

ISSN: 2322-7672

II Encuentro de Investigación Formativa Ingeniería Industrial Medellín

Memorias

Diana Rocío Roldán Medina
Beatriz Elena Ángel Álvarez
Compiladoras



Universidad
Pontificia
Bolivariana

© Diana Rocío Roldán Medina (Compiladora)
© Beatriz Elena Ángel Álvarez (Compiladora)
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

II Encuentro de Investigación Formativa - Memorias

ISSN: 2322-7672

Primera edición, 2012

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Mons. Luis Fernando Rodríguez Velásquez

Vicerrector Académico: Pbro. Jorge Iván Ramírez Aguirre

Editor: Juan José García Posada

Coordinación de producción: Ana Milena Gómez C.

Diagramación: Juan Esteban Casas Tejada

Corrector de estilo: César Alejandro Buriticá

Dirección editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2012

Email: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57) (4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1037-16-08-12

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Optimización parcial del parqueo en la UPB

Daniel Maya A.

Universidad Pontificia Bolivariana
dmaya02@hotmail.com

Juan Cardona.

Universidad Pontificia Bolivariana.
juan0792@hotmail.com

Diego León Zapata Ruiz

Universidad Pontificia Bolivariana.
diego.zapata@upb.edu.co

Abstract

The parking problem is an issue that rings the alarm of a great number of installations and places of any kind, may it be airports, universities, libraries, stadiums, or any other place that requires parking zones. The growing population, and therefore the increasing need of people for some kind of personal way of transportation are the origins of this issue. Parking zones, in any of the places mentioned before, aren't flexible enough to tolerate the constant growth automobile volume. In particular if one looks at the behavior of vehicles in the Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), one must notice that parking zones in this institution are very restricted together with the fact

that car flow gets bigger year after year. Parking before 8 A.M class is almost impossible for example. One can find many explanations for the cause of the growing car flow in the university but this is not object of interest in the following article. Knowing that the parking availability has been the same since many years ago, and being conscious that the institution doesn't plan to broaden it, it must be given the maximum possible use without forgetting the minimum required spaces in any parking lot.

Key Words: Parking, car flow, Vehicle, Population.

Resumen

El problema del parqueo es un factor que afecta a un sin número de instalaciones y espacios de cualquier tipo, ya sea universidades, bibliotecas, estadios, centros comerciales, aeropuertos, etc. La población creciente, y por lo tanto la ascendente necesidad de algunas personas por el uso de un carro particular son las bases de este problema. Por lo general, en cualquiera de los lugares antes mencionados, los parqueaderos no son lo suficientemente flexibles como para tolerar el aumento constante del flujo vehicular y cada vez se hacen más restringidas las zonas de parqueo. En el caso particular de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) los parqueaderos cada vez son más limitados, y el flujo de automóviles aparentemente se hace mayor, parquear justo antes de las 8:00 a.m. por ejemplo, es casi imposible. Puede haber muchas explicaciones para este aparente aumento de flujo en la universidad, sin embargo, este no es objeto de interés en el presente trabajo. Sabiendo que el espacio de parqueo con el que cuenta la universidad es el mismo de hace muchos años, y teniendo presente que difícilmente la institución piense ampliarlo, a este se le debe dar el máximo aprovechamiento posible sin olvidar los espacios mínimos requeridos en cualquier parqueadero.

Palabras Claves: Parqueo, Flujo de Automóviles, Automóvil, Población.

Introducción

Desde el inicio, cuando Karl Friedrich Benz inventó el automóvil en la ciudad alemana de Manheim en 1886, hasta hoy en día con descubrimientos de carros híbridos y eléctricos para disminuir la contaminación, el transporte con el uso del auto se ha vuelto de suma importancia para la humanidad. La población creciente y la necesidad de

disminuir las distancias es cada vez más inminente en el mundo, no sólo por los medios de comunicación, sino que también por los de transporte. Y de esta manera, a medida que crece la población y la cantidad de vehículos de transporte crece la necesidad de un espacio físico dónde almacenarlos, la necesidad de espacios de parqueo.

En la UPB la necesidad de parqueaderos cada vez se hace más latente, a medida que pasan los semestres aparentemente ingresan más alumnos nuevos y esto implica mayor número de automóviles. Teniendo en cuenta el comportamiento de la Universidad con respecto a las mejoras en infraestructura, y a las implicaciones económicas de inversión que significa la construcción de nuevos sitios de parqueo, es necesario buscarle una solución alterna. Esta salida sería examinando darle un máximo aprovechamiento al espacio de parqueo disponible, haciendo una mejor distribución de los automóviles.

En el presente trabajo se procederá con esta cuestión en un parqueadero muy conflictivo, el parqueadero que está justo al costado sur del boulevard. Se hará un cronograma de actividades para analizar el problema, y una vez analizado este se planteará como un problema de Programación Lineal para optimizarlo, finalmente se discutirán los resultados y se sacarán conclusiones.

Planteamiento del problema

El problema de espacio para parqueo es una situación creciente que se presenta en cualquier ciudad del mundo, e inclusive más particularmente en cualquier institución, empresa o universidad. Los parqueaderos, a medida que pasan los años, se hacen más difíciles de encontrar, y en la UPB hay horas del día donde es casi imposible. La falta de parqueaderos es un síntoma derivado de diversos problemas. El primero es la creciente necesidad de un medio de transporte para la creciente población en las ciudades, acompañado de la falta de cultura e infraestructura de transporte público, y el segundo es la falta de espacio para parqueo o mal cálculo de flujo vehicular.

Si en la UPB no se llegan a tomar medidas con respecto a este problema de parqueo inminente, en los próximos años se verá el fruto de esta falta de control e intervención. Habrá una masa de carros entrante muchísimo mayor a la cantidad de parqueaderos disponibles en la universidad, causando un bloqueo en las entradas, mucho mayor al actual, a ciertas horas del día. Adicionalmente habrá una inconformi-

dad por parte de los alumnos con la universidad, inclusive en los casos más extremos puede llegar a haber deserciones por parte de estos, deteniendo el crecimiento de la universidad, estancando a la misma.

Para controlar dicho problema existen diversas soluciones, unas más viables que otras, debido a la poca capacidad de inversión que muestra la UPB a la hora de hacer mejoras a la infraestructura. Un camino sería simplemente ampliar el espacio de parqueaderos, sacrificando ciertas aéreas de la universidad o haciendo edificios de parqueaderos. Otra sería confiar en que haya un mejoramiento de la estructura vial en la ciudad de Medellín, mejorando el transporte público y así disminuyendo la necesidad del transporte particular. Y la última solución, que será la solución a tratar en este trabajo, se basa en aprovechar al máximo el espacio con el que se cuenta en la universidad, distribuyendo los automóviles de la mejor manera posible.

Objetivo general

Analizar y optimizar, como un problema de programación lineal, el espacio de parqueo en un parqueadero conflictivo de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Objetivo específicos

Hacer un reconocimiento de los espacios: ya sean aprovechables o requeridos en el parqueadero.

Investigar la cantidad y tipo de automóviles que ingresan a dicho espacio.

Modelar como un problema de Programación Lineal y solucionar con ayuda de un software el problema planteado, obteniendo una cantidad y una manera óptima de distribuir los automóviles.

Alcance

Con la ejecución y solución del problema, se piensa optimizar la cantidad de carros, de las x categorías que se incluyan, que se puedan parquear en las zonas de interés. Una vez encontrada la solución, esta puede arrojar respuestas como por

ejemplo: parquear tantos carros del tipo A en la posición x para la zona 1, y tantos en la zona 2. Encontrada esta solución la propuesta sería poner avisos o personal que indique el límite de carros pertenecientes a las diferentes categorías que pueden parquear en las diferentes zonas. Una opción sería poner un guarda o vigilante en la entrada de la zona de parqueo que diga si es posible seguir parqueando carros pequeños o grandes en ésta. Otra sería simplemente bloquear la entrada o poner avisos que indiquen la situación. La solución del problema debe mostrar cambios significativos en el aumento de capacidad de parqueo para que se pueda implantar.

Si es posible se piensa compartir los resultados con la administración de la universidad de manera que se puedan aplicar y no se queden sólo en teoría, todo con la finalidad de aportarle valor a la institución.

Antecedentes

Hasta hace 3 años era posible encontrar parqueadero en la universidad en las horas más conflictivas como por ejemplo a las 8:00 a.m., hoy en día no lo es. No es prudente pensar que no se han considerado soluciones contundentes a la falta de espacio parqueo, pero tampoco lo es decir que se ha hecho. Hasta ahora la única solución ha sido abrir un parqueadero provisional justo al lado de la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas. La programación lineal con la ayuda de los métodos cuantitativos y la investigación de operaciones sirven para modelar desde el método científico cualquier problema dentro de un sistema. Para este caso el sistema consta de una mezcla entre vehículos y espacio de parqueo. Con el apoyo de estos fundamentos teóricos se solucionará el problema que se planteó.

Metodología

Primero se mirará el espacio, con cuánto se cuenta, cuánto se está utilizando, cuánto no, las medidas de estos espacios en las zonas de parqueo de interés. Habiendo tomado u observado estas medidas se puede pasar a analizar qué restricciones espaciales puede haber, como por ejemplo el límite de espacio aprovechable, para así posteriormente encontrar la mejor manera para ubicar los automóviles.

Segundo, analizar los vehículos, la cantidad de carros que ingresan a los parqueaderos. Se procederá a dividir los automóviles en categorías dependiendo de sus

dimensiones, y con la recolección de datos se puede estimar en porcentaje qué flujo vehicular de las diferentes categorías existe en la universidad. También se determinará qué espacio debe disponer cada vehículo para un buen parqueo, y así empezar a pensar en qué restricciones existen y qué variables elegir.

Luego de haber identificado las distintas variables, los problemas que tiene el sistema de parqueo, y las medidas de los espacios. Se ingresan dichas variables, asignándoles sus respectivas restricciones, previamente valoradas, en un problema de programación lineal para optimizar la solución con la ayuda de un software.

Enfoque solución

Para resolver el problema, se plantearon 3 posibles formas para acomodar los automóviles dentro del parqueadero, teniendo en cuenta las medidas del mismo. El parqueadero es un rectángulo con lados de 741.8 m y 17.1m, debe tener dos carriles uno en cada dirección con un ancho mínimo de 2,5 m cada uno. Cada forma posible se resolvió con un problema de Programación Lineal independiente. En esta sección se pueden observar los desarrollos de cada uno de estos problemas de PL.

Objetivo: Maximizar el número de carros de todos los tipos a parquear en el parqueadero.

Xij: Cantidad de carros tipo i a parquear en la sección j .

$i = 1, 2, j = 1, 2$.

Los tipos de carros serán dos, el tipo dos serán todos los carros que tengan una longitud entre 3.6 m y 4.5 m, dentro de esta categoría están la gran mayoría de los automóviles sedán y las camionetas ya sean grandes o pequeñas. El tipo 1 serían todos los automóviles hatchback es decir todos los autos sin cola. Para esta categoría tomamos como referencia todos los carros entre un Renault Twingo o un Chevrolet Spark y un Renault Clio, las medidas serían entre 0 y 3.6 m.

El ancho del parqueadero siempre será de 2.2 m ya sea para tipo 1 o tipo 2, y el largo varía dependiendo de la posición en que parquea el carro, si los carros parquean uno al lado del otro las longitudes del parqueadero serán las mismas del tipo de auto, es decir 4.5 m para tipo 2, y 3.6 para tipo 1; pero si los carros parquean uno tras el otro la longitud sería un metro mayor, es decir 5.5 m para tipo 2, y 4.6 m para tipo 1.

Formato 1

Este formato es simplemente el que existe actualmente pero con las modificaciones de los tamaños de los parqueaderos para las diferentes categorías. En los costados de este formato se pueden acomodar tantos carros tipo 1, como tipo 2; y en el medio también se pueden acomodar carros de los dos tipos.

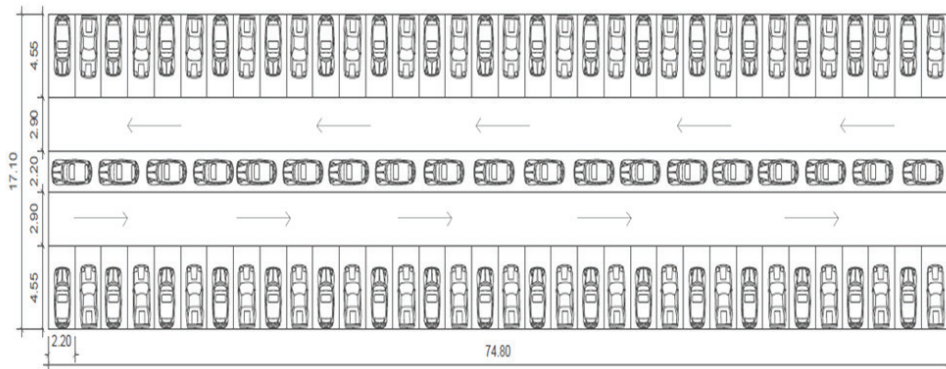
X11= Cantidad de carros pequeños (tipo 1) para sección del centro.

X21= Cantidad de carros grandes (tipo2) para sección del centro.

X12= Cantidad de carros pequeños (tipo 1) para sección de los costados.

X22= Cantidad de carros grandes (tipo2) para sección de los costados.

Figura 1. Formato 1 de parqueo.



$$MAX Z = X11 + X21 + X22 + X12$$

S.A

$$X1 + X12 \geq 0.58(X11 + X21 + X22 + X12)$$

$$X11 + X12 \leq 0.70(X11 + X21 + X22 + X12)$$

$$X21 + X22 \geq 0.30(X11 + X21 + X22 + X12)$$

$$X21 + X22 \leq 0.42(X11 + X21 + X22 + X12)$$

$$5.5 X2 + 4.6 X11 \leq 74.80 \text{ Largo de los carros}$$

$$2.2 X2 + 2.2 X12 \leq 149.60 \text{ Ancho de los carros}$$

Figura 2. Optimización 1 de Programación Lineal.

| MAX | Z | 84,26 | Porcentaje |
|---------------|-----|--------|------------|
| VARIABLES | X11 | 16,26 | 19% |
| | X12 | 42,72 | 51% |
| | X21 | 0,00 | 0% |
| | X22 | 25,28 | 30% |
| RESTRICCIONES | 1 | 10,11 | |
| | 2 | 0,00 | |
| | 3 | 0,00 | |
| | 4 | -10,11 | |
| | 5 | 74,80 | |
| | 6 | 149,6 | |

La función Z optimizada arroja una cantidad de 83 carros en total para parquear, siendo 70% tipo1 y el resto tipo 2. Para este problema no se ve ninguna aparente holgura.

Formato 2

Para este formato se parquean carros en diagonal con 45° de inclinación, en los parqueaderos de los costados se pueden parquear únicamente carros pequeños es decir tipo 1, y en el medio cualquiera de los dos tipos.

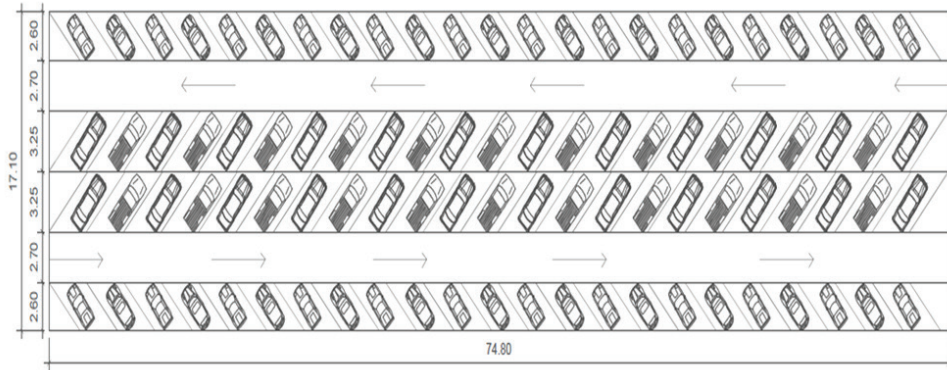
En este formato se le deben restar a los espacios disponibles lo que sobra en los costados del parqueadero por el hecho de que los cubículos están acomodados diagonalmente. Estos espacios se calculan con trigonometría sencilla y se tienen en cuenta en las restricciones.

X11= Cantidad de carros pequeños (tipo 1) para sección del medio.

X21= Cantidad de carros grandes (tipo2) para sección del medio.

X12=Cantidad de Carros pequeños (tipo 1) para sección de los costados.

Figura 3. Formato 2 de parqueo.



$$\text{MAX } Z = X_{11} + X_{21} + X_{12}$$

S.A

$$X_{11} + X_{12} \geq 0,58(X_{11} + X_{21} + X_{12})$$

$$X_{11} + X_{12} \leq 0,70(X_{11} + X_{21} + X_{12})$$

$$X_{21} \geq 0,30(X_{11} + X_{21} + X_{12})$$

$$X_{21} \leq 0,42(X_{11} + X_{21} + X_{12})$$

$$3,11X_{21} + 3,11X_{11} \leq 149,6 - (3,18 \cdot 2) = 143,24$$

$$3,11X_{12} \leq 144,509$$

Figura 4. Optimización 2 de PL.

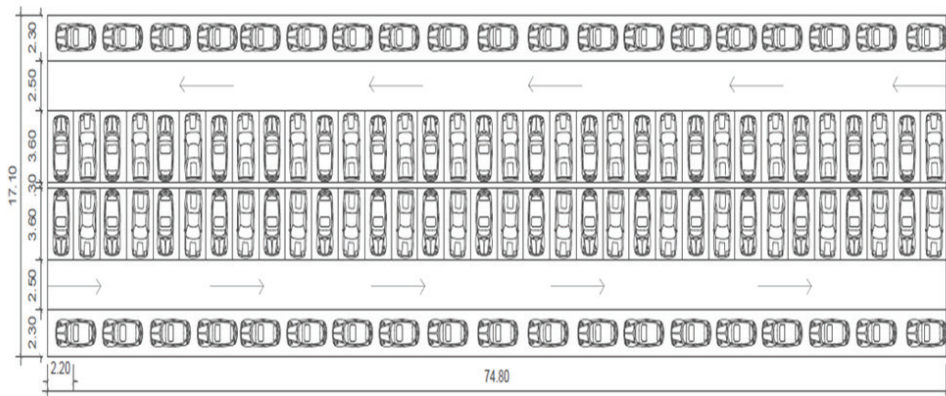
| MAX | Z | 92,52 | Porcentaje |
|---------------|-----|--------|------------|
| VARIABLES | X11 | 18,30 | 20% |
| | X21 | 27,76 | 30% |
| | X12 | 46,47 | 50% |
| RESTRICCIONES | 1 | 11,10 | |
| | 2 | 0,00 | |
| | 3 | 0,00 | |
| | 4 | -11,10 | |
| | 5 | 143,24 | |
| | 6 | 144,51 | |

El resultado muestra que se pueden parquear 91 carros, siendo estos 30% tipos 2 y el resto tipo 1. Las restricciones 5 y 6 no muestran alguna holgura.

Formato 3

En este formato se parquean tanto tipo 1 y 2 en los costados, y en el medio solo se parquean carros pequeños, es decir tipo 1.

Figura 5. Formato 3 de parqueo.



X_{11} = Cantidad de carros pequeños (tipo 1) Sección del medio.

X_{22} = Cantidad de carros grandes (tipo 2) Sección de los Costados.

X_{12} = Cantidad de Carros pequeños (tipo 1) Sección de los costados.

$$\text{MAX } Z = X_{11} + X_{12} + X_{22}$$

S.A

$$X_{11} + X_{12} \geq 0.58(X_{11} + X_{12} + X_{22})$$

$$X_{11} + X_{12} \leq 0.70(X_{11} + X_{12} + X_{22})$$

$$X_{22} \geq 0.30(X_{11} + X_{12} + X_{22})$$

$$X_{22} \leq 0.42(X_{11} + X_{12} + X_{22})$$

$$5.5 X_{22} + 4.6 X_{12} \leq 149.60$$

$$2.2 X_{11} \leq 149.60$$

Figura 6. Optimización 3 de PL.

| MAX | Z | 90,66666667 | Porcentaje |
|---------------|-----|-------------|------------|
| VARIABLES | X11 | 63,46666667 | 70,000% |
| | X12 | 0 | 0,000% |
| | X22 | 27,2 | 30,000% |
| RESTRICCIONES | 1 | 10,88 | 100,000% |
| | 2 | 0 | |
| | 3 | 0 | |
| | 4 | -10,88 | |
| | 5 | 149,6 | |
| | 6 | 139,6266667 | |

El resultado del problema nos arroja una posibilidad de parquear 90 carros, con una relación 70-30 como en los casos anteriores, pero existe una holgura en la restricción que 6, siendo esta la que se refiere a los carros pequeños parqueados en el medio. Esta holgura da la posibilidad de introducir 4 carros tipo 1 más, pero se incumplirían las condiciones iniciales de la relación mínima de 70%-30% entre carros tipo 1 y 2 respectivamente.

Conclusiones

En este trabajo se procuró hacer simplemente una solución económica y a corto plazo para el problema, los motivos se mencionaron anteriormente. En cualquier otro caso de una institución que estuviera más dispuesta a invertir dinero en ampliar el espacio de parqueo, posiblemente las soluciones irían por otro camino. En general el estudio resultó exitoso y se observó que el formato de parqueo que existe actualmente en el parqueadero estudiado es ineficiente, es decir, no se aprovecha al máximo el espacio, respetando los espacios mínimos para circulación y áreas de parqueo. Los otros dos formatos aumentaron la capacidad de parqueo.

Se analizó que si se implementa alguno de los dos formatos se mejorará el parqueo en este parqueadero en particular, y sería muy interesante hacer un análisis parecido para toda la universidad y así optimizar el parqueo en toda la institución.

Referencias

1. Análisis de Problemas de Parqueo en Grandes Instituciones (2011). [En línea]. Disponible en: [//es.scribd.com/doc/5366642/02-Analisis-de-problemas-de-estacionamiento](https://es.scribd.com/doc/5366642/02-Analisis-de-problemas-de-estacionamiento) [2011, 10 de Octubre].
2. Estudio de Estacionamiento (2011). [En línea]. Disponible en: [// www.estudiosdetransito.ucv.cl/estac.htm](http://www.estudiosdetransito.ucv.cl/estac.htm) [2011, 10 de Octubre].
3. Hillier F. y Lieberman G. (2002). Investigación de operaciones 7ª edición. Mc Graw Hill.
4. Taha H. (1998). Investigación de operaciones una introducción, 6ª edición. Pearson.