

# IIND 4101: Optimización Avanzada

## Presentación

### Agosto 10 de 2022

Andrés Medaglia

Profesor Titular

Departamento de Ingeniería Industrial  
Centro de Optimización y Probabilidad Aplicada  
(<http://copa.uniandes.edu.co>)

# Andrés Medaglia



- Profesor titular del Departamento de Ingeniería Industrial
- Co-fundador y actual director del Centro para la Optimización y Probabilidad Aplicada (COPA)
- Ph.D. en Investigación de Operaciones (IO) de North Carolina State University (NC State U.) (Raleigh, EEUU; 2001).
- De 1999 a 2002 tuvo vínculos con SAS (Cary, EEUU)
- Su investigación se concentra en el desarrollo y la aplicación de técnicas de optimización, con especial interés en las áreas de logística y transporte; agro-sistemas; ciudades saludables y sostenibles; selección y programación de proyectos; y diseño en ingeniería.
- Tiene más de 60 publicaciones arbitradas en el área de IO en revistas arbitradas.
- Hace parte del cuerpo editorial de Transportation Science, Computers and Operations Research, TOP (Sociedad de Estadística e Investigación Operativa - España) y European Journal of Industrial Engineering.
- Se ha desempeñado como Secretario y Vicepresidente de la Asociación Latino-Iberoamericana de IO (ALIO); como Vicepresidente de Centroamérica / Sudamérica por el Instituto de Ingenieros Industriales (IIE); y como el Vicepresidente de la Sociedad de Investigación Operativa de Colombia (ASOCIO).
- En INFORMS, ha servido en el Publications Committee, Transportation Science & Logistics (TSL) Society como el de Liason para las Américas y en el Best Paper Award Committee (2015-2017).
- Glover-Klingman Prize (2020), INFORMS TSL President's Service Award (2017), IFORS Prize for Operational Research in Development (Quebec City, Canada, 2017), INFORMS Railway Application Section Problem Solving Competition (2011), EURO Award for the Best EJOR (Review) Paper (2015) y AIMMS/MOPTA Modeling Competition (2016).
- Ha sido conferencista invitado al IFORS Invited Tutorial Lecturer at EURO 2018 (Valencia, Spain); el IISE Annual Conference and Expo (2021) y Optimization Days (Montréal, Canada, 2014).
- Medallas de oro (2018), plata (2019) y bronce (2017,2021) en los Campeonatos Nacionales de Ciclismo (categoría máster).
- Mas información en: <http://wwwprof.uniandes.edu.co/~amedagli>

# Felipe Pulido



- Asistente graduado, Universidad de los Andes
  - Optimización Avanzada (Desde 2022-1)
  - Principios de Optimización (Desde 2021-1)
- Estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes
- Ingeniero Industrial, Universidad de los Andes (2021)
- Ponencia XXI PANAM: “Metodología para la estimación de la variación en los costos de transporte por intervenciones en la red de infraestructura vial de Colombia” (2021)
- Tesis de pregrado: “Diseño del modelo de transporte frente a planes de intervención de puentes por INVIA en Colombia” (2020-2)
- Monitor de investigación: Proyecto INVIA, Universidad de los Andes (2020-2)

# Programa



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

## Optimización Avanzada IIND4101 – Programa 2022-20

**Profesor:** Andrés Medaglia (<http://wwwprof.uniandes.edu.co/~amedagli>)

**Asistente:** Felipe Pulido ([jf.pulidop@uniandes.edu.co](mailto:jf.pulidop@uniandes.edu.co))

**Periodo:** 2022-20. Actualizado: 05 de agosto de 2022

**Horario de clase:** miércoles y viernes, 2:00 p.m. – 3:20 p.m. **Salón:** O\_402

### Descripción

El curso presenta al estudiante las técnicas de modelado, técnicas de solución, y diseño algorítmico propios de un curso avanzado en optimización. La teoría del curso está principalmente enmarcada en el área de programación matemática, y se hará énfasis especial en la solución computacional de problemas de gran escala. Por lo tanto, es imprescindible que el estudiante tenga bases en algún lenguaje de programación (e.g., Python, Java, C, C++, entre otros). Durante las sesiones teóricas, prácticas y en los talleres, se desarrollarán aplicaciones de los temas del curso, principalmente en las áreas de producción, logística y finanzas.

# Programa

## Objetivos

---

- 1) Formular modelos de optimización que requieran técnicas de linealización.
- 2) Distinguir estructuras de problemas de optimización con estructuras especiales (e.g., cubrimiento de conjuntos, VRP, etc.)
- 3) Proponer e implementar estrategias de generación de columnas a problemas aplicados.
- 4) Descomponer problemas de optimización con estructura especial a través del principio de Dantzig-Wolfe.
- 5) Reconocer los conceptos fundamentales de la programación entera y sus métodos de solución.
- 6) Aplicar técnicas de programación entera basadas en cortes; en ramificación y acotamiento; y su combinación.
- 7) Proponer estrategias de descomposición basadas en relajación lagrangiana y Benders.
- 8) Combinar diferentes técnicas para la solución de problemas de optimización de gran escala.
- 9) Implementar computacionalmente técnicas de optimización a problemas de gran escala.

## Requisitos

---

Optimización lineal y Programación (algún lenguaje formal como Python, Mosel, Java, C, C++, entre otros).

# Programa

## **Metodología**

Clases magistrales. El curso tiene un sitio oficial en Bloque Neón (<https://tecnologia.uniandes.edu.co/bloqueneon/>) donde se publicará toda la información pertinente al curso. Es responsabilidad del estudiante consultar regularmente el sitio del curso.

## **Talleres en clase**

A lo largo del semestre se realizarán talleres en los que se implementarán en Python o en Xpress-MP los temas teóricos vistos en la clase magistral. Estos talleres son fundamentales para la comprensión de los temas del curso y para el desarrollo de los exámenes y las tareas.

## **Evaluación**

- |                               |     |
|-------------------------------|-----|
| ○ Parcial 1 (Semana 8)        | 20% |
| ○ Parcial 2 (Semana 12)       | 20% |
| ○ Examen final (Semana 16)    | 20% |
| ○ Tareas (4)                  | 40% |
| ○ Participación (Opti-puntos) | 3%  |

# Programa

## Contenido

Semana	Tema	Lecturas	Actividades
1. 08/08 – 12/08	• Introducción y aplicaciones	Notas de clase	
2. 15/08 – 19/08 (lunes festivo)	• Optimizadores	Notas de clase	Tarea 1: Formulación (lanzamiento)
3. 22/08 – 26/08	• Técnicas avanzadas de modelamiento	Fang et al., §2, §3	
4. 29/08 – 02/09	• Técnicas avanzadas de modelamiento y VRPTW	Lasdon, §4.1, 4.2	Tarea 1: Formulación (entrega)
5. 05/09 – 09/09	• Método Simplex Revisado	Lasdon, §4.1, 4.2	
6. 12/09 – 16/09	• Problema de cortes: Simplex	Lasdon, §3.1-3.5	Tarea 2: Algoritmos basados en PL (lanzamiento)
7. 19/09 – 23/09	• Método de Generación de Columnas	Lasdon, §3.1-3.5	Tarea 2: Algoritmos basados en PL (entrega)
8. 26/09 – 30/09	• Método de Generación de Columnas	Lasdon, §3.1-3.5	<b>Parcial 1</b>
03/10 – 07/10	<b>Semana de receso</b>		

# Programa

<b>9.</b> 10/10 – 14/10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principio de Descomposición de Dantzig-Wolfe</li> </ul>	Wolsey, §7	Tarea 3: Generación de columnas (lanzamiento) <b>Octubre 14: Fecha límite para informar el 30% de la nota del curso</b>
<b>10.</b> 17/10 – 21/10 (lunes festivo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principio de Descomposición de Dantzig-Wolfe</li> <li>• Programación entera</li> </ul>	Fang et al., §4.1-4.6	
<b>11.</b> 24/10 – 28/10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación entera</li> <li>• Reoptimización (Simplex Dual)</li> </ul>	Wolsey, §8, §9.6	Tarea 3: Generación de columnas (entrega)
<b>12.</b> 31/10 – 04/11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación entera</li> </ul>	Pochet & Wolsey, §3	<b>Parcial 2</b>
<b>13.</b> 07/11 – 11/11 (lunes festivo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación entera</li> <li>• Cortes de Gomory</li> </ul>	Ahuja et al., §16.1-16.4	Tarea 4: Programación entera (lanzamiento)
<b>14.</b> 14/11 – 18/11 (lunes festivo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relajación Lagrangiana</li> </ul>	Ahuja et al., §16.1-16.4	
<b>15.</b> 21/11 – 25/11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relajación Lagrangiana</li> </ul>	Nemhauser & Wolsey, pp. 412-417	Tarea 4: Programación entera (entrega)
<b>16.</b> 28/11 – 02/12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descomposición de Benders</li> <li>• Cierre del curso</li> <li>• Examen final</li> </ul>		<b>Examen final</b>

# Programa

## Canales de atención

---

El curso cuenta con un equipo en Microsoft Teams (OPTIMIZACIÓN AVANZADA) a través del cual los estudiantes pueden preguntar acerca de los conceptos teóricos, las tareas, los problemas computacionales, y sobre cualquier aspecto administrativo del curso (e.g., notas).

Además, estará habilitada la franja de los jueves de 11:00 a.m. a 12:15 p.m. en el ML\_752 como horario de atención con el asistente del curso. En caso de conflicto de horario o para espacios adicionales contactar al correo [jf.pulidop@uniandes.edu.co](mailto:jf.pulidop@uniandes.edu.co).

## Reglas

---

- La nota definitiva del curso se calcula aproximando a dos decimales el promedio ponderado de los parciales y tareas.
- En Bloque Neón se publicarán todos los cambios al programa, siendo responsabilidad del estudiante revisar el programa vigente regularmente.

## Licencia de programas

---

- El estudiante podrá utilizar Xpress-MP profesional a través de la plataforma Nukak (<https://nukak.uniandes.edu.co/portal/webclient/index.html#/>).
- El estudiante tendrá acceso a Gurobi a través de una licencia académica.

# Programa

## Bibliografía

---

- Ahuja, R. K., Magnanti, T. L. y Orlin, J. B. (1993). Network Flows. Prentice-Hall.
- Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J. y Sheralli, H. D. (1990). Linear Programming and Network Flows. Wiley.
- Cabrera, N., Medaglia, A. L., Lozano, L. y Duque, D. (2020). An exact bidirectional pulse algorithm for the constrained shortest path. Networks. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/net.21960>
- Conforti, M., Cornuéjols, G. y Zambelli, G. (2014). Integer Programming. Springer.
- Fang, S. C. y Puthenpura, S. (1993). Linear Optimization and Extensions: Theory and Algorithms. Prentice-Hall.
- Lasdon, L. S. (2002). Optimization Theory for Large Systems. Dover.
- Nemhauser, G. y Wolsey, L. A. (1988). Integer and Combinatorial Optimization. Wiley.
- Pochet, Y. y Wolsey, L. A. (2006). Production Planning by Mixed Integer Programming. Springer.
- Rardin, R. L. (1998). Optimization in Operations Research. Prentice Hall.
- Wolsey, L. A. (1998). Integer Programming. John Wiley & Sons.

# Grupo de Optimización



## COPA – <http://copa.uniandes.edu.co>



INFORMS – Nashville (2016)



ASOCIO (Primera Conferencia), U. de la Sabana, Chía (2015)



COPA (2013)



COPA (2017)

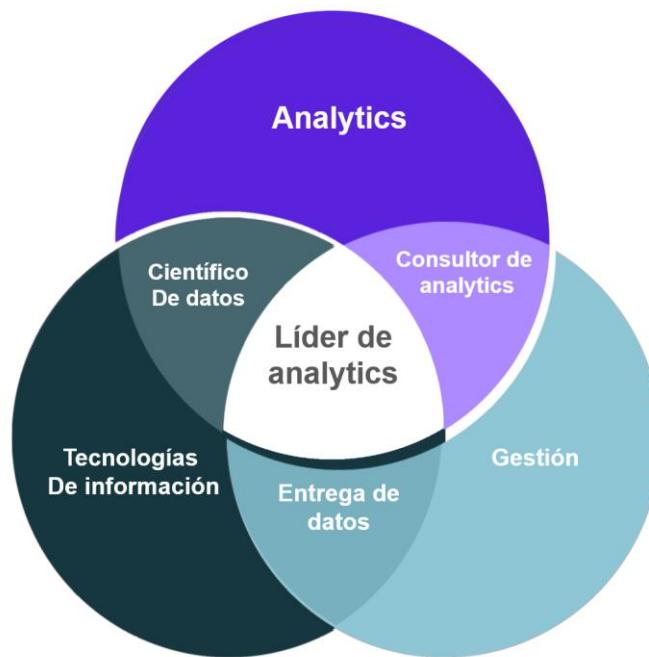
# Analytics (....y optimización)

- **Investigación de Operaciones** es la aplicación de modelos (y métodos) matemáticos y computacionales para analizar problemas que surgen en sistemas complejos.

- **Analítica** es el proceso de transformar datos en información valiosa para tomar decisiones.



## Analytics (....y optimización)



Fuente: How to get the most from big data (McKinsey Global Institute, 2014)

# Data scientists / analytics

## The Emerging Jobs of 2020: Why they are on top - and how long they will last

Published on December 9, 2019



Siddharth (Sid) Pai

Venture Capital for deep science and deep tech, Consultant, Columnist

112 articles + Follow

LinkedIn's survey of the top emerging jobs in 2020 came as no surprise. LinkedIn lists Artificial Intelligence Specialists, Blockchain Developers, Java Script Developers, Back-end developers and Robotic Process Automation Consultants as the top jobs for the year.

The report can be found here:



Emerging Jobs Report

[business.linkedin.com](https://business.linkedin.com)

Fuente:

<https://tinyurl.com/uazhabm>

Data and artificial intelligence continue to make a strong showing in our Emerging Jobs Report, but roles across sales and health care also took spots. Here are the top job trends from this year's list:

### Data science is booming and starting to replace legacy roles.

Unsurprisingly, data science is a field that is seeing continued growth on a tremendous scale, but our data shows data scientists may be augmenting responsibilities traditionally done by statisticians as some industries, like insurance, gear up for the future.

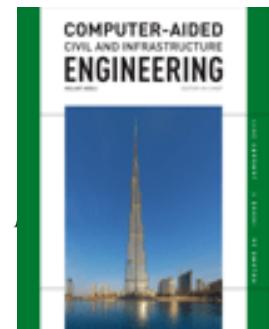
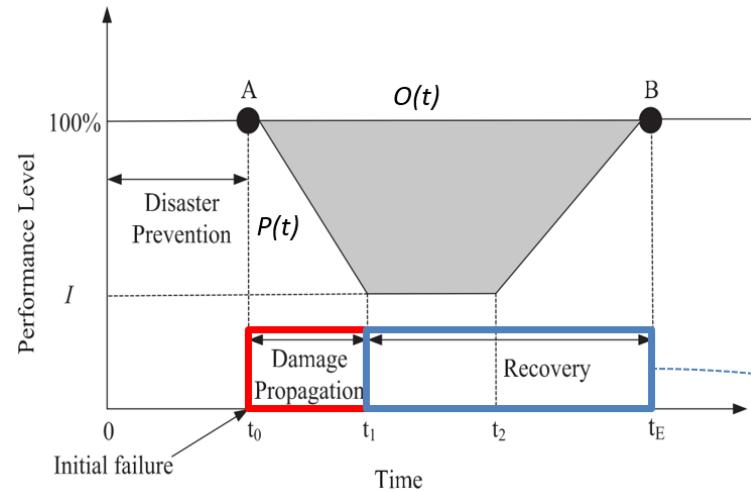
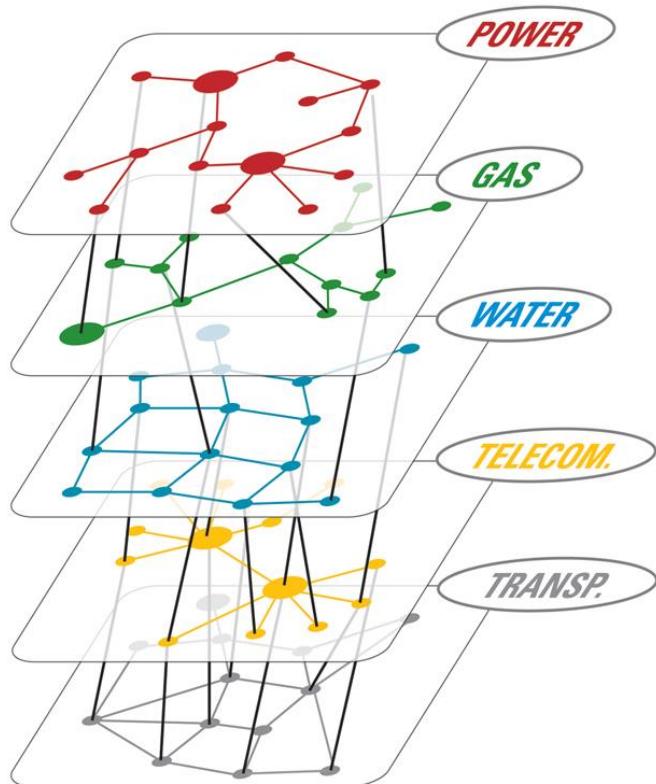
Artificial Intelligence and Machine Learning have both become synonymous with innovation, and our data shows that's more than just buzz. Hiring growth for this role has grown 74% annually in the past 4 years and encompasses a few different titles within the space that all have a very specific set of skills despite being spread across industries, including artificial intelligence and machine learning engineer.

Data science is another field that has topped the Emerging Jobs list for three years running. It's a specialty that's continuing to grow significantly across all industries. Our data indicates some of this growth can likely be attributed to the evolution of previously existing jobs, like Statisticians, and increased emphasis on data in academic research.

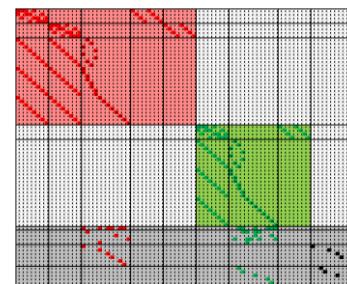
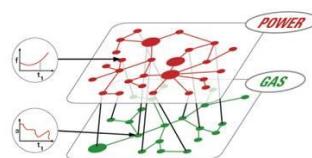
Data science is not just about the analysis of data, since it involves the whole data 'lifecycle': generating, collecting, storing, managing, analyzing, visualizing and finally interpreting through story telling.

# Interdependent network design problem

González, A., Sánchez, M., Dueñas, L., Medaglia, A. L.



INDP



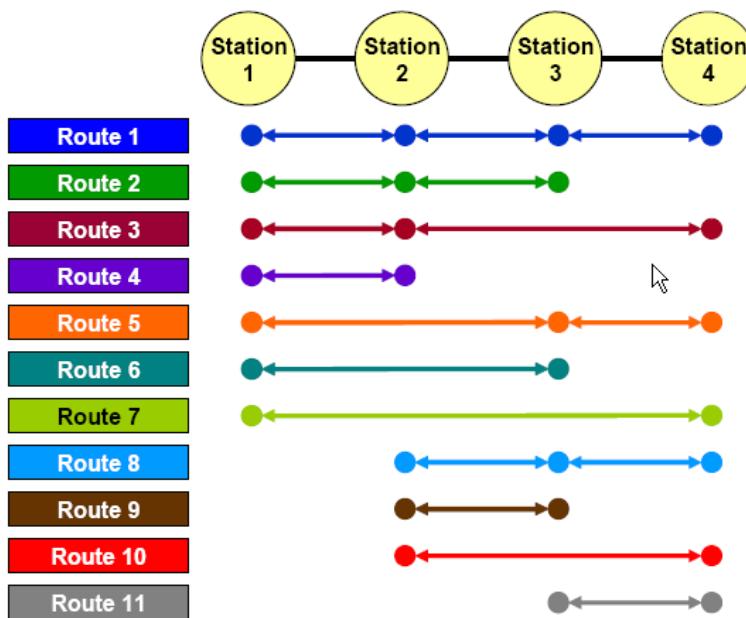
<http://dx.doi.org/10.1111/mice.12171>

# Bus Rapid Transit (BRT) Route Design

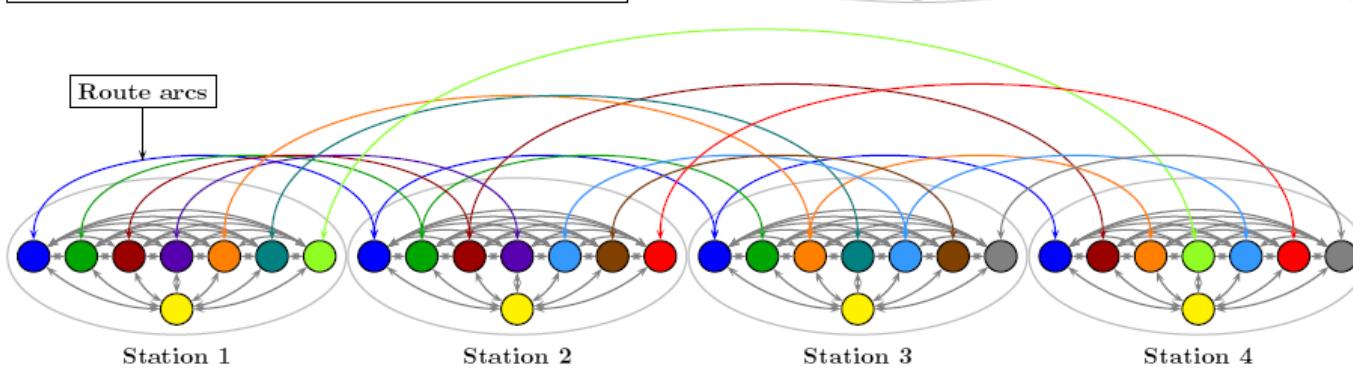
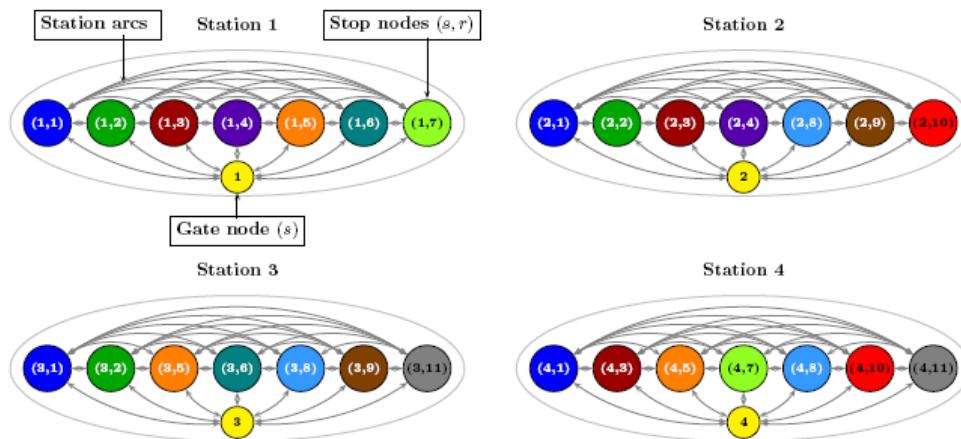
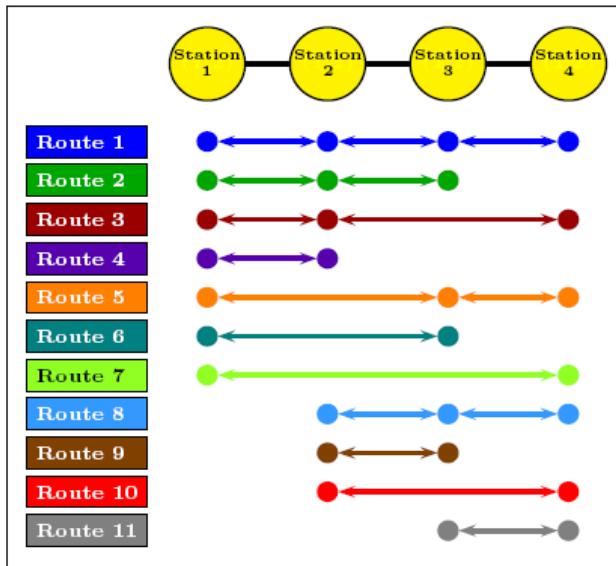
Walteros, J.L., González, J., Medaglia, A. L. et al.

## PROBLEM:

To find the best selection of routes that minimizes the total travel time (society), satisfying the system technical constraints (O-D demand, min/max frequencies, lane capacities, among others).



# NETWORK MODEL: FOUR-STATION EXAMPLE



# Bus Rapid Transit (BRT) Route Design

Walteros, J.L., González, J., Medaglia, A. L. et al.

Walteros, J. L., Medaglia, A. L., & Riaño, G. (2015). Hybrid algorithm for route design on bus rapid transit systems. *Transportation Science*. 49(1):66-84. Available at: <http://dx.doi.org/10.1287/trsc.2013.0478>



**TRANSPORTATION SCIENCE**  
Vol. 49, No. 1, February 2015, pp. 66–84  
ISSN 0041-1655 (print) | ISSN 1526-5447 (online)

**inFORMS**  
<http://dx.doi.org/10.1287/trsc.2013.0478>  
© 2015 INFORMS

Hybrid Algorithm for Route Design on  
Bus Rapid Transit Systems

Jose L. Walteros, Andrés L. Medaglia, Germán Riaño  
Centro para la Optimización y Probabilidad Aplicada (COPA)  
Departamento de Estadística, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia  
[jwalteros@uniandes.edu.co, amedaglia@uniandes.edu.co, grian@uniandes.edu.co]

In recent years, well-designed bus rapid transit (BRT) systems have become a real alternative to more expensive rail-based public transportation systems around the world. However, once the BRT system is operational, its success depends on the routes offered to passengers. Thus, the bus rapid transit route design problem (BRTROP) is to determine, among a set of feasible routes, the best one that minimizes total passenger costs (travel time) while simultaneously satisfying the system's technical constraints, such as meeting the demands for trips, bus frequencies, and lane capacities. To address this problem, we propose a mathematical formulation of the BRTROP as a mixed-integer program (MIP) with an underlying network structure. However, because of the large number of variables and constraints, the MIP is not able to solve the BRTROP for most instances. Hence, we propose a decomposition strategy that, given a certain set of routes, decouples the route selection decisions from the BRT system performance evaluation. The latter evaluation is done by solving a linear optimization problem using a column generation scheme. We evaluated this decomposition strategy in a hybrid genetic algorithm (HGA) and tested it on 14 instances taken from 5 different and diverse BRT system topologies. The results show that in 8 of 14 problems, HGA was able to obtain a solution that is provably optimal within 0.20%. Additionally, in 4 of 14 instances, HGA obtained the optimal solution.

Keywords: bus rapid transit systems; public transit network design; bus routing; urban logistics; mathematical programming; column generation

History: Received October 2008; revision received July 2010; accepted March 2013. Published online in *Articles in Advance* August 14, 2013.

---

**1. Introduction**

A bus rapid transit (BRT) system is a flexible, rubber-tired, high-capacity, low-cost public transit solution that is a competitive alternative to more expensive rail-based systems. Most specifically, BRT systems combine specialized buses, dedicated lanes, stations, off-vehicle fare collection, and intelligent transportation systems (ITS) to create a unique system with a look identical under a unique image (Daly, 1998; Levinson and Zimmerman 2007; Levinson et al. 2003).

The re-emergence of BRT is a worldwide initiative, with cities ranging from small to megacities, adopting such systems. Just to name a few: Bogotá (Colombia), BRT systems are in Los Angeles (United States), Boston (United States), and Ottawa (Canada); in Europe, in Leeds (United Kingdom) and Rouen (France); in Australia, in Sydney and Adelaide; and in South America, in Quito (Ecuador), São Paulo (Brazil), and Bogotá (Colombia). Indeed, according to Hidalgo and Gutierrez (2013) reports the appearance of 120 BRT systems around the world, covering in total more than 4,300 km in bus lanes, and serving about 28 million passengers per day.

One of the most highly recognized BRT implementations among transportation planners is TransMilenio (TransMilenio 2013; Weinstock et al. 2011), which serves Bogotá, a city with 7,000,000 inhabitants (citymeters.com 2013). By September 2012, the system comprised an 87-km network of exclusive lanes, 115 stations, 1,392 articulated and bi-articulated buses (with 160- and 260-passenger capacity, respectively), and 90 routes. Already carrying over 1.5 million passengers per day (TransMilenio 2013), TransMilenio is serving more than 198,000 passengers per peak hour by 2012, a volume normally associated with heavy rail transit modes. In addition, TransMilenio had increased average public transit speeds from 15 km/h to 27 km/h (Cain et al. 2013; TransMilenio 2013).

The success of this BRT system has inspired other cities in Colombia and around the world to emulate the TransMilenio model (Cain et al. 2006). In Colombia alone, the same model has been implemented by small-scale BRT systems in Barranquilla (TransCaribe), Cartagena (MetroLinea), Cali (Mio), Cartagena (TransCaribe), Medellín (MetroPlus), and Pereira (MegaBus).

Nonetheless, despite the overwhelming success of BRT systems like TransMilenio, once in operation, they are subject to public complaints such as overcrowding and long wait times (Cain et al. 2006;

66

RIGHTS LINK®

20

# Análisis Modelo ENFICC

Medaglia, A. L. , Castro, E. & Sefair, J. (2007)

Medaglia, A. L. , González, J. & Lozano, L. (2011, 2012)



República de Colombia



Ministerio de Minas y Energía

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS

RESOLUCIÓN No. 085 DE 2007

( 23 SET. 2007 )

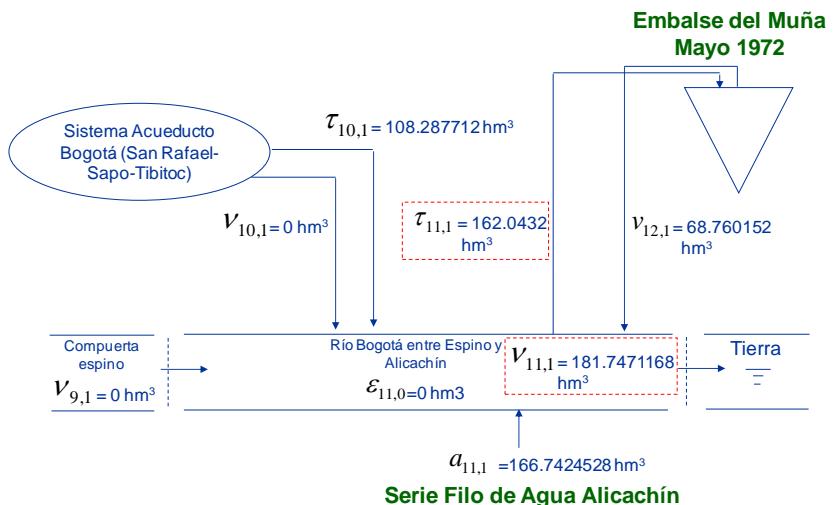
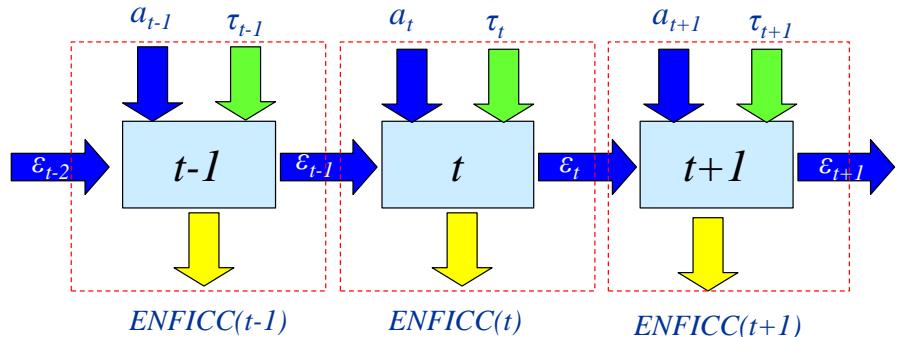
RESOLUCIÓN No. 085 DE 25 SET. 2007

HOJA No. 2/22

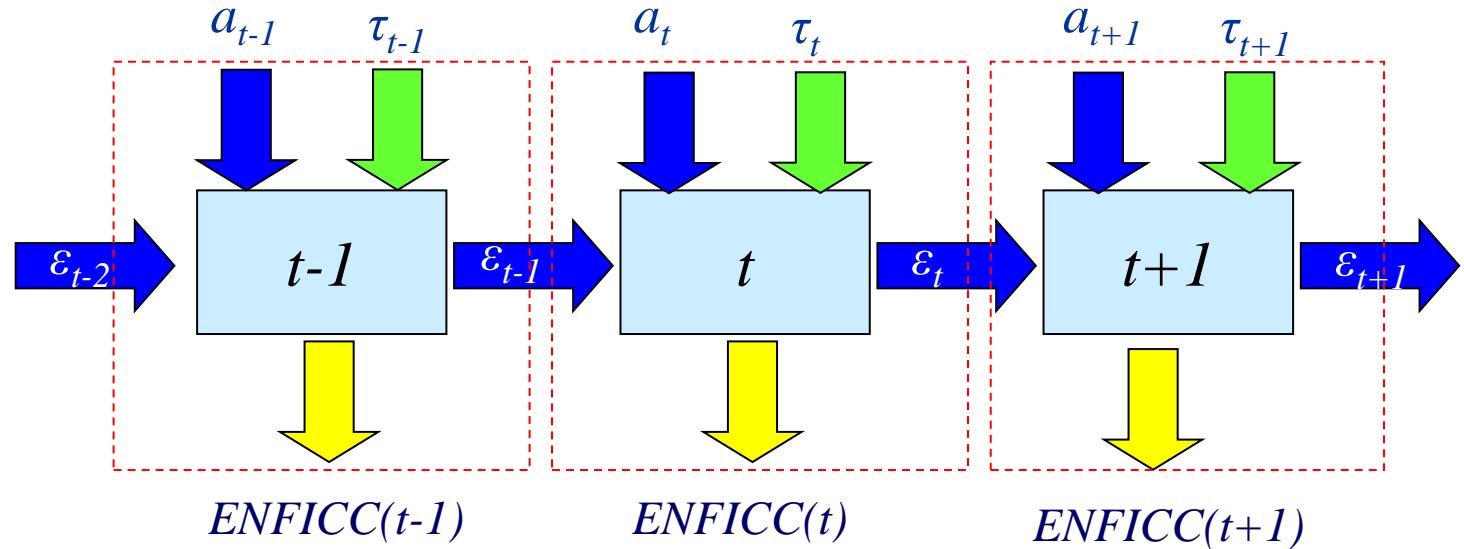
Por la cual se modifican, aclaran y adicionan disposiciones de la Resolución CREG-071 de 2006 y se dictan otras normas, sobre el Cargo por Confiabilidad.

Que se considera necesario efectuar algunas aclaraciones, modificaciones y adiciones a la Resolución CREG-071 de 2006 en lo relacionado con Definiciones, Reporte de Información, Conciliación, Pruebas de Disponibilidad, Cambio de Combustible, Contratos Mercado Secundario, Indisponibilidad Histórica Forzada de Plantas Térmicas y Cambio de ENFICC;

Que la sociedad EMGESA S.A. presentó a la CREG para análisis un estudio adelantado por la Universidad de los Andes sobre el Modelo ENFICC, radicado con el No. E-2007-003694;

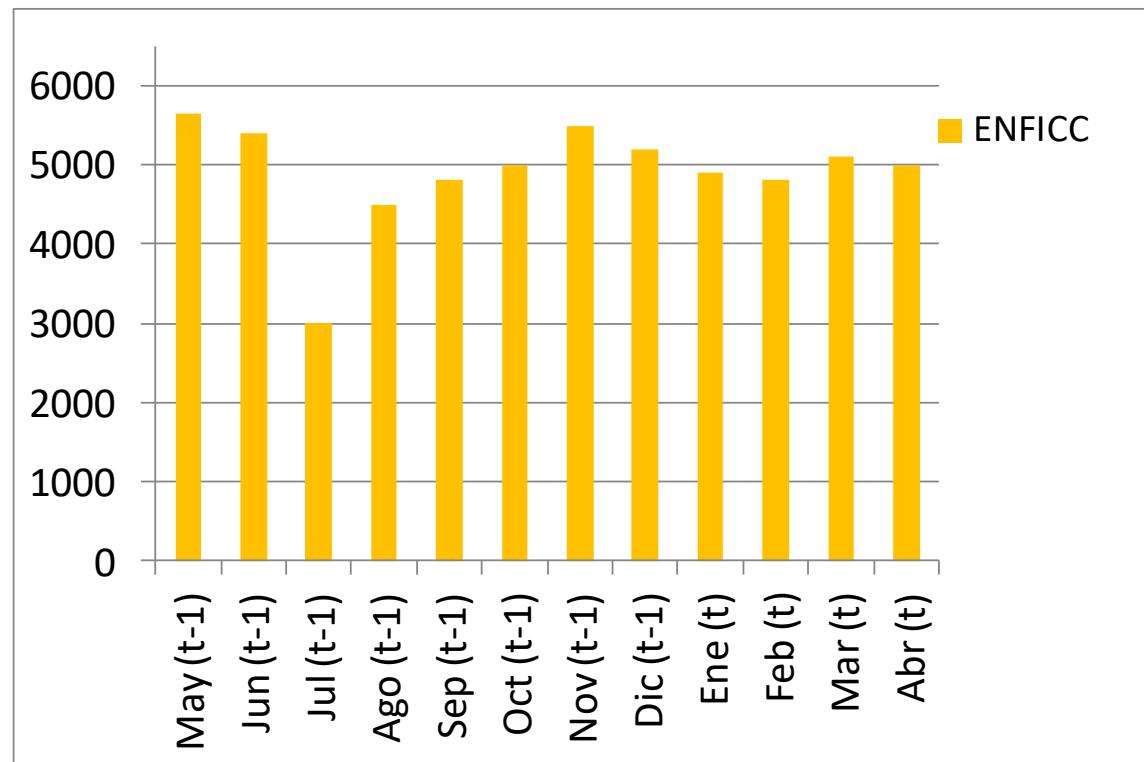
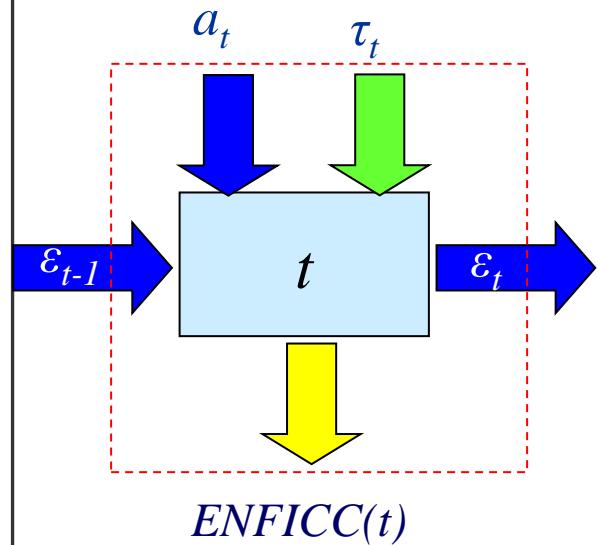


# Modelo HIDENFICC

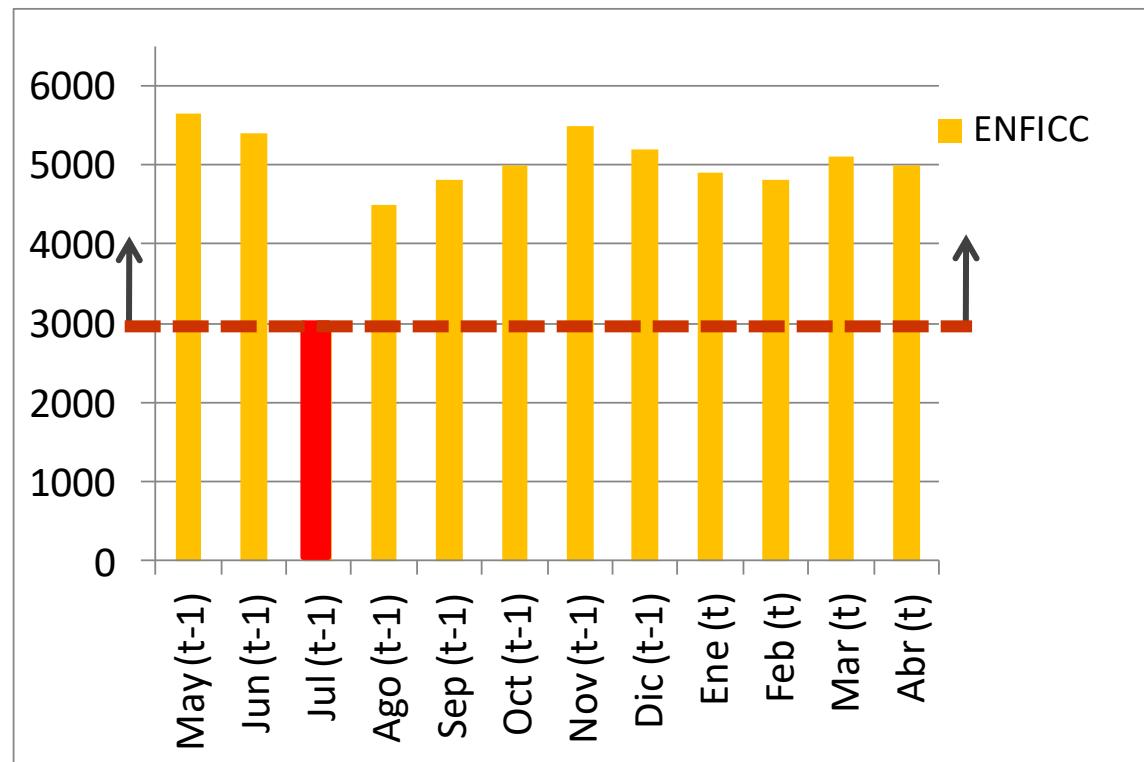
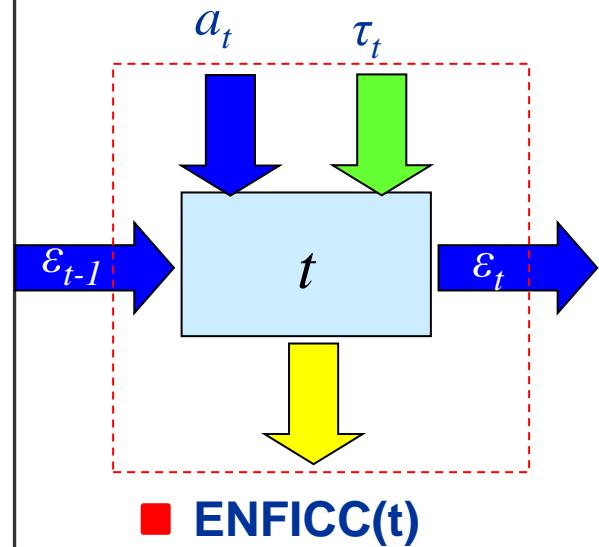


- Serie de modelos de optimización (uno por período) que se encadenan entre si por medio del volumen final de los elementos de la cadena.
- Los volúmenes del último mes de cada periodo de optimización son las condiciones iniciales para el siguiente período.

# Modelo HIDENFICC

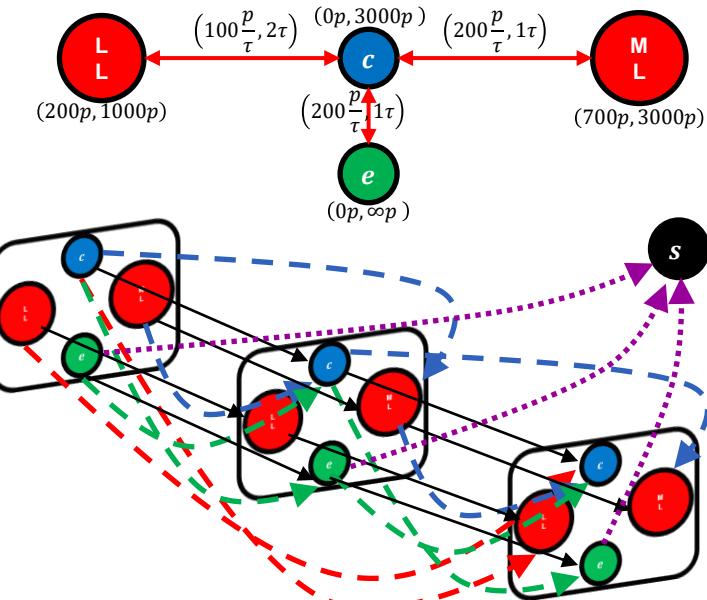
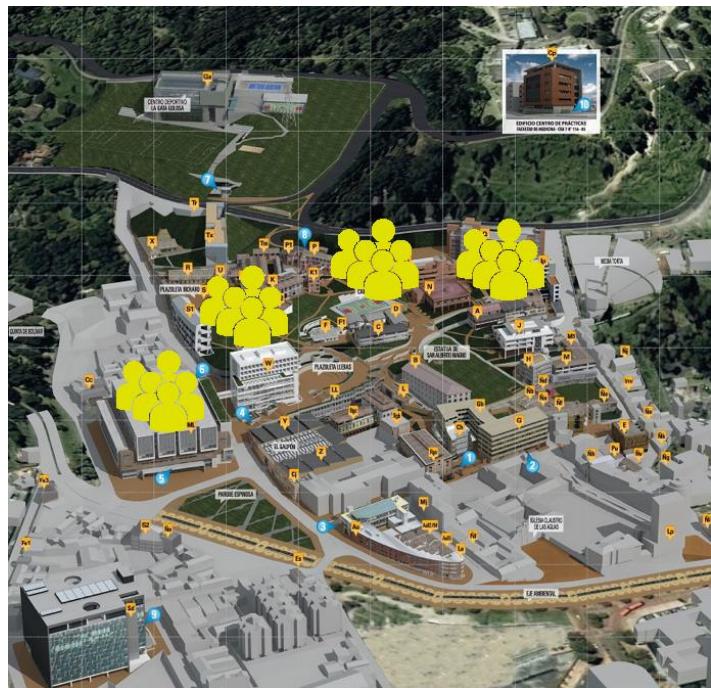


# Modelo HIDENFICC



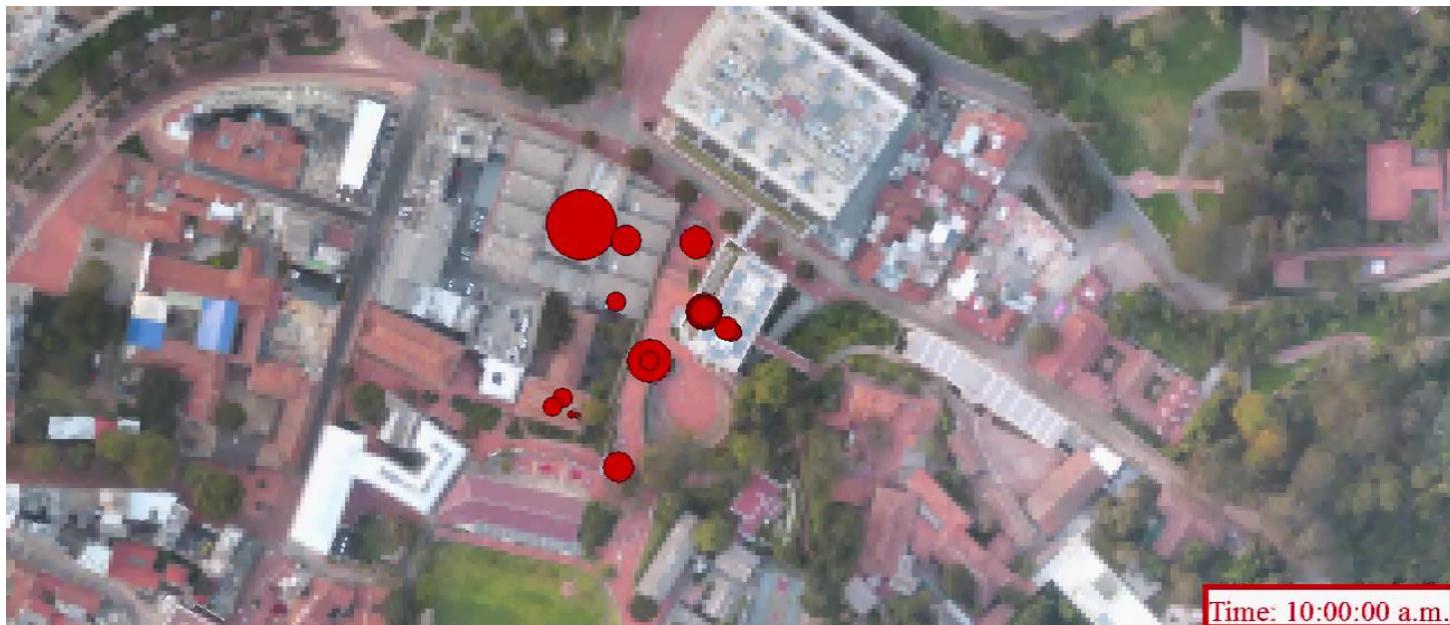
# Campus Evacuation via Network Optimization

Huertas, J. A., Duque, D., Segura, E., Medaglia, A. L.



# Campus Evacuation via Network Optimization

Huertas, J. A., Duque, D., Segura, E., Medaglia, A. L.



# Campus Evacuation via Network Optimization

Huertas, J. A., Duque, D., Segura, E., Medaglia, A. L.

Huertas, J. A., Duque, D., Segura, E., Akhavan-Tabatabaei, R. & Medaglia, A. L. (2019). Evacuation dynamics: a modeling and visualization framework. *OR Spectrum*. DOI: 10.1007/s00291-019-00548-x. Available at: <https://rdcu.be/bFxRW>



OR Spectrum  
<https://doi.org/10.1007/s00291-019-00548-x>

**REGULAR ARTICLE**



Evacuation dynamics: a modeling and visualization framework

Jorge A. Huertas<sup>1</sup> · Daniel Duque<sup>2</sup> · Ethel Segura-Durán<sup>3</sup> ·  
Raha Akhavan-Tabatabaei<sup>4</sup> · Andrés L. Medaglia<sup>1</sup> 

Received: 29 August 2018 / Accepted: 6 February 2019  
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2019

**Abstract**  
Evacuation mock drills are critical to emergency preparedness and to stress test the infrastructure capacity. Even though drills are expensive in terms of the involved resources, recognizing critical points of the infrastructure can guide decisions to improve the dynamics during a real evacuation, resulting in saving lives. In this paper, we present a modeling and visualization framework that provides useful insight and information of the evacuation dynamics to the decision makers of complex facilities. Using an optimization-based simulation approach, the framework recreates real evacuation scenarios, provides useful statistics of the evacuation dynamics, and allows for *what-if* analyses. To do so, our framework solves multiple linear optimization models with an underlying network structure that models the topography and resources of the given facility. A dual analysis of the optimization model allows us to identify critical points during an evacuation. In addition, the framework integrates with geographical information systems to produce rich visualizations of the evacuation dynamics. To illustrate the application of this framework, we evaluate two real evacuation scenarios on a university campus, located in Bogotá (Colombia), and provide insight to improve the decisions taken by the campus administration.

**Keywords** Evacuation dynamics · Optimization · Networks flows · Simulation

## 1 Introduction

With nearly eight million inhabitants, Bogotá is the Colombia's largest city and the fourth largest city in the Americas (CityMayors 2017); it is located at 2600 m above the sea level and is surrounded by the Andes mountain range. On February 2, 2016, the historic city center was forced to evacuate due to the smoke of a wildfire on the surrounding mountains. A yellow alert provoked a massive evacuation of several gov-

 Andrés L. Medaglia  
amdagli@uniandes.edu.co

Extended author information available on the last page of the article

Published online: 03 June 2019 

## Recreovía

### Expansión del programa con analítica

Sepideh Abolghasem, Felipe Solano, Claudia D. Bedoya, Lina P. Navas, Ana P. Ríos, Edwin A. Pinzón,  
Andres L. Medaglia, Olga L. Sarmiento



Instituto Distrital de Recreación y Deporte

IDRD

### Financiación:



# Recreovía

## Expansión del programa con analítica



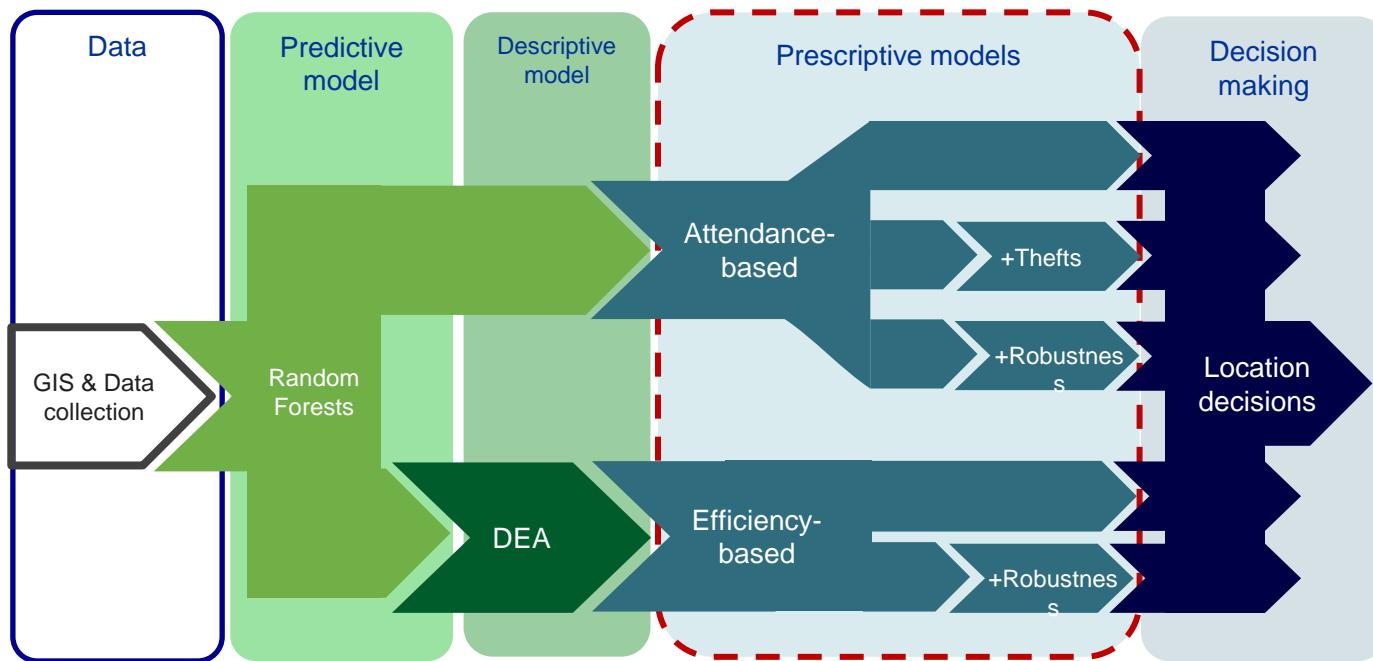
### Objetivo:

Desarrollar un Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD) basado en analítica que ayude al IDRD a expandir el programa de Recreovía en Bogotá.

Este reto involucra la asignación de recursos de forma innovadora y eficiente que identifiquen las mejores ubicaciones para expandir el programa de Recreovía en Bogotá.

# Recreovía

## Expansión del programa con analítica



# Recreovía

## Modelos de localización

Maximizar participantes en los puntos de Recreovía

$$\max \sum_{i \in P} \sum_{j \in T} a_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

s. a.,

Presupuesto

$$\sum_{i \in P} \sum_{j \in T} c_j x_{ij} \leq b \quad (2)$$

Máximo un horario por punto de Recreovía

$$\sum_{j \in T} x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in P \quad (3)$$

Distancia minima entre puntos de Recreovía

$$\sum_{j \in T} x_{ij} + \sum_{j \in T} x_{kj} \leq 1 \quad \forall i, k \in P \mid d_{ik} < \bar{d} \quad (4)$$

# Recreovía RecreoBOG



# Recreovía

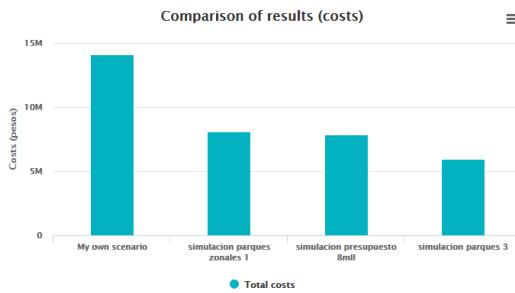
## RecreoBOG

[Home](#) [Simulation ▾](#) [My own scenario](#) [Current Recreovía hubs](#) [Information ▾](#) [Help](#)

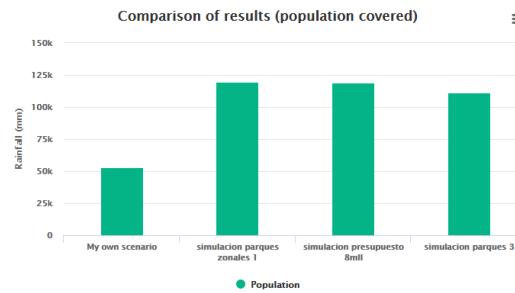
### General information

#	Name of simulation	Objective function of simulation	Number of Recreovía hubs
1	My own scenario	My own scenario	19
2	simulacion parques zonales 1	Maximize assistance (with violence indicator)	34
3	simulacion presupuesto 8mll	Maximize assistance	33
4	simulacion parques 3	Maximize assistance (with violence indicator)	25

### Costs Information



### Population Information



[My own scenario](#)

[simulacion parques zonales 1](#)

Highcharts.com

[simulacion presupuesto 8mll](#)

[simulacion parques 3](#)

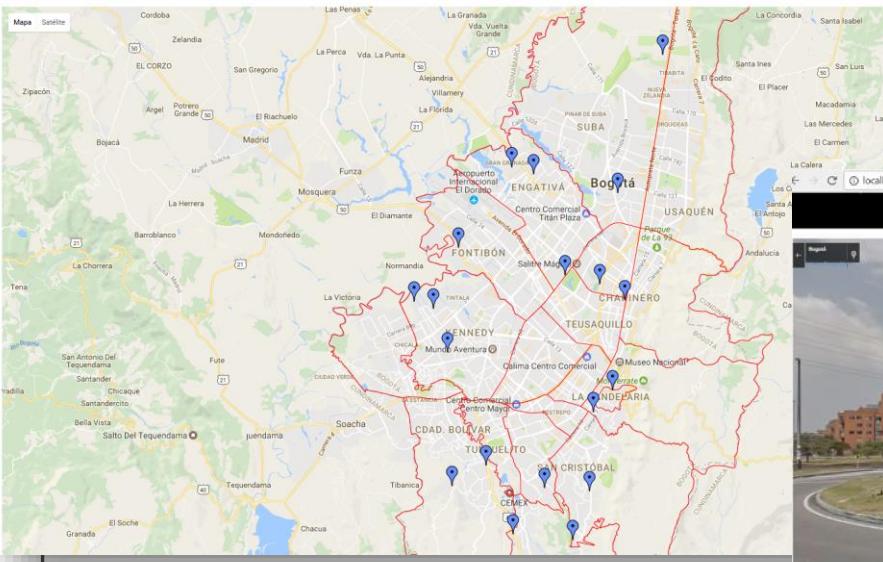
Highcharts.com

# Recreovía RecreoBOG

localhost:9000/simulation/open/loadSavedSimulation/2

Home Simulation - My own scenario Current Recreovía hubs Information - Help

Mapa Satélite



Information panel

Statistics Table Map

Clear results Show all Recreovía hubs

Search panel

Search by name

localhost:9000/information

Home Simulation - My own scenario Current Recreovía hubs Information - Help

Information panel

Statistics Table Map

Clear results Show all Recreovía hubs

Search panel

Search by name

Select a locality

Select a zone

Day

Zones

Select a type

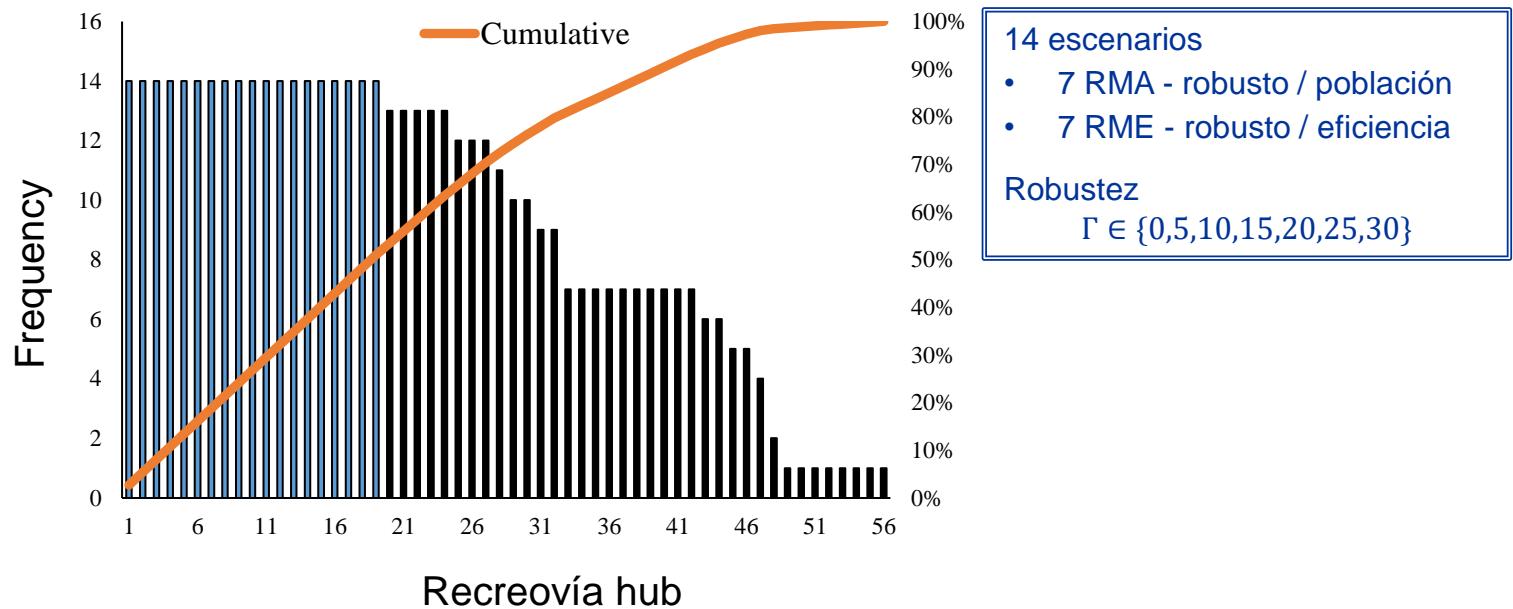
Search by Mid-Code

Full search



# Recreovía

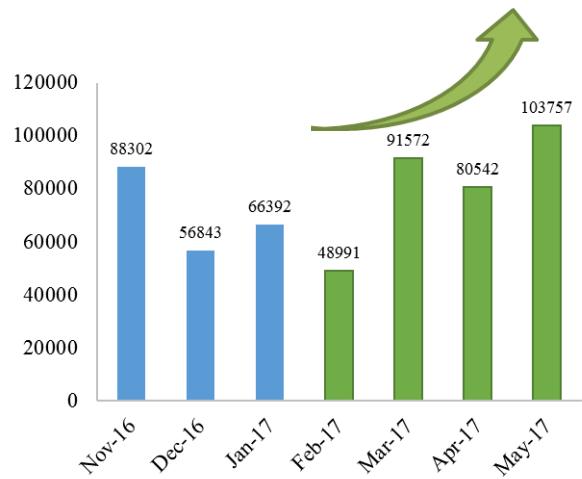
## Recomendaciones



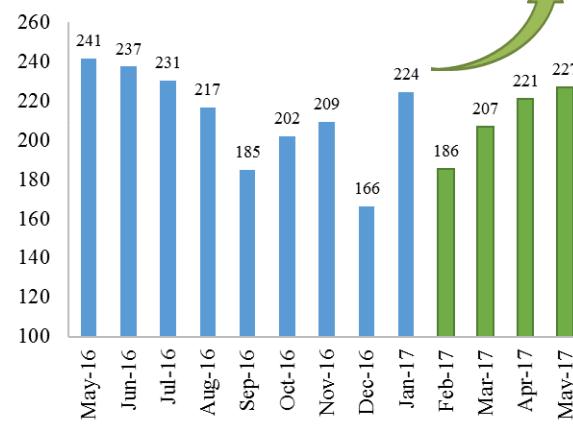
# Recreovía

## Impacto de la solución

Participantes totales



Participantes por evento



# Recreovía

## Epílogo



O. L. Sarmiento, C. Ribeiro, F. Solano, A. L. Medaglia, L. Navas

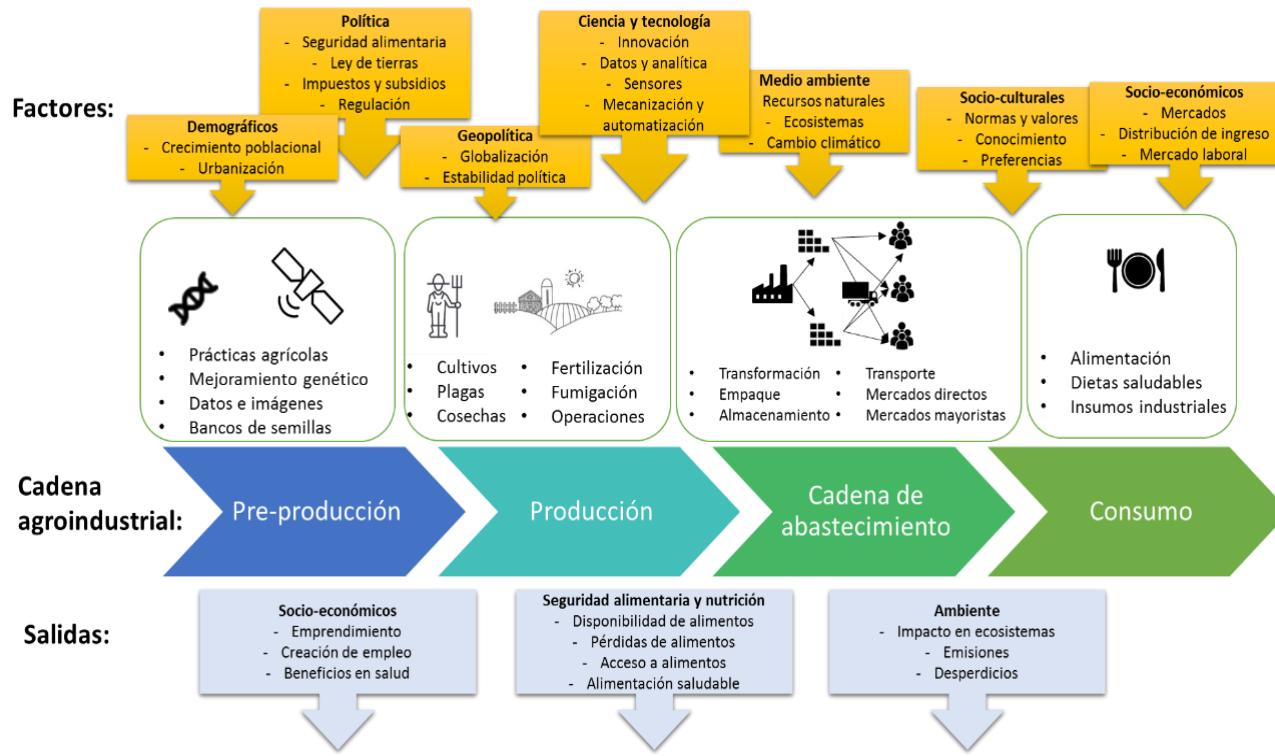
Quebec City, Canada (2017)  
XXI Triennial IFORS Conference



Abolghasem, S., Solano, F., Bedoya, C. D., Navas, L.P., Ríos. A. P., Pinzón. E. A., Medaglia, A. L., Sarmiento, O. L. (2019). A robust DEA-centric location-based decision support system for expanding Recreovía hubs in the city of Bogotá (Colombia). *International Transactions in Operational Research.* 26:1157-1187.  
url: <http://dx.doi.org/10.1111/itor.12573>

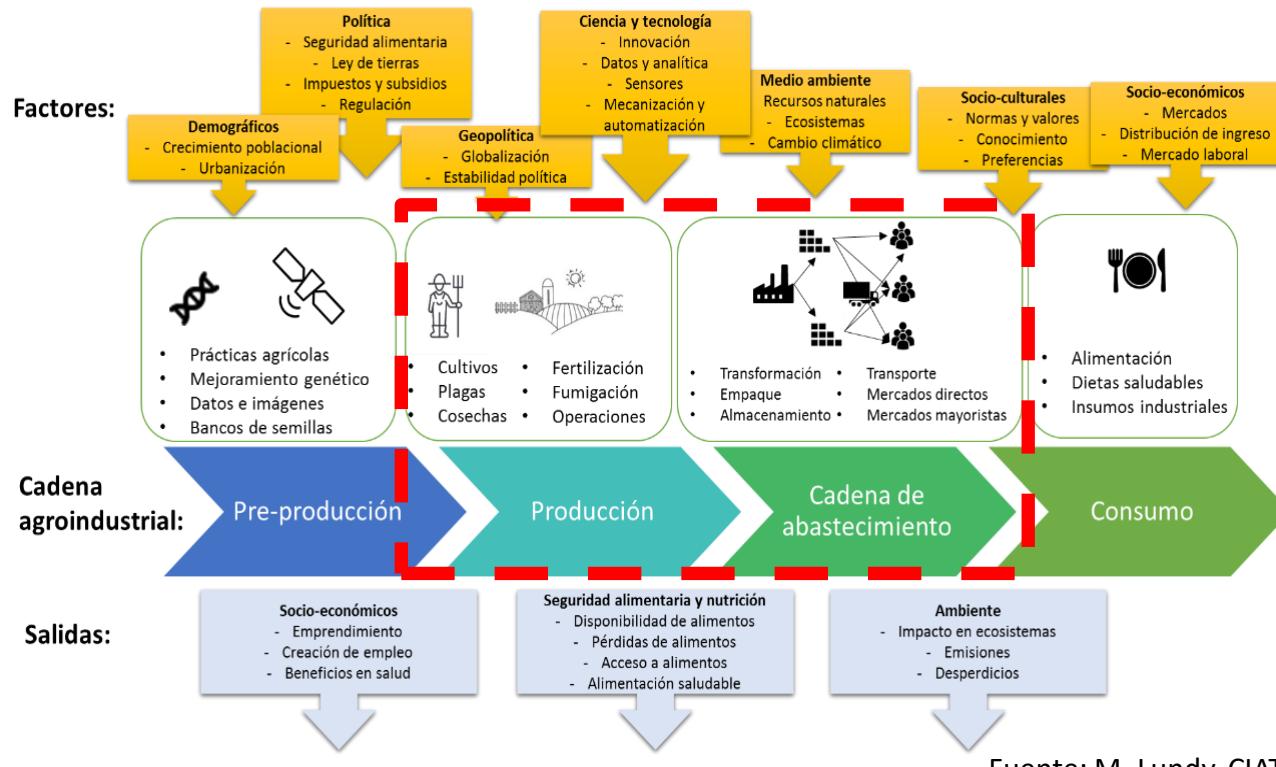
Medaglia, A. L. (2017). Promoting health and wellness through OR. In *IFORS News.* OR-Impact Section. 11(4). ISSN: 2223-4373  
url: <http://ifors.org/newsletter/ifors-news-december-2017.pdf>

# Sistemas agroalimentarios (Uniandes)



Fuente: M. Lundy, CIAT 50 - Celebration (2017)

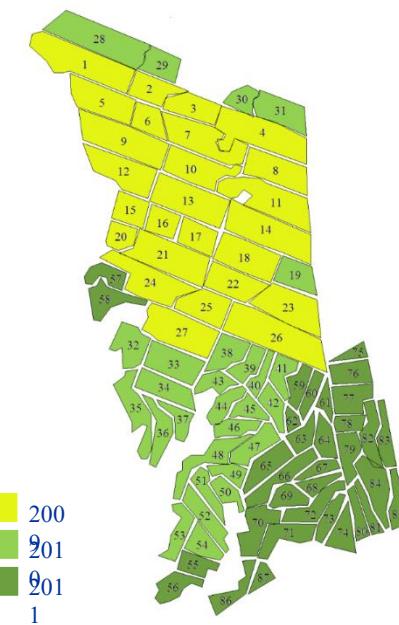
# Sistemas agroalimentarios (Uniandes)



Fuente: M. Lundy, CIAT 50 - Celebration (2017)

# Optimización en los tiempos de ciclo en un cultivo de palma de aceite (Maní, Casanare)

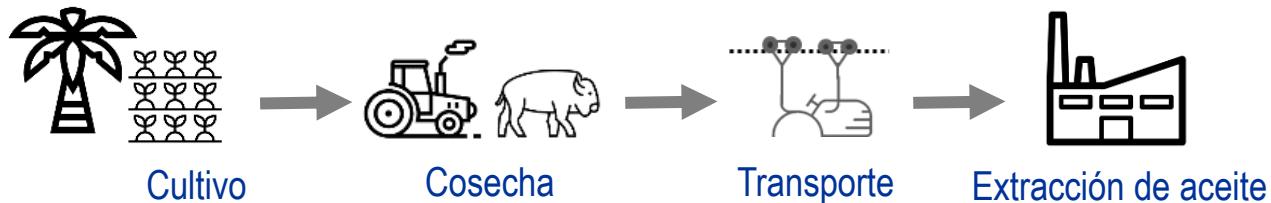
M. Escallón, D. Castillo, J. Leal, A. L. Medaglia, C. Montenegro



- 2,090 hectáreas
- 87 lotes
  - Siembras: 2009, 2010 y 2011
- 200 trabajadores
- 100 km de cablevía
  - 8 tractores aéreos

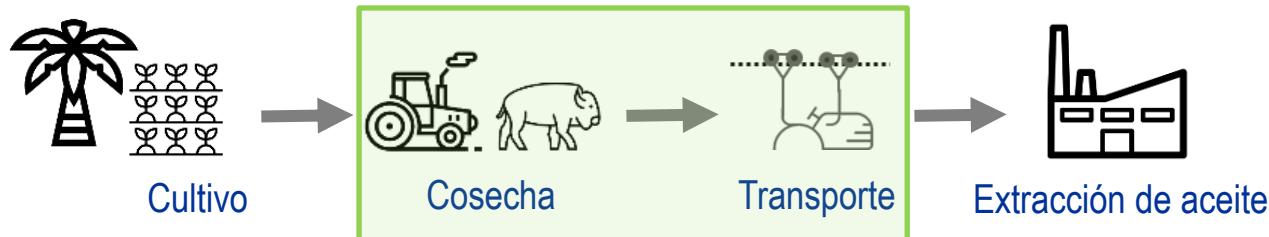
# Palma de aceite - Casanare

## Agrocadena



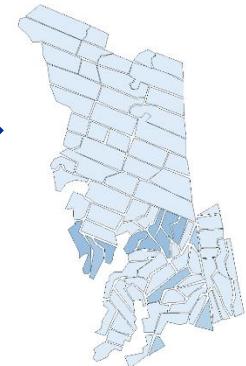
# Palma de aceite - Casanare

Situación problemática



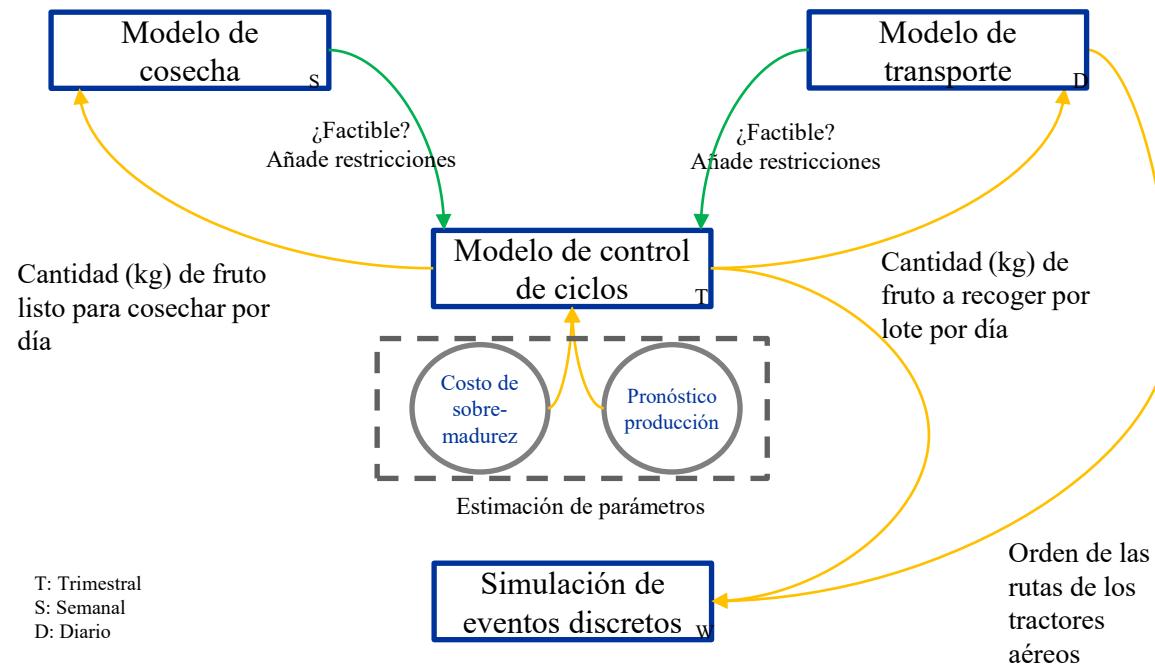
Tiempo de ciclo promedio: 19.6 días

¿Cómo se debe recorrer el cultivo para disminuir los tiempos de ciclo de la plantación?



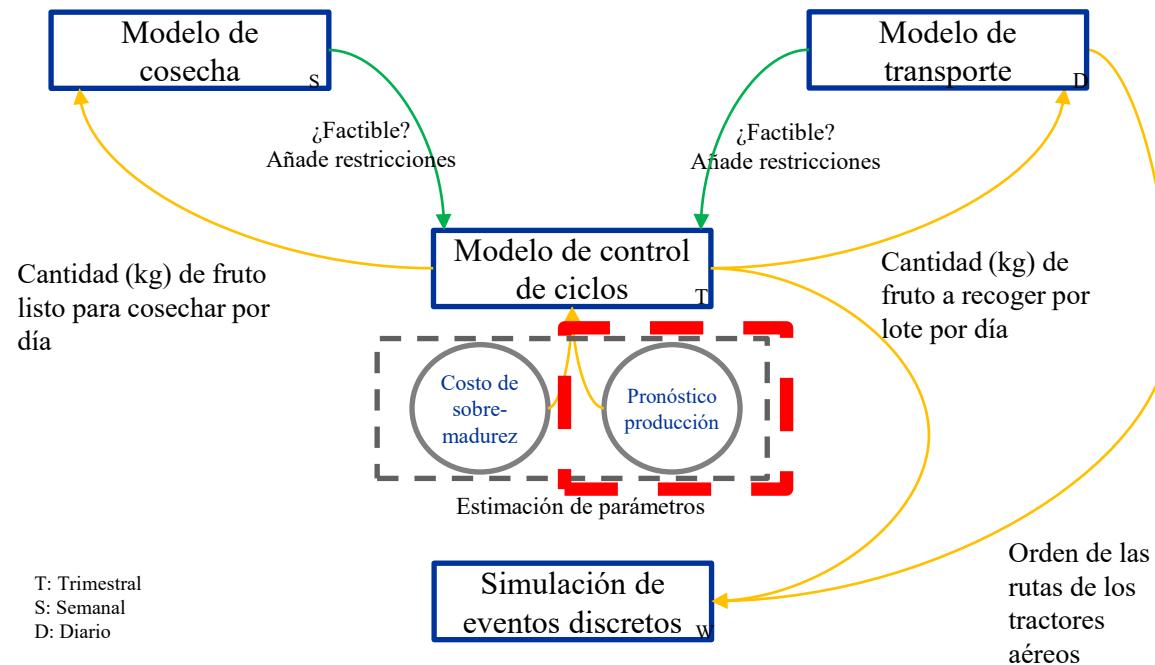
# Palma de aceite - Casanare

## Metodología



# Palma de aceite - Casanare

## Metodología



# Palma de aceite - Casanare

## Metodología - Modelos prescriptivos

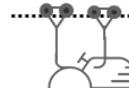
Modelo de cosecha  
S



¿Cómo se debe  
hacer la asignación  
de personal para  
cosechar el cultivo?

Táctico

Modelo de  
transporte  
D



¿Cómo debe ser la  
ruta de los  
tractores para la  
recolección de  
fruto?

Operativo

Modelo de control  
de ciclos  
T



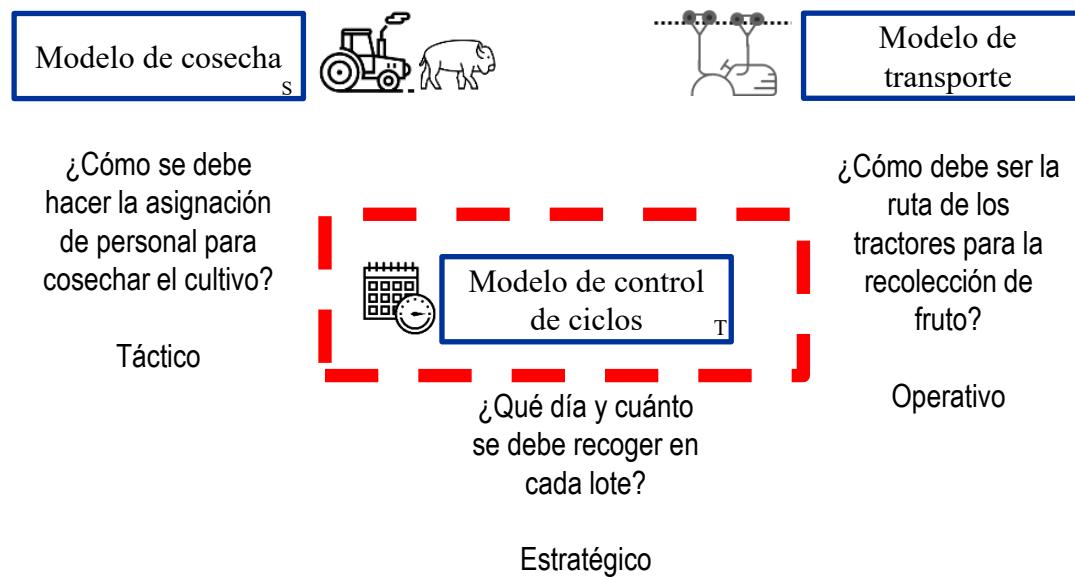
¿Qué día y cuánto  
se debe recoger en  
cada lote?

Estratégico

T: Trimestral  
S: Semanal  
D: Diario

# Palma de aceite - Casanare

## Metodología - Modelos prescriptivos



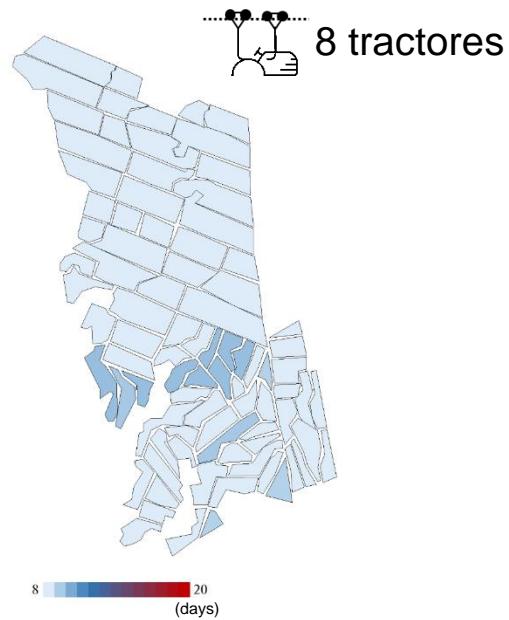
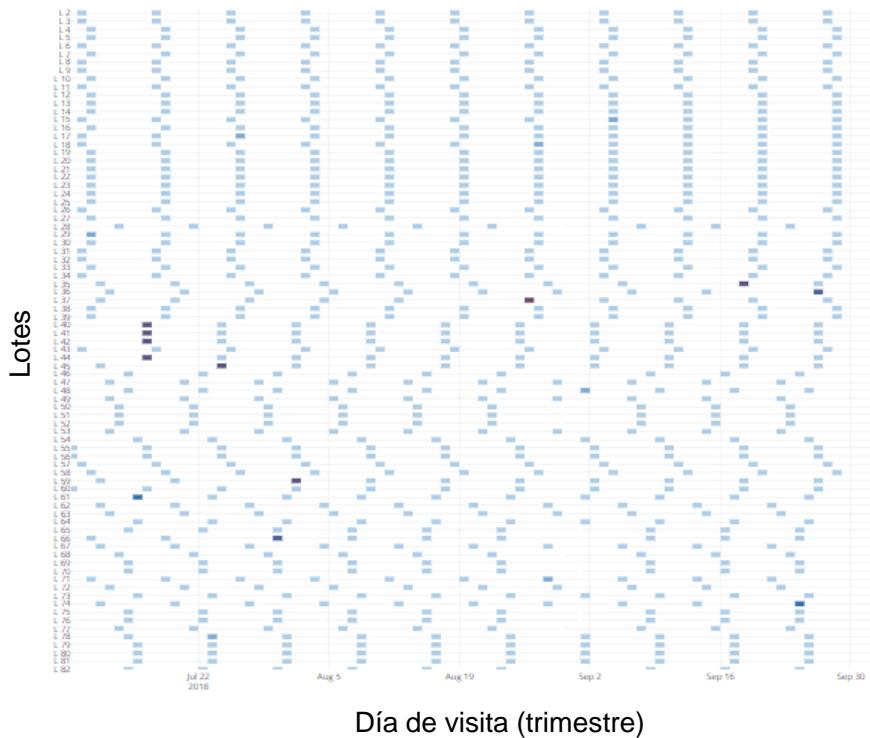
T: Trimestral

S: Semanal

D: Diario

# Palma de aceite - Casanare

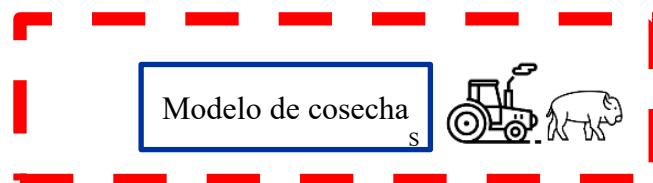
Modelo de control de ciclos: planeación trimestral de visitas a lotes



Tiempo de ciclo promedio: 8,3 días

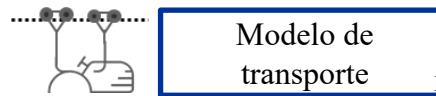
# Palma de aceite - Casanare

## Metodología - Modelos prescriptivos



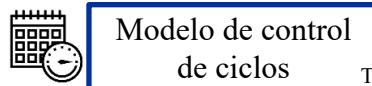
¿Cómo se debe hacer la asignación de personal para cosechar el cultivo?

Táctico



¿Cómo debe ser la ruta de los tractores para la recolección de fruto?

Operativo



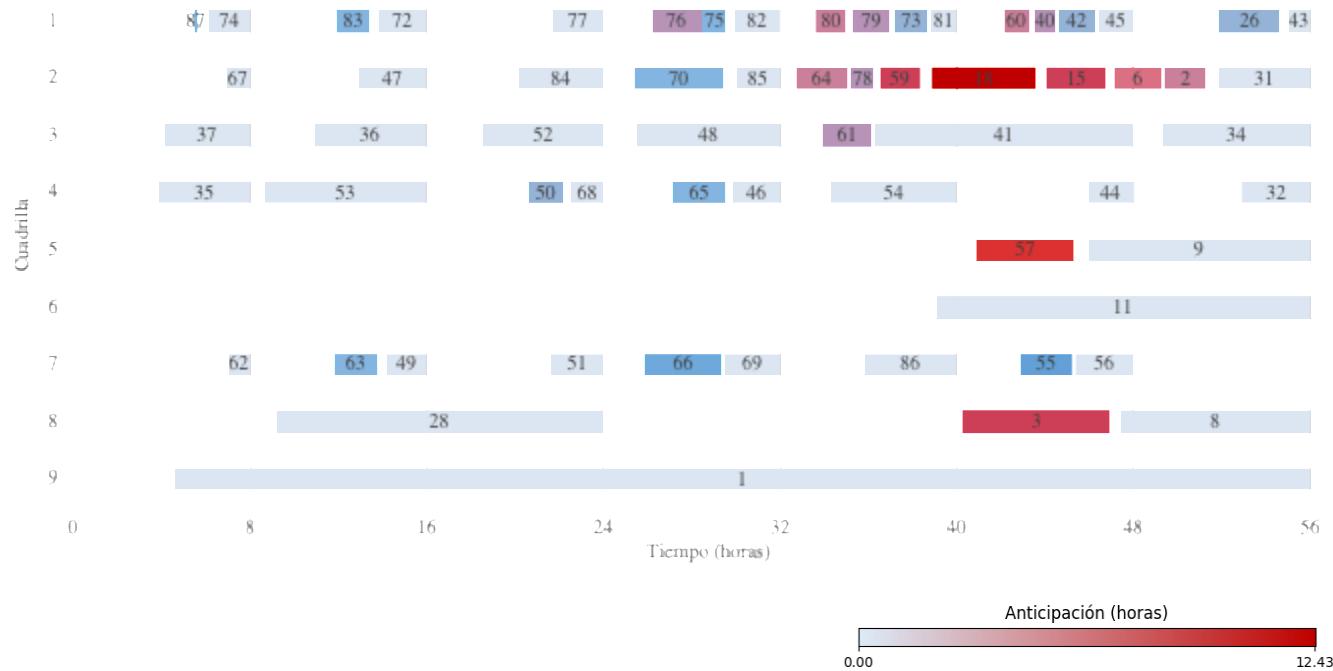
¿Qué día y cuánto se debe recoger en cada lote?

Estratégico

T: Trimestral  
S: Semanal  
D: Diario

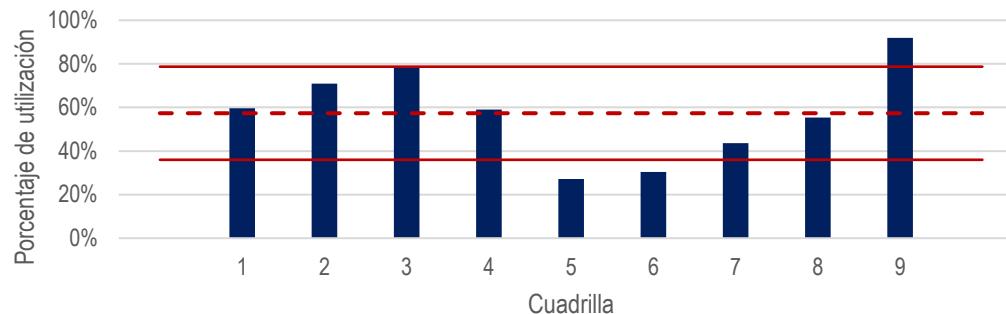
# Palma de aceite - Casanare

Modelo de cosecha: programación de cuadrillas por semana

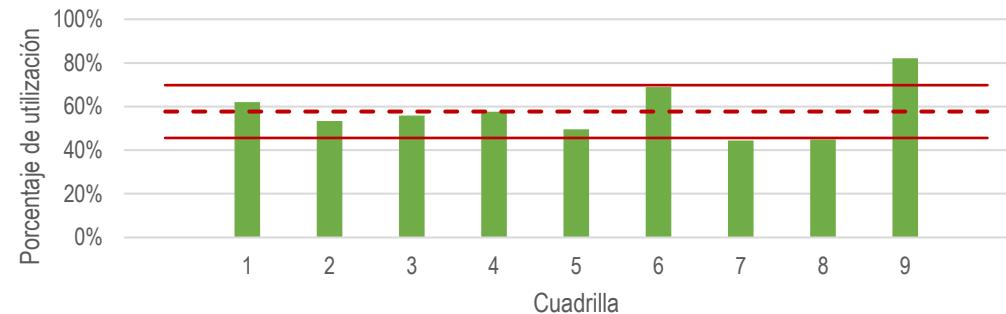


# Palma de aceite - Casanare

Modelo de cosecha: programación de cuadrillas por semana



$$\min \sum_{j \in J} w_j t_j^e$$



$$\min \sum_{j \in J} t_j^e$$

# Palma de aceite - Casanare

## Metodología - Modelos prescriptivos

Modelo de cosecha  
S



¿Cómo se debe  
hacer la asignación  
de personal para  
cosechar el cultivo?

Táctico

Modelo de control  
de ciclos  
T

¿Qué día y cuánto  
se debe recoger en  
cada lote?

Estratégico

Modelo de  
transporte  
D

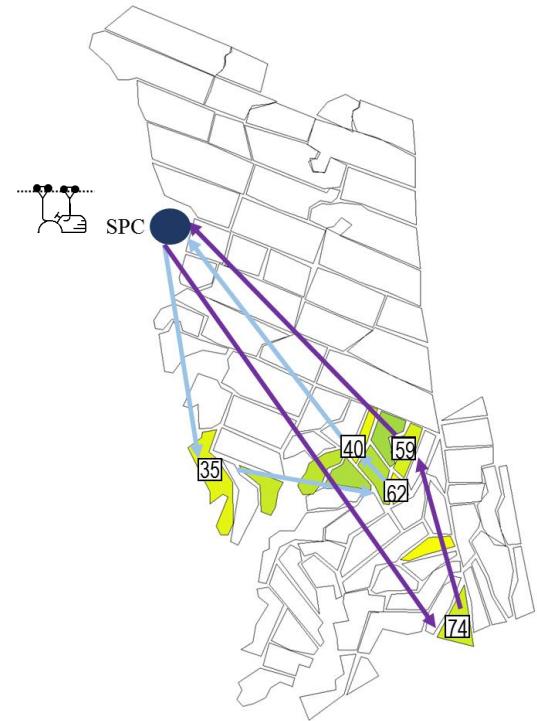
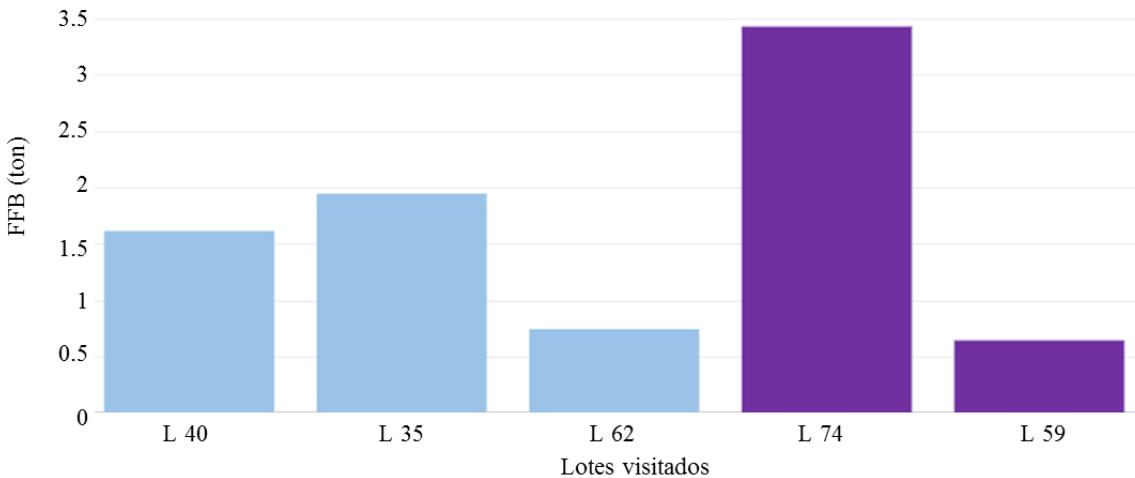
¿Cómo debe ser la  
ruta de los  
tractores para la  
recolección de  
fruto?

Operativo

T: Trimestral  
S: Semanal  
D: Diario

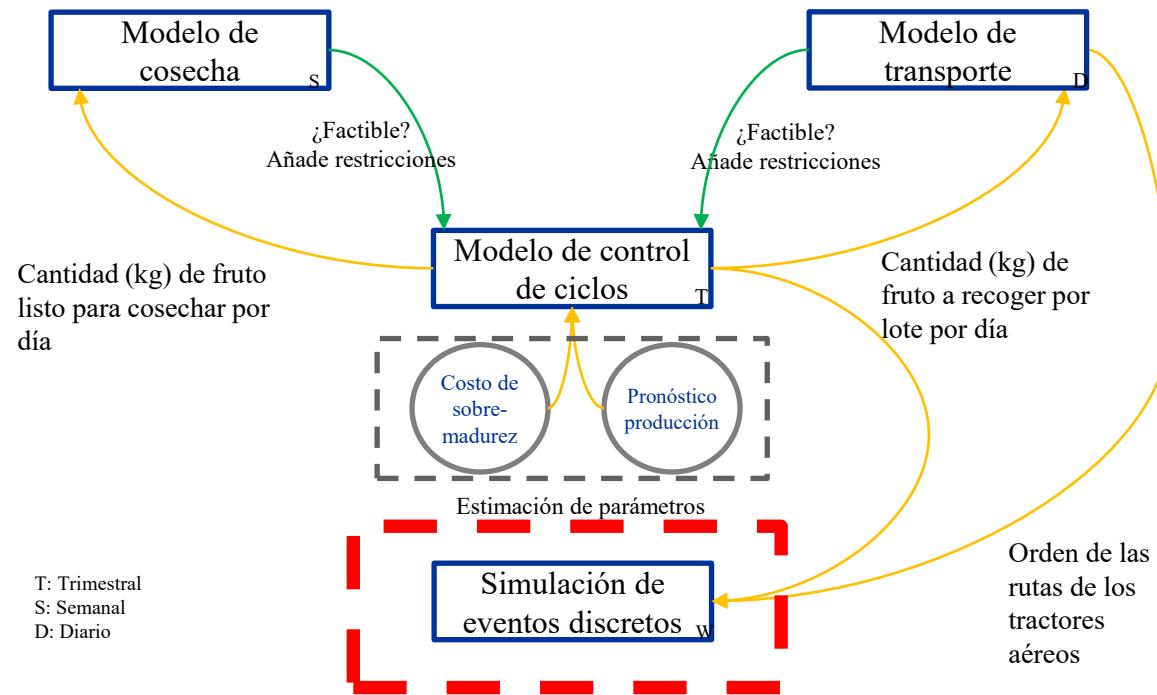
# Palma de aceite - Casanare

Modelo de transporte: programación diaria de tractores



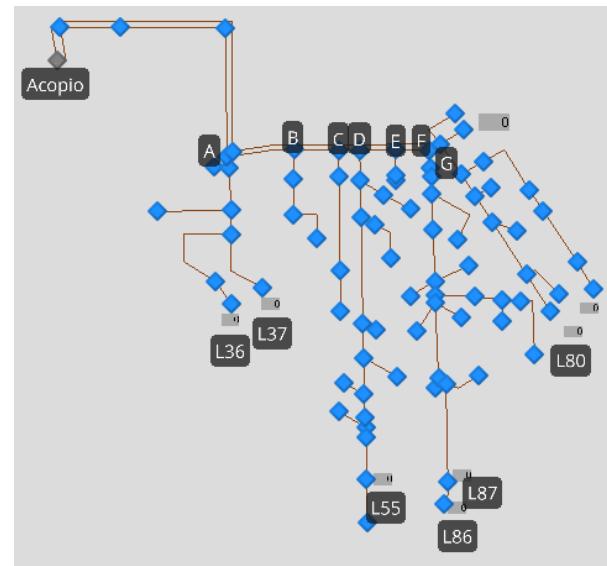
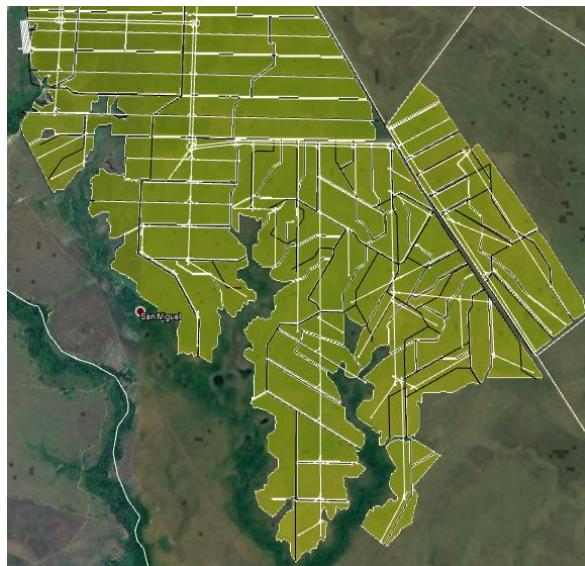
# Palma de aceite - Casanare

## Metodología



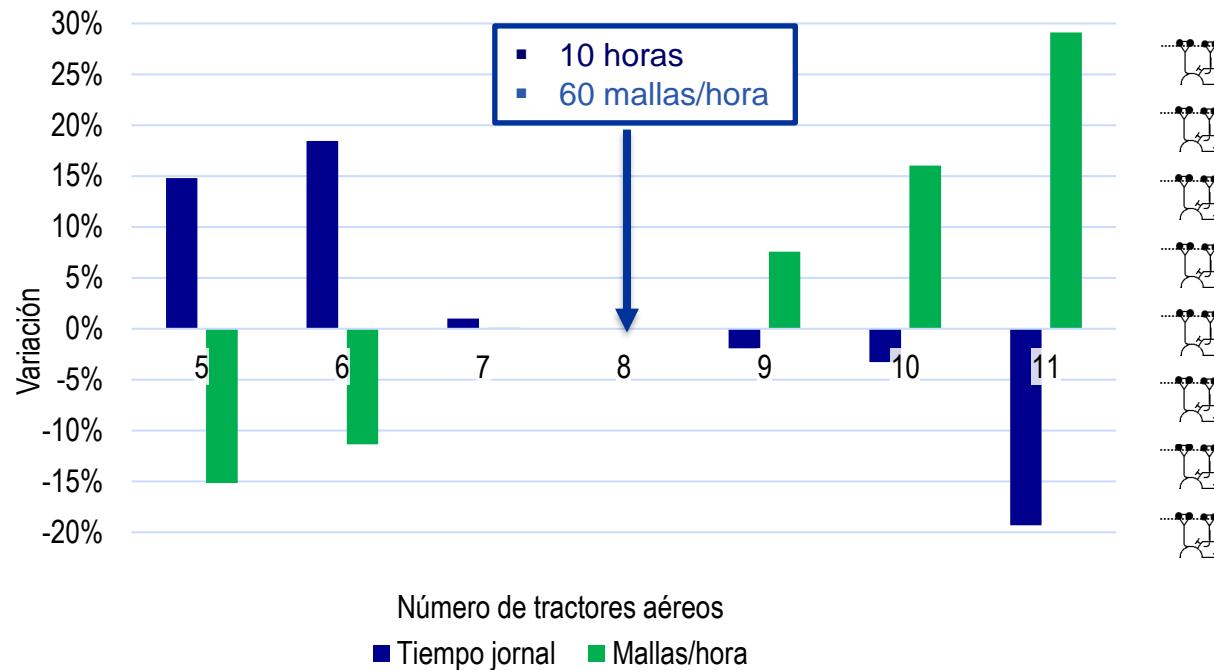
# Palma de aceite - Casanare

Modelo de simulación: validación de las rutas de transporte



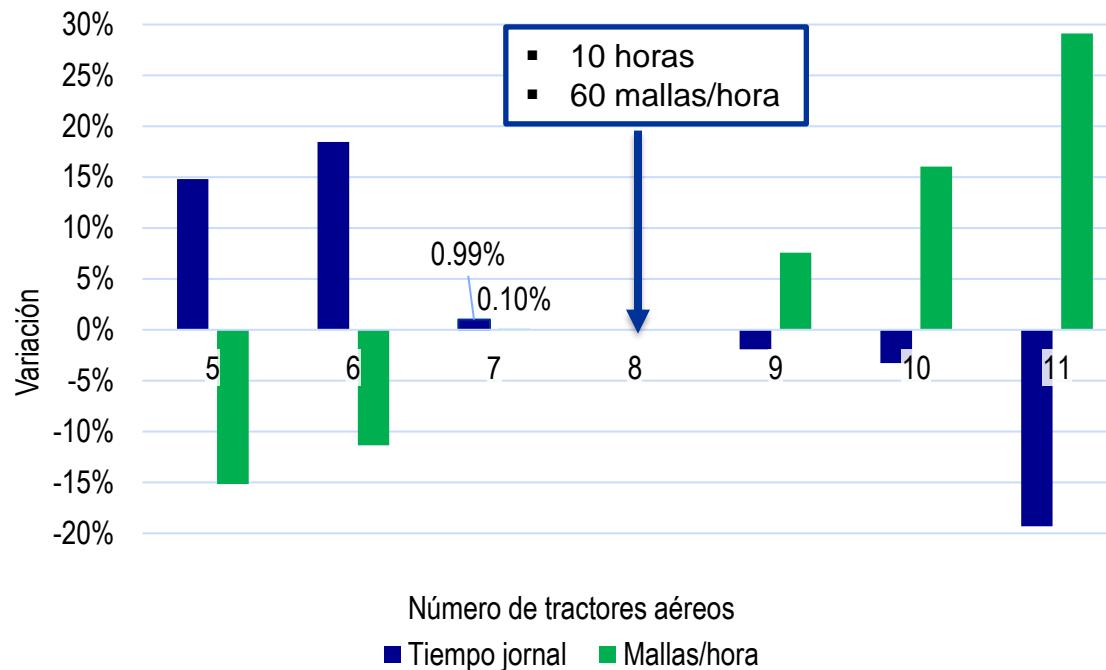
# Palma de aceite - Casanare

Modelo de simulación: impacto en el número de tractores



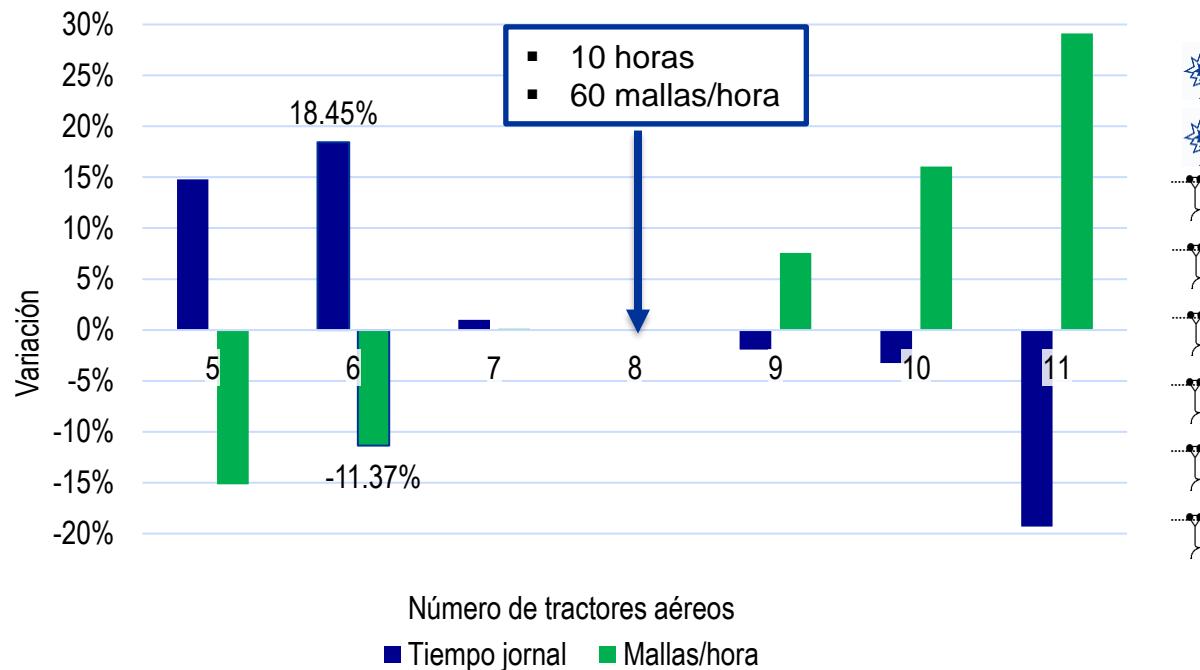
# Palma de aceite - Casanare

Modelo de simulación: impacto en el número de tractores



# Palma de aceite - Casanare

Modelo de simulación: impacto en el número de tractores



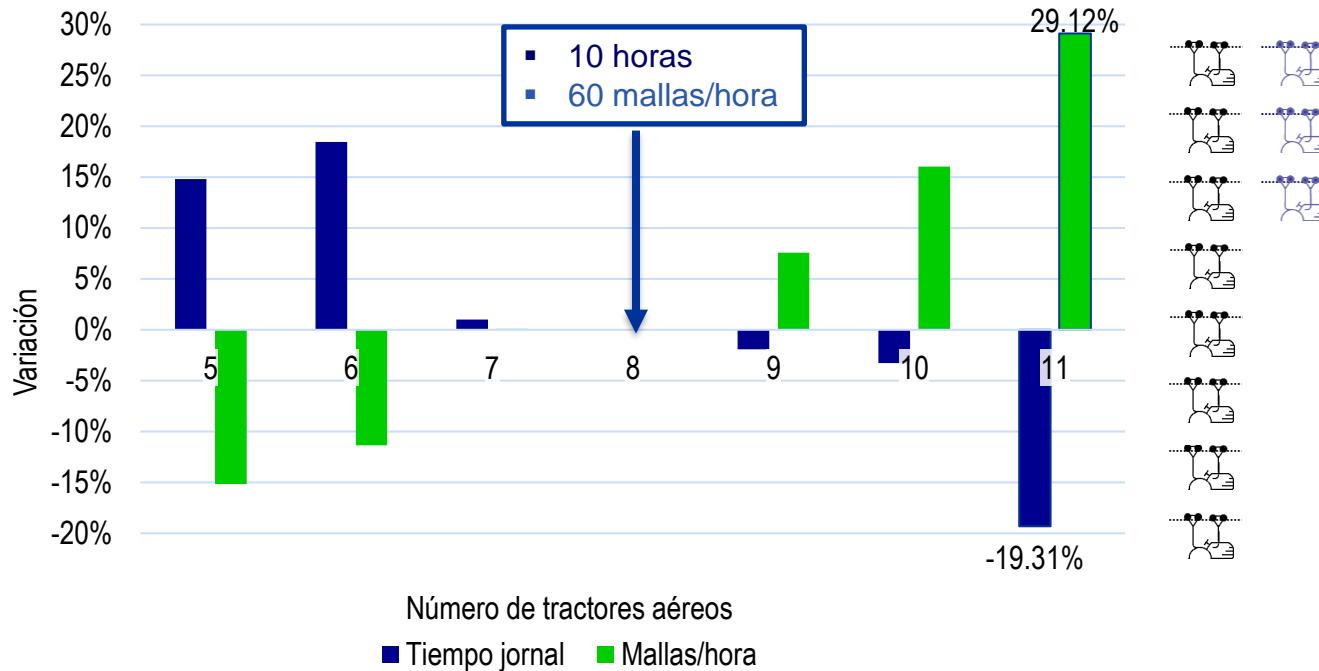
# Palma de aceite - Casanare

Modelo de simulación: impacto en el número de tractores



# Palma de aceite - Casanare

Modelo de simulación: impacto en el número de tractores



# Palma de aceite - Casanare

## Metodología

