

# Optimización de recorrido en el calendario de la Liga Nacional de Fútbol de Honduras

Rivera F. German, Student<sup>1</sup>, Sansur W. Jorge, Student<sup>2</sup>, Pavón C. Kimberly, Student<sup>3</sup>, García Saraí, Student<sup>4</sup>, Girón M. Ayleen, Student<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, [griveraflores@unitec.edu](mailto:griveraflores@unitec.edu), [jorgesansur5@unitec.edu](mailto:jorgesansur5@unitec.edu), [abril\\_k2006@unitec.edu](mailto:abril_k2006@unitec.edu), [sgarcia@unitec.edu](mailto:sgarcia@unitec.edu), [ayleengiron@unitec.edu](mailto:ayleengiron@unitec.edu)

Mentor: Mendel Nelson, M.Sc<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, [mendel.nelson@unitec.edu.hn](mailto:mendel.nelson@unitec.edu.hn)

## Abstract

*The National League of professional Soccer of Honduras draws their calendar every semester, in other words every six months, which is the time that each Championship lasts, having two per year, Apertura and Clausura. The calendar is based on double Round Robin (every team plays with each other, home and away) for 10 teams. The 10 teams who participates at the championship are divided according to their location, 5 of them belong to the north zone and the other 5 belong to the central zone. Through the National League, information was obtained regarding the preparation of the calendars and the restrictions they currently use. Taking this as a basis, we studied the current calendar and observed a series of disadvantages for which we sought to improve. A binary integer linear programming model was used, where a set of criteria was analyzed (location of the teams and category of teams), seeking sport equity between the participating teams. Among these criteria are: minimize breaks, minimize the journey between soccer events, and minimize the difference in travel between teams, always taking into account the established restrictions originally by the National League and those formulated by the working group. When this analysis was carried out, the result was a decrease to 6 breaks in one round.*

**Key terms:** Round Robin, break, whole linear programming, soccer events, round

## Resumen

*La Liga Nacional de Fútbol Profesional de Honduras sortea sus calendarios cada semestre, es decir, cada 6 meses, lo cual es el tiempo de duración de cada campeonato. El calendario corresponde a doble Round Robin (todos contra todos, ida y vuelta) para 10 equipos. Los 10 equipos se dividen en localidad, 5 pertenecen a la zona norte y 5 pertenecen a la zona central. Por medio de la Liga Nacional se obtuvo información con respecto a la elaboración de los calendarios y las restricciones que utilizan en la actualidad. Tomando esto como base, se estudió el calendario actual y se observó una serie de desventajas para las cuales se buscó mejorar. Se utilizó un modelo de programación lineal entera binaria, donde se analizó un conjunto criterios (ubicación de los equipos y categoría de los equipos), procurando una equidad deportiva entre los equipos participantes. Entre estos criterios están: minimizar los breaks, minimizar el recorrido entre jornadas, y minimizar la diferencia de recorrido entre equipos, tomando siempre en cuenta las restricciones establecidas originalmente por la Liga Nacional y las formuladas por el grupo de trabajo. Realizado este análisis se obtuvo como resultado la disminución a 6 breaks en una vuelta.*

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.313>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

17<sup>th</sup> LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Industry, Innovation, And Infrastructure for Sustainable Cities and Communities”, 24-26 July 2019, Jamaica.

**Términos claves:** Round Robin, break, programación lineal entera, vuelta, jornada.

## I. INTRODUCCIÓN

La investigación que se detallará a continuación brinda la mejora del calendario actual de los partidos de fútbol de Honduras, basándose en las distancias que los equipos nacionales recorrerán. El desarrollo de la investigación se realizó con base a la información proporcionada por la organización de fútbol de Honduras, la cual lleva como nombre La Liga Nacional de Fútbol Profesional de Honduras (LNFP).

La Liga Nacional de Honduras se creó en 1964, desde ese año este torneo no cuenta con un modelo de recorrido eficiente para los equipos, han pasado 55 años donde los equipos son elegidos al azar, debido a la “suerte” de cada equipo se determina el calendario provocando que algunos equipos salgan 2 veces a jugar de visita (el termino break se refiere a si un equipo jugó dos partidos de local o visitas seguidos) en tan solo 3 días; en un país donde los equipos no tienen recursos suficientes para viajar en avión, por lo tanto viajan de forma terrestre donde ese mismo equipo pueden tener un recorrido de 830km a 1660 km, si tomamos ida y vuelta en tan solo 3 días, traduciéndolo a tiempo sería 12 horas o 24 horas ida y vuelta (un día de viaje acumulado) que un equipo se traslada en términos de 3 días.

Esta investigación se llevó a cabo luego de asistir a una reunión con el Abogado Roque Pascua, Secretario General de La Liga Nacional, al cual se le expuso la propuesta de realizar la mejora del calendario actual de los partidos de fútbol nacional.

Al haber aceptado la propuesta de parte de la organización, se realizó un análisis del calendario actual; se encontró algunas desventajas: equipos recorren muchas distancias en tan solo una semana, por ejemplo, en el campeonato anterior el Platense viajaba 2 veces (un break) a Tegucigalpa (véase figura 3), ocasionando cansancio y así hay varios break en el torneo, como también existen casos en que los equipos recorren muy pocas distancias entre jornadas y otros casos que recorren distancias muy grandes.

Con esto se identificó que en la Liga Nacional no toma en cuenta la equidad deportiva. Como lo menciona Nazareno,

[1] equidad deportiva se refiere a lograr una elaboración de calendario justa para todos los equipos en la misma condición.

También se han referido muchas quejas por parte de la prensa de un calendario hecho al azar y no un calendario hecho por un sistema que ayude a mejorar el nivel deportivo y equitativo de los equipos.

Recorrer más distancia que otro equipo desfavorece a las capacidades físicas y mentales qué otros equipos, es por eso se determinó los objetivos de dicha investigación:

Se buscará ejecutar el problema que se plantea mediante programación lineal binaria además con el método de prioridades, con esto se pretende lograr que los equipos minimicen la cantidad de break, es decir minimizar las distancias de recorrido cada jornada como la también la diferencia de recorridos entre los equipos.

La meta de este proyecto es mejorar el calendario de partidos de liga nacional, que las distancias se acorten y se minimicen dos partidos de visita/local, donde tendría un toque más atractivo y los equipos sufrirían menos desgaste físico debido a los largos recorridos continuos.

## II. METODOLOGÍA

### A. Recolección de información

En la reunión con el Secretario General, Abogado Roque Pascua, se identificaron ciertas restricciones que deberían de estar en el programa ya que son requeridas para ellos en la elaboración del calendario uniéndolos con las restricciones identificadas con el trabajo de campo.

A continuación, en la tabla 1 se presenta la localidad de los equipos, hay 5 equipos que pertenecen a la zona central y otros 5 a la zona norte. En la figura 1 está la ilustración en el mapa donde se ubican territorialmente las sedes de los equipos. Extraído de la página de la Liga Nacional [2]

TABLA 1  
TABLA DE LOCALIDAD DE LOS EQUIPOS

No	Ubicación		
	Equipos	Lugar	Estadio
1	Olimpia	Tegucigalpa	Nacional
2	Motagua	Tegucigalpa	Nacional
3	Marathon	San Pedro Sula	Yankel Rosenthal
4	Real España	San Pedro Sula	Fco Morazán
5	Vida	La Ceiba	Municipal
6	Juticalpa FC	Juticalpa	Juan Ramon Breve
7	Real Minas	Siguetepeque /Danli*	Marcelo Tinoco
8	UPNFM	Tegucigalpa/ Choluteca**	Nacional/Emilio Williams
9	H. Progreso	Progreso	Progreso
10	Platense	Puerto Cortes	Excelsior

\*Tiene sede en Danlí

\*\*Tiene sede también en Choluteca



Fig. 1 Ubicación de los equipos

En la figura 1 se observa cómo se distribuye los equipos de la liga nacional, se puede observar que hay 2 equipos que quedan en la misma localidad (Marathon y Real España) en SPS y 3 equipos que comparten localidad en la capital (Olimpia, Motagua, y Lobos UPNFM) debido a esto, estos equipos aun planteando el sistema de programación lineal tendrán cierta ventaja por la ubicación territorial de cada club.

A continuación, en la tabla 2 se presenta la matriz  $d_{ij}$ , la cual detalla la distancia de recorrido entre los equipos. Un equipo  $j$  recorre una distancia a la localidad del equipo  $i$ .

TABLA 2  
MATRIZ DE DISTANCIA (KM) DE LLEGAR UNA LOCALIDAD I A UNA LOCALIDAD J

Distancias	Olimpia	Motagua	Marathon	R.España	Vida	Juticalpa	R.Minas	UPNFM	H. Progres	Platense
Olimpia	0	0	668	668	782	354	244	0	606	770
Motagua	0	0	668	668	782	354	244	0	606	770
Marathon	668	668	0	0	406	782	326	668	82	106
Real España	668	668	0	0	406	782	326	668	82	106
Vida	782	782	406	406	0	674	590	782	332	488
Juticalpa	354	354	782	782	674	0	556	354	698	860
Real Minas	244	244	326	326	590	556	0	244	258	406
UPNFM	0	0	668	668	782	354	244	0	606	770
H. Progreso	606	606	82	82	332	698	258	606	0	164
Platense	770	770	106	106	488	860	406	770	164	0

Se decidió hacer este proyecto para mejorar el sorteo de los calendarios de La Liga Nacional basados en construir un modelo de programación lineal entera binaria y programación de metas.

Taha [3] define a programación lineal entera también conocida como optimización lineal, es la maximización o la minimización de una función lineal definido por un conjunto de restricciones lineales no negativas, y aquella en la que algunas o todas las variables están restringidas a tener valores enteros.

#### Programación lineal entera

La PLEN (Programación lineal entera) posee varios tipos para la resolución de problemas y en lo que se va a enfocar es la programación lineal entera binaria, donde una variable entera binaria es aquella que solamente puede adoptar los valores de 0 a 1. Este tipo de variable se emplea para resolver situaciones del tipo inclusión o exclusión. Tal como lo expresa Alarcón y Duran en su investigación [4], el 1 significa que un equipo  $i$  jugara contra un equipo  $j$  y un 0 lo contrario

#### Programación de metas

Después del modelo de programación lineal se desea agregar a la investigación programación de metas, como López [5] lo realiza en su estudio. Estos son modelos de asignación para optimizar o resolver varios objetivos, el modelo resultante produce lo que se suele llamar solución eficiente, aunque podrá no ser óptima con respecto a todos los objetivos contrapuestos del problema.

Se decidió definir tres metas en el modelo, procurando que las 3 metas sigan un modelo de equidad deportiva:

La primera meta fue minimizar los “Breaks”: porque los equipos tienen desventajas al jugar dos veces seguidas de visita ya que realizan dos viajes seguidos. Esto afecta el rendimiento físico de los jugadores, y los costos se aumentan en un corto periodo. Minimizando las cantidades de breaks se obtendría una equidad deportiva. Este término fue usado en la investigación *Programación del Fixture de la Segunda División del Fútbol de Chile*. Duran [6]

La segunda meta es lograr que se reduzca el recorrido entre cada jornada, es decir que un equipo no recorra tanto entre cada jornada si se le asigna un break. Ya que es imposible que no se tenga break en un campeonato, por lo tanto, se requiere minimizar la cantidad de kilómetros recorridos en términos de tiempo.

La tercera meta está destinada a reducir la cantidad de distancia recorrida entre cada sede por equipo.

#### B. Modelo matemático

#### a) Variables y Nomenclatura

$I$  si el equipo  $i$  juega contra el equipo  $j$  en la jornada  $k$ , 0 si no se juega.

$X_{ijk}$ : Variable binaria. Obtiene valor 1 si el equipo  $i$  juega contra el equipo  $j$  en la jornada  $k$ , 0 si no se juega. (1)

$i$  = Equipo Local ( $i= 1-10$ )

$j$  = Equipo visitante ( $j= 1-10$ )

$k$  = Jornada a disputar (1-9, tomando en cuenta una vuelta)

También se tiene presente los clásicos a nivel nacional ya que la liga nacional establece que los partidos de la primera categoría deben jugarse en la jornada 5 tanto primera vuelta como segunda vuelta. Estos clásicos son: Olimpia vs Motagua, Marathon vs Real España.

Están los clásicos de segunda categoría, estos se deben jugar en las semanas 3 y/o 7, estos son: Olimpia vs Marathon, Olimpia vs Real España, Motagua vs Marathon, Motagua vs Real España.

Además, se toma en cuenta los equipos que comparten el mismo estadio y por ende no deben jugarse el mismo día como lo es el Olimpia vs Motagua.

Matriz de distancia del equipo  $i$  al equipo  $j$

$$D_{ij} \quad (2)$$

#### b) Restricciones

Todos los equipos deben jugar un partido de local o de visita contra cada equipo

$$\sum_{j \neq i} (X_{ijk} + X_{jik}) = 1 \quad (1)$$

La restricción (2) nos indica que un equipo debe de jugar 4 o 5 veces de local en una vuelta.

$$\sum_{k=1}^9 \sum_{i=1}^{10} x_{ijk} \geq 4, \sum_{k=1}^9 \sum_{i=1}^9 x_{ijk} \leq 5 \quad (2)$$

En la restricción (3) ningún equipo puede jugar dos veces seguidas de visitas en las 2 primeras jornadas.

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^{10} X_{ijk} = 1, \forall j: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 \quad (3)$$

En la restricción (4) ningún equipo puede jugar dos veces seguidas de local.

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^{10} X_{ijk} = 1, \forall i: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 \quad (4)$$

La restricción (5) indica que en cada jornada debe de jugarse 5 partidos.

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} X_{ijk} = 5, \forall k: 1,2,3,4,5,6,7,8,9 \quad (5)$$

La restricción (6) indica que ningún equipo puede jugar 3 veces seguidas de local.

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{k=n}^{n+2} X_{ijk} \leq 2, \forall k: 0,1,2,3,4,5,6,7, \quad (6)$$

La restricción (7) nos indica que ningún equipo puede jugar 3 veces seguidas de visita.

$$\sum_{j=1}^{10} \sum_{k=n}^{n+2} X_{ijk} \leq 2 \forall k: 0,1,2,3,4,5,6,7, \quad (7)$$

La restricción (8) indica que en la Jornada 5 de la primera vuelta deberán de jugar Olimpia vs Motagua (súper clásico capitalino) estos son los equipos grandes de la capital de Honduras.

$$X_{1,2,5} + X_{2,1,5} = 1 \quad (8)$$

La restricción (9) indica que en la Jornada 5 de la primera vuelta deberán de jugar Marathon vs Real España (súper clásico de la ciudad de San Pedro Sula).

$$X_{3,4,5} + X_{4,3,5} = 1 \quad (9)$$

La restricción (10) indica que en la jornada 3 y 7 de la primera vuelta deberán jugar ya sea un Motagua vs Real España, o un Motagua vs Marathon (ya sea de local o de visita).

$$\sum_{i=2} \sum_{j=3}^4 X_{ijk} + \sum_{j=2} \sum_{i=3}^4 X_{ijk} = 1, \forall k= 3,7 \quad (10)$$

La restricción (11) dice que en la jornada 3 y 7 de la primera vuelta deberán jugar ya sea un Olimpia vs Real España, o un Olimpia vs Marathon (ya sea de local o de visita).

$$\sum_{i=1} \sum_{j=3}^4 X_{ijk} + \sum_{j=1} \sum_{i=3}^4 X_{ijk} = 1, \forall k= 3,7 \quad (11)$$

En la restricción (12) los equipos Motagua y Olimpia no pueden jugar en el mismo estadio en una jornada al mismo tiempo es por eso que un equipo debe alternarse la localidad.

$$\sum_{k=1}^9 x_{1jk} + \sum_{k=1}^9 x_{2jk} = 1, \forall j= 1,2 \dots 10 \quad (12)$$

### c) Función Objetivo

A continuación, se muestran las 3 funciones objetivos de acuerdo a cada meta establecida:

1- *Minimizar la cantidad de break en el torneo*

$$\text{Min} \sum_{k=n}^{n+1} \sum_{j=1}^{10} x_{ijk} * \sum_{j=1}^{10} x_{ijn+1} \quad (13)$$

2- *Minimizar la cantidad de recorrido entre jornadas*

$$\text{Min} \sum_{k=1}^9 x_{ijk} * D_{ji}, \forall i,k= 1,2,3,4,5,6,7,8,9 \quad (14)$$

3- *Minimizar la cantidad de recorrido entre equipos*

$$\begin{aligned} \text{Min: } & (\sum_{k=1}^9 X_{1j} * D_{j1}) - \sum_{k=1}^9 x_{ij} * D_{ji}, (\forall i= 2, \dots 9) + \\ & (\sum_{k=1}^9 X_{2j} * D_{j1}) - \sum_{k=1}^9 x_{ij} * D_{ji}, (\forall i= 3, \dots 10) + \\ & (\sum_{k=1}^9 X_{3j} * D_{j3}) - \sum_{k=1}^9 x_{ij} * D_{ji}, (\forall i= 4, \dots 10) + \\ & (\sum_{k=1}^9 X_{4j} * D_{j1}) - \sum_{k=1}^9 x_{ij} * D_{ji}, (\forall i= 5, \dots 10) + \\ & (\sum_{k=1}^9 X_{5j} * D_{j1}) - \sum_{k=1}^9 x_{ij} * D_{ji}, (\forall i= 6, \dots 10) + \\ & (\sum_{k=1}^9 X_{6j} * D_{j1}) - \sum_{k=1}^9 x_{ij} * D_{ji}, (\forall i= 7, \dots 10) + \\ & (\sum_{k=1}^9 X_{7j} * D_{j1}) - \sum_{k=1}^9 x_{ij} * D_{ji}, (\forall i= 8, \dots 10) + \\ & (\sum_{k=1}^9 X_{8j} * D_{j1}) - \sum_{k=1}^9 x_{ij} * D_{ji}, (\forall i= 9,10) + \\ & (\sum_{k=1}^9 X_{9j} * D_{j1}) - \sum_{k=1}^9 x_{ij} * D_{ji}, (\forall i= 10) \end{aligned} \quad (15)$$

### C. Resolución del problema

Para esta investigación se utilizó un modelo de programación lineal entera binaria. Se utilizó programación lineal para lograr definir una función objetivo y restricciones, esto con el fin de poder obtener resultados óptimos. Se utiliza un modelo entero binario para obtener solamente dos tipos de resultados, siendo las opciones de resultados 0 y 1. Para el cual el 0 toma como significado no haber jugado un partido y el 1 si haber jugado un partido. Como se muestra en la figura 2.

El programa utilizado para este proyecto es llamado Open Solver. Open Solver es un complemento de Excel que permite resolver modelos de optimización con una mayor cantidad de variables y restricciones que el Solver normal de Excel que no podría resolver, este problema contiene 900 variables y más de 700restricciones. Mason [7]

	Olimpia	Motagua	Marathon	R.España	Vida	Juticalpa	R.Minas	UPNFM	Progreso	Platense
Jornada 1	Olimpia	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Motagua	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Marathon	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Real España	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Vida	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Juticalpa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Real Minas	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	UPNFM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H. Progreso	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Platense	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 2 Modelo open solver

### III. RESULTADOS

Luego de la resolución del problema en el Open Solver se obtuvieron los siguientes resultados para cada meta:

#### 1) Resultados Meta 1

Se obtuvo un total de 6 breaks, y se mejora un 33% en comparación al calendario actual que se observa en la figura 4 donde se tiene un total de 9 breaks (remarcados en rojo)

Además, los equipos que recorren mayor distancia no tendrán ningún break por lo tanto no jugaran dos veces de visita (Vida y Platense son los que recorren más), y no recorren grandes distancias dos jornadas seguidas.

En las figuras 3 y 6 se muestra la distribución de partidos propuesta a lo largo el torneo. Algo parecido al modelo de programación del fixture de las eliminatorias sudamericanas ya que en este campeonato también tiene 10 equipos, Duran [8] Los cuadros en rojo muestran los breaks en las jornadas.

En la figura 7 nos muestra también la distribución actual de partidos de la segunda vuelta donde nos da un total de 9 breaks mientras el mejorado en la segunda vuelta da un resultado de 6 breaks.

CALENDARIO PROPUESTO PRIMERA VUELTA										
		Jornada								
Prefijo	Equipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
OLI	Olimpia	HNP	VID	RE	JUT	MOT	UPN	MAR	RM	PLA
MOT	Motagua	RM	PLA	MAR	UPN	OLI	VID	RE	HNP	VID
MAR	Marathon	JUT	HNP	MOT	PLA	RE	RM	OLI	VID	UPN
RE	Real España	PLA	UPN	OLI	VID	MAR	HNP	MOT	JUT	RM
VID	Vida	UPN	OLI	RM	RE	HNP	MOT	JUT	MAR	MOT
JUT	Juticalpa	MAR	RM	PLA	OLI	UPN	PLA	VID	RE	HNP
RM	Real Minas	MOT	JUT	VID	HNP	PLA	MAR	UPN	OLI	RE
UPN	UPNFM	VID	RE	HNP	MOT	JUT	OLI	RM	PLA	MAR
HPN	H. Progreso	OLI	MAR	UPN	RM	VID	RE	PLA	MOT	JUT
PLA	Platense	RE	MOT	PLA	MAR	RM	JUT	HNP	UPN	OLI

Fig. 3 Calendario Propuesto Primera Vuelta

CALENDARIO ACTUAL PRIMERA VUELTA										
		jornada								
Jornada		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Olimpia	RM	PLA	MAR	UPN	MOT	JUT	RE	HNP	VID	
Motagua	PLA	HNP	RE	VID	OLI	UPN	MAR	JUT	RM	
Marathon	VID	UPN	OLI	JUT	RE	RE	MOT	PLA	HNP	
Real España	JUT	RM	MOT	HNP	MAR	PLA	OLI	VID	UPN	
Vida	MAR	JUT	RM	MOT	UPN	HNP	PLA	RE	OLI	
Juticalpa	RE	VID	HNP	MAR	RM	OLI	UPN	MOT	PLA	
Real Minas	OLI	RE	VID	PLA	JUT	MAR	HNP	UPN	MOT	
UPNFM	HNP	MAR	PLA	OLI	VID	MOT	JUT	RM	RE	
H. Progreso	UPN	MOT	JUT	RE	PLA	VID	RM	OLI	MAR	
Platense	MOT	OLI	UPN	RM	HNP	RE	VID	MAR	JUT	

Fig. 4 Calendario Actual Primera vuelta

Local	
Visita	
Break	

Fig 5 Simbología

CALENDARIO PROPUESTO SEGUNDA VUELTA										
		jornada								
Prefijo	Equipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
OLI	Olimpia	HNP	VID	RE	JUT	MOT	UPN	MAR	RM	PLA
MOT	Motagua	RM	PLA	MAR	UPN	OLI	VID	RE	HNP	VID
MAR	Marathon	JUT	HNP	MOT	PLA	RE	RM	OLI	VID	UPN
RE	Real España	PLA	UPN	OLI	VID	MAR	HNP	MOT	JUT	RM
VID	Vida	UPN	OLI	RM	RE	HNP	MOT	JUT	MAR	MOT
JUT	Juticalpa	MAR	RM	PLA	OLI	UPN	PLA	VID	RE	HNP
RM	Real Minas	MOT	JUT	VID	HNP	PLA	MAR	UPN	OLI	RE
UPN	UPNFM	VID	RE	HNP	MOT	JUT	OLI	RM	PLA	MAR
HPN	H. Progreso	OLI	MAR	UPN	RM	VID	RE	PLA	MOT	JUT
PLA	Platense	RE	MOT	PLA	MAR	RM	JUT	HNP	UPN	OLI

Fig. 6 Calendario propuesto Segunda Vuelta

CALENDARIO ACTUAL SEGUNDA VUELTA										
		jornada								
Jornada		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Olimpia	RM	PLA	MAR	UPN	MOT	JUT	RE	HNP	VID	
Motagua	PLA	HNP	RE	VID	OLI	UPN	MAR	JUT	RM	
Marathon	VID	UPN	OLI	JUT	RE	RE	MOT	PLA	HNP	
Real España	JUT	RM	MOT	HNP	MAR	PLA	OLI	VID	UPN	
Vida	MAR	JUT	RM	MOT	UPN	HNP	PLA	RE	OLI	
Juticalpa	RE	VID	HNP	MAR	RM	OLI	UPN	MOT	PLA	
Real Minas	OLI	RE	VID	PLA	JUT	MAR	HNP	UPN	MOT	
UPNFM	HNP	MAR	PLA	OLI	VID	MOT	JUT	RM	RE	
H. Progreso	UPN	MOT	JUT	RE	PLA	VID	RM	OLI	MAR	
Platense	MOT	OLI	UPN	RM	HNP	RE	VID	MAR	JUT	

Fig. 7 Calendario actual segunda Vuelta

### 2) Resultados Meta 2

En la meta 2, se minimizó el recorrido entre jornadas que involucren break, dando como resultado una mejora de 16%, esto representa el resultado propuesto solo con la meta 1, sin embargo, la distancia recorrida entre los break era bastante, por lo tanto, se minimizó y dio como resultado una mejora del 16%. Como se observa en la figura 8, el break del equipo que más recorre es el Juticalpa, donde juega contra el Platense y el Vida. Después las distancias son mínimas logrando con el objetivo de la meta.

Además, el equipo que recorre más distancia en una vuelta, se traslada 2892 km y el mínimo 1278 km, obteniendo que ningún equipo tenga la ventaja de recorrer poca cantidad en una vuelta y que ningún equipo recorra una gran cantidad de kilómetros.

Jornada	Distancia en KM								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Olimpia	606	0	668	0	0	0	0	244	0
Motagua	0	770	0	0	0	0	668	0	782
Marathon	782	0	668	106	0	0	668	0	668
Real España	0	668	0	0	0	82	0	782	0
Vida	0	782	0	406	0	488	0	406	0
Juticalpa	0	556	0	354	0	354	674	0	698
Real Minas	244	0	590	0	0	326	244	0	326
UPNFM	782	0	606	0	354	0	0	770	0
H. Progreso	0	82	0	258	332	0	0	606	0
Platense	106	0	860	0	406	0	164	0	770

Fig. 8 Distancias entre los 6 breaks

### 3) Resultados Meta 3

Las diferencias de las distancias recorridas deben ser muy parecidas, por ejemplo, que un equipo no recorra una gran distancia y otro equipo una muy poca en una vuelta. Por eso, para calcular el porcentaje de mejora se utilizó desviación estándar solamente como objeto de medida (esto para observar cuanto es la desviación entre los equipos de acuerdo a sus distancias) calculando el actual y mejorado de las dos vueltas. Se encontró un resultado de 18%. Esto se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3  
Minimizar la desviación entre equipos

Vuelta 1	Desviación	Vuelta 2	Desviación	Mejora:	18%
Actual	735.6	Actual	676.2467301		
Mejorado	510.56	Mejorado	682.2968074		

Luego se observa el recorrido de todos los equipos en todo el torneo en la figura 9, cabe destacar que los equipos que comparten la misma localidad recorren la misma distancia.

Recorrido todo el torneo	
Equipo	KM
Olimpia	4092
Motagua	4092
Marathon	3706
Real España	3706
Vida	5536
Juticalpa	5414
Real Minas	3194
UPNFM	4092
H. Progreso	3434
Platense	4440

Fig 9 Distancia recorrida en km de un torneo

## IV. CONCLUSIONES

1. Por medio del método de programación de metas se pudo mejorar el calendario con las 3 distintas funciones objetivo en el programa.
2. Los equipos con la misma localidad como lo son Olimpia, Motagua y UPNFM recorren la misma cantidad de kilómetros, como también los equipos de San Pedro Sula, además cada equipo posee un break, por lo tanto, estos equipos cumplen con nuestro objetivo ya que tienen una equidad deportiva deseada al principio.
3. Los equipos que más recorren debido a la zona que se ubican, como lo son el Vida de la Ceiba y el Platense de Puerto Cortes debido al programa no poseen ningún break, por lo tanto, no viajan dos veces seguidas a visitar a los equipos, provocando un cierto balance en los recorridos comparando con los demás equipos.
4. Es imposible lograr que en un campeonato no se tenga ni un break, pero se pudo minimizar a 6 break, donde antes había un total de 9, se logró que los equipos tuvieran menos partidos de visita seguidos.
5. Se minimizó la cantidad recorrida entre jornadas de cada equipo en un 16%, por lo tanto, los equipos se acercarán a la equidad deportiva entre traslados.
6. El diseño de calendarización de los partidos, puede variar según la localidad de los equipos ya que hay dos equipos que no tienen sede establecida.
7. Se puede establecer que nuestro calendario reduce en cuestión de recorridos, disminuye la fatiga de los jugadores que realizan grandes viajes manteniendo su condición física, aumenta la atracción de los aficionados para asistir a los estadios ya que no tendrán que pagar 2 partidos seguidos, entre otros.

## V. RECOMENDACIONES

1. Cada año los equipos ascienden por lo tanto este modelo se debe estar actualizando cada año.
2. Debido a cambios de sedes como los tiene UPNFM y Real Minas equipos que no tienen una sede, esto ocasiona variantes en el modelo ya que algunas veces juegan en un lugar y luego en otro, por eso al hacer el modelo se debe asegurar en qué sede cada equipo jugara más, ya que nuestro modelo se apega a las sedes establecidas a principios del año 2018.
3. En apoyo a este calendario se puede proponer un modelo mejor elaborado obviando las restricciones de la Liga Nacional así proponerlos a ellos y observar si es factible tener un calendario sin las restricciones propuestas por la LNFP.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Nazareno , A., Lopez, D .(2013) Proyecto diseño de un modelo de programación entera para la calendarización de los partidos de la Serie A Ecuador. Pag 53
- [2] Liga Nacional de Honduras, equipos extraída de la página web: (<http://www.lnphn.com/> 2018).
- [3] TAHA, INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES, 4ª. Edición, México: PEARSON
- [4] Alarcón, F., G. Duran, M. Guajardo. 2009. Un modelo de asignación de árbitros para el torneo de futbol chileno y un enfoque de resolución en base a patrones.
- [5] Lopez, O., Lopez, H .(2010) Proyecto modelos de optimización por metas para el cálculo de estimadores en regresión múltiple. Pag 134-135
- [6] Duran, G., Guajardo, M., & Wolf-Yadlin, R. (2010). Programación del Fixture de la Segunda División del Futbol de Chile.
- [7] Mason, D. (3 de noviembre de 2016). Solver. Obtenido de <http://solver.org>
- [8] Duran, G., Guajardo, M.(2014) El fixture de las clasificatorias sudamericanas para la copa mundial de futbol mediante programación entera Pag 11 (Articulo)
- [9] Bartsch T., Drexl A., Kröger S. Scheduling the professional soccer leagues of Austria and Germany. Computers and Operations Research (2006) 33 (7), 1907-1937.
- [10] Google, Google Maps.