin embargo, no es lógico pensar que los equipos de una conferencia tienen un calendario muy diferente. Como analizamos en la etapa descriptiva, todos los equipos juegan un partido en promedio cada 2 o 3 días en

promedio, y el ritmo intenso se mantiene para todos los equipos por igual, independientemente de su división o conferencia.

Algo similar ocurre con el tipo de partidos que se quitan. Intuitivamente podríamos pensar que lo que importa realmente no es el tipo de partido que se elimina del calendario sino que lo que importa es la cantidad total de días que se “liberan” de la temporada regular para los nuevos partidos. Sin embargo, para que la quita de partidos tenga un verdadero impacto en la disponibilidad lo que importa realmente es que se liberen las fechas compartidas por los equipos que luego van a enfrentarse en el torneo paralelo. El problema aquí es que por un lado la quita de partidos la consideramos como una decisión externa sobre la cual no tenemos control ni certeza. Además es anterior al inicio y transcurso de la temporada. Por el otro lado tampoco sabemos a priori qué equipos clasifican al torneo nuevo. Es por todo esto que es poco probable que la quita de partidos pueda realizarse de forma tal que tenga incidencia en la disponibilidad de partidos nuevos. Podríamos suponer que quitando partidos de un tipo en particular junto con el tipo de emparejamientos se podría aumentar las chances. Por ejemplo si quitamos más partidos de equipos de distintas conferencias y el emparejamiento del torneo lo definimos entre equipos de distintas conferencias, podemos aspirar a tener mayores chances de liberar fechas superpuestas entre los equipos participantes y de esta forma aumentar la cantidad de fechas libres para el torneo nuevo.

Figura 23. Cantidad de días disponibles por tipo de enfrentamientos y quita de partidos

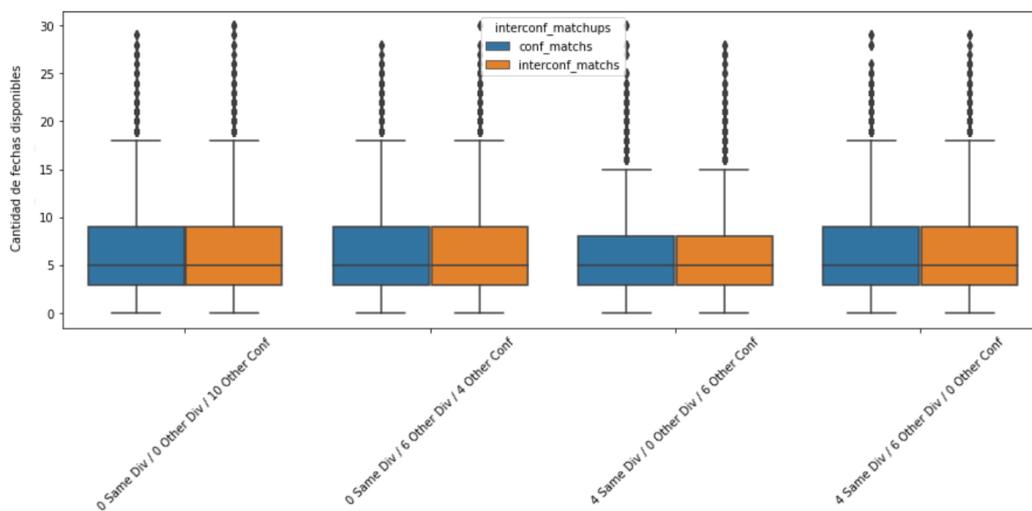


Figura 23. Distribución en la cantidad de partidos según el tipo de partidos que se quitó y el tipo de enfrentamientos que se definió para los cruces del midseason. En el eje horizontal se representan las distintas modalidades de quita de partidos. En todos los casos, la quita total de partidos es de 10 partidos. “Same Div” representa a los partidos entre equipos de una misma división (y por ende misma conferencia), “Other Div” partidos entre una misma conferencia pero distinta división y “Other Conf” representa a los partidos entre equipos de distinta conferencia. Además, en azul se representan los enfrentamientos entre equipos de una misma conferencia y en naranja los midseason simulados con enfrentamientos entre equipos de distinta conferencia.

No obstante los resultados muestran que en realidad el tipo de enfrentamientos que se fije para el torneo midseason o el tipo de partidos que se quiten por sí solos o en combinación no ofrecen ningún diferencial en la cantidad de días disponibles. Como se ve en la Figura 23, en todos los casos las fechas disponibles por partidos oscilan entre los 3 y casi 10 fechas disponibles por enfrentamiento, independientemente del tipo de cruce que se definió o los partidos que se quitaron.

7.2.7. Resumen del análisis de factibilidad

En esta sección nos propusimos entender la viabilidad de implementar en el calendario de la NBA actual un torneo bajo el esquema propuesto. Así repasamos el efecto que tienen algunos de los factores más importantes en el diseño de un torneo paralelo. Observamos que no importa demasiado el momento del calendario en el que se planea desarrollar la competencia sino que lo que importa es establecer ventanas de tiempos más grandes para tener más cantidad de días posibles y así reducir el riesgo de no factibilidad. Notamos también el impacto positivo que tiene disminuir la rigurosidad al momento de establecer el máximo de partidos a respetar cuando evaluamos una fecha potencial para un nuevo partido. A su vez, se pueden establecer ventanas que a priori no tienen un buen rendimiento en términos de factibilidad pero con algunas flexibilizaciones de reglas mejoran notablemente. Lo mismo ocurre a nivel ronda, en donde algunas configuraciones de reglas específicas permiten mejorar la factibilidad de rondas que a priori por su tamaño impiden la factibilidad del torneo en general. Por último determinamos que otros elementos del diseño como el tipo de cruces a establecer o los partidos a quitar no influyen demasiado en la factibilidad. Una vez analizada la factibilidad, procedemos a entender el impacto final que tiene el *framework* en la logística y por ende en el resultado económico de la propuesta.

7.3. Impacto en las distancias recorridas

Otro de los aspectos importantes a analizar sobre la metodología propuesta es el impacto que tiene el modelo de asignación de partidos en las distancias recorridas por los equipos. A su vez, ¿tiene sentido implementar un modelo de optimización o el calendario apretado y las pocas opciones de fechas libres para disputar nuevos partidos hacen que en realidad sea indistinto? Si este modelo tiene sentido, ¿existe alguna configuración particular del torneo que permita una mejora en el rendimiento del modelo? Para este análisis utilizamos los datos de las simulaciones mencionadas anteriormente, pero enfocándonos solo en las instancias de torneo factibles, es decir, aquellas que tuvieron al menos una fecha disponible para asignar un partido en todos los cruces de todas las rondas. Así, en cada ronda de cada instancia del torneo simulado se implementa el modelo descrito en la Sección 6.6, siguiendo la metodología resumida en la Sección 6.7 para asignar una fecha a cada partido nuevo. Una vez seleccionadas las fechas para cada partido, se procede al cálculo de distancias total de la temporada según la secuencia en el calendario de cada equipo³¹. Este cálculo se realiza antes y después de la implementación del *framework* para poder establecer el impacto. Como podemos observar en la Figura 24 la distancia total recorrida por los equipos disminuye. En una temporada normal es en promedio de 73500 km por equipo. Con la implementación del *framework* dicho promedio cae a 68500 km, lo que significa una reducción del 7% aproximadamente. Resulta intuitivo pensar que las distancias recorridas por los equipos disminuirán en términos absolutos, considerando que el *framework* propone una quita de 10 partidos para todos ellos, ya sea para aquellos que luego tienen que disputar encuentros por el *midseason* como también para aquellos que no. Es por este motivo que para analizar el impacto del *framework* y el modelo debemos utilizar otro indicador que por un lado sólo considere a los equipos involucrados en el torneo nuevo y por otro que ayude a relativizar esta quita de partidos.

Figura 24. Distribución de distancia total recorrida por equipo y por tipo de temporada

³¹ Como las distintas instancias de torneo implican distintos tamaños de ventana, y por ende distinta cantidad de tramos recorridos, se utilizó el itinerario completo de toda la temporada para cada equipo, de manera tal de que dichas distancias de torneos y equipos sean comparables entre sí.

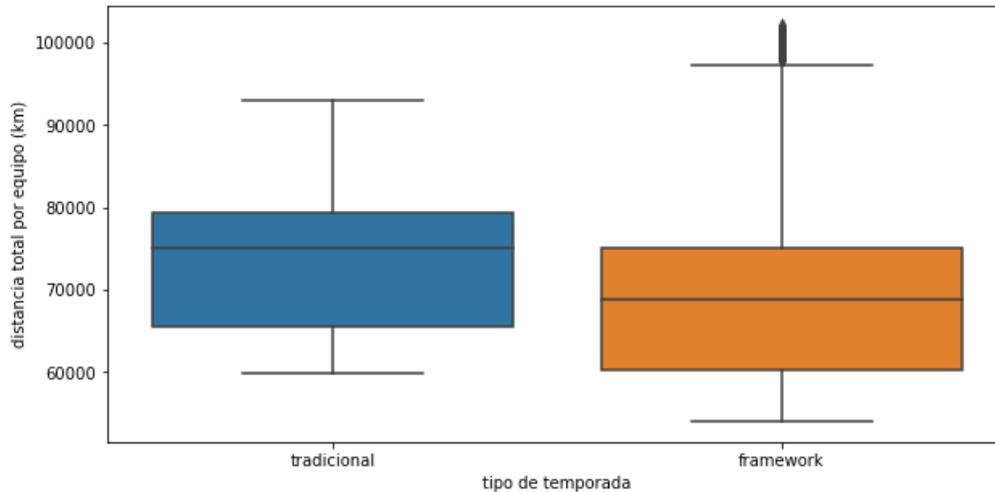


Figura 24: Distribución de la distancia total por equipo recorrida en una temporada. A la izquierda se representan temporadas regulares bajo el formato actual de la NBA. A la derecha la misma distribución pero bajo el formato propuesto de 72 partidos más los juegos del torneo adicional, utilizando los datos de las simulaciones realizadas. En el eje vertical se representa la distancia total recorrida por los distintos equipos al finalizar la temporada.

En primer lugar, incluir a todos los equipos podría sesgar el análisis debido a que para aquellos que no logran clasificar, impactaría únicamente la reducción de distancia producto de la quita de partidos. En segundo lugar, aún considerando sólo la distancia total de los equipos que disputan el torneo adicional se podría estar interpretando incorrectamente los resultados, debido a que la cantidad de partidos quitados es muy superior a la cantidad de partidos agregados por el nuevo torneo. En el escenario más extremo, los equipos que llegan a la final del *midseason* desde la peor posición de clasificación, habrán disputado 5 partidos nuevos. Para ellos, la variación neta sería una disminución de 5 partidos respecto a una temporada normal producto de la quita de 10 partidos de temporada regular, más los 5 partidos adicionales por el torneo nuevo. Se esperaría así que la distancia total recorrida disminuya independientemente de cualquier optimización que se pudiera aplicar en la elección de los días para los nuevos partidos.

Es por todo esto que para evaluar el impacto utilizamos como métrica la distancia promedio por partido que cada equipo tiene en una temporada normal versus una temporada que incluya al torneo *midseason*. De esta forma, promediando la distancia por partido disputado e incluyendo únicamente a los equipos que disputan al menos un partido del torneo nuevo, podemos analizar con mayor precisión el cambio antes y después de la aplicación del *framework* propuesto. Con estas definiciones podemos empezar a contestar las preguntas planteadas al inicio de esta sección. En base a las simulaciones realizadas, el promedio en la variación de la distancia por partido para los equipos involucrados en el *midseason* es de 3,85%. Esto quiere decir que de todas las instancias generadas, en promedio la distancia por partido de los equipos participantes se incrementa en casi un 4% con la aplicación de este nuevo formato.

Como pudimos analizar previamente, es esperable que la distancia promedio por partido aumente. Esto lo podemos validar siguiendo la Figura 25 en donde podemos observar la distribución de las variaciones por equipo y en las variaciones promedio por instancia de torneo. Si bien existen instancias de equipos en donde la variación en la distancia promedio es negativa, es decir que disminuye, en la mayoría de los casos, los equipos se ven afectados por un incremento en esta distancia promedio por partido (ver imagen superior de la Figura 25).

Esto hace que a nivel instancia de torneo, la variación promedio por equipo sea positiva en todas las simulaciones (imagen inferior de la Figura 25). Dicho de otra forma, existen casos de equipos en donde la variación es negativa y la distancia promedio por partido cae, sin embargo en promedio para todas las instancias hay un incremento en este indicador. Analizando concretamente las distribuciones, podemos concluir que a nivel equipo, la variación en la distancia promedio oscila desde un -10% hasta un 20%. A su vez, a nivel instancias de torneo, es de 1% hasta como máximo un 8% por equipo.

Figura 25. Distribución de la variación en la distancia promedio por partido

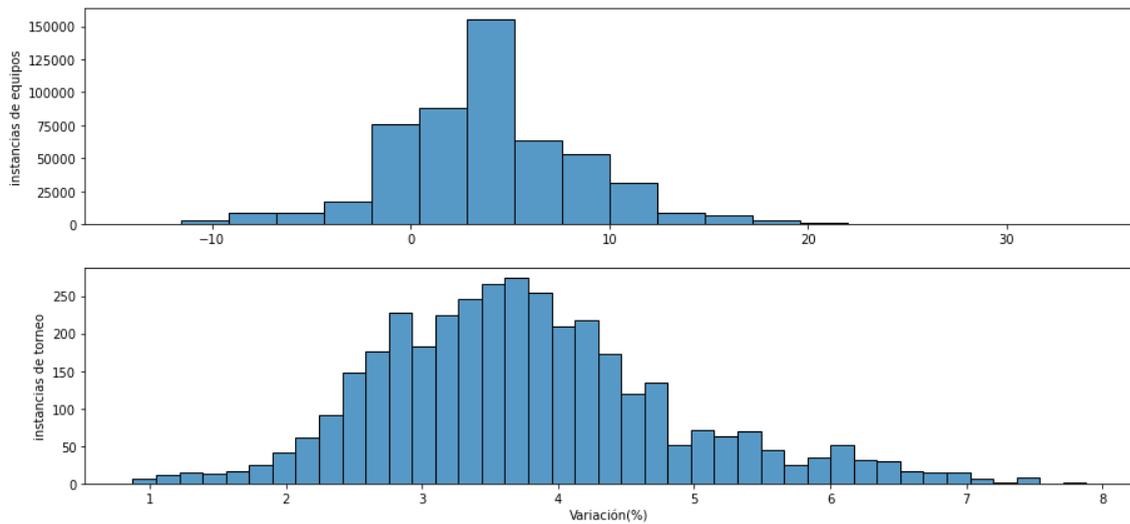


Figura 25: Distribución de las variaciones en la distancia promedio por partido (eje horizontal). En la parte superior de la imagen se representa la distribución por equipo, y en la imagen inferior se representa la misma variación pero promedio por instancia de torneo. En el eje vertical de la imagen superior entonces se representa la cantidad de instancias de equipos y en el de la imagen inferior se representa la cantidad de instancias de temporadas.

Sabemos entonces que en promedio, el nuevo formato incrementa la distancia promedio por partido en casi un 4%. La pregunta a responder ahora es en cuánto ayuda el modelo a reducir el impacto en este incremento. Para ello tomamos como *benchmark* el método de asignación de partidos aleatorios, es decir, eligiendo para cada partido una fecha al azar entre todas las fechas disponibles para ese partido³². Luego podemos comparar la variación en la distancia promedio por partido para cuantificar el impacto del modelo en la asignación de fechas. De esta manera, aplicando el método de asignación aleatorio obtenemos un incremento en la distancia promedio por partido del 5,6%, en lugar de un 3,85% que obtuvimos con el modelo. Esta diferencia significa un 45% de incremento en la distancia promedio por partido de no aplicar ningún método para la elección de las fechas del nuevo torneo. Podemos concluir entonces que la implementación de un modelo para la asignación de partidos ayuda a reducir en un 45% el impacto en las distancias promedio por partido de los equipos. No obstante, como mencionamos anteriormente, existen equipos que tan solo juegan 1 o 2 partidos. En esos casos vale preguntarse también si el impacto del modelo es igual de significativo. Analizando la Figura 26 podemos observar gráficamente cómo con la implementación del modelo, las variaciones en la distancia promedio se mantienen similares para todos los equipos independientemente del total de partidos disputados, mientras que con en el método de

³² No se considera en este método la limitación en la cantidad de partidos a asignar para un mismo día. Esto significa que para cada partido se elige una fecha disponible al azar independientemente si esa fecha ya fue utilizada para asignar a otro partido de la ronda.

asignación aleatorio, el impacto es cada vez más grande para los equipos con mayor cantidad de partidos disputados. Al mismo tiempo podemos notar que para los casos en los que los equipos disputan uno o dos partidos solamente, la variación es similar ya sea para instancias resueltas con el modelo de PLE como para aquellas resueltas al azar. La diferencias más grandes en las distribuciones se dan para los escenarios en donde los equipos juegan los 4 o 5 partidos³³.

Figura 26. Variación en la distancia promedio según metodología de asignación de partidos.

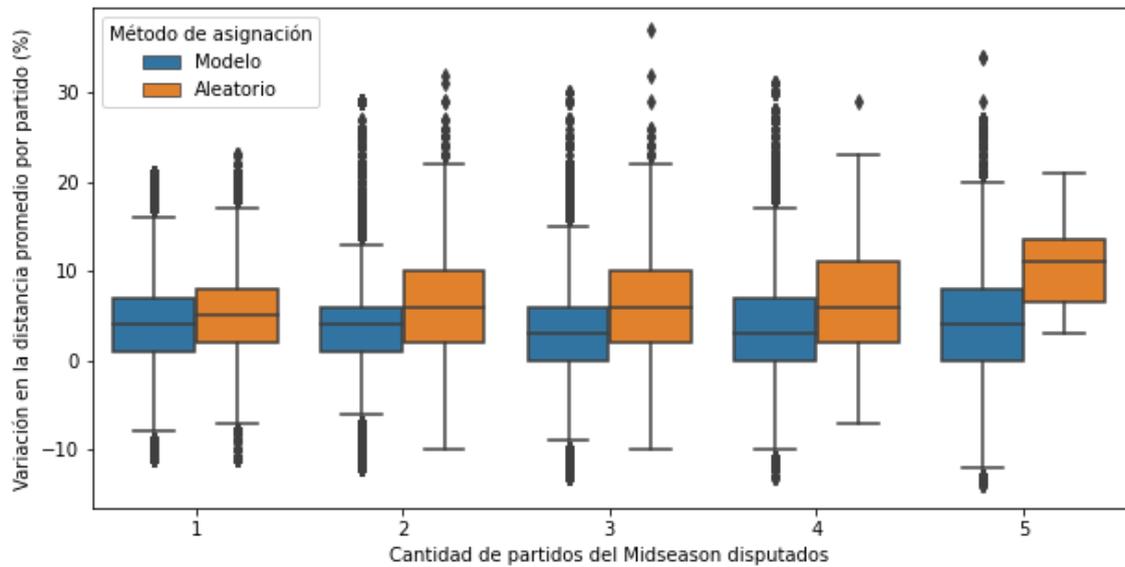


Figura 26: Distribución de la variación en la distancia promedio por metodología de asignación de partidos. En el eje vertical se representa la variación por equipo. En el eje horizontal se dividen las distribuciones según la cantidad de juegos disputados por los equipos en las distintas instancias simuladas. En azul se representan las distribuciones de los equipos en instancias resueltas con el modelo de asignación. En naranja se muestran las distribuciones de las mismas instancias pero resueltas por el método aleatorio de asignación de partidos.

Por último cabe preguntarnos si la efectividad del modelo se ve afectada por alguna configuración de ventanas en particular que pueda incidir en la distancia recorrida por partido. Para ello analizamos el mismo *benchmark* pero esta vez por el tipo de ventanas aplicado en la instancia de torneo. Ahora en la Figura 27 podemos observar cómo el método de asignación aleatorio no parece estar afectado por ninguna opción de ventana en particular mientras que el modelo tiene mayor efectividad para las opciones 4, 5, 6 y 7.

³³ El escenario en donde un equipo juega 5 partidos es el más raro dado que implica que un equipo clasificado en la peor posición logra llegar a la instancia final del torneo *midseason*. Esto significa que hay pocas instancias con equipos disputando los 5 partidos de dicho torneo.

Figura 27. Variación promedio por equipo y tipo de ventana aplicado.

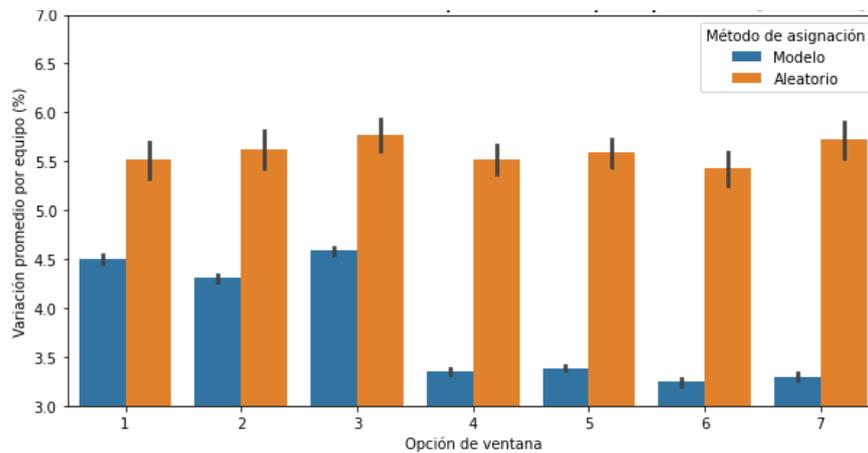


Figura 27: Variación promedio por equipo y por tipo de ventana aplicado en la instancia de torneo. En azul se muestra el promedio por equipo en instancias resueltas por el modelo. En naranja se muestra el promedio de las mismas instancias pero resuelto por el método de asignación aleatorio.

En instancias de torneo resueltas al azar, la distancia promedio por partido crece alrededor de un 5,5%, sin importar el tipo de ventana aplicado. En cambio, cuando se resuelven las mismas con el modelo, el crecimiento es alrededor del 4,5% para instancias con ventanas del tipo 1, 2 y 3 y fue aún menor, de poco menos del 3,5%, para instancias con ventanas del tipo 4, 5, 6 y 7. Inclusive para las ventanas 1,2,3 la variación es superior al promedio general del 3,85%. Esto nos lleva a preguntarnos el por qué de esta mayor efectividad para algunos tipos de ventanas. Si recordamos las características de las opciones 4, 5, 6 y 7, notamos que la principal diferencia con el resto es la amplitud de tiempo más extensa que provoca una mayor cantidad de días disponibles para elegir en la asignación de los nuevos partidos. Podemos presentar entonces la hipótesis de que a mayor cantidad de opciones de fechas, mejor será la elección del día y por ende, mayor efectividad e impacto tendrá el modelo de asignación. De ser así, la noción de factibilidad presentada en la sección anterior y el objetivo de establecer configuraciones de torneo que generen disponibilidad de días se volverían aspectos claves en la implementación de un nuevo torneo. Dicha hipótesis la podemos comprobar analizando la variación promedio por instancia de torneo, en función a los días disponibles generados por la configuración particular de dicha instancia de torneo (Figura 28). Por un lado podemos comprobar que a mayor cantidad de días disponibles menor es la variación promedio en los casos en que la asignación se realiza por medio del modelo. Siguiendo la Figura 28 podemos visualizar que existe una tendencia a que las instancias con mayor cantidad de días disponibles tengan menor porcentaje de variación promedio cuando se aplica el modelo para la asignación de partidos. En caso de resolver la elección de los días de manera aleatoria, la variación no cambia en relación a los días disponibles y es por ello que la pendiente de la recta generada por estos puntos es horizontal, evidenciando que no hay relación entre ambas variables para esta metodología de asignación. En estos escenarios, se está produciendo una ineficiencia en la utilización de los días disponibles generados, traducido en un costo de oportunidad por no aprovechar las fechas susceptibles de ser asignadas al calendario de la temporada.

Figura 28. Variación promedio en función a la cantidad de días disponibles y método de asignación.

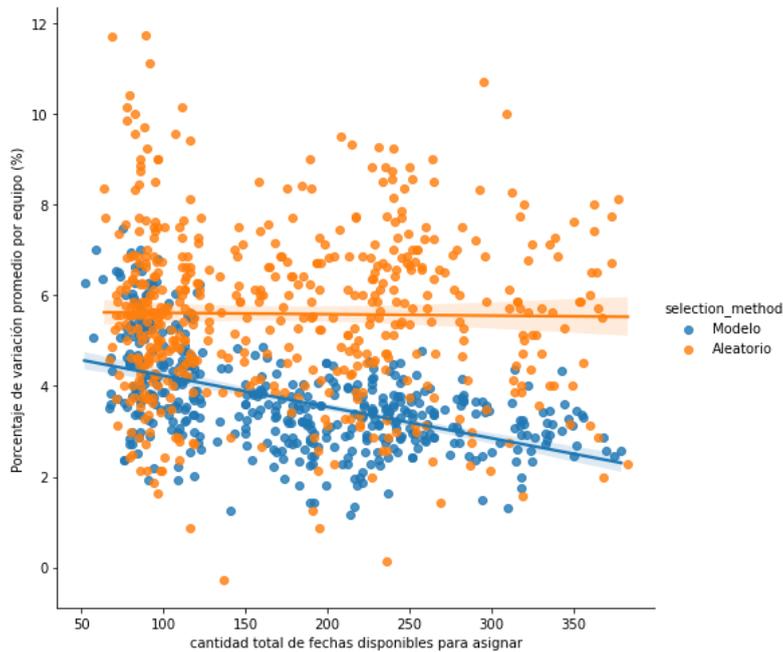


Figura 28: Variación promedio en función a la cantidad de días disponibles y método de asignación. En el eje vertical se representa el porcentaje de variación promedio por equipo de una instancia en particular. En el eje horizontal la cantidad total de días disponibles generados para una instancia de torneo en particular. Cada punto representa una instancia de torneo resuelta por un método distinto: en azul se representan las instancias resueltas con el modelo de PLE y en naranja las mismas instancias pero resueltas por el método aleatorio. De esta forma, para una instancia en particular se visualizan dos porcentajes de variación promedio distintos, uno por cada método. En el gráfico se incluyen también las rectas de regresión resultante de los puntos de cada metodología de asignación para visualizar la relación entre ambas variables.

Por otro lado podemos confirmar que los mayores niveles de días disponibles están asociados a instancias de torneo con ventanas del tipo 4, 5, 6 y 7 y que al mismo tiempo en estos casos, el modelo tuvo mayor impacto dado que produjo en promedio una menor variación en la distancia de los equipos (ver Figura 29).

Figura 29. Variación promedio en función a la cantidad de días disponibles y tipo de ventana aplicado.

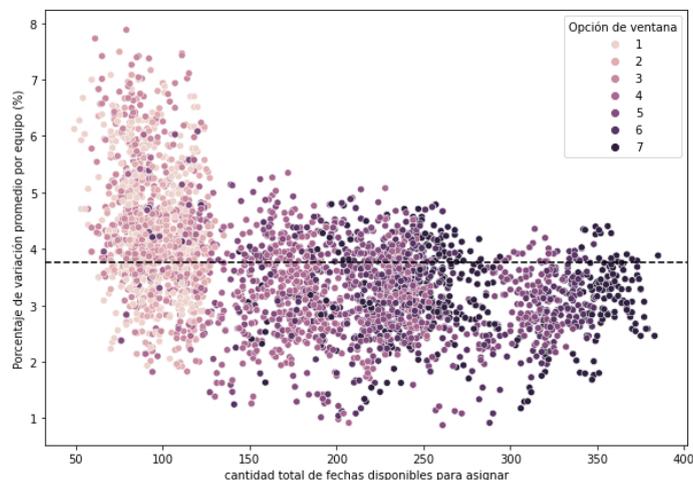


Figura 29: Variación promedio en función a la cantidad de días disponibles y tipo de ventana aplicado en instancias resueltas con el modelo de PLE. En el eje vertical se representa el porcentaje de variación promedio por equipo de una instancia en particular. En el eje horizontal la cantidad de días disponibles totales para una instancia en particular. Cada punto representa una instancia de torneo resuelta por el modelo, con una opción de ventana particular. El color representa el tipo de ventana aplicado en la instancia. La línea horizontal rayada marca el promedio general de la variación en la distancia por partido general del framework.

En la Figura 29 podemos observar que para las instancias con ventanas del tipo 1, 2 y 3, la cantidad de días disponibles es menor y la variación promedio resultante de la asignación por el modelo, fue en muchos casos superior al promedio general del 3,85%. En cambio para instancias con el formato de ventana 4, 5, 6 y 7 la cantidad de días disponibles es superior y el modelo arroja resultados en su mayoría por debajo del promedio general. Además por la forma que tiene esta nube de puntos podemos sacar otra conclusión interesante. Si tomamos el tramo de puntos comprendidos entre los 50 y 150 días notamos que el porcentaje de variación cae rápidamente a medida que aumentan la cantidad de días disponibles. Ahora si nos enfocamos en los puntos que van más allá de los 150 días, podemos ver que el porcentaje de variación cae, pero no tan drásticamente como en el primer tramo. Dicho de otra forma, para niveles bajos en la cantidad de días disponibles y menores a 150 días por torneo, sumar fechas disponibles parece tener un impacto mayor en la reducción de la variación promedio. Sin embargo, para instancias de torneo con un volumen mayor de 150 días disponibles, agregar más fechas disponibles al torneo no parece tener un efecto tan grande en la reducción del impacto. Dado que el promedio de porcentajes de variación para este último tramo es de alrededor del 3%, podríamos pensar que existe un límite en donde el modelo propuesto no puede mejorar sustancialmente su efectividad y su impacto en las distancias de los equipos, a pesar de contar con más opciones de días. Con esto podemos concluir que al implementar este framework con el modelo de PLE propuesto, la organización debería estar dispuesta a aceptar como mínimo un incremento del 3% en la distancia promedio por partido de los equipos.

Resta mencionar ahora el impacto del parámetro b definido en el modelo de asignación. Cabe recordar que dicho parámetro establece el límite en la cantidad de partidos a asignar en una misma fecha. La idea principal de presentar este parámetro es evitar escenarios donde existan múltiples partidos del *midseason* disputándose al mismo tiempo o en el mismo día, lo que podría quitar atractivo al torneo o perjudicar la asistencia o el nivel de audiencia de dichos partidos. De los resultados obtenidos en la simulación observamos que en promedio por instancia de torneo, de no contar con esta restricción el modelo posee el 86% de las fechas asignadas a un solo partido, el 12% de las fechas quedaron con dos partidos asignados y el 2% restante con 3 partidos asignados en una misma fecha. Además hubo casos de instancias de torneo muy particulares en donde una misma fecha fue utilizada para asignar 4 o 5 partidos. Ante estos resultados, uno esperaría que el mayor impacto se diera al fijar un tope máximo de 1 o 2 partidos por fecha. Utilizando las distintas instancias de torneo generadas, se implementó el modelo con distintos valores de b que varían de 1 a 5 para evaluar si la asignación bajo esa nueva restricción tenía un impacto en la variación del promedio de distancia por partido³⁴. Sin embargo, los resultados fueron iguales para todos los valores de b .

Esto demuestra que dicha restricción no afecta a la solución óptima del modelo, ya sea porque la solución óptima ya cuente con partidos distribuidos en distintos días o porque las distintas opciones de fechas que tiene el modelo para asignar no implican grandes diferencias en las distancias (si un equipo cuenta con dos días consecutivos libres, elegir uno u otro no impacta

³⁴ Para valores superiores a 5 queda claro que la restricción pierde sentido dado que el modelo sin esta restricción en ningún caso asignó más de 5 partidos a una misma fecha.

en la distancia recorrida dado). Esta última podríamos descartarla por la hipótesis presentada previamente de que a mayor cantidad de días disponibles, mejor la efectividad del modelo.

Ante una nueva restricción es necesario preguntarse también si afecta a la factibilidad del modelo. Puede ocurrir que en determinadas instancias de torneo en donde no existan tantos días libres, el modelo no encuentre solución posible bajo esta nueva restricción. Por ejemplo, puede ocurrir que para dos partidos distintos, exista una única fecha disponible que al mismo tiempo sea la misma para ambos. En ese caso si $b = 1$ entonces el modelo no tiene solución y la instancia de torneo se vuelve no factible. El impacto en la factibilidad se puede validar calculando el porcentaje de instancias de torneo que no fueron posibles de resolver con el modelo para cada valor de b . De esta manera, podemos observar de los resultados que el porcentaje de instancias no factibles es de aproximadamente 2% para un $b = 1$ y de 0,1% para un $b = 2$. Para valores superiores de b , el porcentaje es casi igual a cero, lo que significa que una flexibilización mayor a dos partidos por fecha ya no es necesaria e inclusive para restricciones de una o dos partidos por fecha, el riesgo de no solución es bajo. Sin embargo, sin limitar esta cantidad de partidos por día, el modelo repite fecha para más de un partido en el 14% de las fechas asignadas. Si a priori el porcentaje de instancias no factibles por esta restricción es bajo, tiene sentido entonces agregar esta restricción para evitar que el 14% de las fechas del nuevo torneo tengan más de un partido asignado.

El principal desafío a enfrentar a la hora de implementar el framework es la falta de días disponibles para agregar partidos, aún liberando del calendario los 10 partidos por equipo. No obstante, es importante asegurarse de no enfocarse únicamente en eso. Cualquier implementación de un torneo afectará a los equipos y a la estructura de costos y es menester asegurar el menor impacto posible para obtener resultados favorables y que dicha propuesta tenga sentido de negocio. Para ello se propone un modelo de asignación de partidos que tenga en cuenta reducir al máximo el impacto en las distancias recorridas por los equipos. Para evaluar dicho impacto establecemos como métrica la distancia promedio por partido de los equipos antes de la implementación del framework y después, para luego poder calcular la variación porcentual en dicho indicador. Si bien existen casos de equipos en determinadas instancias de torneo en donde la distancia promedio por partido disminuye, en general es esperable que aumente con la implementación del formato propuesto. Sin embargo, la utilización de un modelo de PLE para la asignación de los partidos, ayuda a reducir casi en un 50% el impacto de no utilizar ningún método para la elección de las fechas. Esta efectividad es mayor al mismo tiempo para los equipos que deben jugar más partidos del midseason. A su vez, el modelo tiene mayor efectividad cuanto mayor fechas disponibles tiene para elegir. Las opciones de ventana 4,5,6,7 poseen más días disponibles, por lo que el modelo tiene mayor impacto en instancias de torneo bajo esas configuraciones y la variación en la distancia promedio por partido es menor. Por otro lado, para resguardar el atractivo del nuevo torneo proponemos fijar una restricción adicional en el modelo destinada a limitar la cantidad de partidos asignados a una misma fecha. Sin restringir la cantidad máxima de partidos, el modelo utiliza en promedio el 14% de las fechas asignadas a más de un partido. Es por eso que se analizan distintas cantidades máximas de partidos por fecha para evaluar el impacto en el resultado del modelo. Esta restricción parece ser valiosa dado que no impacta en los resultados finales y al mismo tiempo presenta un riesgo bajo de no factibilidad.

7.4. Factibilidad económica

Además de analizar las cuestiones técnicas del diseño de un torneo, es necesario reflexionar brevemente sobre el aspecto económico del torneo, que como ya mencionamos, es la razón de ser de este tipo de organizaciones. El análisis exhaustivo de la decisión económica de invertir o no en un torneo complementario como el propuesto es una tarea que escapa al presente trabajo. La NBA ha demostrado claro interés en la implementación de un segundo torneo, por lo que suponemos que los ejecutivos han realizado ya su trabajo de fondo y evaluado esta oportunidad de negocio. Sin embargo, del framework propuesto y del análisis técnico de factibilidad precedente emerge la siguiente pregunta de negocio: independientemente de las características que le asignemos al torneo ¿cuál es el mínimo de partidos que debemos sumar luego de quitar partidos de la temporada regular para que, este nuevo torneo sea rentable o logre el famoso *break even*?

El punto de equilibrio o *break even* es el momento en el que cualquier inversión logra un resultado nulo, es decir que sus ingresos igualan los costos derivados de esa inversión. Cualquier volumen de ingresos superior implica ganancias netas y cualquier nivel de ingresos menor a ese punto implica pérdidas netas. Este escenario teórico es importante para definir el alcance de los esfuerzos mínimos necesarios para que cualquier inversión comience a tener sentido de negocio. Si bien es un ejercicio conceptual, sirve como *benchmark* o punto de referencia general para entender el riesgo de cualquier inversión. Si los esfuerzos necesarios para alcanzar el *break even* se consideran excesivos, entonces la inversión tiene probabilidades altas de derivar en un resultado negativo. Por el contrario, si con un esfuerzo mínimo de recursos ya se puede aspirar a un resultado donde los ingresos cubran los costos, entonces esa inversión tiene menor riesgo de pérdidas y mayores probabilidades de ser rentable. En el caso particular de nuestra propuesta, el objetivo estará en determinar el volumen de partidos necesario para cubrir la quita original de 10 partidos por equipo, dado que esta es la principal pérdida económica y por ende la inversión a realizar para la puesta en marcha del proyecto de un torneo paralelo. Un volumen alto de partidos implica que el desarrollo de un nuevo torneo bajo el esquema propuesto no tiene gran impacto y por ende el riesgo de incurrir en pérdidas es alto. De lo contrario, podemos esperar que la organización tenga mayores probabilidades de obtener rédito económico con su puesta en marcha.

Comenzamos definiendo el impacto económico como una función de la variación de los costos y los ingresos producto de la implementación del nuevo formato³⁵:

$$\text{Impacto económico } (R) = \Delta \text{Ingresos} - \Delta \text{Costos}$$

El punto de equilibrio o *break even* se da en el escenario en que $\Delta I = \Delta C$ y por ende $R = 0$, esto es cuando los costos que implica desarrollar el nuevo torneo igualan a los nuevos ingresos que se suman por dicha organización.

A raíz de los resultados y el análisis expuesto anteriormente queda claro que el principal impacto que tendría el nuevo formato en los resultados del negocio es una variación negativa en los ingresos, por lo que consideraremos a esto como un costo derivado de su desarrollo e

³⁵ Como se menciona al inicio de la sección, la idea de realizar un análisis económico/financiero para la determinación de una decisión de inversión escapa al objetivo principal de este trabajo. La idea es proponer un análisis de alto nivel que sirva como disparador para describir los elementos más importantes a la hora de evaluar económicamente la implementación de un torneo de este tipo. Es por eso que se dejan de lado del análisis variables financieras y económicas como las tasas de interés, la inflación, los costos de oportunidad, etc.

implementación. Concretamente, en una temporada regular tradicional, se juegan 1230 partidos. Con el framework propuesto la temporada regular alcanzaría los 1080 partidos, producto de quitar 150 partidos (10 partidos por equipo). Esto equivale a una caída del 12% en los ingresos derivados de los partidos. Pueden considerarse otros costos relativos a la organización como los gastos de marketing destinados a publicitar el nuevo torneo o los premios que se ofrezcan destinados a incentivar a los jugadores y franquicias, sin embargo los consideramos marginales al lado de las pérdidas ocasionadas por esta quita de partidos totales. Este 12% es el principal resultado negativo y el objetivo a cubrir con los nuevos ingresos que se generen y poder alcanzar así el punto de equilibrio. Por otro lado, tenemos que considerar los ingresos. Como se detalló en la sección anterior, el principal resultado positivo inmediato de este nuevo formato sería una reducción en los costos de traslado como consecuencia de los viajes ahorrados por la quita total de partidos. Sin embargo, con el objetivo de determinar el peor escenario dejaremos de lado por un momento este ahorro y solo nos enfocaremos en los ingresos que recuperamos por incluir 23 partidos nuevos de mejor calidad y atractivo para el público. De esta forma, asumimos que los partidos nuevos correspondientes al *midseason* tendrán un diferencial positivo en el interés del público con respecto a los partidos de temporada regular que fueron quitados, lo que se traducirá en un incremento en los ingresos por partido. Puntualmente tomamos como supuesto que tienen un atractivo similar al de los encuentros eliminatorios de la etapa de playoffs. Además, mencionamos en la Sección 4.2 que la asistencia de los partidos durante esta etapa definitiva es un 7% más alta. Con estos datos podemos calcular el incremento en los ingresos como consecuencia de tener partidos de mayor atractivo:

$$\Delta I = \% \text{partidos} + \text{atractivo}$$

$$\Delta I = \frac{23 \text{ partidos}}{1230 \text{ partidos}} + \frac{23 \text{ partidos}}{1230 \text{ partidos}} \times 7\%$$

$$\Delta I = \frac{23 \text{ partidos}}{1230 \text{ partidos}} \times 1,07 = 2\%$$

En resumen, como contrapartida de la eliminación de los 150 partidos, estamos adicionando 23 juegos de un total de 1230, más un diferencial al asumir que tendrán un interés similar a los partidos de *playoff*. Esto da como resultado un 2% de partidos que “recuperamos” de la quita original. Con todos estos números podemos estimar ahora el impacto económico que tendrá la implementación:

$$R = \Delta I - \Delta C$$

$$R = I_{\text{partidos nuevos}} - I_{\text{partidos quitados}}$$

$$R = 2\% - 12\% = -10\%$$

La variación resultante de considerar el incremento de 23 partidos nuevos (2%), menos las pérdidas ocasionadas por la quita de partidos del calendario (12%) da como resultado una pérdida total estimada del 10% como efecto de implementar este torneo. Es muy importante mencionar que estamos dejando de lado otros ingresos relevantes (además de los ahorros por menos cantidad de traslados necesarios), propios de tener un nuevo producto en el mercado como por ejemplo nuevos derechos televisivos, nuevos sponsors, etc. No obstante, podemos obviar estos otros factores y asumir que estamos analizando el peor escenario en donde los

mismos no son lo suficientemente relevantes para compensar la quita de partidos³⁶. En este hipotético caso extremo, la pérdida ocasionada sería del 10%, equivalente a unos casi 125 partidos de temporada regular, en lugar de los 150 que originalmente se perderían si sólo se quitaran 10 partidos del calendario y no se implementara ningún torneo adicional. Remitiéndose de nuevo a los datos de las temporadas analizadas, podemos determinar que se jugaron 1230 partidos en un período de 169 días corridos para el caso de la temporada 2016 y 176 días corridos para las temporadas 2017 y 2018. Esto equivale a decir que se jugaron en promedio alrededor de 7 partidos por día. Teniendo en cuenta esto y aplicando una estimación lineal podemos afirmar que se requerirían sumar alrededor de 18 días adicionales al calendario de temporada regular para poder incorporar los 125 partidos “perdidos” y poder lograr así compensar la caída en los ingresos. Podríamos concluir entonces que en el peor escenario deberíamos extender el calendario en 18 días para poder incluir los nuevos partidos.

Ahora bien, mencionamos que en el escenario más pesimista, sólo consideramos el incremento de los ingresos derivado de incluir 23 partidos más atractivos para el público que aquellos partidos de temporada regular, dejando de lado el ahorro en los costos de traslado de los equipos. En la Sección 7.3 calculamos el impacto en las distancias y observamos que, si bien los equipos participantes ven un incremento en la distancia promedio por partido, en el total, los equipos recorren un 7% menos de distancia al finalizar una temporada bajo el esquema propuesto, como consecuencia de tener menos partidos. Esto se traduce en menos viajes y por ende en menos costos de traslados. Este ahorro a su vez, implica menos partidos a compensar y por ende, menos días que se deberá extender el calendario para incluirlos. Si bien no se cuenta con información exacta sobre cuánto representa el costo de traslado en los ingresos por partido de los equipos, podemos asumir distintos niveles en esa relación para analizar cómo impactará en el punto de equilibrio o lo que es lo mismo, en la cantidad de días necesarios para compensar los partidos perdidos. Podemos definir formalmente la variable α como el ratio entre el porcentaje de costos por traslado y los ingresos por partidos. De esta manera, adaptamos la función de punto de equilibrio descrita anteriormente para considerar el ahorro de los viajes:

$$R' = \Delta I - \Delta C$$

$$R' = (I_{partidos\ nuevos} + \text{ahorro de costos de traslado}) - I_{partidos\ quitados}$$

$$R' = (I_{partidos\ nuevos} + I_{partidos\ quitados} \times \alpha) - I_{partidos\ quitados}$$

$$R' = I_{partidos\ nuevos} + I_{partidos\ quitados} \times (\alpha - 1)$$

$$R' = 2\% + 12\% \times (\alpha - 1)$$

³⁶ Dado que también estamos dejando de lado costos fijos adicionales como los gastos de marketing y promoción del nuevo torneo o el premio económico a otorgar como incentivo, podemos asumir también que no son relevantes al lado de los ingresos fijos adicionales que dejamos de lado y enfocarnos en los partidos quitados a recuperar.

Tabla 4. Punto de equilibrio según ratio de costos de traslado e ingresos por partido

Ratio Costos de traslado / Ingresos por partido (α)	Impacto económico	Partidos adicionales necesarios	Cantidad de días adicionales necesarios
0%	-10%	125	18
10%	-9%	110	16
25%	-7%	85	12
50%	-4%	50	7
75%	-1%	10	1
83%	0%	0	0
100%	2%	-25	-4

Tabla 4: Punto de equilibrio según ratio de costos de traslado e ingresos por partido. En la primera columna se asumen distintos niveles en la relación o ratio de costos por traslado de equipos sobre ingresos por partidos. En la segunda columna se calcula el resultado económico del framework propuesto en función a ese ratio. En las últimas dos columnas se expresa dicho resultado en cantidad de partidos y en cantidad de días según los supuestos explicitados en el presente apartado.

Con esta variable nueva podemos asumir distintos niveles de α y repetir el mismo ejercicio que hicimos en el escenario pesimista descrito anteriormente, pero considerando ahora los ahorros por los costos de traslados al tener menos cantidad de viajes. Así podemos calcular para cada nivel de α , el resultado económico del formato. Este resultado lo podemos transformar a cantidad de partidos perdidos (o ganados en caso de ser resultado positivo) por el nuevo formato, simplemente multiplicando el resultado en porcentaje por el total de partidos de una temporada regular, equivalente a 1230. Con la cantidad de partidos perdidos, y utilizando el mismo supuesto de 7 juegos disputados por día, también podemos hacer la estimación lineal de la cantidad de días que serán necesario adicionar al calendario para poder recuperarlos, tal como hicimos anteriormente. El resultado de este ejercicio teórico se muestra en la Tabla 4. Allí se observan para distintos supuestos de ratios de costos de traslado sobre ingresos por partido, el resultado económico final, la cantidad de partidos que serán necesario cubrir para compensar la pérdida y finalmente los días necesarios para adicionar esos mismos. Lo primero a destacar es que el punto de equilibrio se alcanza cuando los costos por traslado representan un 83% de los ingresos por partido. En ese escenario el ingreso total del nuevo formato, producto de considerar los ingresos diferenciales por los nuevos partidos más el ahorro de los viajes iguala a las pérdidas ocasionadas por tener un 12% menos de partidos del calendario tradicional. Es por eso que en este caso, no son necesarios añadir más partidos ni tampoco “estirar” el calendario original. Para estructuras de costos donde el gasto de traslado de los equipos representa más de un 83% de los ingresos por partido, la implementación del esquema propuesto en esta tesis significa un resultado positivo por sí solo. Un caso extremo es que los mismos sean equivalentes a los ingresos por partido, es decir el ratio sea igual a 100%, en cuyo caso el resultado económico de la presente propuesta significa un incremento del 2% en los ingresos. Sin embargo es difícil imaginar que los gastos de trasladar a los equipos a sus distintos compromisos represente un nivel tan alto de uno de los principales ingresos que tienen los equipos. Es más razonable pensar una relación del 10, 25 o hasta 50%. En esos casos, como se puede observar de la misma tabla, el resultado económico significa una pérdida de 9, 7 y 4% respectivamente. En el caso de un ratio del 10%, estaríamos asumiendo una pérdida de 110 partidos lo que implica adicionar 16 días al calendario. Este resultado no difiere

significativamente del peor escenario analizado al inicio de la sección, en donde el ratio es igual a cero y por ende el ahorro no impacta en el resultado y son necesarios 18 días más en el calendario de partidos de la NBA. En cambio, si estos costos representan un 25% de los ingresos por partido, serán necesario recuperar 85 partidos para llegar al *break even*, lo que se traduce en 12 días nuevos en el calendario, es decir, menos de dos semanas, que podrían distribuirse entre el inicio de la temporada y el final, para no tener que empezar tan temprano ni terminar tan tarde el calendario de partidos. El escenario mejora aún más si estos costos representan la mitad, es decir, el 50% de los ingresos por partido. Allí, serán necesarios únicamente 7 días adicionales al calendario para añadir los 50 partidos perdidos por el nuevo formato. En este supuesto, la extensión del calendario necesaria para cubrir las pérdidas, pasaría casi imperceptible si se adicionaran la mitad de los días de esa semana al principio del calendario y la segunda al final.

El factor económico es una de las principales variables a considerar al momento de la decisión de implementar cualquier proyecto. Si bien por lo expuesto en apartados anteriores queda claro que la NBA ya ha determinado avanzar con la implementación de un segundo torneo, es necesario evaluar en este trabajo el impacto que tendrá el esquema propuesto. Para ello buscamos estimar el punto de equilibrio económico. Como el principal impacto económico se da en la quita de partidos, dicha estimación la realizamos en función a la cantidad de partidos que serán necesarios para cubrir la mencionada pérdida. Sobre esta estimación es necesario destacar varios puntos importantes considerados al momento de realizar el cálculo de días adicionales necesarios para el punto de equilibrio. En primer lugar, habría que considerar cuánto repercute estos días en los sueldos de los jugadores y staff de equipos, en el alquiler de los estadios, en el calendario de otras ligas deportivas importantes, etc. No obstante, también se dejaron de lado otros ingresos incrementales importantes en el análisis (y potencialmente altos como nuevos contratos televisivos o sponsors adicionales al torneo nuevo) que podrían compensar esta omisión. En segundo lugar, notar que en el cálculo estamos suponiendo que las fechas en donde se jugaban originalmente esos partidos que quitamos, no se pueden volver a utilizar y que deberíamos re-asignarlos en fechas nuevas que extienden la duración del calendario. Está claro que si la NBA deseara recuperar esos 125 partidos, es muy probable que lo haga en una sola instancia cuando planifica todo el conjunto de partidos de una temporada, lo que implicaría que esos partidos se puedan “acomodar” o asignar de una manera más eficiente y por ende es muy probable que resulte en menos de 18 días. Por último resta mencionar que existen ciertos beneficios intangibles e indirectos que podrían derivar de la implementación del esquema propuesto. El agotamiento físico y los riesgos de lesiones son el claro ejemplo de un resultado positivo producto de una reducción del calendario (quizá una de las principales preocupaciones de la actual organización). Esto puede a su vez derivar en jugadores con plenitud física en instancias definitivas del torneo, como los playoff, compitiendo a un nivel superior, lo que podría aumentar también el atractivo de todos los partidos y de la competencia en general.

8. Conclusiones

La NBA representa uno de los espectáculos deportivos más importantes y atractivos del mundo. Por un lado por el nivel competitivo de sus equipos y jugadores, reconocidos internacionalmente no solo dentro de la rama del básquet sino del deporte en general. Por el otro, por su organización, considerada como un ejemplo exitoso dentro del ambiente

corporativo. Todo ello resulta en una liga con un importante valor de negocio. Como cualquier otro negocio, es utópico alcanzar el resultado óptimo definitivo y es necesario que sus ejecutivos se encuentren permanentemente en búsqueda de oportunidades de mejora. Dentro de esta organización exitosa existen varias de ellas: un calendario ajustado para equipos y jugadores, el *tanking* y su efecto perjudicial en el espectáculo, el interés y el nivel de asistencia mejorables para ciertos momentos de la temporada. Como una alternativa para abordar estos problemas, la NBA comienza a estudiar la posibilidad de la implementación de un nuevo torneo que se desarrolle en paralelo al calendario principal de partidos. Ésta no es una idea completamente nueva para el mundo del básquet y otros deportes. Existen casos como la Copa del Rey en la liga de baloncesto de España, o la Champions League en el caso del fútbol Europeo. Todos estos ejemplos están siendo actualmente estudiados por la organización de la NBA para poder identificar las características que deberá tener el nuevo torneo para ser de interés del público. No obstante, el desarrollo y ejecución de un torneo paralelo no es tan simple como adaptar un formato de torneo extranjero, en especial en una liga con características tan propia como la NBA. Uno de los principales desafíos es la definición de este formato en el contexto de un calendario con tan pocos días para la adición de nuevos partidos. Para ello, presentamos un *framework* que permita entender cuáles son los factores más importantes a tener en cuenta al momento de diseñar este nuevo torneo y además cuantifique el impacto que puede tener en los equipos y el negocio.

Cualquier torneo puede interpretarse como un sistema. Este sistema tendrá distintas configuraciones que ordenarán y limitarán el funcionamiento y el accionar de sus componentes (equipos y organización) y que producirán por un lado un resultado deportivo y por el otro un resultado económico. Estos parámetros son los que definen y caracterizan al propio sistema (torneo). Dichas configuraciones pueden ser de las más variadas y diversas y pueden ir desde la cantidad de partidos totales a disputar hasta cuestiones muy puntuales como la forma de clasificación al torneo. El *framework* planteado en la presente tesis se encuentra basado en una serie de parámetros o características que dan como resultado un tipo de torneo (o sistema) particular. Cada parámetro es definido y luego analizado en el impacto sobre la factibilidad final de implementación dentro del calendario, utilizando como *input* el calendario real de la NBA y los resultados de una serie de simulaciones destinadas a generar distintas instancias de partidos y torneos. De esta manera se observa que algunos de estos parámetros tienen efecto directo sobre esta factibilidad: la amplitud de las ventanas para jugar cada ronda y la cantidad de reglas de la temporada aplicada para la evaluación de la cantidad de partidos a jugar en un intervalo de tiempo, tienen incidencia directa en la cantidad de días que va a haber disponibles para asignar un partido del torneo nuevo. Por un lado, las opciones de ventanas más amplias como la opción 4, 5, 6 y 7 son las que generan más días disponibles que las opciones 1, 2 y 3 que tienen una extensión más baja en el tiempo. Así, el primer grupo posee un promedio de 7 fechas disponibles por partido en comparación al resto que posee 4 días, lo que significa una mejora de casi el doble. Por otro lado, las ventanas de partición homogénea parecen ser la alternativa más razonable dado que distribuyen el tiempo de manera equitativa y no implican mejorar la disponibilidad de una ronda en perjuicio de otra. Es por eso que identificamos a la alternativa de ventana 4 como la superadora, dado que presenta una partición homogénea para cada ronda pero al mismo tiempo tiene una extensión en el tiempo mucho mayor. Sin embargo, también identificamos que, existen opciones de ventanas que a priori no parecen tan beneficiosas pero que aplicándolas con flexibilizaciones en el cálculo de las reglas de temporada permiten mejorar sustancialmente la factibilidad y aumentar los días disponibles para jugar el torneo. Así por ejemplo un formato de torneo con ventanas de partición

homogénea y duración corta tiene una factibilidad muy baja, de alrededor del 20%, pero flexibilizando las reglas y considerando únicamente partidos de local o de visitante para el cálculo del tope máximo a respetar, dicho porcentaje pasa a ser de más del 80% aproximadamente. Esto a su vez aplica también para las rondas, en especial en configuraciones de ventanas con partición heterogénea para cada ronda. Torneos con ventanas de tiempo muy chicas para alguna de sus rondas, pueden mejorar su factibilidad y pasar de generar 2 días en promedio por partido, a casi 14 y así mejorar del 50% de partidos sin fechas, al 25% aproximadamente.

Luego de estudiar la factibilidad, utilizamos los datos de las instancias de torneo factible para evaluar el impacto de la metodología propuesta en una variable que es fundamental en el diseño de todo calendario deportivo: las distancias recorridas por los equipos. En términos generales, aplicar el *framework* propuesto reduce las distancias totales en un 7%, pero como la misma implica una reducción de 10 partidos para la totalidad de los 30 equipos de la liga, es esperable que las distancias se reduzcan, por lo que es necesario analizar otra métrica que normalice por la cantidad de encuentros que cada equipo juega y así entender mejor el impacto en esta variable. Para ello establecemos como métrica la distancia promedio por partido de los equipos y así analizamos el impacto por equipo y por torneo. Con estos datos podemos calcular que en promedio la implementación de la metodología aumenta en un casi 4% la distancia promedio recorrida por partido. Esto se da porque si bien la cantidad de partidos baja, la distancia total recorrida baja pero en menor medida. De todas formas, comparando la asignación del modelo con una asignación aleatoria de fechas para cada partido, pudimos identificar que utilizando el modelo propuesto se alcanza a reducir el impacto en un 45 %, dado que eso es lo que aumentaría la distancia promedio por partido de no utilizar dicho modelo de asignación. Además identificamos que el resultado final del modelo mejora aún más cuanto mayor cantidad de días posibles tiene para realizar la asignación, lo que vuelve a remarcar la importancia de una configuración que genere el máximo de disponibilidad posible. Finalmente, analizamos el efecto de incluir una restricción al modelo que limite la cantidad de partidos a asignar en una misma fecha y concluimos, en primer lugar, que el modelo tiende a utilizar el 14% de las fechas asignadas a más de un partido. En segundo lugar, que agregar esas restricciones no cambia los resultados de las distancias promedio, lo que implicaría que existen múltiples soluciones óptimas para una misma instancia. Es por todo ello que la recomendación es agregar la restricción de un partido por fecha en favor de resguardar el interés y atractivo del torneo. Esto a su vez implica un riesgo muy bajo de no encontrar soluciones dado que solo un 2% de las instancias no se pudieron resolver a causa de esta restricción.

Por último, concluimos el análisis estudiando a nivel general el impacto económico de la presente metodología. Parte central de la propuesta es quitar 150 partidos del calendario y sumar 23. Como primera aproximación, asumimos el escenario pesimista en donde el mencionado ahorro del 7% en los costos de traslados no es considerado y solo se asume un incremento del 2% en los ingresos por partido derivado de esos 23 partidos nuevos, y una pérdida en los ingresos equivalente al 12%. Todo esto resulta en un 10% de pérdidas, equivalentes a 125 partidos, en lugar de los 150 partidos quitados en un principio. Además para compensar dicha pérdida y sumar esos 125 partidos, estimamos que serían necesarios 18 días adicionales en el calendario. Luego, nos propusimos incluir el ahorro en los traslados como parte del resultado positivo en el impacto económico de la propuesta. En este caso, asumimos distintos ratios de costos por traslado sobre ingresos por partido, con el objetivo de incluirlo en el cálculo del punto de equilibrio. Allí determinamos que para un ratio razonable del 25 o 50%

las pérdidas serían equivalentes a tener que adicionar 2 o 1 semana respectivamente al calendario, de manera tal de poder compensar las pérdidas ocasionadas por la quita de partidos, lo cual a priori no parece un impacto negativo muy significativo si esos días se distribuyen entre el inicio y fin de la temporada regular. Si bien el componente económico es importante a la hora de decidir, la propuesta de esta tesis se basa también en un cambio cualitativo en los partidos que se incluyen, que puede repercutir en otros factores como la reducción de riesgos de lesiones, la mejora en el espectáculo y un cambio en la imagen global de la NBA. No obstante, por medio del cálculo del punto de equilibrio pudimos determinar que la organización podría recuperar de manera directa algunos de los partidos que se quitaron e incluirlos de nuevo en el calendario, lo que implicaría tener que extenderlo hasta 18 días (o poco menos de tres semanas) como máximo.

9. Próximos trabajos

La implementación de la metodología propuesta se encuentra basada en un conjunto de definiciones preestablecidas, como la estrategia de ventanas y reglas de la temporada para la generación de días para el torneo, el formato de torneo a utilizar, los elementos a evaluar, el tipo de modelo a implementar, etc. Por motivos naturales de extensión se debió limitar el foco y la evaluación de otras alternativas. En esta sección nos proponemos mencionar algunas de estas líneas de estudio que se podrían continuar de manera complementaria. Las mismas se dividen en dos grandes grupos: aquellas relacionadas a la factibilidad y mejora del formato del torneo y aquellas vinculadas a variantes del modelo de asignación de partidos.

Uno de los focos de la tesis estuvo puesto sobre la factibilidad. El motivo de esto fue la importancia que tiene el principal obstáculo que hoy en día tiene el calendario de la NBA para la incorporación de un nuevo torneo y éste es el ritmo de competencia y la concentración de sus partidos en un intervalo de tiempo reducido de 6 meses. Una alternativa es estudiar variantes a la propuesta presentada. En la Sección 7.2 analizamos el efecto de las reglas de la temporada y el impacto de su flexibilización gradual en la factibilidad a nivel torneo. Allí notamos que para ciertas rondas, aplicando el total de las reglas, el porcentaje de instancias de torneo factibles es del 20% pero al flexibilizar un conjunto de ellas, dicho porcentaje asciende al 95%. En ese sentido una posibilidad sería evaluar la implementación de torneos con configuraciones de reglas variables para cada ronda de un mismo torneo. Esto podría tener más sentido para los esquemas de torneo con ventanas de partición heterogénea que poseen distintos tamaños en las ventanas de cada ronda. De esta manera, torneos que a priori no son factibles de implementar porque uno o más partidos de alguna de sus rondas no tienen días disponibles a causa de una regla de temporada exigente, se podrían “rescatar” con flexibilizaciones exclusivas para esa ronda que presenta problemas. La propuesta actual, logra mayor factibilidad en instancias de torneo con una extensión equivalente al 90% del torneo regular. Mediante el estudio de configuraciones variables por ronda además, se podría estudiar la alternativa de extensiones mucho más cortas dentro del calendario normal si esta estrategia efectivamente logra una mejora en la factibilidad total del torneo.

Otra alternativa al abordaje presentado en esta tesis es correrse del análisis sobre las características del torneo y enfocarse en el estudio de las mejoras que se podrían implementar en el calendario original, para el desarrollo y ejecución de un torneo midseason. De esta manera se podrían estudiar formas de dividir el calendario de manera tal de reservar intervalos de tiempo separados en el calendario, en lugar de ventanas consecutivas establecidas en un

único momento de la temporada. Esto supone que también requerirá de una quita de partidos, al menos si se planea mantener en 6 meses la duración de todo el calendario. Para lograr esto, se debería analizar una distribución óptima (si es que existe) de ventanas en el calendario, de manera tal de no exigir más el ritmo de competición. En este punto, vuelven a tomar relevancia las reglas de la temporada que limitan la cantidad de partidos que los equipos podrán disputar en entre cada uno de esos intervalos establecidos. A su vez esta alternativa abre la posibilidad de comparar la propuesta actual con otra que plantee por ejemplo el desarrollo de dos torneos cortos, uno para los ocho equipos mejores y otro para los ocho peores, ambos desarrollados en momentos distintos de la temporada en donde se suspenda la actividad del calendario original. Además cada torneo tendría incentivos diferentes para cada equipo. Para los mejores la posibilidad de un título nuevo, para los peores algún beneficio relacionado al Draft. En este escenario la factibilidad no sería un problema a abordar dado que al desarrollarse ambos torneos en un único momento, se asegurarían los días para disputarse los encuentros. Desde un punto de vista económico, lo que se debería utilizar para comparar con el framework propuesto son los ingresos netos esperados con los del presente framework. Para ello habría que considerar si los ingresos de dos torneos cortos e independientes entre sí, son superiores a uno de mayor duración que involucre más equipos. En este caso es probable que los ingresos fijos derivados de nuevos contratos televisivos o nuevos sponsors, que en la propuesta original no fueron parte del análisis, ahora tengan mayor relevancia al sumar dos torneos distintos. También se podría realizar un análisis sobre la decisión del lugar en donde desarrollar estos dos torneos nuevos. Establecer una única sede para la disputa de los partidos podría ser muy beneficioso en términos de costos de traslados de equipos, ya que los equipos podrían hospedarse en una única ciudad durante el transcurso de todo el torneo. Sin embargo, disputar los partidos en los estadios de los equipos participantes, podría ser muy provechoso también para la asistencia de los propios equipos, en especial en el caso de los equipos de peor rendimiento con bajos niveles de asistencia. Desde un punto de vista deportivo o de espectáculo, dependerá el objetivo que se busque para elegir una métrica de comparación. Si el objetivo es reducir al máximo el impacto sobre la exigencia de los equipos, se podría calcular el efecto que tiene dicho formato de calendario sobre los tiempos de descanso promedio en los periodos de competencia regular. También podría estudiarse la posibilidad de extender el calendario, en cuyo caso la pregunta a responder será similar a la desarrollada en la sección de factibilidad económica, donde aproximamos una cantidad de días necesarios para añadir nuevos partidos al calendario original, sin afectar la secuencia de partidos ya establecida.

En la propuesta incluimos la versión clásica de un modelo de PLE para la asignación de partidos nuevos que consideraba como única restricción al hecho de no asignar más de una cierta cantidad de partidos a una misma fecha para no perjudicar el nivel de audiencia. Antes realizamos un trabajo de preprocesamiento para estudiar qué fechas eran susceptibles de ser consideradas para dicha asignación. En este planteo no fueron considerados, por temas de extensión, múltiples escenarios que podrían ocurrir en la vida real al implementar un torneo de este tipo. Uno de esos escenarios tiene que ver con la utilización de fechas específicas para la disputa de los partidos. Puede ocurrir que las cadenas televisivas propietarias de los derechos de transmisión de los nuevos partidos deseen fijar días arbitrarios para el desarrollo de los encuentros, como puede ser por ejemplo los fines de semana. En ese caso nuestro modelo funciona en su versión propuesta. La única modificación que habría que hacer es en la etapa de preprocesamiento, filtrar y utilizar solamente las fechas correspondientes a los distintos fines de semana dentro de la ventana como el conjunto T de fechas disponibles. Esto claramente impactaría en la factibilidad dado que ahora el conjunto T se reduciría sustancialmente. En

dicho trabajo se podría además de estudiar el impacto en la factibilidad, ahondar en las distintas estrategias para lograr el objetivo de disputar el *midseason* durante los fines de semana y el costo de hacer esto. Una de estas estrategias podría ser, en lugar de fijar los fines de semana como único día para disputar estos encuentros, definir una restricción nueva que considere una cantidad máxima c de partidos a disputar los fines de semana. Para ello definimos el subconjunto de fechas libres correspondientes a los fines de semana de la ventana como $E \subseteq T$ y adicionamos una restricción que fuerce al modelo a elegir una cantidad mínima c de partidos de ese subconjunto nuevo de fechas.

Esta restricción nueva junto con aquella que limitaba la cantidad de partidos a disputarse en una misma fecha acotan aún más el universo de soluciones, lo que impactará en la factibilidad del torneo. Sería importante evaluar previamente cuántos fines de semana se encuentran disponibles para asignar partidos, dado que como veíamos en la Sección 3.1, muchos de los partidos de la temporada regular se programan para esos días. Sin embargo, esta restricción puede relajarse con un $c = 0$ como para que no impacte en la decisión, o exigirse al máximo con un c equivalente a la m cantidad de partidos de la ronda. Para valores fuera de ese rango, el modelo no tendrá solución. De aquí surge la pregunta de qué valor de c permite un nivel de factibilidad razonable y cuál es el impacto en el resultado de distancias promedio por partido. También podría evaluarse la posibilidad de permitir una flexibilización total para las primeras rondas mediante un $c = 0$, mientras que para las últimas exigir que todos los partidos se asignen los fines de semana. Esto producirá distintos niveles de factibilidad y distancias promedio por partido que deberán ser evaluados para elegir una combinación de valores de c óptima, si es que existe tal combinación.

Del escenario anterior, se desprende otro punto importante a considerar que son la cantidad de días de separación entre las distintas fechas asignadas para los partidos de la ronda, dado que asignar en distintos fines de semanas puede resultar en una distribución de partidos con varios días de separación entre sí, más aún para ventanas amplias en el calendario. Esto es relevante a la hora de evitar escenarios en donde equipos clasificados a la siguiente ronda no tengan diferencias de días de descanso significativos y se favorezca indirectamente a aquel que logró su clasificación de manera mucho más temprana en la ronda anterior. Una alternativa podría ser utilizar ventanas más cortas para cada ronda, de manera tal de forzar a que la cantidad de días entre partidos sea razonable. Sin embargo, como analizamos en la Sección de 7.2 esto podría atentar contra la factibilidad de todo el torneo. Una primera aproximación podría ser modelando esta restricción, utilizando como base la diferencia de días entre un par de partidos del *midseason* determinados y un límite máximo para esa cantidad de días.

Queda claro que utilizar esta restricción para todos los partidos de la ronda comprimirá el desarrollo del *midseason* ya que se obligará al modelo a seleccionar fechas muy cercanas entre sí. Una alternativa sería separar el conjunto de pares de partidos por zona, de forma tal de imponer la restricción entre partidos de una misma zona y no de todos los encuentros del torneo (ver Figura 12 de la Sección 6.2.2). También se podría elegir distintos valores máximos para algún subconjunto de pares de partidos, o hacer un mix de ambas alternativas. Esto dependerá también de los resultados de la experimentación y el análisis que se haga de factibilidad sobre esta nueva restricción.

Este último ejemplo nos sirve para formular también otro posible caso de estudio. En el *framework* actual propusimos un torneo a eliminación directa, es decir, al mejor de un juego. Es razonable pensar que para aumentar los ingresos, la organización plantee un formato de eliminación al mejor de una serie de partidos. ¿Qué ocurriría entonces con nuestro modelo?

Supongamos que el formato elegido es un torneo al mejor de 3 partidos. Ahora la noción de distancia utilizada en el modelo propuesto pierde sentido dado que elegir una fecha para un partido de la serie implica un cambio en la distancia para el resto de las fechas potenciales. Una posible solución es adaptar este modelo para que en lugar de asignar fechas únicas para partidos únicos, asigne una secuencia de tres fechas para cada partido. De esta manera, el objetivo del modelo es elegir la mejor secuencia de tres fechas para cada partido. Para ello, lo primero que habría que hacer es definir para cada partido m , una secuencia s de tres fechas, tal que el conjunto S_m incluya todas las combinaciones posibles de secuencias³⁷ pertenecientes al conjunto de fechas disponibles T_m . Similar a lo que ocurría en la versión original del modelo propuesto, cada opción $s \in S_m$ de secuencia de fechas implica una distancia d_{ms} en kilómetros que los equipos involucrados en el partido m deberán recorrer en la ventana, de disputarse los tres partidos en esas tres fechas particulares, considerando también los viajes realizados en el medio por los partidos correspondientes al torneo principal. Ahora la variable de decisión será x_{ms} que equivaldrá a 1 si el partido m se juega en la secuencia de fechas s , o 0 en caso contrario y formular el problema ahora con una variante del modelo propuesto en donde busquemos minimizar las distancias de las secuencias elegidas para cada serie de partidos. Ahora en lugar de tener una restricción que limite a una fecha por partido deberíamos definir una nueva que limite a uno la cantidad de secuencias elegidas para cada serie de partidos. Es natural en estos casos buscar una separación mínima de días entre cada partido de la serie, para evitar casos en donde se asignen días consecutivos. De la manera en la que planteamos la solución se puede resolver en el preprocesamiento, filtrando aquellas secuencias de fechas s que no cumplan con la condición de esa cantidad mínima de partidos. Filtrar las opciones de manera previa también disminuirá la complejidad del modelo al reducir la cantidad de variables de decisión.

Otra cosa que podríamos realizar también es limitar la secuencia de fechas para evitar que dos o más partidos coincidan en las tres fechas de la serie. En el modelo original teníamos una restricción en la que limitamos a una cantidad b de partidos a asignar para una misma fecha t . En este caso lo que podemos hacer es adicionar una restricción en la que la sumatoria de todos los partidos m asignados a una secuencia s no supere una determinada cantidad a de asignaciones.

De esta forma, para cada secuencia de fechas del conjunto total de secuencias posibles S , la cantidad utilizada no podrá ser mayor a dicho parámetro. Esta restricción a su vez es fácilmente adaptable a otras estrategias que tal vez hagan más sentido de negocio, como por ejemplo si se quiere utilizar la misma secuencia de fechas para todos los partidos de un subconjunto de ellos, y así, que los partidos queden distribuidos de manera más uniforme en el calendario. En ese caso habría que definir los subconjuntos de partidos pertenecientes a M y agregar para cada uno de ellos dicha restricción e igualarla al parámetro a que a su vez deberá valer igual a la cantidad de partidos del subconjunto para forzar a que todos ellos utilicen la misma secuencia de fechas.

Sin duda que existen más variantes y abordajes posibles, tanto de formatos de torneo como de modelos para la asignación de partidos. En esta sección tratamos de mencionar solo algunos

³⁷En este punto habría que analizar además la complejidad de calcular todas las secuencias de fechas posibles para cada partido. No obstante, dado el análisis de factibilidad presentado en este trabajo, la cantidad de fechas disponibles puede llegar a ser bajo para un partido y por ende también puede serlo el número de combinaciones de fechas para cada secuencia.

que sirvan como disparador para futuras discusiones como complemento del *framework* propuesto en esta tesis. Al mismo tiempo, para todos los modelos presentados en la sección dimos como supuesto que existían fechas disponibles suficientes como para implementar las distintas soluciones. Incluso en el modelo de asignación propuesto por el *framework* también resolvemos sobre instancias de torneos factibles, que aceptan en mayor o menor grado ciertas reglas de la temporada. Sería muy importante también mencionar la posibilidad de omitir este trabajo de preprocesamiento realizado sobre las fechas disponibles e incluir en el propio modelo las restricciones impuestas por el calendario, mediante la forma de algún tipo de penalización. También podrían evaluarse reprogramaciones o ajustes en los partidos del calendario original una vez asignados los del *midseason*. Este último punto implicaría permitir modificaciones al *schedule* de la temporada regular de la NBA, lo cual elevaría la complejidad del modelo. Dado que el objetivo del trabajo es estudiar cómo se podría armar el calendario de este torneo adicional, y plantear las dificultades que el mismo proceso presenta, se dejó de lado el desarrollo de este modelo que reajusta la temporada regular fuera del alcance de esta tesis. Sin embargo, es importante marcar que el hecho que exista la potencial necesidad de reajustar la temporada regular enfatiza aún más la dificultad que supone el armado de este *midseason tournament*. El objetivo en intentar este tipo de soluciones estaría en evaluar un modelo que pueda ser aplicado en cualquier instancia de torneo y en ese caso estudiar mediante simulaciones el efecto de dichas penalizaciones o ajustes. En estos casos sería interesante mostrar también el “costo” de utilizar distintas configuraciones de torneo y su importancia relativa en cada una de las distintas rondas propuestas. Si bien el análisis de factibilidad en este tipo de calendarios es importante, motivar ese tipo de análisis podría ser beneficioso para correr del foco este aspecto y centrarse más en el análisis de una calendarización óptima de partidos.

10. Referencias

10.1. Papers académicos

1. Anagnostopoulos, A., Michel, L., Hentenryck, P. V., & Vergados, Y. (2006). A simulated annealing approach to the traveling tournament problem. *Journal of Scheduling*, 9(2), 177-193.
2. Bao, R. (2009). Time relaxed round robin tournament and the NBA scheduling problem.
3. Benoist, T., Laburthe, F., & Rottembourg, B. (2001, April). Lagrange relaxation and constraint programming collaborative schemes for travelling tournament problems. In *Proceedings CPAIOR* (Vol. 1, pp. 15-26).
4. Bhattacharyya, R. (2009). A note on complexity of traveling tournament problem. *Optimization Online*, 2480.
5. Briskorn, D. (2008). Feasibility of home-away-pattern sets for round robin tournaments. *Operations Research Letters*, 36(3), 283-284.
6. Briskorn, D., & Drexl, A. (2009). A branch-and-price algorithm for scheduling sport leagues. *Journal of the Operational Research Society*, 60, 84-93.
7. Brouwer, A. E., Post, G. F., & Woeginger, G. J. (2008). Tight bounds for break minimization in tournament scheduling. *Journal of Combinatorial Theory, Series A*, 115(6), 1065-1068.
8. Cardemil, A., & Durán, G. (2004). Un algoritmo tabú search para el traveling tournament problem. *Revista Ingenieria de Sistemas*, 18(1), 95-115.
9. Castillo, L., Borrajo, D., & Salido, M. A. (Eds.). (2005). *Planning, scheduling and constraint satisfaction: from theory to practice* (Vol. 117). IOS Press.
10. Chatterjee, D., & Roy, B. K. (2021). An Improved Scheduling Algorithm for Traveling Tournament Problem with Maximum Trip Length Two. In *Proceedings of the Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS)* (pp. 16:1-16:15).
11. Chatterjee, D. (2021). Complexity of Traveling Tournament Problem with Trip Length More Than Three. *CoRR*, abs/2110.02300.
12. Choubey, N. S. (2010). A novel encoding scheme for traveling tournament problem using genetic algorithm. *IJCA Special Issue on Evolutionary Computation*, 2(7), 79-82.
13. Cintia, P., Coscia, M., & Pappalardo, L. (2016, August). The Haka network: Evaluating rugby team performance with dynamic graph analysis. In *2016 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM)* (pp. 1095-1102). IEEE.
14. Delia, E. B., & Armstrong, C. G. (2015). Sponsoring the FrenchOpen: An examination of social media buzz and sentiment. *Journal of Sport Management*, 29(2), 184-199.
15. Dong, Z. L., Ribeiro, C. C., Xu, F., Zamora, A., Ma, Y., & Jing, K. (2023). Dynamic scheduling of e-sports tournaments. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 169, 102988.
16. Durán, G. (2021). Sports scheduling and other topics in sports analytics: a survey with special reference to Latin America. *Top*, 29(1), 125-155.
17. Easton, K., Nemhauser, G., & Trick, M. (2002, August). Solving the travelling tournament problem: A combined integer programming and constraint programming approach. In *International conference on the practice and theory of automated timetabling* (pp. 100-109). Springer, Berlin, Heidelberg.

18. Elf, M., Jünger, M., & Rinaldi, G. (2003). Minimizing breaks by maximizing cuts. *Operations Research Letters*, 31(5), 343-349.
19. Gaspero, L. D., & Schaerf, A. (2007). A composite-neighborhood tabu search approach to the traveling tournament problem. *Journal of Heuristics*, 13(2), 189-207.
20. Goerigk, M., & Westphal, S. (2016). A combined local search and integer programming approach to the traveling tournament problem. *Annals of Operations Research*, 239(1), 343-354.
21. Govan, A. Y., Meyer, C. D., & Albright, R. (2008). Generalizing Google's PageRank to rank national football league teams. In *Proceedings of the SAS Global Forum (Vol. 2008)*.
22. Henz, M., Müller, T., & Thiel, S. (2004). Global constraints for round robin tournament scheduling. *European Journal of Operational Research*, 153(1), 92-101.
23. Henz, M. (1999, November). Constraint-based Round Robin Tournament Planning. In *ICLP* (pp. 545-557).
24. Henz, M. (2004). Playing with constraint programming and large neighborhood search for traveling tournaments. In *Proceedings PATAT (Vol. 2004, pp. 23-32)*.
25. Kendall, G., Knust, S., Ribeiro, C. C., & Urrutia, S. (2010). Scheduling in sports: An annotated bibliography. *Computers & Operations Research*, 37(1), 1-19.
26. Kim, Y., Kim, S., & Rogol, E. (2017). The effects of consumer innovativeness on sport team applications acceptance and usage. *Journal of Sport Management*, 31(3), 241-255.
27. Lazova, V., & Basnarkov, L. (2015). PageRank approach to ranking national football teams. *arXiv preprint arXiv:1503.01331*.
28. Miyashiro, R., & Matsui, T. (2005). A polynomial-time algorithm to find an equitable home-away assignment. *Operations Research Letters*, 33(3), 235-241.
29. Miyashiro, R., Iwasaki, H., & Matsui, T. (2002, August). Characterizing feasible pattern sets with a minimum number of breaks. In *International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling* (pp. 78-99). Springer, Berlin, Heidelberg.
30. Miyashiro, R., Matsui, T., & Imahori, S. (2012). An approximation algorithm for the traveling tournament problem. *Annals of Operations Research*, 194(1), 317-324.
31. Mondello, M., & Kamke, C. (2014). The introduction and application of sports analytics in professional sport organizations. *Journal of Applied Sport Management*, 6(2), 11.
32. Nemhauser, G. L., & Trick, M. A. (1998). Scheduling a major college basketball conference. *Operations research*, 46(1), 1-8.
33. Noll, R. G. (2003). The organization of sports leagues. *Oxford Review of Economic Policy*, 19(4), 530-551.
34. Ribeiro, C. C. (2012). Sports scheduling: Problems and applications. *International Transactions in Operational Research*, 19(1-2), 201-226.
35. Rossi, F., Van Beek, P., & Walsh, T. (2008). Constraint programming. *Foundations of Artificial Intelligence*, 3, 181-211.
36. Shi, J., & Tian, X. Y. (2020). Learning to Rank Sports Teams on a Graph. *Applied Sciences*, 10(17), 5833.
37. Singh, N. (2020). Sport analytics: a review. *learning*, 9, 11.
38. Swanson, N., Koban, D., & Brundage, P. (2017). Predicting the NHL playoffs with PageRank. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 13(4), 131-139.
39. Thielen, C., & Westphal, S. (2010). Approximating the Traveling Tournament Problem with Maximum Tour Length 2. In *Proceedings of the International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC) (Vol. 2, pp. 303-314)*.

40. Thielen, C., & Westphal, S. (2011). Complexity of the traveling tournament problem. *Theoretical Computer Science*, 412(4-5), 345-351.
41. Trick, M. A. (1999). Challenge traveling tournament instances. <http://mat.tepper.cmu.edu/TOURN/>.
42. Trick, Michael A. "Using sports scheduling to teach integer programming." *INFORMS Transactions on Education* 5.1 (2004): 10-17.
43. Van Hentenryck, P., & Vergados, Y. (2006). Traveling tournament scheduling: A systematic evaluation of simulated annealing. *Integration of AI and OR Techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems*, 228-243.
44. Westphal, S., & Noparlik, K. (2014). A 5.875-approximation for the traveling tournament problem. *Annals of Operations Research*, 218(1), 347-360.
45. Xia, V., Jain, K., Krishna, A., & Brinton, C. G. (2018, March). A network-driven methodology for sports ranking and prediction. In *2018 52nd Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)* (pp. 1-6). IEEE.
46. Yamaguchi, D., Imahori, S., Miyashiro, R., & Matsui, T. (2011). An improved approximation algorithm for the traveling tournament problem. *Algorithmica*, 61(4), 1077-1091.

10.2. Artículos periódicos

- I. Beer, Tommy. "LeBron James Slams NBA's New Play-In Tournament". *Forbes* (Publicado el 3 de mayo de 2022). Disponible en <https://www.forbes.com/sites/tommybeer/2021/05/03/lebron-james-slams-nbas-new-play-in-tournament/?sh=443612bc3df8.html>
- II. Beer, Tommy. "Report: NBA's Bubble Prevented \$1.5 Billion In Losses". *Forbes* (Publicado el 20 de octubre de 2020). Disponible en <https://www.forbes.com/sites/tommybeer/2020/10/20/report-nbas-bubble-prevented-15-billion-in-losses/?sh=81f1d8f38237.html>
- III. Charania, Shams. "NBA in-season tournament framework begins to take shape: Sources". *The Athletic* (Publicado el 9 de septiembre de 2022). Disponible en <https://theathletic.com/3580974/2022/09/09/nba-in-season-tournament-framework.html>
- IV. Geier, David. "A Shorter NBA Regular Season Would Benefit Players, Fans And TV Networks". *Forbes* (Publicado el 7 de junio de 2019). Disponible en <https://www.forbes.com/sites/davidgeier/2019/06/07/shorter-nba-regular-season-benefits-the-players-fans-and-the-tv-networks/?sh=6264242b530b.html>
- V. Ozanian, Mike & Teitelbaum, Justin. "The World's 50 Most Valuable Sports Teams 2022". *Forbes* (Publicado el 8 de septiembre de 2022). Disponible en <https://www.forbes.com/sites/mikeozanian/2022/09/08/the-worlds-50-most-valuable-sports-teams-2022/?sh=3dbcb330385c.html>
- VI. Reimann, Nicholas. "NBA, Players Said To Agree To Keep Play-In Tournament For 2021-22 Season". *Forbes* (Publicado el 16 de julio de 2021). Disponible en <https://www.forbes.com/sites/nicholasreimann/2021/07/16/nba-players-said-to-agree-to-keep-play-in-tournament-for-2021-22-season/?sh=1d6696d01cec.html>
- VII. Ricky, Abhas. "How Data Analysis In Sports Is Changing The Game". *Forbes* (Publicado el 31 de enero de 2019). Disponible en <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2019/01/31/how-data-analysis-in-sports-is-changing-the-game/?sh=38e050b3f7b4.html>

- VIII. Vardon, Joe. "Adam Silver says NBA closer than ever to adding new in-season competition". The Athletic (Publicado el 19 de febrero de 2022). Disponible en <https://theathletic.com/news/adam-silver-says-nba-closer-than-ever-to-adding-new-in-season-competition/7P2NAhhOpdpn/>
- IX. Wojnarowski, A. [@wojespn]. (2019, 20 de diciembre) *Story filed to ESPN: The NBA is discussing a \$1 million per player purse for the winners of the proposed 30-team, in-season tournament. Reporting with more details on discussions for possible 2021-2022 league calendar change soon on site.* [Tweet]. Twitter. https://twitter.com/wojespn/status/1208128947453431808?s=20&t=zMtc0JfPfiGUa1cRD4U_yA.html
- X. Young, Jabari. "NBA's 72-game season has the potential to become permanent". NBC (Publicado el 6 de noviembre de 2020). Disponible en <https://www.cnbc.com/2020/11/06/nbas-72-game-season-has-the-potential-to-become-permanent.html>
- XI. "Cómo De Bruyne fue su propio agente y utilizó a expertos en tecnología para conseguir el contrato más alto en el City". ESPN Digital (Publicado el 8 de abril de 2022). Disponible en https://www.espn.com.ar/futbol/inglaterra/nota/_/id/8441171/manchester-city-kevin-de-bruyne-sin-agente-utilizo-expertos-tecnologia-lograr-contrato-mas-alto.html
- XII. "NBA: el revolucionario cambio de formato que tendría la liga a partir de la próxima temporada y la similitud con la Champions League". La Nación (Publicado el 27 de diciembre de 2021). Disponible en <https://www.lanacion.com.ar/deportes/basquetbol/nba-el-revolucionario-cambio-de-formato-que-tendria-la-liga-a-partir-de-la-proxima-temporada-y-la-nid27122021/>
- XIII. "Why are there no NBA games on Election Day?". The Athletic (Publicado el 7 de noviembre de 2022). Disponible en <https://theathletic.com/3772755/2022/11/07/nba-election-day-games/>