

“Predicción de demanda del uso de las bicicletas públicas de CABA”

Alumna: Melany Adina Ohana

Tutora: Magdalena Cornejo

Resumen

En esta tesis se analizan los recorridos realizados por el sistema de EcoBici de la Ciudad de Buenos Aires entre 2018 y 2020 para encontrar patrones en el comportamiento de la demanda y realizar una propuesta de optimización respecto a la distribución de las bicicletas en las distintas estaciones.

En primer lugar, se busca encontrar qué factores (demográficos, climáticos y estacionales) son determinantes en la demanda de bicicletas.

A través de la modelación de la demanda y la identificación de las variables relevantes, se predice la demanda para las distintas estaciones, a través del uso de modelos econométricos que utilizan datos tanto de series temporales como de panel.

Una vez estimados los modelos de demanda, se realiza un ejercicio de optimización mediante programación lineal entera para encontrar la mejor forma de distribuir la cantidad de bicicletas que actualmente se tienen en stock, de forma tal de minimizar los faltantes de stock entre las estaciones.

“Demand prediction for the usage of public bikes in CABA”

Student: Melany Adina Ohana

Thesis Advisor: Magdalena Cornejo

Abstract

This thesis analyzes the bike trips made within the EcoBici system of Buenos Aires City between 2018 and 2020 to find patterns in the demand's behavior and to make an optimization proposal regarding the distribution of bicycles in the different stations.

First, we seek to find which factors (demographic, climatic and seasonal) are determinants of bicycle demand.

By modeling the demand and identifying the relevant variables, the demand for the different stations is predicted by using econometric models with both time series and panel data.

Once the demand models are estimated, an optimization exercise is performed using integer linear programming to find the best way to distribute the number of bicycles currently in stock in order to minimize stock shortages among the stations.

Year: 2021

Índice

Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción.....	5
1.1. Motivación y el sistema de EcoBici	5
1.2. Objetivo	6
1.3. Revisión de la literatura	7
2. Datos.....	10
2.1. Descripción de la base de datos	10
2.2. Análisis de <i>outliers</i>	13
2.3. Análisis descriptivo de todo el período	15
2.4. Análisis descriptivo del período específico 2018-2020.....	18
2.4.1. Análisis según frecuencia diaria	18
2.4.2. Análisis frecuencia mensual	21
2.4.3. Análisis según características demográficas.....	23
2.4.4. El clima	25
2.4.5. Análisis de las estaciones	30
3. Modelos.....	34
3.1. Modelos para todas las estaciones habilitadas	34
3.1.1. Modelos ARIMA	34
3.1.2. Modelos TBATS	42
3.1.3. Modelos con datos de panel	44
3.1.4. Pronóstico para datos fuera de la muestra	48
3.2. Modelos para las estaciones populares	49
3.2.1. Modelos ARIMA	49
3.2.2. Modelos TBATS	52
3.2.3. Modelos de datos de panel	53
4. Optimización con programación lineal entera	54
4.1. Descripción del problema de optimización	54
4.2. Resolución de los escenarios base	57
4.3. Dándole mayor peso a las estaciones populares.....	60

4.4.	Estableciendo un límite inferior para las asignaciones.....	62
4.5.	Otros escenarios con distintas demandas efectivas.....	64
5.	Conclusiones, recomendaciones y futuras líneas de investigación	66
6.	Bibliografía.....	68
7.	Apéndices	70
	Apéndice A: Lista de las 230 estaciones que están actualmente habilitadas.	70
	Apéndice B: Residuos de los distintos modelos ARIMA	71
	Apéndice C: Primer trimestre 2021.....	73
	Apéndice D: Simplificación en la formulación del modelo	74
	Apéndice E: Demandas proyectadas con el modelo de efectos fijos individuales	75
	Apéndice F: Devoluciones proyectadas con el modelo de efectos fijos individuales	81
	Apéndice G: Distribuciones óptimas	85
	Apéndice H: Factor de descuento por estación	105

1. Introducción

1.1. Motivación y el sistema de EcoBici

Actualmente el uso de bicicletas para el traslado personal es un medio de transporte muy utilizado en las principales ciudades del mundo, y cada vez va ganando un mayor peso. Este aumento en el uso de bicicletas trae tanto beneficios a nivel personal, como a nivel sociedad.

Los beneficios a nivel personal son varios y diversos, algunos de ellos son:

- Una mejora del nivel de salud: reduce los niveles de colesterol en sangre, minimiza el estrés y mejora el estado de ánimo, ayuda a combatir la obesidad ya que es una forma de realizar ejercicio, ayuda a mejorar la coordinación motriz, mejora el sistema respiratorio y cardiaco, y tonifica los músculos.
- Una mejora en la economía personal: por ser más barato que otros transportes, y tener un menor costo de mantenimiento.
- Un aumento en la felicidad personal: por estar en contacto con el medioambiente, y evitar el estrés de otros medios de transporte tales como el tráfico, la espera a que llegue, y buscar lugar para estacionar. ¹

Por otro lado, trae importantes beneficios a nivel sociedad:

- Beneficios ambientales: ya que un mayor uso de las bicicletas tiene como contrapartida un menor uso de los automóviles y esto trae consigo una menor polución.
- Contribuye a descomprimir el tráfico: un problema bastante importante en la Ciudad de Buenos Aires².

Además, el uso de la bicicleta, toma especial impulso en el contexto de pandemia actual. Con la llegada del Covid19, el uso de un transporte personal que evita el contacto con otros individuos toma especial relevancia.

¹ Información extraída de: <https://www.fundacionaquae.org/cinco-ventajas-utilizar-la-bicicleta-medio-transporte/>

² Información extraída de: <https://www.luchemos.org.ar/es/investigaciones/estudio-del-transito-en-ciudad-de-buenos-aires-el-mal-estacionamiento-obstruccion-en-la-circulacion-en-calles-y-avenidas>

Es por estos beneficios y el crecimiento que tuvo en los últimos años la movilidad con bicicletas, que resulta interesante y relevante realizar un estudio sobre el comportamiento del uso de las bicicletas públicas en CABA.

EcoBici es un sistema de bicicletas compartidas que se encuentra disponible en la Ciudad de Buenos Aires, creado en 2010 con el objetivo de transformar a Buenos Aires en una ciudad más verde, inclusiva, creativa e innovadora. Este sistema busca proyectar una ciudad donde la bicicleta, sea una verdadera alternativa de transporte rápido, ecológico y saludable. Para esto se creó una red de ciclovías que conectan los puntos principales de la ciudad.

En sus inicios el sistema fue operado por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, pero en 2019 el sistema fue vendido a la empresa brasileña Tembici quien se encarga actualmente del manejo del servicio. Hoy en día cuenta con 2000 bicicletas disponibles, y 230 estaciones habilitadas. ³

A lo largo de este trabajo, se utiliza la información pública provista por el servicio de EcoBici.

1.2. Objetivo

Mediante el análisis de los datos de recorridos realizados del sistema de EcoBici se busca encontrar patrones en el comportamiento del uso de bicicletas. Es decir, encontrar variables que principalmente influyen en la cantidad de recorridos realizados por los individuos. El objetivo es entender cómo se comportan actualmente los usuarios del sistema, y evaluar qué factores son determinantes en la decisión de utilizar bicicletas como medio de transporte. Las variables que se considera en esta tesis son las características demográficas de los individuos, tales como la edad y el género; cuestiones climáticas, tales como temperaturas, presión media, precipitaciones y velocidad del viento; y estacionalidades propias de la demanda.

Mediante un análisis descriptivo de la información se busca caracterizar la demanda del sistema de EcoBici y evaluar el comportamiento temporal y dinámico de los distintos factores que la determinan. Dichos factores se utilizan para desarrollar modelos de predicción de demanda para el uso de las EcoBici. Para ello, se utilizan herramientas econométricas a través de la estimación de distintos modelos de series de

³ Información extraída de: <https://www.buenosaires.gob.ar/ecobici/sistemaecobici>

tiempo, ARIMA y TBATS; y de datos de panel, POLS, FE individuales, y FE individuales y temporales. A partir de la estimación de los distintos modelos se evalúa el desempeño predictivo de cada uno de ellos.

El análisis de la demanda y las predicciones obtenidas permitirán realizar distintos ejercicios de programación lineal entera, que buscan mejorar la disponibilidad de bicicletas en las distintas estaciones de la ciudad para distintos días típicos, sugiriendo para cada escenario distribuciones óptimas de las bicicletas entre las distintas estaciones.

Dado el crecimiento en el uso de bicicletas de CABA, se vuelve interesante poder predecir la demanda de cada una de las estaciones para determinar un stock óptimo de bicicletas para ofrecer. Al ser un transporte cada vez más utilizado y con grandes beneficios personales y sociales, se vuelve sumamente importante contar con disponibilidad necesaria en las distintas estaciones de la ciudad para no tener problemas de falta stock y que las bicicletas tengan un máximo rendimiento. A su vez, resulta relevante agregar, que actualmente hay un problema de disponibilidad de bicicletas, ya que muchas personas se quejan de falta de stock en las estaciones.⁴

El trabajo de tesis se estructura de la siguiente forma. En primer lugar, se desarrolla la [Sección 2](#) en la cual se hace un análisis descriptivo de los datos, para poder ver patrones de comportamiento actuales, y qué variables son relevantes. En segundo lugar, se estiman distintos modelos de demanda en la [Sección 3](#), utilizando distintas herramientas econométricas. En tercer lugar, en la [Sección 4](#), se utiliza el modelo de demanda estimado para realizar ejercicios de programación lineal entera y proponer distribuciones óptimas de las bicicletas entre las estaciones para distintos escenarios. Además, se realiza un estudio de otros escenarios del ejercicio de optimización a partir de ciertos cambios en las variables. Por último, en la [Sección 5](#), se proponen una serie de mejoras para el sistema actual y se mencionan posibles investigaciones futuras.

1.3. Revisión de la literatura

El análisis del uso de las bicicletas no es nuevo, se puede encontrar bastante literatura al respecto. Por un lado, se puede encontrar literatura que realiza un análisis descriptivo del uso de las bicicletas, que encuentra patrones de comportamientos, factores relevantes y determinantes del uso. Y por el otro, se

⁴ Información extraída de: <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/ecobici-sorpresa-quejas-vecinos-remocion-20-estaciones-nid2326762/>

puede encontrar literatura sobre optimizaciones, que proponen distribuciones óptimas de las bicicletas entre las estaciones para sistemas compartidos de bicicletas públicas.

Sobre el análisis descriptivo del uso de las bicicletas, se puede encontrar en particular artículos sobre el sistema de EcoBici de CABA. Se han realizado estudios con análisis descriptivos de la información del sistema de EcoBici entre 2010 y 2019, cómo fue evolucionando la cantidad de recorridos realizados por año, las características demográficas de los usuarios, y un análisis de las estaciones ([Contreiras, S. 2020](#)). Además, se puede encontrar literatura que usa esta misma información para ver cómo es afectado el comportamiento de los usuarios frente a advertencias de calor extremo. Se analiza como disminuyen la cantidad de recorridos realizados cuando hace mucho calor, y se analiza como el efecto es distinto para distintas edades y géneros ([Rabassa, M. 2020](#)). Sobre el efecto del factor climático en la cantidad de recorridos realizados en bicicletas hay bastante literatura, por ejemplo, se muestra como las alertas meteorológicas reducen la cantidad de recorridos realizados, y esta reducción es aún mayor en los recorridos que son de placer ([Saberian, S. et al. 2017](#)).

Siguiendo con el análisis entre los viajes en bicicletas que son de placer, y comparándolo con los viajes que son por un motivo específico, se analiza la información sobre el uso de bicicletas en Inglaterra y se observa un cambio en el comportamiento según el motivo del viaje ([Unknown 2011](#)). Y relacionado con los diferentes tipos de viajes, se realiza un análisis del cambio de comportamiento en el uso del transporte entre los días de semana y fines de semana ([Agarwal, A. 2004](#)).

En esta tesis, se busca realizar un análisis descriptivo de la información más profundo. Se realiza un análisis de los determinantes de la cantidad de recorridos realizados por: factores demográficos, tales como la edad y el género; factores climáticos, no solo por temperaturas media, máximas y mínimas, sino que también por precipitaciones, presión media y velocidad del viento; y factores estacionales propios de la demanda.

Por otro lado, también se encuentra literatura relacionada con la optimización de la distribución de bicicletas en sistemas compartidos de bicicletas. En todos los estudios lo que se busca es, a través de la utilización de programación lineal entera, redistribuir las bicicletas disponibles entre las estaciones de forma tal de minimizar alguna función objetivo. La diferencia entre los distintos estudios es: dónde se realiza el estudio, cuándo se hace la reasignación, cómo se estima la demanda, y cuál es la función objetivo a minimizar. Distintos artículos:

- Se realiza la optimización para la ciudad de San Francisco. Se busca una asignación inicial, y luego una redistribución en la mitad del día. La demanda de las estaciones se encuentra a través del uso de simulación de Monte Carlo. Lo que se busca minimizar es la suma de la penalización de perder usuarios: ya sea por falta de stock o por falta de lugar para dejar la bicicleta, y el costo de rebalanceo. ([Cavagni, R. et al. 2018](#)).
- Se realiza la optimización para la ciudad de Nueva York. Se busca una asignación inicial. Para estimar la demanda se utilizan procesos de arribos Poisson. Lo que se busca minimizar es la cantidad de usuarios insatisfechos, es decir, la suma entre faltantes de stock y faltantes de lugar de devolución de bicicletas. ([Freund, D. et al. 2020](#)).
- Se realiza la optimización para la Ciudad de México. Se busca una asignación inicial. Para estimar la demanda se utilizan procesos de arribos Poisson. Lo que se busca minimizar es el costo total del rebalanceo, la suma entre la insatisfacción de los clientes y el costo en tiempo de rebalancear. ([Castillo, E. et al. 2020](#))
- Se realiza la optimización para la ciudad de Nueva York. Se busca una asignación inicial para todo el día, y otra para los horarios pico. Para estimar la demanda se utilizan los procesos de arribos Poisson. Lo que se busca minimizar es la cantidad de usuarios insatisfechos, se utiliza simulación para estimarlos. ([Jian, N. et al. 2016](#))

En esta tesis, se busca optimizar mediante el uso de programación lineal entera, para encontrar la distribución óptima de bicicletas al comienzo del día para distintos escenarios típicos. Y, a diferencia de la literatura relacionada, se busca realizar el objetivo mediante el uso de los modelos de demanda estimados.

En conclusión, la literatura sobre el tema se encuentra separada. Por un lado, hay investigación sobre factores determinantes en la cantidad de recorridos realizados, y por el otro, hay optimizaciones para encontrar distribuciones óptimas. El objetivo diferencial de esta tesis es relacionar ambos. Por un lado, realizar un análisis descriptivo extenso de los datos, para poder encontrar factores relevantes. Con esos datos, realizar modelos de predicción de demanda para cada una de las estaciones. Por último, con esos modelos de demanda, se busca encontrar distribuciones óptimas para cada una de las estaciones.

2. Datos

2.1. Descripción de la base de datos

Los datos de los recorridos realizados con las EcoBici provienen de la página oficial del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires⁵. En la misma se encuentran para cada uno de los años entre 2010 y 2020, la siguiente información:

*Tabla 1: Descripción de la base de datos.
Datos de recorridos realizados.*

Nombre	Descripción	Unidades	Porcentaje de Missings
<i>fecha_origen_recorrido</i>	Fecha y hora del inicio del recorrido	<i>character</i>	0.00%
<i>fecha_origen_ymd</i>	Fecha del inicio del recorrido en formato date	<i>date</i>	0.00%
<i>id_estacion_origen</i>	Numero de estación de origen del recorrido	<i>character</i>	0.00%
<i>nombre_estacion_origen</i>	Nombre de la estación de origen del recorrido	<i>character</i>	0.00%
<i>duracion_recorrido</i>	Duración del recorrido. Formato día, horas, minutos, segundos.	<i>character</i>	0.47%
<i>fecha_destino_recorrido</i>	Fecha y hora de la finalización del recorrido	<i>character</i>	0.00%
<i>id_estacion_destino</i>	Numero de estación de destino del recorrido	<i>character</i>	0.00%
<i>nombre_estacion_destino</i>	Nombre estación de destino del recorrido	<i>character</i>	0.00%
<i>id_usuario</i>	Número de identificación del usuario que realiza el recorrido	<i>integer</i>	0.00%
<i>edad_usuario</i>	Edad del usuario que realiza el recorrido	<i>integer</i>	53.70%
<i>genero_usuario</i>	Genero del usuario que realiza el recorrido	<i>character</i>	51.00%

Utilizando información adicional provista por la Secretaria de Transporte de la Ciudad de Buenos Aires⁶, se agregan las siguientes variables:

⁵ Información extraída de: <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/bicicletas-publicas>

⁶ Información provista por un funcionario de la Subsecretaria de Gestión de la Movilidad en CABA.

*Tabla 2: Descripción de la base de datos.
Datos adicionales provistos por un funcionario.*

Nombre	Descripción	Unidades	Porcentaje de Missings
<i>capacidad_origen</i>	Capacidad de la estación de origen	<i>integer</i>	11.17%
<i>capacidad_destino</i>	Capacidad de la estación de destino	<i>integer</i>	11.14%
<i>habilitada_origen</i>	Variable Binaria. =1 si la estación de origen está actualmente en funcionamiento, = 0 si no.	<i>integer</i>	11.17%
<i>habilitada_destino</i>	Variable Binaria. =1 si la estación de destino está actualmente en funcionamiento, = 0 si no.	<i>integer</i>	11.14%
<i>cantidad_estaciones</i>	El total de estaciones disponibles que hay en el año que se realiza el recorrido.	<i>integer</i>	0.00%

La lista de estaciones actualmente disponibles se encuentra en el [Apéndice A](#). Resulta relevante mencionar que de las 230 estaciones habilitadas actualmente, había 219 habilitadas a finales del 2020.

A los datos descargados originalmente, se agrega información climática que servirá para estimar la demanda en el uso del sistema de EcoBici. Esta información es obtenida a través del Servicio Meteorológico Nacional⁷. La información climática con la que se cuenta es:

*Tabla 3: Descripción de la base de datos.
Datos del clima, SMN.*

Nombre	Descripción	Unidades	Porcentaje de Missings
<i>T. MEDIA</i>	Temperatura Media, en grados.	<i>numeric</i>	0.00%
<i>T. MAX</i>	Temperatura Máxima, en grados.	<i>numeric</i>	0.00%
<i>T. MIN</i>	Temperatura Mínima, en grados.	<i>numeric</i>	0.00%
<i>V.MEDIA VIENTO</i>	Velocidad del viento, en km/h.	<i>numeric</i>	0.00%
<i>PRESION MEDIA</i>	Presión Media, en hPa.	<i>numeric</i>	0.00%
<i>PRECIP.</i>	Precipitaciones, en mm.	<i>numeric</i>	0.00%

Por último, se agrega información que permitirá controlar por factores adicionales:

⁷ Información extraída de: <https://www.smn.gov.ar/>

*Tabla 4: Descripción de la base de datos.
Datos agregados.*

Nombre	Descripción	Unidades	Porcentaje de Missings
<i>DiaSemana</i>	Día de la semana que se inicia el recorrido. Siendo el 1 el lunes, y el 7 el domingo.	<i>integer</i>	0.00%
<i>Feriado</i>	Variable Binaria. =1 si el día de origen es feriado, = 0 si no.	<i>integer</i>	0.00%
<i>DiaLaboral</i>	Variable Binaria. =1 si el día es laboral, = 0 si no. Se entiende como día laboral aquellos que no son fin de semana, ni feriado.	<i>integer</i>	0.00%
<i>Mes</i>	Mes en el que se realiza el recorrido	<i>integer</i>	0.00%
<i>MinutosUso</i>	Con el tiempo de uso se calcula el uso por recorrido en minutos.	<i>integer</i>	0.47%

Por lo tanto, la base de datos cuenta con un total de 27 variables que observaremos durante el período comprendido entre 2010 y 2020, lo cual representa un total de 14.686.229 observaciones, mientras que si restringimos (por motivos que serán mencionados posteriormente) el período de análisis entre 2018 y 2020 la muestra final estará compuesta por 9.329.411 observaciones. Es importante mencionar que inicialmente había un número mayor de observaciones, pero el 0.77% de los datos estaban mal cargados, y no se pudieron recuperar.

Al correr los modelos de demanda ARIMA y TBATS se agrupa la información por día, ya que la variable dependiente es la cantidad de recorridos realizados al día. Para cada día se cuenta entonces con la cantidad de recorridos realizados, una variable binaria que indica si el día es o no laboral, las distintas variables climáticas mencionadas anteriormente, la edad promedio del día, la proporción de mujeres sobre hombres que uso en el día el servicio, y los minutos promedio de uso del día.

Para los modelos con datos en panel, que se usan tanto en la sección de modelado como para el ejercicio de optimización, se agrupa la información por día por estación ya que la variable dependiente es cantidad de recorridos realizados por día en cada una de las estaciones. Para cada día y estación se cuenta con la cantidad de recorridos realizados, la cantidad de anclajes de la estación, una variable binaria que indica si el día es o no laboral, las distintas variables climáticas mencionadas anteriormente, la edad promedio del día en la estación, la proporción de mujeres sobre hombres que uso en el día el servicio en la estación, y los minutos promedio de uso del día en la estación.

2.2. Análisis de outliers

En un primer lugar, se realiza un análisis descriptivo de la influencia de los valores extremos (*outliers*) para las distintas variables numéricas de la base de datos. En la siguiente tabla se encuentra calculado los cuartiles para cada una de las variables, con esos cuartiles se calcula el límite inferior y superior a partir del cual los datos se consideran *outliers*. El límite inferior se calcula haciendo $Q25\% - 1.5 * IQR$, y el límite superior se calcula haciendo $Q75\% + 1.5 * IQR$, se entiende como IQR la diferencia entre $Q75\%$ y $Q25\%$. Por último, se encuentra el porcentaje de *outliers* dado ese criterio.

Tabla 5: Análisis de outliers para las variables numéricas.

Edad							
Cuartiles					Outliers		
Q0%	Q25%	Q50%	Q75%	Q100%	Límite Inferior = $Q25\% - 1.5 * IQR$	Límite Superior = $Q75\% + 1.5 * IQR$	% de outliers
0	26	32	41	141	3.50	63.50	2.05%
Minutos de Uso							
Cuartiles					Outliers		
Q0%	Q25%	Q50%	Q75%	Q100%	Límite Inferior = 0	Límite Superior = $Q75\% + 1.5 * IQR$	% de outliers
0	11	19	31	143708	0.00 *	61.47	0.01%
Velocidad del Viento							
Cuartiles					Outliers		
Q0%	Q25%	Q50%	Q75%	Q100%	Límite Inferior = $Q25\% - 1.5 * IQR$	Límite Superior = $Q75\% + 1.5 * IQR$	% de outliers
5	10	13	16	38	0.40	26.00	2.69%
Presión Media							
Cuartiles					Outliers		
Q0%	Q25%	Q50%	Q75%	Q100%	Límite Inferior = $Q25\% - 1.5 * IQR$	Límite Superior = $Q75\% + 1.5 * IQR$	% de outliers
999	1012	1016	1020	2161	1000.05	1032.45	0.85%
Precipitaciones							
Cuartiles					Outliers		
Q0%	Q25%	Q50%	Q75%	Q100%	Límite Inferior = 0	Límite Superior = $Q75\% + 1.5 * IQR$	% de outliers
0.0	0.0	0.0	0.1	108.0	0.00 *	0.25	20.36%

*Se utiliza 0.00 como límite real de la variable, ya que no tiene sentido pensar en números negativos.

En primer lugar, se realiza un análisis de la edad. Si bien el criterio toma como *outliers* aquellas personas que tienen menos de 3.5 años, en el análisis se dejan de lado todas aquellas personas que tienen menos de 18 años, ya que el sistema solo se encuentra disponible para mayores de 18. Por lo tanto, cualquier edad menor tiene que ser un error en el sistema. En cuanto a la edad máxima, si bien la distribución de

datos considera que valores mayores a 64 años son *outliers*, se dejan las edades hasta 80, ya que mayor a esa edad se considera un dato cargado erróneamente. Teniendo en cuenta los datos que están entre 18 y 80 años el 0.4% de los datos de edad se pierden.

A continuación, se realiza el análisis para la distribución del tiempo de uso. En primer lugar, se observan algunos ceros, los cuales van a ser dejados de lado en el análisis por no representar un recorrido realizado. En segundo lugar, hay algunas observaciones en las cuales el tiempo de uso es muy superior al tiempo límite estipulado por el gobierno de la ciudad. En algunos casos, esto probablemente se deba a que la persona no cumplió con el horario, pero en otros puede ser un error del sistema. Si bien el criterio toma como límite 62 minutos, solo se dejan de lado las observaciones con tiempo de uso mayor a 120 minutos, ya que se considera un error en el sistema o un valor atípico extremo. Al tener en cuenta el tiempo de uso entre 1 minuto y 120 minutos, se pierde el 0.001% de los datos.

Por último, se realiza el mismo análisis para todas las variables climáticas. Tanto para la temperatura máxima, mínima y media, todos los valores se encuentran dentro del rango esperado. Es decir, no se cuenta con valores extremos para esas variables.

Para la velocidad del viento, sin embargo, si hay valores atípicos. Se toma como valor atípico aquello que no está comprendido en el rango 0.4 y 26. Al realizar el análisis, se excluyen los valores no comprendidos entre 0.4 y 30, por ser considerados valores atípicos extremos, dejando así de lado el 0.6% de los datos.

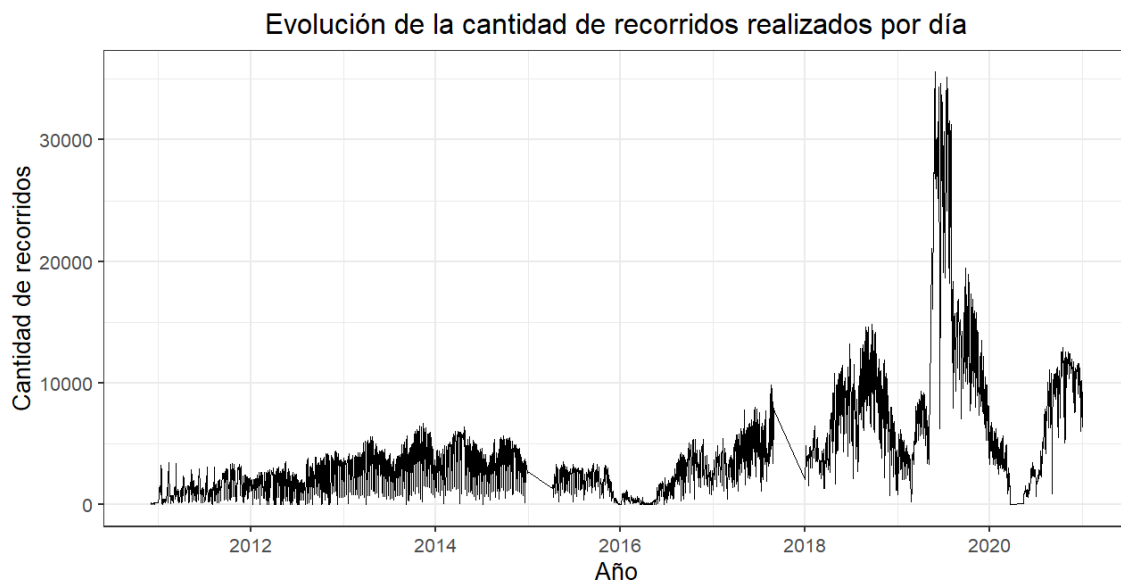
Para la presión media también se encuentran *outliers*. Por lo tanto, se toma como valor atípico aquellas observaciones menores a 1000, y aquellas observaciones mayores a 1032. Al hacer el análisis se dejan de lado los valores menores a 1250 por considerarse valores atípicos extremos, se pierden el 0.11% de los datos.

Por último, para las precipitaciones se encuentra una distribución bastante asimétrica, dado que hay más días al año en los cuales no llueve. Al haber muchas observaciones con valor cero, hace que los límites queden chicos por lo que hay un gran porcentaje de *outliers* en la muestra. A pesar de esto, se utilizan todos los datos, ya que no se considera ninguno de los valores como atípico extremo.

2.3. Análisis descriptivo de todo el período

Como se menciona anteriormente, EcoBici es un sistema de bicicletas compartidas que funciona en la Ciudad de Buenos Aires desde el año 2010. En esta sección se busca analizar cómo fue evolucionando a lo largo del tiempo los recorridos realizados, para decidir el periodo de análisis de la tesis. El Gráfico 1 permite, justamente, observar la evolución temporal de la cantidad de recorridos realizados por día desde 2010 hasta fines del 2020.

Gráfico 1: Evolución temporal del número de operaciones por día entre el año 2010 y el 2020



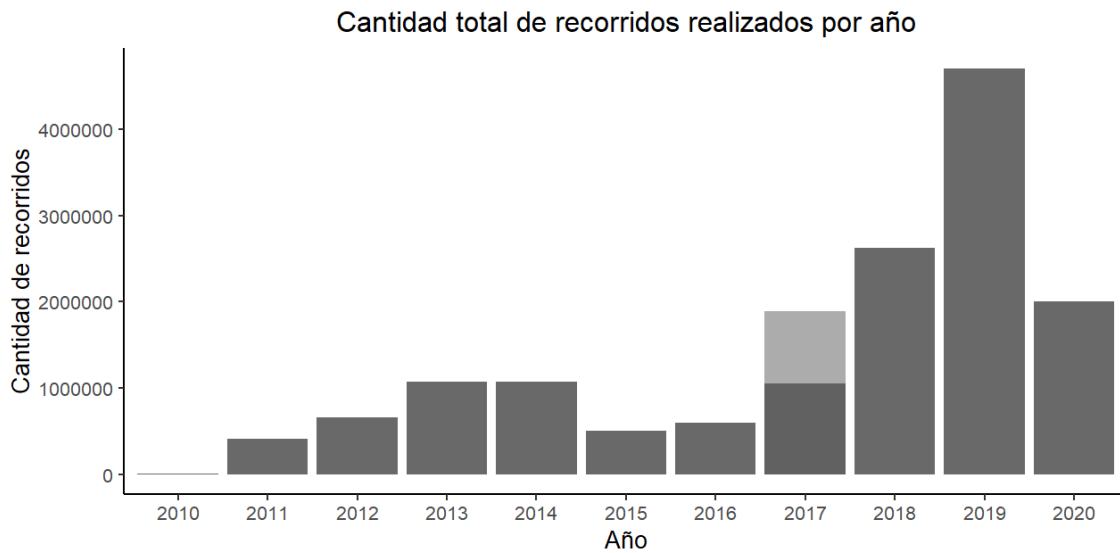
Dos características resultan llamativas. En primer lugar, tanto de enero a marzo del 2015 como de setiembre a diciembre del 2017, hay faltantes de información. Esa información no se encuentra disponible por un error en el sistema que proveía la información en dicho momento, y, según lo consultado con las fuentes oficiales⁸, no se puede recuperar ya que hubo un cambio de proveedor de información. En segundo lugar, del 22 de marzo hasta el 11 de mayo del 2020 no se registran operaciones realizadas debido a la cuarentena obligatoria impuesta por el gobierno a causa del COVID 19 que implicó el cierre

⁸ Un funcionario de la Secretaría de Transporte y Obras Públicas Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires proveyó dicha información.

del servicio. A partir del 11 de mayo, momento en el cual se comienza a flexibilizar la cuarentena, se puede notar que se empiezan a realizar recorridos en bicicleta, igualmente, es recién en agosto cuando se vuelve a normalizar el servicio de EcoBici.

A continuación, el Gráfico 2 reporta la cantidad de recorridos realizados por año.

Gráfico 2: Cantidad total de recorridos por año, período 2010 y el 2020



En 2017 se utiliza la información provista por un funcionario de la Secretaria de Transporte para estimar el total de recorridos.

Se puede observar que a partir de 2017 hay un salto en la cantidad de recorridos realizados por los usuarios, teniendo en cuenta que para 2017 falta información para los últimos 4 meses para llegar a la cantidad total de 2017 se le suma el total de los recorridos realizados en esos cuatro meses faltantes. Según lo consultado con funcionarios de la Secretaria de Transporte de la Ciudad se estima que la cantidad real de 2017, teniendo en cuenta los 4 meses faltantes, es de 1.885.868 recorridos realizados. Es este el valor que se grafica con gris más claro. Este salto en la cantidad de recorridos realizados se debe principalmente a que en 2017 se terminan de crear las 200 estaciones iniciales.

En el 2019 vuelve a aumentar en gran cantidad los recorridos realizados, ya que las EcoBici pasan a ser adquiridas por la empresa brasilera Tembici, quien abre 200 estaciones nuevas, llegando así a tener 400 estaciones activas.

Luego en 2020 vuelven a cerrar 200 estaciones, pasando a quedar activas sólo 200. El motivo del cierre de las 200 estaciones fue debido a la pandemia. Ya que, al reabrirse en mayo de 2020, el mismo funcionó con el 50% de las estaciones operativas. Adecuando el funcionamiento del servicio a la realidad sanitaria, social, ambiental, económica y de movilidad de la Ciudad. Y considerando también el bajo nivel de uso del sistema producto de las restricciones a la circulación impuestas por el Gobierno Nacional el ámbito de su jurisdicción por medio de Decretos de Necesidad y Urgencia.⁹

Justamente, en la página oficial mencionan *“Con la reapertura del sistema EcoBici en mayo de 2020, definimos que quedarían operativas solamente las 200 estaciones cuya ubicación fuera estratégica (zonas con mayor cantidad de viajes, puntos de trasbordo y centros de salud) para priorizar los viajes esenciales y no los recreativos. Algunas estaciones momentáneamente no operativas fueron retiradas para evitar que los usuarios dejaran bicicletas en estaciones inhabilitadas, lo que entorpecería al sistema. Ya estamos relocalizando las primeras 30 estaciones de las 200 que se cerraron temporalmente y que iremos reactivando hasta volver al esquema original de 400 estaciones¹⁰.”*

Debido a que, en 2017 es cuando la cantidad de recorridos realizados diarios crece dado el mayor uso del sistema de EcoBici y se llegan a crear las 200 estaciones, existe un faltante de información los últimos 4 meses, para esta tesis se decide analizar la información a partir de 2018. Es por esto por lo que el análisis descriptivo que se detalla a continuación se realiza para los años 2018, 2019 y 2020. Nuestra muestra final, sobre la cual estimaremos los modelos de demanda, se basará en dicho período de análisis.

⁹ Fuente: un funcionario de la Subsecretaría de Gestión de la Movilidad en CABA.

¹⁰ Información extraída de: <https://www.buenosaires.gob.ar/compromisos/200-estaciones-de-ecobici>

2.4. Análisis descriptivo del período específico 2018-2020

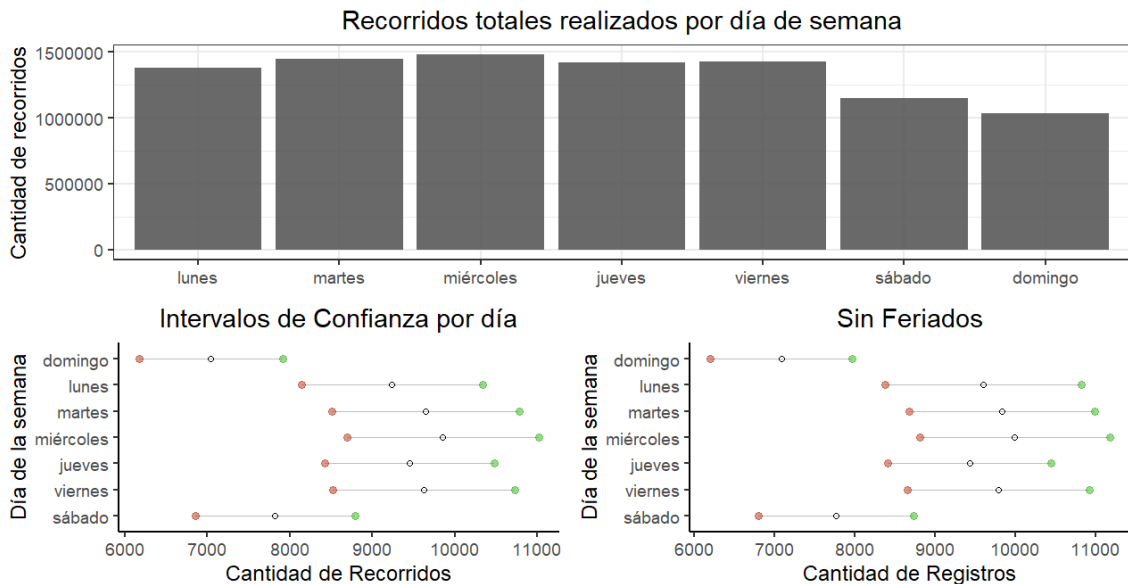
El objetivo de esta sección es realizar un análisis descriptivo de los datos para encontrar cuáles son las variables que parecen ser relevantes a la hora de querer explicar la cantidad de recorridos realizados durante el período 2018-2020.

2.4.1. Análisis según frecuencia diaria

Para el análisis de la información, se empieza evaluando los determinantes de la cantidad de recorridos realizados diarios. Se busca observar patrones en común, y diferentes entre los días.

En un primer lugar se grafica la cantidad de recorridos totales en función del día de semana, para analizar si hay días que tienen más recorridos realizados que otros.

Gráfico 3: (A) Cantidad de recorridos realizados por día de semana, (B) intervalos de confianza con y (C) sin feriados.



En el Gráfico 3A se puede observar que existe una diferencia en la cantidad de recorridos realizados por día, producto de la estacionalidad en el uso de las bicicletas públicas. En particular, los días sábado y

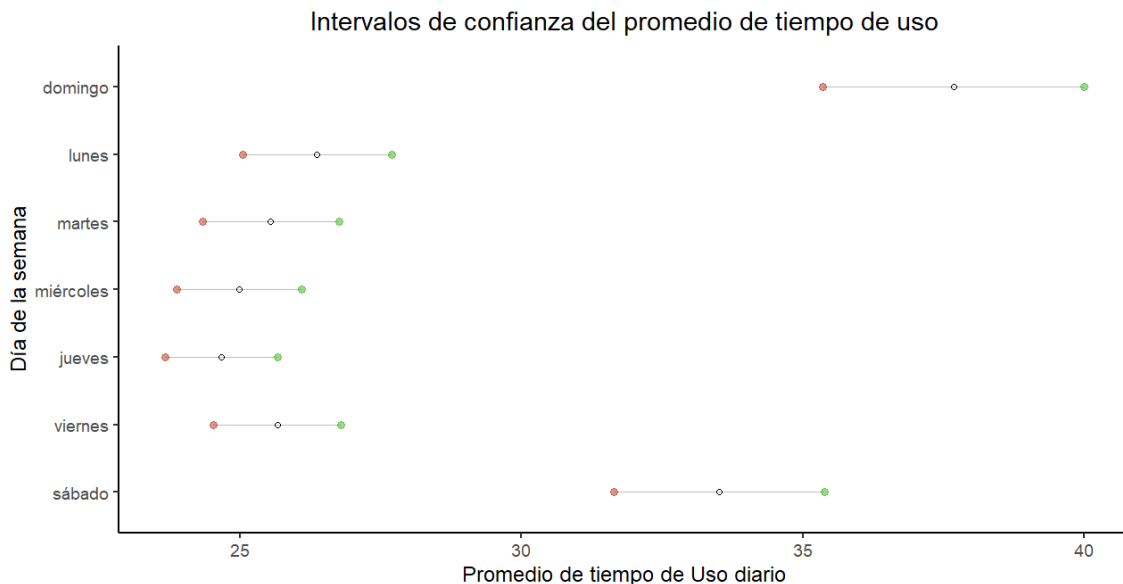
domingo hay una menor cantidad de operaciones que los días de la semana. Para evaluar estadísticamente estas diferencias observadas, es que se realizan los intervalos de confianza del 95% en la cantidad de registros por día, en el Gráfico 3B y 3C.

Al graficar los intervalos de confianza por día se semana teniendo en cuenta todas las observaciones, Gráfico 3B, se puede apreciar que efectivamente hay una diferencia estadísticamente significativa entre la cantidad de recorridos realizados los domingos en comparación con el resto de los días, mientras que los sábados se observa un leve solapamiento con el resto de los días.

Al dejar de lado los días feriados, en el Grafico 3C, esa diferencia es aún mayor. Por lo tanto, tal como se observaba en el Gráfico 3A, los sábados y domingos se hacen, en promedio, menor cantidad de recorridos que el resto de los días. Vale la pena mencionar que el miércoles es el día que más recorridos se realizan en promedio.

Dada esta diferencia entre el fin de semana, y los días de semana, se decide analizar el promedio de tiempo de uso por día de semana, para analizar si hay existe una diferencia estadísticamente significativa también en el tiempo de uso promedio.

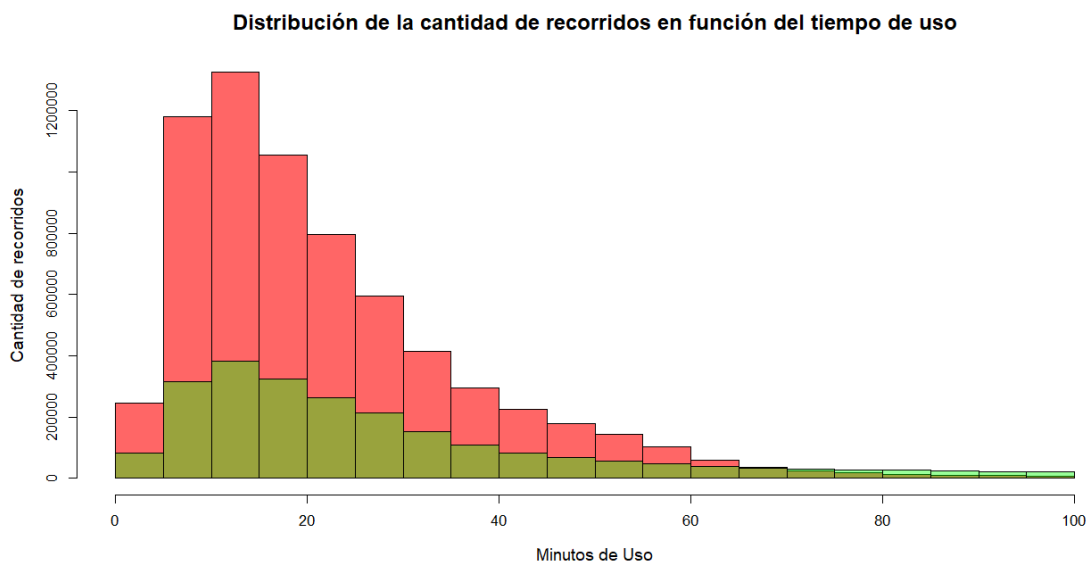
Gráfico 4: intervalos de confianza de tiempo de uso promedio por día de la semana



En el Gráfico 4 se puede observar que efectivamente hay una diferencia estadísticamente significativa en el tiempo de uso. Nuevamente se observa una diferencia entre el tiempo de uso los sábados y domingos y el resto de los días. En particular, los fines de semana el tiempo de uso promedio es significativamente mayor. Esto, junto con el análisis de cantidad de operaciones, pareciera indicar que el uso que se le da a las bicicletas los días de semana y los fines de semana es distinto. Por un lado, los días de semana hay mayor cantidad de recorridos, pero con menos tiempo de uso promedio, por el otro, los fines de semana hay menos recorridos, pero con un mayor tiempo de uso. Uno podría intuir que los días de semana se utiliza las EcoBici para ir a al trabajo o a estudiar (con fines de traslado), haciendo así un recorrido específico con un tiempo determinado. Mientras que los fines de semana, se utiliza con fines recreativos, lo que hace que el tiempo de uso promedio sea mayor.

Adicionalmente, se analiza la distribución del tiempo de uso promedio, diferenciando entre días laborales y no laborales. Se entiende como día laboral, aquellos días en los que no es fin de semana y tampoco feriado.

*Gráfico 5: Distribución de la cantidad de recorridos en función del tiempo de uso
Rojo día laboral, verde día no laboral*

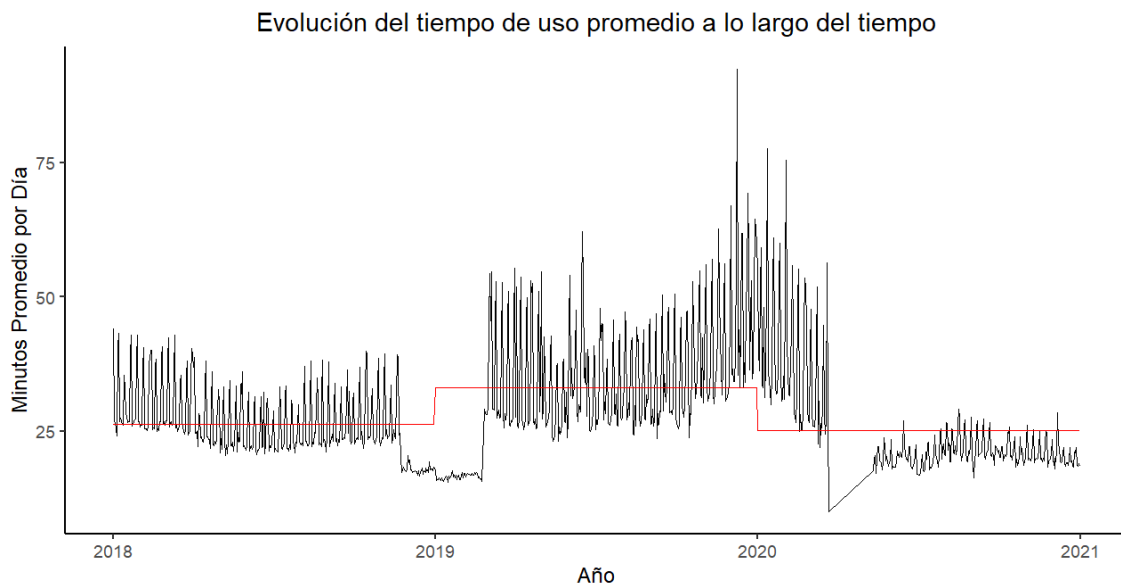


Se observa que la distribución es distinta, mientras que los días laborales superan en cantidad de recorridos cuando los minutos de uso son menores a 60 minutos, los días no laborales superan en cantidad

de corridos cuando los minutos de uso son mayores a 60 minutos. Por lo tanto, se sustenta la conclusión que los días laborales se utiliza el sistema para ir al trabajo, mientras que los días no laborales para salir a pasear y por eso el tiempo de uso promedio es mayor.

A continuación, se analiza si el promedio de uso diario fue cambiando a lo largo de los años.

Gráfico 6: Evolución del tiempo de uso promedio diario en el periodo 2018-2020. La línea roja es el promedio anual de los minutos de uso para cada año.

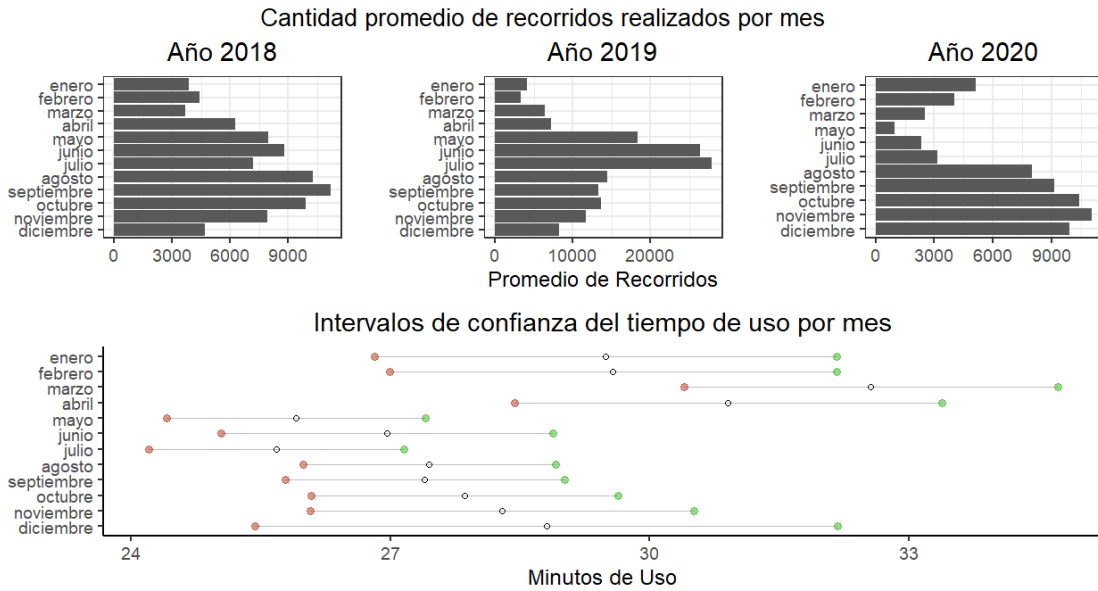


En el Gráfico 6 se observa cómo el tiempo de uso promedio fue cambiando a lo largo de los años. Siendo el menor en 2020 (25 minutos, 11 segundos), en el medio 2018 (26 minutos 12 segundos), y el mayor en 2019 (33 minutos 9 segundos). Tiene sentido que el tiempo de uso sea menor en el 2020, ya que en ese año se estableció el máximo tiempo permitido de 30 minutos y multas económicas para quienes excedieran el tiempo. Antes del 2020 el máximo tiempo permitido era de 60 minutos.

2.4.2. Análisis frecuencia mensual

A continuación, se realiza un análisis en frecuencia mensual, para evaluar si existen meses con mayor y menor demanda de bicicletas, y si existe variación en el tiempo de uso promedio.

Gráfico 7: Gráfico de barra de la cantidad de recorridos realizados por mes para cada uno de los años de análisis: (A) 2018, (B) 2019, (C) 2020. (D) E intervalo de confianza para el tiempo de uso por mes.



Efectivamente, se puede observar que hay diferencias en la cantidad de recorridos realizados en los distintos meses.

Cabe notar que en abril del año 2020 no se observa ningún dato debido a la ya mencionada cuarentena obligatoria, mientras que en marzo y en el periodo mayo-julio hubo capacidad reducida por el mismo motivo.

Observando los tres gráficos de la cantidad de recorridos realizados, Gráfico 7A, 7B, y 7C, se puede notar un patrón similar todos los años, en particular en los años 2018 y 2019, una menor cantidad de registros durante los meses de vacaciones: enero, febrero y diciembre, y una gran concentración de registros durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. Aunque la fluctuación de mes a mes cambia según el año.

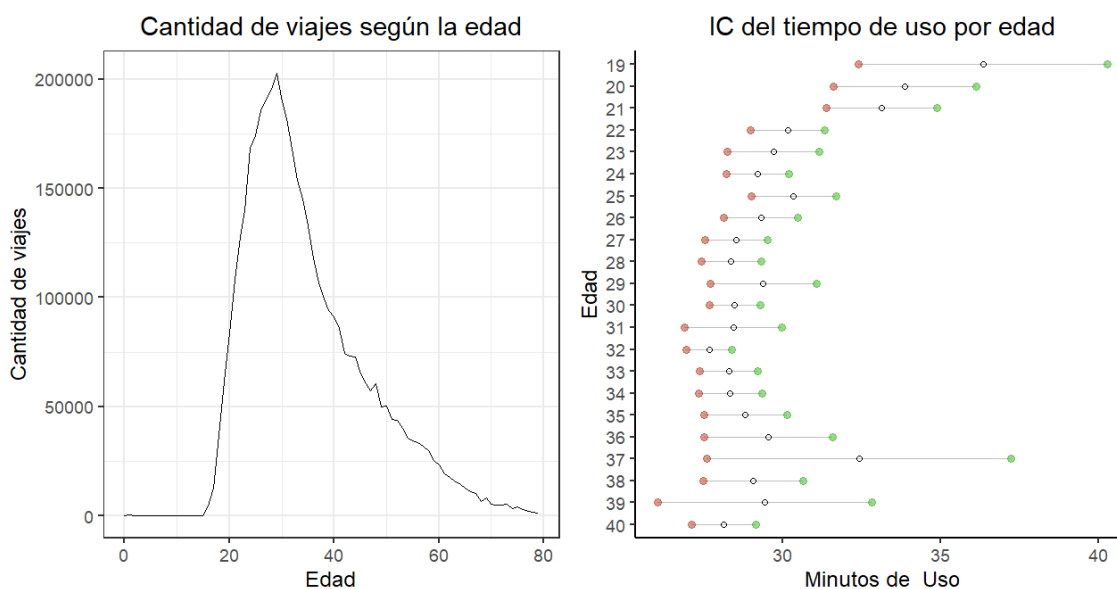
Por lo tanto, existe una diferencia en la cantidad de registros a nivel mensual, pero la misma va cambiando año a año. Ya que, aunque se registra un patrón similar en los primeros y últimos meses del año, que se disminuye la cantidad de recorridos realizados, el resto de los meses fluctúa distinto año a año. Esta estacionalidad cambiante en el tiempo será contemplada en los modelos de series temporales que se desarrollan en la [sección 3.1.2](#), esta tesis.

En cuanto a la distribución del tiempo de uso, se puede notar una diferencia en tiempo de uso promedio de los meses. En enero, febrero, marzo y abril, el tiempo de uso es estadísticamente mayor que en el resto de los meses. Siendo marzo el mes con el tiempo de uso promedio mayor. El mes con el tiempo de uso promedio menor es julio, este es el mes más frío del año en Argentina, lo que quizás puede explicar esa disminución en tiempo de uso promedio. Más adelante, en la [Sección 2.4.4.](#), se realiza un análisis que relaciona el uso del sistema de EcoBici junto con variables climáticas.

2.4.3. Análisis según características demográficas

Siguiendo con el análisis, se evalúa cómo se distribuye la cantidad de recorridos realizados y el tiempo de uso en función de la edad de las personas y el género.

*Gráfico 8. (A) Cantidad de viajes en función de la edad.
(B) E intervalos de confianza del tiempo de uso según la edad.*

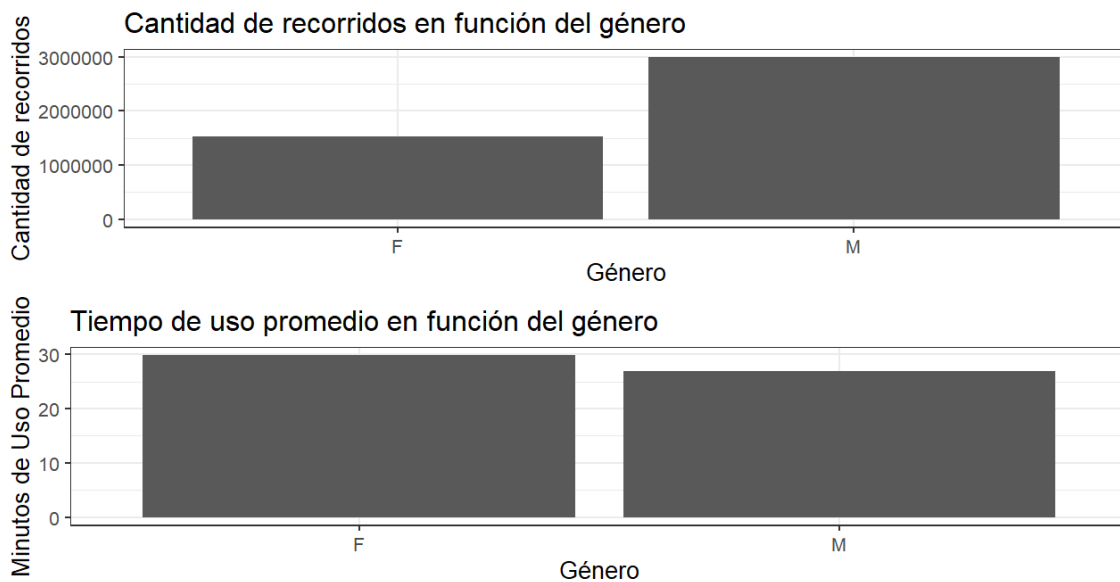


Como era de esperarse, se encuentra que la mayor concentración de recorridos realizados se encuentra en los usuarios que tienen entre 19 y 40 años. Se observa que el efecto de la edad sobre la cantidad de recorridos tiene un comportamiento cuadrático. Es importante tener en cuenta que el 53% de los datos

no tiene información de la edad, por lo que al realizar el gráfico se está trabajando sólo con el 47% de los datos. Por lo que, incluir la variable de edad en las regresiones implicará incurrir en una importante merma en el tamaño de la muestra y, probablemente, algún tipo de sesgo de selección. Sin embargo, cuando se estiman los modelos de panel, al trabajar con promedios diarios de recorridos por estación, es posible incluir la variable sin disminuir el tamaño de la muestra.

En el Gráfico 8B se observa que, para las personas más jóvenes, entre 19 y 21 años, el tiempo de uso promedio es estadísticamente mayor, mientras que para el resto de las edades existe solapamiento de los intervalos de confianza, por lo que no se observan diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de uso.

Gráfico 9: (A) Cantidad de recorridos en función del género. F = femenino, M = masculino
(B) Y tiempo de uso promedio por género.



Al hacer el análisis por género, se encuentra una diferencia bastante significativa entre la cantidad de recorridos realizados por hombre y mujeres, como se puede observar en el Gráfico 9A, hay una mayor cantidad de registros de hombres. El promedio de hombres es 2881 viajes por día, mientras que el promedio de mujeres es 1465.

Al analizar la distribución del tiempo de uso promedio por género, se puede observar en el Gráfico 9B que el promedio de minutos de uso es mayor para las mujeres, mientras que para hombres el promedio es de 29 minutos 52 segundos, para los hombres es de 26 minutos 57 segundos. Lo que llevaría a pensar que las mujeres son quienes les dan a las bicicletas un mayor uso recreativo que los hombres.

Es importante tener en cuenta que el 51% de los datos no posee información sobre el género, por lo tanto, al trabajar con el género solo se utiliza el 49% de los datos. Por lo que, incluir la variable de género en las regresiones implicará incurrir en una importante merma en el tamaño de la muestra y, probablemente, algún tipo de sesgo de selección. Sin embargo, cuando se estiman los modelos de panel, al trabajar con promedios diarios de recorridos por estación, es posible incluir la variable sin disminuir el tamaño de la muestra.

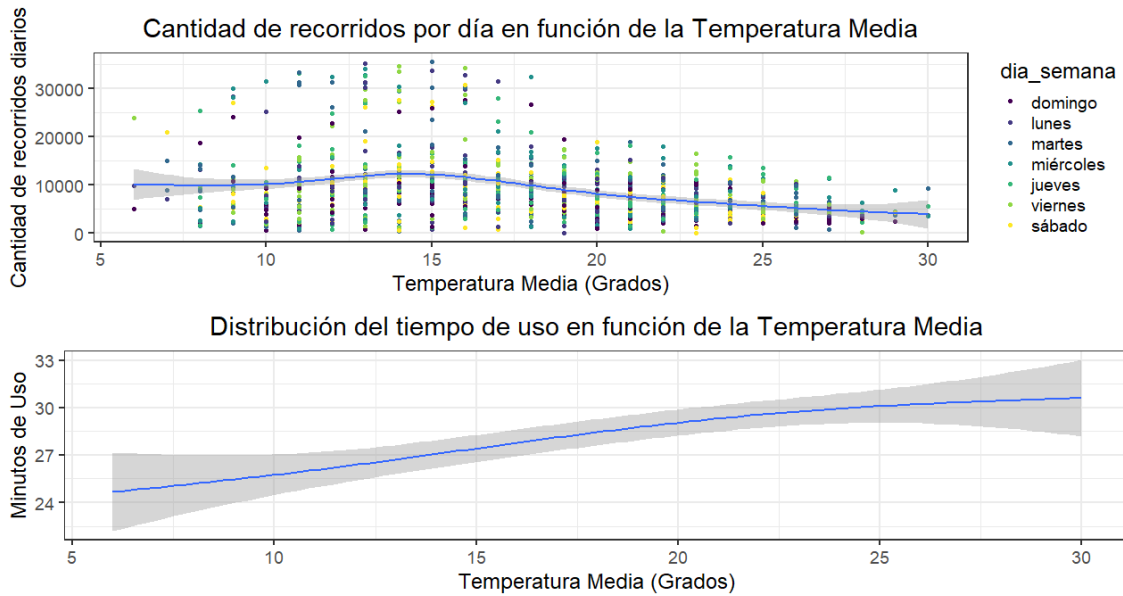
2.4.4. El clima

Las condiciones climáticas constituyen un factor importante en la determinación de la demanda del sistema de EcoBici. En particular, afecta en forma directa a la cantidad de recorridos realizados y el tiempo de uso. Por ello se agrega a la base de datos información meteorológica histórica de la Ciudad de Buenos Aires. Las variables disponibles asociadas a las condiciones diarias climáticas son: la temperatura media, máxima y mínima, la velocidad del viento, la presión del aire, y las precipitaciones.

2.4.4.1. Análisis según las temperaturas máxima, mínima, y media

El Gráfico 10 muestra la distribución de la cantidad de viajes según las temperaturas media, máxima y mínima. Y la dispersión de la cantidad de viajes en función de las temperaturas, diferenciando por colores los días de la semana.

Gráfico 10: (A) Distribución y dispersión de la cantidad de viajes según la temperatura media. (B) Y distribución de tiempo de uso en función de la temperatura media.



Se puede observar que a mayores y menores temperaturas medias la cantidad de recorridos realizados disminuye, mientras que, cuando las temperaturas son intermedias es donde se encuentra la mayor cantidad de recorridos realizados diarios. En particular, disminuye mucho la cantidad de recorridos realizados cuando la temperatura es muy alta. Esto sustenta lo analizado anteriormente, donde se observaba que los meses más calurosos, de diciembre a marzo, son aquellos que tienen menor cantidad de recorridos realizados.

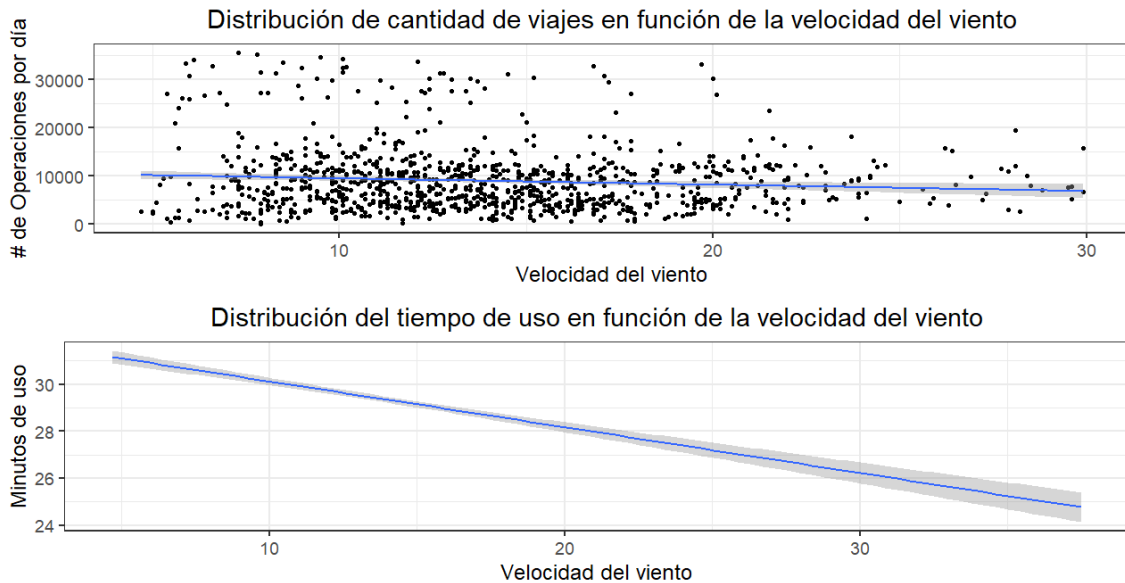
Además, hay dos aspectos que valen la pena resaltar. En primer lugar, solo los días con temperaturas intermedias, entre 10 y 20 grados, se superan la cantidad de 20000 recorridos realizados. En segundo lugar, no se nota una diferencia significativa en la distribución de los días de semana con respecto a la temperatura.

Al analizar el tiempo de uso, se puede observar que a medida que aumenta la temperatura, aumenta el promedio de minutos de uso, hasta llegar a 25 grados donde hay un leve declive. Es decir, que los días con mayores temperaturas son aquellos en los cuales los minutos de uso promedio son mayores.

2.4.4.2. Análisis según la velocidad del viento

A continuación se realiza el análisis del uso del sistema de EcoBici en función de la velocidad del viento, ya que se considera que es un potencial determinante de la cantidad de recorridos realizados y el tiempo de uso.

Gráfico 11: (A) *Dispersión de la cantidad de viajes según la velocidad del viento.*
(B) *Y distribución del tiempo de uso en función de la velocidad del viento.*



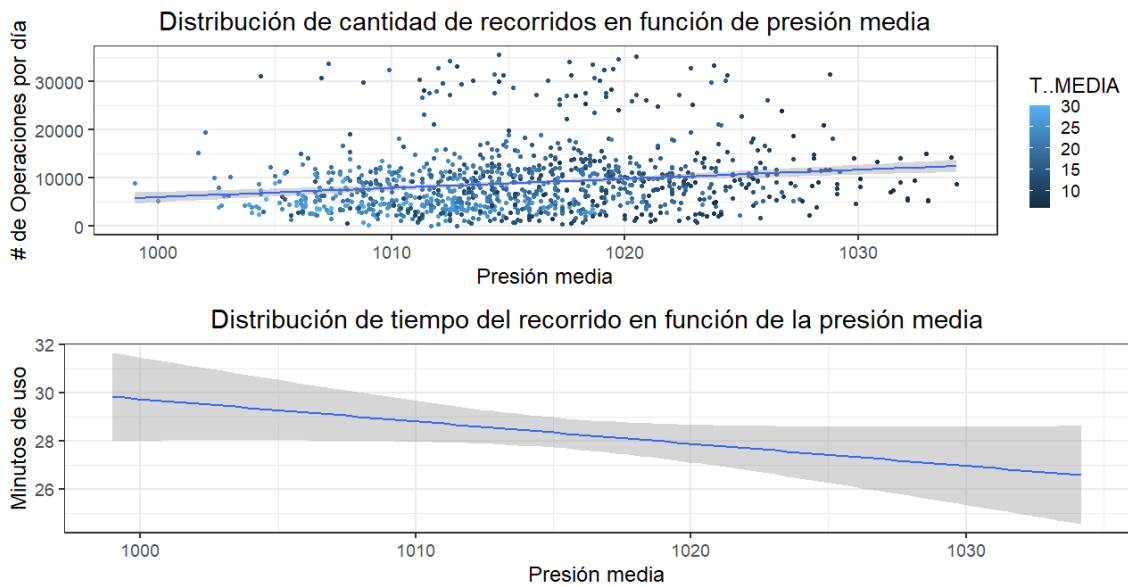
Al observar el Gráfico 11A, se puede notar que a medida que aumenta la velocidad del viento, la cantidad de recorridos realizados diarios es menor. Es decir, los días muy ventosos las personas deciden utilizar otro medio de transporte que no sea la bicicleta, ya que quedan expuestos al viento. Incluso, se puede observar cómo solo se superan los 20.000 recorridos diarios cuando la velocidad del viento es menor a 20 km/h.

En el Gráfico 11B, se puede observar cómo, además, a medida que aumenta la velocidad del viento, disminuye el tiempo promedio de uso de las bicicletas.

2.4.4.3. Análisis según la presión media

Tal como se puede evidenciar en el Gráfico 12, cuando la presión media es alta hay una mayor cantidad de recorridos realizados diariamente, mientras que cuando la presión media es baja la cantidad de recorridos realizados es menor. Es decir, que a medida que va aumenta la presión media, van aumentando la cantidad de recorridos realizados.

Gráfico 12: (A) *Dispersión de la cantidad de viajes según la presión media.* (B) *Y tiempo de uso promedio en función de la presión media.*



Esto se debe, a que los días en los cuales la presión media esta baja son en general días inestables, nublados o lluviosos con el aire pesado. Mientras que cuando la presión esta alta son días de buen clima, más cálidos, con suaves brisas, secos y estables.

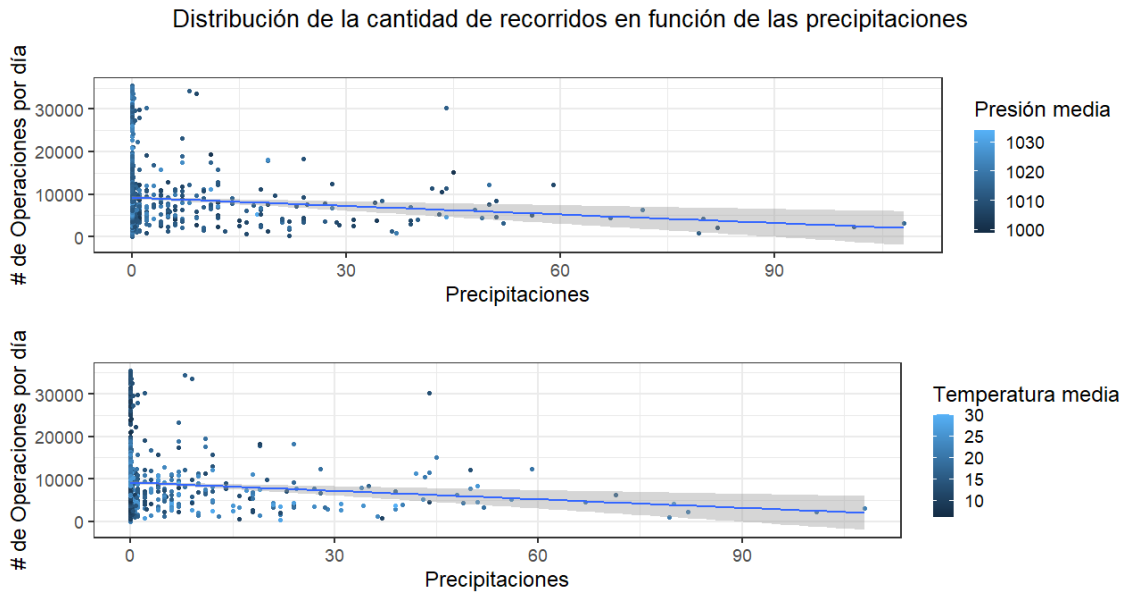
Relacionándolo con la temperatura media, se puede observar como las observaciones más claras, que son las temperaturas mayores, se encuentran concentradas cuando la presión media es baja. Y en la presión media alta, solo se encuentran observaciones más oscuras, que son las temperaturas menores.

Por otro lado, en el Gráfico 12B, observa que cuanto mayor es la presión media, menor el tiempo de uso promedio. Por lo tanto, si bien a mayor presión media mayor cantidad de recorridos realizados, los mismos duran en promedio un menor tiempo.

2.4.4.4. Análisis según las precipitaciones

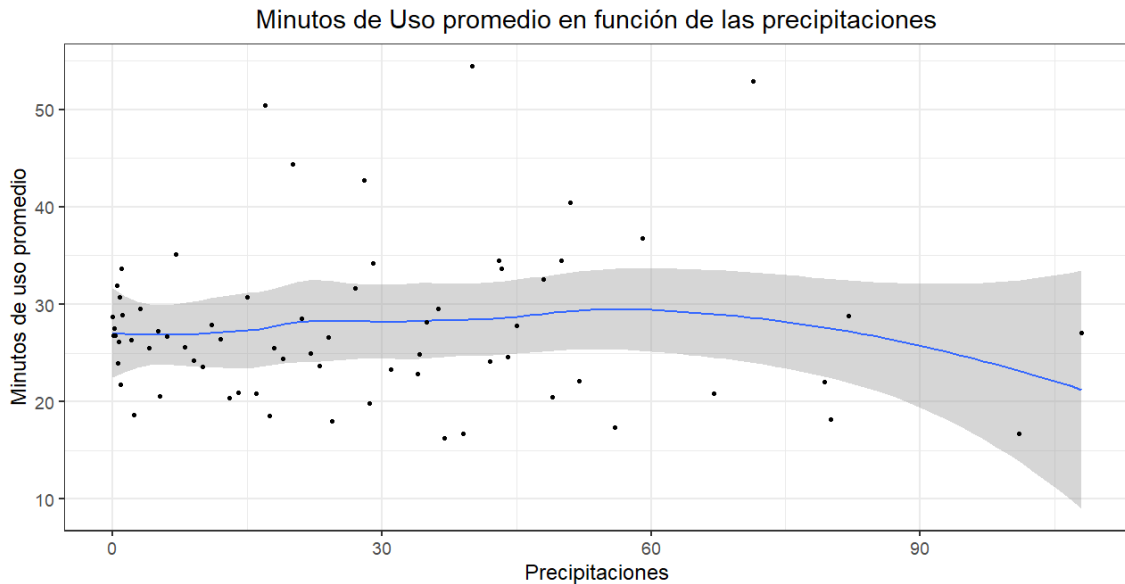
Como es de esperarse, a medida que aumentan las precipitaciones, la cantidad de recorridos realizados disminuye. En el Gráfico 13A, además, se puede observar que los días con mayor precipitación, son los días con menor presión media, como se menciona anteriormente la presión media baja se presenta en días generalmente lluviosos y pesados, en los cuales la cantidad de recorridos realizados disminuye. Y en el Gráfico 13B, se puede observar cómo los días con mayores precipitaciones también se presentan con temperaturas más elevadas.

Gráfico 13: (A) Dispersión de la cantidad de viajes según las precipitaciones. (B) Y la relación con la temperatura y la presión medias.



En conclusión, los días con mayores precipitaciones, menor presión media, y mayores temperaturas, se disminuyen la cantidad de recorridos realizados. Al calcular el coeficiente de correlación entre las variables climáticas se encuentra que la correlación entre temperatura media y precipitaciones es positiva (0.12), entre temperatura y presión media es negativa (-0.22), y entre precipitaciones y presión media también es negativa (-0.08). Estas correlaciones son consistentes con el análisis realizado: a mayor precipitación, mayor temperatura, menor presión media, y menores recorridos realizados.

Gráfico 14: Minutos de Uso promedio por día en función de las precipitaciones



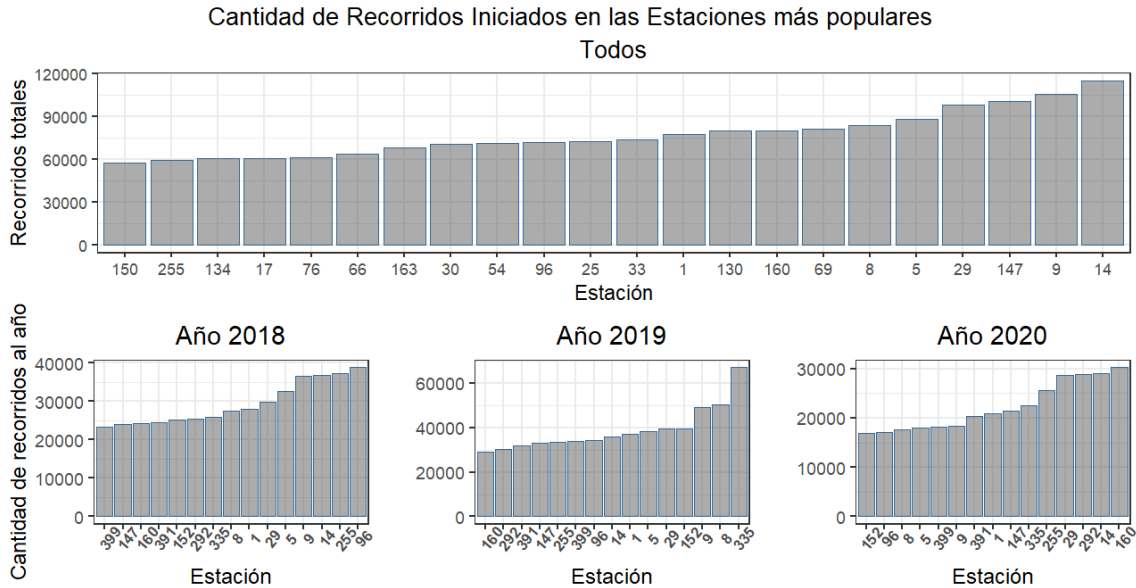
Se puede observar que no solo los días de mayores precipitaciones hay menor cantidad de recorridos realizados, sino que además los mismos duran en promedio menos.

2.4.5. Análisis de las estaciones

Como se menciona anteriormente, la cantidad de estaciones disponibles va variando año a año. Si bien en 2019 se logra llegar a las 400 estaciones deseadas, en 2020 por motivos de la pandemia se terminan cerrando 200. Actualmente el plan del gobierno de la ciudad es intentar llegar nuevamente a esas 400 estaciones, teniendo hoy en día abiertas 230. Para el análisis de esta tesis se va a hacer sobre las 230 estaciones que se encuentran actualmente habilitadas. Resulta relevante mencionar que, de estas 230 estaciones, 11 se habilitaron en el 2021 por lo que el análisis de estaciones y los ejercicios de optimización se realizan sobre las 219 estaciones con las cuales se encuentra información hasta el 2020.

El Gráfico 15A analiza los recorridos realizados en las estaciones más populares. Se toma como estación popular a aquella que tiene más recorridos realizados que el percentil 90. El percentil 90 se encuentra en 56542 recorridos totales iniciados, y de las 230 estaciones, 22 tienen más de 56542 recorridos iniciados en ellas. Es por esto, que a estas 22 estaciones, son las que se va a tomar como estaciones populares.

Gráfico 15: (A) Cantidad de recorridos iniciados en las 22 estaciones más populares para el total del periodo. Y por año. Siendo (B) 2018, (C) 2019, y (D) 2020. Azul=Activas



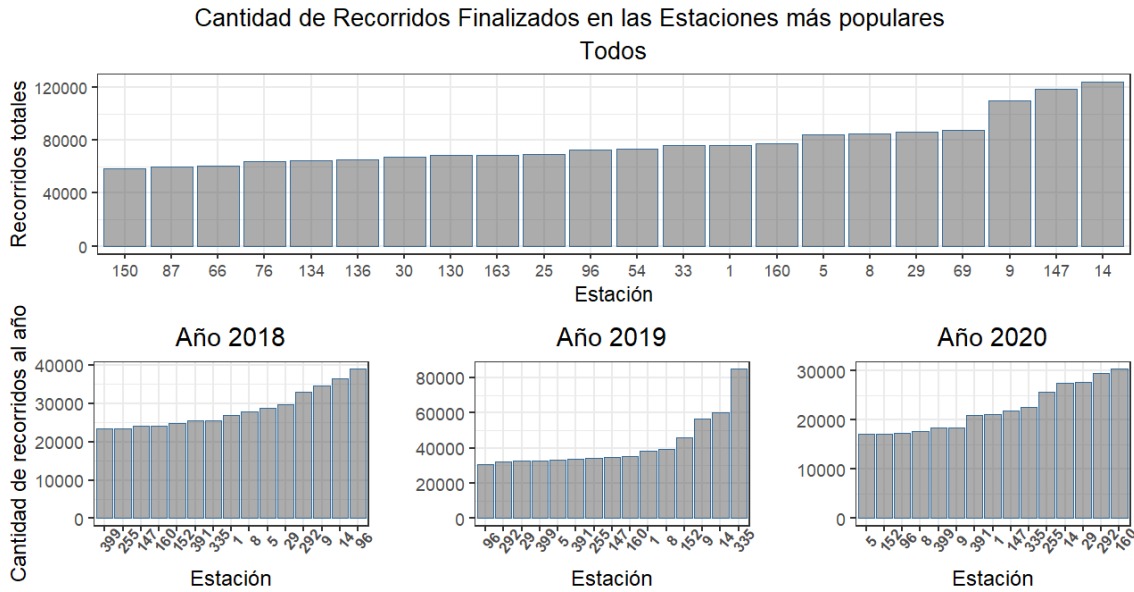
Se puede observar que las estaciones más populares, tanto a nivel global como anual, están dentro de las 230 estaciones activas en la actualidad. Además, se puede observar que varias de las estaciones más populares se repiten a lo largo de los años, con algunas diferencias. Es importante mencionar que, en estas 22 estaciones populares se inician el 23.35% de los recorridos totales realizados. En la Tabla 6, se encuentran detalladas las 22 estaciones populares, en forma decreciente según la cantidad de recorridos iniciados.

Tabla 6: Estaciones populares

22 ESTACIONES POPULARES		22 ESTACIONES POPULARES	
Número de la estación	Nombre de la estación	Número de la estación	Nombre de la estación
14	Pacífico	25	Plaza Guemes
9	Parque Las Heras	96	Carlos Gardel
147	Constitución	54	Acuña de Figueroa
29	Parque Centenario	30	Peña
5	Plaza Italia	163	ONCE II
8	Congreso	66	Billinghamurst
69	Ecuador	76	Ayacucho
160	Godoy Cruz y Libertador	17	Plaza Almagro
130	RETIRO II	134	DON BOSCO
1	FACULTAD DE DERECHO	255	BARRANCAS DE BELGRANO
33	Facultad de Medicina	150	RODRIGO BUENO

Al realizar el mismo análisis para las estaciones de destino, se encuentra que el percentil 90 está en 57969 recorridos finalizados. La cantidad de estaciones que supera ese límite es 22, y esas son las que se grafican a continuación para el total del periodo.

Gráfico 16: (A) Cantidad de recorridos finalizados en las 22 estaciones más populares para el total del periodo. Y por año. Siendo (B) 2018, (C) 2019, y (D) 2020. Azul = Activas

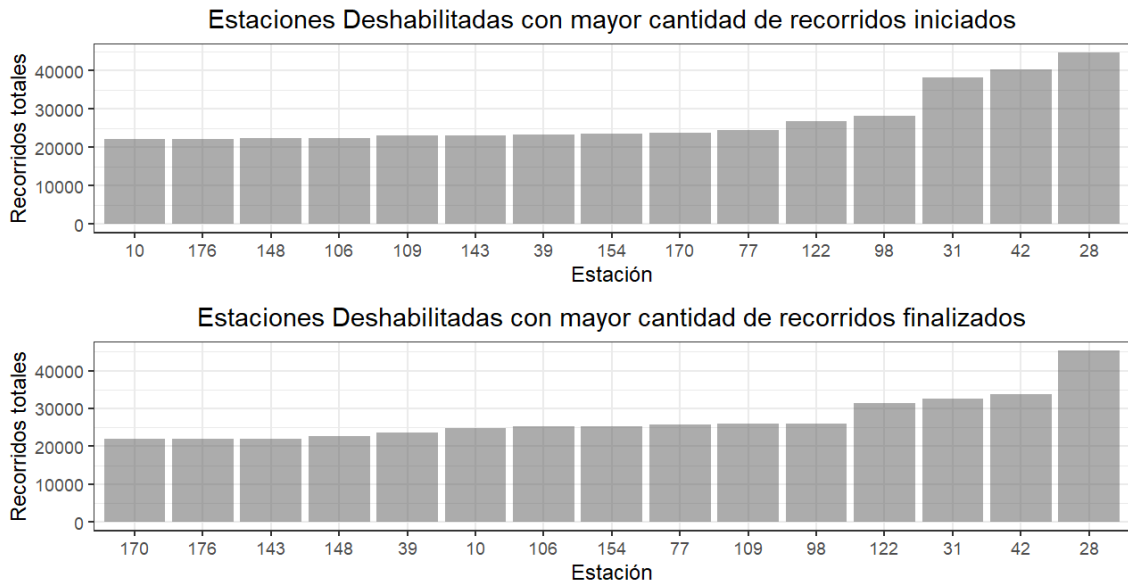


Se encuentra, nuevamente, que las estaciones de destino más populares están actualmente habilitadas. Y que se repiten año a año las mismas estaciones, con algunas diferencias.

Además se nota que hay un parecido en las estaciones de origen y destino con mayores recorridos. Por lo tanto, se analiza cuantos de los recorridos empiezan y terminan en la misma estación, vs empiezan y terminan en distintas estaciones. Se encuentra que el 9.8% de los recorridos realizados empieza y terminan en la misma estación, mientras que el 90.2% de los recorridos realizados empieza en una estación y termina en otra diferente.

Por último, se busca analizar en el Gráfico 17 cuáles son las estaciones de origen y destino más populares que actualmente se encuentran deshabilitadas.

Gráfico 17: Cantidad de recorridos iniciados y finalizados en las 15 estaciones más populares que no se encuentran actualmente habilitadas



En primer lugar, cabe destacar que la cantidad de recorridos realizados de estas estaciones es mucho menor que la de las que se encuentran habilitadas. En segundo lugar, tendría sentido pensar que si el gobierno planea abrir estaciones próximamente, parta de estas ya que eran las más utilizadas. En el plan de reabrir estaciones tendría sentido partir por la 28, seguido de la 42, 31, 98, 122, etc.

3. Modelos

3.1. Modelos para todas las estaciones habilitadas

A continuación, se presentan diferentes estrategias utilizadas para modelar la cantidad de recorridos iniciados por día en las 219 estaciones habilitadas en 2020. En primer lugar, agregando los datos de las estaciones, se estiman distintos modelos de series de tiempo para explicar la dinámica del uso del sistema de EcoBici en su conjunto a través de modelos ARIMA (sin y con regresores exógenos) y modelos TBATS (para modelar el potencial comportamiento estacional de la demanda). Por último, para explotar la heterogeneidad individual (por estación) además de la dinámica temporal, se estiman modelos con datos en panel.

3.1.1. Modelos ARIMA

Los modelos autorregresivos integrados de medias móviles, o ARIMA¹¹, son modelos estadísticos que buscan predecir al futuro de alguna variable explotando su propio pasado en función de su comportamiento dinámico. Para esto utilizan rezagos de la variable dependiente, la parte autorregresiva (AR), y de rezagos de shocks aleatorios, la parte de medias móviles (MA).

Los modelos ARIMA(p,d,q) con d=0 (es decir, estacionarios) que tienen un q=0 son puramente autorregresivos y se denominan AR(p), y aquellos que tienen p=0 son puramente de medias móviles y se denominan MA(q). Los modelos ARIMA(p,q) tienen ambos componentes, uno que lo ata al pasado, la parte autorregresiva, y otro que lo mueve de forma aleatoria, la parte de media móvil. Es decir, se utiliza el pasado de la variable para predecir el futuro.

Para estimar el orden (p,q) del modelo se suele estudiar la función de autocorrelación y de autocorrelación parcial que surge de los propios datos. Se estiman por máxima verosimilitud y desde hace ya varios años que suelen ser utilizados para pronosticar ya que tienen muy buen desempeño respecto de otros modelos económicos (Nelson, 1972).

¹¹ Enders (2014)

Como lo haremos en esta tesis, estos modelos se pueden extender agregando variables exógenas (ARIMAX) o modelando componentes estacionales (SARIMA).

Para estimar los distintos modelos ARIMA en R se utiliza la función `auto.arima()` de la librería `forecast`. Es un algoritmo de selección automática de modelos ARIMA que utiliza una variante del algoritmo de Hyndman y Khandakar (2008). El mismo combina las pruebas de raíz unitaria, la minimización del criterio Akaike corregido (AICc) y estimación por máxima verosimilitud para seleccionar el modelo ARIMA que mejor ajusta a cierta serie temporal.¹²

Para poder encontrar el modelo ARIMA que mejor ajusta a la serie temporal, sigue los siguientes pasos:

1. Se determina el número de diferenciaciones (d) entre 0 y 2, para volver estacionaria a la serie. Para esto se utiliza el test KPSS.
2. El orden de la parte autoregresiva (p) y de la media móvil (q) se eligen en función de aquellos que minimizan los criterios de información, por default el AICc. Este paso se realiza una vez que ya está diferenciada la serie temporal. En lugar de utilizar todas las combinaciones, que son potencialmente infinitas, posibles de p y q , el algoritmo usa una step-wise search:

- a. Cuatro modelos iniciales son estimados:

ARIMA(0,d,2)

ARIMA(2,d,2)

ARIMA(1,d,0)

ARIMA(0,d,1)

Se incluye una constante salvo que $d=2$. Si $d \leq 1$, se adiciona el siguiente modelo inicial: - ARIMA(0,d,0) sin constante.

- b. Aquel modelo que minimiza el AICc estimado en el paso (a) se considerará el modelo actual.
- c. Adicionalmente, se consideran variantes del modelo actual:
 - variando p y q respecto del modelo actual en ± 1 ;

¹² Información extraída de: <https://pronosticosbcu11.shinyapps.io/modulo1/#section-selecci%C3%B3n-autom%C3%A1tica>

- incluyendo/excluyendo la constante del modelo actual. El mejor modelo (ya sea el actual o alguna variante) se convierte en el nuevo modelo actual.
- d. Se repite el paso (c) tantas veces como sea necesario hasta que no se logre encontrar un menor AICc.

Adicionalmente, la función permite cambiar el criterio de información (usar AIC, AICc o BIC), estimar modelos estacionales (SARIMA), definir los valores máximos de p y q a considerar e incluir regresores exógenos, entre otras opciones.

A continuación se reporta la Tabla 7 con todos los modelos ARIMA estimados tanto para las estaciones habilitadas como para las populares.

Tabla 7: Modelos ARIMA

MODELOS	Estimaciones para las estaciones habilitadas		Estimaciones para las 22 estaciones populares	
Coficiente	Modelo 1 ARIMA	Modelo 2 ARIMAX	Modelo 3 ARIMA	Modelo 4 ARIMAX
Variable Dependiente	Cantidad de Recorridos Diarios Totales	Cantidad de Recorridos Diarios Totales	Cantidad de Recorridos Diarios Totales	Cantidad de Recorridos Diarios Totales
Regresores				
AR1	0.8438 *** (0.0898)	0.2475 *** (0.0889)	0.7997 *** (0.0902)	-0.0197 (0.1134)
AR2	-0.3532 *** (0.0629)	-0.0784 * (0.0417)	-0.2942 *** (0.0602)	-0.1331 *** (0.0516)
AR3	-0.1136 ** (0.0476)	-0.0542 (0.0394)	-0.145 ** (0.046)	-0.1211 *** (0.0424)
AR4		-0.1018 *** (0.0388)		-0.1474 *** (0.0380)
AR5				-0.0947 ** (0.0401)
MA1	-1.1852 *** (0.0860)	-0.5876 *** (0.0846)	-1.1859 *** (0.0869)	-0.3810 *** (0.1104)
MA2	0.4252 *** (0.0774)		0.4299 *** (0.0766)	
Edad_Promedio		7194.382 *** (1243.948)		788.1148 *** (177.57)
Edad_Promedio ^ 2		-96.6412 *** (17.4249)		-10.2840 *** (2.4233)
Minutos_Promedios		-29.7301 * (17.0117)		-4.248 (4.0938)
Proporción_Femenino		201.5491 (753.5670)		47.1931 (101.5534)
Dummy_Máximo		-52.2514 (188.8845)		-31.3312 (45.34)
Dummy_Mínimo		-373.8898 ** (169.2756)		-94.5913 ** (40.4121)
Velocidad_Viento		-53.5621 *** (9.6170)		-12.6254 *** (2.3023)
Precipitaciones		-37.2285 *** (3.8936)		-9.5091 *** (0.9557)
Presión_Media		23.2674 ** (10.2773)		6.8121 *** (2.3881)
Día_Laboral		1217.003 *** (169.242)		301.1097 *** (38.4260)
RMSE	1734.932	1382.651	406.064	329.139
AIC	18479.13	17855.67	15443.67	14901.88
AICc	18479.21	17856.2	15443.75	14902.48
BIC	18508.81	17934.82	15473.34	14985.96

* 0.05 < Pvalor < 0.1, ** 0.01 < Pvalor < 0.05, *** Pvalor < 0.01

En primer lugar, se encuentra el modelo 1, que es el modelo ARIMA univariado para las 230 estaciones habilitadas descrito en la sección 3.1.1.1. En segundo lugar, se encuentra el modelo 2, que es un ARIMAX con regresores exógenos para las 230 estaciones habilitadas descrito en la sección 3.1.1.2. En tercer lugar, se encuentra el modelo 3, que es un ARIMA univariado para las 22 estaciones populares descrito en la sección 3.2.1.1. Por último, se encuentra el modelo 4, que es un ARIMAX con regresores exógenos para las 22 estaciones populares, descrito en la sección 3.2.1.2.

Las distintas medidas de ajuste dentro de la muestra indican que el modelo 2 y 4 son los que tienen un mejor desempeño para representar la dinámica temporal de la cantidad de recorridos diarios del sistema de EcoBici (modelo 2) y para las 22 estaciones más populares (modelo 4). Es decir, en estos modelos, se contemplan no sólo efectos dinámicos (a partir de los términos autorregresivos y de medias móviles) sino también variables asociadas a aspectos demográficos de los usuarios, variables climáticas y la diferenciación entre día laboral vs no laboral.

Las siguientes subsecciones brindan un mayor detalle sobre cada uno de los modelos estimados.

3.1.1.1. Modelo ARIMA univariado

En un primer momento se estima un modelo ARIMA sin regresores adicionales. El modelo seleccionado a partir de la minimización del AICc es un ARIMA(3,1,2), su reporte se observa en la Tabla 7.

Al correr el test de Ljung-Box se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación de los errores, es decir, sigue habiendo autocorrelación. Se puede ver la distribución de los errores en el Apéndice B. Esto se da porque el algoritmo elige el modelo que mejor ajusta a la serie temporal, pero no chequea que el error sea efectivamente ruido blanco. Y dado que el objetivo de la tesis es tener un buen ajuste, y no hacer inferencia estadística, se considerará que el modelo ARIMA(3,1,2) es el mejor modelo univariado.

3.1.1.2. Modelo ARIMAX

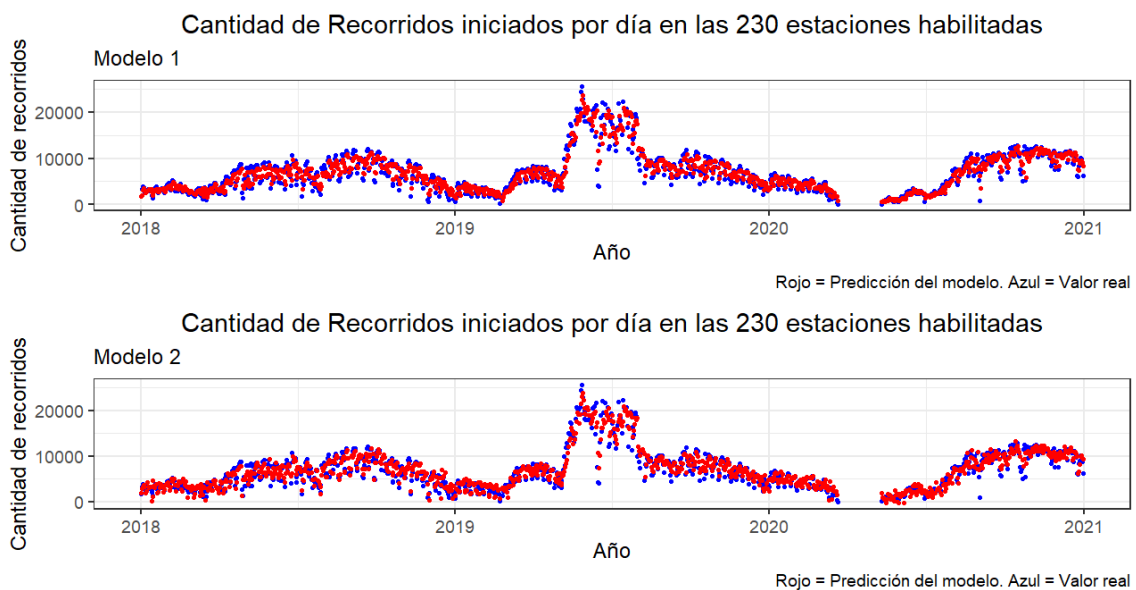
En un segundo lugar se estima un modelo ARIMAX, es decir, agregando regresores exógenos usando el mismo algoritmo de selección con el mismo criterio de información (i.e. AICc). El modelo seleccionado es un ARIMA(4,1,1), su reporte se observa en la Tabla 7.

Los regresores adicionales agregados son: la edad y su término cuadrático, los minutos promedio de uso de la bici, la proporción del género femenino sobre el masculino, una variable binaria de temperatura máxima que toma el valor 1 si la temperatura máxima de ese día registrada en la Ciudad de Buenos Aires fue mayor a los 31°C, una variable binaria de temperatura mínima que toma el valor 1 si la temperatura mínima de ese día registrada en la Ciudad de Buenos Aires fue menor a los 8°C, la velocidad del viento, las precipitaciones, la presión media, y una variable binaria que indica si es día laboral. Se realizó el ejercicio de agregar regresores adicionales, pero los mismos no mejoraron el ajuste del modelo, ni fueron estadísticamente significativos a la hora de explicar la variable dependiente, por lo tanto se decidió omitirlos del modelo final. Algunos ejemplos son: variables binarias anuales, variables binarias mensuales, y variables binarias por día de semana que intentaban capturar algún efecto estacional.

Nuevamente se encuentra que al realizar el test de Ljung-Box se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación de los errores, es decir, sigue habiendo autocorrelación. Se puede ver la distribución de los errores en el [Apéndice B](#).

Lo primero a destacar es que, comparado con el modelo ARIMA univariado se logra minimizar aún más los distintos criterios de información. Es decir, este modelo ajusta mejor a los datos que el anterior. En el Gráfico 18 se compara el valor real con el predicho por los modelos.

Gráfico 18: Cantidad de recorridos diarios iniciados en las 230 estaciones habilitadas, y su pronóstico según el modelo ARIMA (A), y ARIMAX (B).



En el Gráfico 18 se observa cuánto se acercan las predicciones (en rojo) a los valores reales (en azul). Ambos modelos ajustan bastante bien a los datos, pero el segundo modelo logra hacerlo de una forma mejor ya que minimiza los criterios de información.

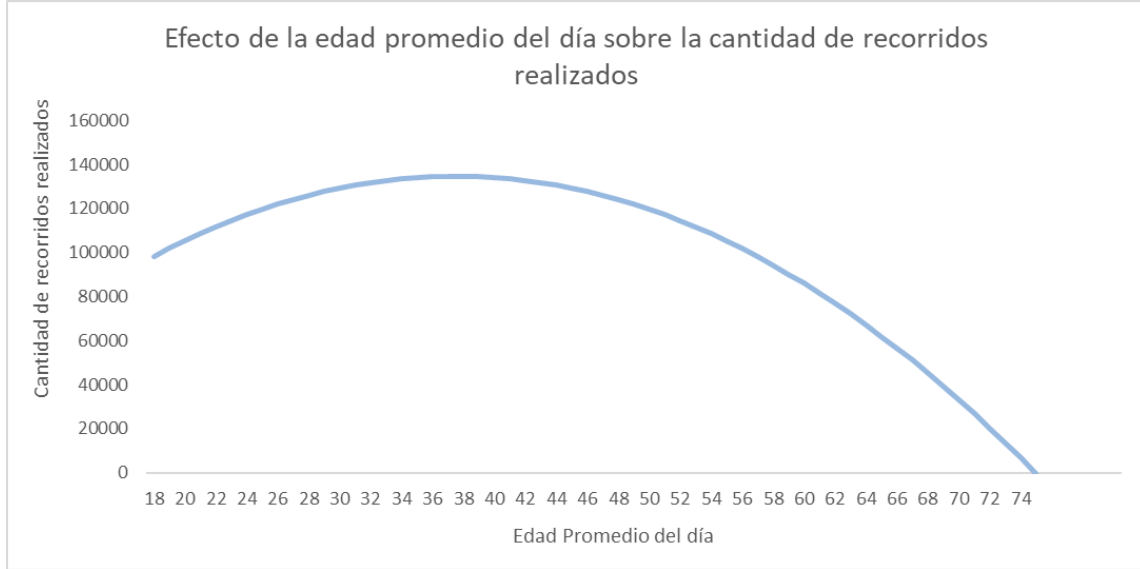
Es relevante mencionar que el algoritmo seleccionado, en caso de encontrar estacionalidad, agrega factores estacionales. Es decir, estaría estimando un modelo SARIMA. En este caso en particular, no se encuentra evidencia de estacionalidad estocástica como para que haya un componente en el modelo que capture dicho efecto.

A continuación se realiza un análisis de las significatividades, los signos, y las magnitudes de los regresores exógenos.

La edad

Por un lado, está el término lineal que estima un coeficiente de 7194, siendo estadísticamente significativo al 1%. Y por el otro, está el término cuadrático que se estima un coeficiente de -96, siendo también estadísticamente significativo al 1%. Esto indica que el efecto que tiene la edad promedio del día sobre la cantidad de recorridos realizados depende de la edad promedio. Al derivar encontramos que el efecto marginal de la edad sobre la cantidad de recorridos es $7194 - 96 * \text{edad}$. Es decir que, para edades menores aumenta más la cantidad de recorridos realizados que para edades mayores. Por ejemplo, si la edad promedio del día es 18 años, aumenta la cantidad de recorridos realizados en 5466. Mientras que, si la edad promedio del día es 50 años, aumenta la cantidad de recorridos en 2394. A partir de los 74 años, el efecto de la edad promedio sobre la cantidad de recorridos pasa a ser negativo. El máximo de recorridos realizados diarios se encuentra cuando la edad promedio del día es 37. Se observa la curvatura del efecto en el Gráfico 19.

Gráfico 19: Efecto de la edad promedio del día sobre la cantidad de recorridos realizados.



La proporción del genero

La variable proporción del género femenino, que se calcula haciendo cantidad de mujeres sobre cantidad de hombres que usan el sistema al día, no resulta estadísticamente significativa para ningún valor de significación tradicional.

Los minutos promedio de uso

Se puede observar que la variable minutos promedio de uso al día es estadísticamente significativa al 10%. Su efecto nos indica que cuanto mayor es el tiempo promedio de uso en el día, menor es la cantidad de recorridos realizados. En particular, por cada minuto adicional que aumenta el promedio de uso diario, disminuye la cantidad de recorridos realizados en casi 30 viajes. Esto tiene sentido, ya que si el tiempo de uso promedio es mayor, es menor la disponibilidad de bicicletas que hay. Entonces podría pasar que la gente demanda bicicletas, pero no hay oferta disponible por estar mayor tiempo en uso.

Esto implica un impacto económico del -0.4%, es decir, por cada 10 minutos de uso adicional al día, el número de recorridos se reduce en un 4%.

Dado que se encontró este patrón de correlación negativa entre el tiempo de uso promedio y la demanda efectiva, y que en el Gráfico 6 se observa que el tiempo promedio del día correlaciona de forma positiva

con el tiempo máximo permitido por el proveedor del sistema, esto tiene una implicancia directa en la oferta de bicicletas, ya que el tiempo de uso máximo permitido es algo con lo que el proveedor del servicio de EcoBici puede maniobrar.

Por lo tanto, dado que hay un problema de disponibilidad de bicicletas en las estaciones, una de las estrategias para mejorar la disponibilidad de bicicletas podría ser disminuir el tiempo de uso permitido, esto llevara a un menor tiempo de uso promedio, y por consiguiente a una mayor demanda efectiva (coeficiente de correlación entre registros y minutos promedio es negativo).

Por ejemplo, si se reduce el tiempo máximo a 25 minutos, aumenta la oferta, ya que se liberan más bicicletas. Por lo tanto, dado que hay un problema con la capacidad actual del sistema, se podría reducir el tiempo de uso como estrategia para mejorar la oferta, y obtener una mayor demanda efectiva.

Día laboral

La variable día laboral es estadísticamente significativa al 1% y positiva. Es decir, que los días laborales hay una cantidad mayor de recorridos realizados que los días no laborales. Esto es justamente lo que se había observado en el análisis descriptivo. En particular, si el día es laborable hay 1217 recorridos realizados más que si no lo es. Esto implica que los días laborables el sistema de bicicletas públicas se utiliza un 17% más que los días no laborables.

Temperatura máxima y mínima

Para medir el efecto de las temperaturas extremas, se generan dos variables binarias. En primer lugar, una variable binaria de temperatura máxima que tomar el valor 1 si la temperatura máxima es mayor a 31°C, y es igual a cero en caso contrario. Se observa que esta variable tiene signo negativo esperado, es decir que cuando las temperaturas son extremadamente altas se disminuye la cantidad de recorridos realizados. Igualmente, es importante mencionar que esta variable no resulta estadísticamente significativa a ningún nivel de significación tradicional.

En segundo lugar, se crea una variable binaria de temperatura mínima que toma el valor 1 si la temperatura mínima es menor a 8°C, y es igual a cero en caso contrario. Se observa que esta variable también tiene un signo negativo, como es esperado, y en este caso resulta estadísticamente significativa

al 5%. En particular, la magnitud nos indica que los días con temperaturas frías (temperatura mínima menor a los 8°C) disminuyen la cantidad de recorridos realizados en 373. Esto representa una caída del 5% en la cantidad recorridos diarios.

Precipitaciones

Como era de esperarse, el coeficiente de precipitaciones es negativo y estadísticamente significativo al 1%. Es decir, que cuando aumentan las precipitaciones se disminuyen la cantidad de recorridos realizados al día. En particular, por cada mm que aumentan las precipitaciones se disminuyen la cantidad de recorridos realizados diarios en 37. Esto implica que por cada 10mm adicionales de lluvia por día, la cantidad de recorridos cae en un 5%.

Velocidad del viento y presión media

Tanto la variable de velocidad del viento y presión media son estadísticamente significativas. Ambas tienen el signo esperado según el análisis descriptivo.

En el caso de la velocidad del viento, es significativa al 1%, se observa que por cada un km/h que aumente la velocidad del viento diario, se disminuyen la cantidad de recorridos realizados diarios en 53.

Por otro lado, en el caso de la presión media, es estadística al 5%, y se observa que por cada punto que aumente la presión media, aumentan la cantidad de recorridos realizados en 23.

3.1.2. Modelos TBATS

Los modelos TBATS (Trigonometric seasonality, Box-Cox transformation, ARMA errors, Trend and Seasonal components) fueron desarrollados por De Livera, et al. (2011), los mismos permiten capturar la estacionalidad cambiante en el tiempo.

Estos modelos toman su raíz del método de suavizado exponencial, y realizan lo siguiente: cada estacionalidad es modelada por una representación trigonométrica basada en las series Fourier. Una gran ventaja de este modelo es que puede capturar efectos estacionales de cualquier largo.

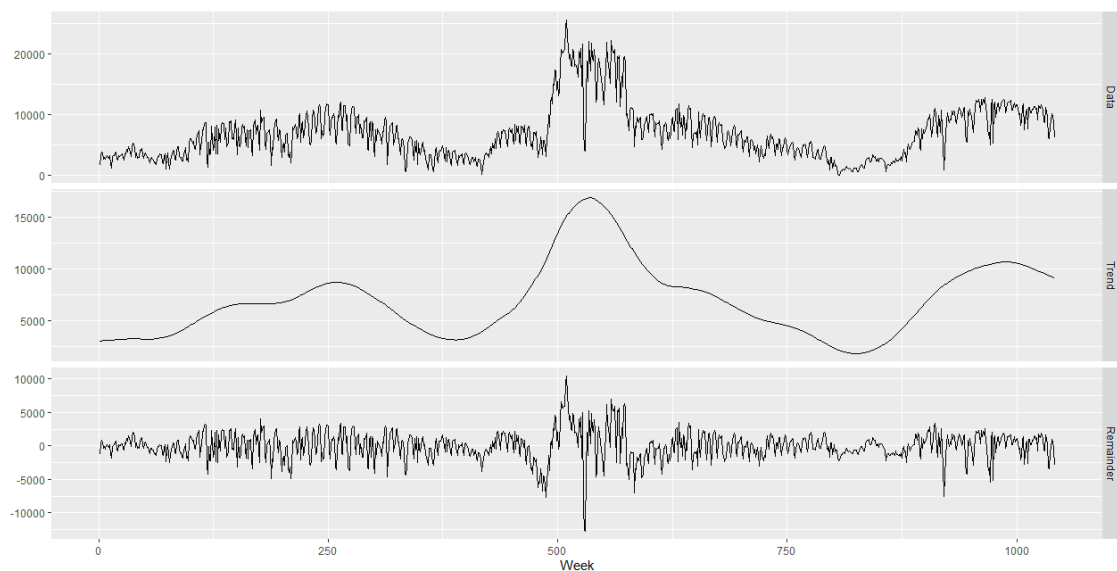
Para elegir el modelo final lo que hace es estimar varios modelos y fijarse cual ajusta mejor a los datos:

- Con y sin la transformación Box-Cox.
- Con y sin tendencia
- Con y sin amortiguación de tendencia
- Con y sin modelos ARMA(p,q) para modelar los residuos
- Con y sin estacionalidad

Se selecciona aquel modelo que minimiza el criterio de información Akaike (AIC).

Para llevar su implementación a R, se grafican los distintos componentes de las series temporales. En el siguiente grafico se puede observar si hay una estacionalidad marcada para ser modelada por TBATS.

Gráfico 20: Componentes de la serie de tiempo. (A) los datos, (B) tendencia, (C) el residuo.



En el Gráfico 20A se observan los datos, en el 20B se observa la tendencia, y en el 20C se observa el residuo. En caso de haber una estacionalidad marcada, el grafico lo reportaría. Por lo tanto, se concluye que, a pesar de lo observado en la sección 2 de la tesis, la estacionalidad observada no es estocástica ni tan marcada como para que requiera estimar modelos para dicho componente. Lo que si hay, es una

tendencia, que se observa va cambiando a lo largo del tiempo. Esta tendencia es mayor para 2019, cuando como se observa anteriormente se encuentra en el pico del sistema.

Al no haber estacionalidad para ser modelado, no se terminan utilizan los modelos TBATS estimados porque no reportan información adicional respecto de los modelos anteriormente estimados.

3.1.3. Modelos con datos de panel

A continuación, se aprovecha la estructura de datos de panel para estimar modelos que contemplen la heterogeneidad temporal y entre estaciones. A través de la estimación de modelos que buscan explicar la cantidad de recorridos por estación, se busca observar si hay factores propios de las estaciones que afectan a la demanda además de las variables climáticas y sociodemográficas consideradas anteriormente. Al tener datos diarios de las estaciones a lo largo del tiempo, se pueden estimar modelos de efectos fijos que corrigen el sesgo por variable omitida de factores fijos en el tiempo, y de factores fijos en las estaciones.

Se estiman tres regresiones: por POLS (*Pooled Ordinary Least Squares*), por efectos fijos individuales (*FE one-way*) y por efectos fijos individuales y temporales (*FE two-ways*). Todas las regresiones se encuentran reportadas en la Tabla 8.

Para todos los modelos se utiliza la variable dependiente en su primera diferencia para que la variable sea estacionaria. Además, se utilizan los primeros cinco rezagos de la variable dependiente ya que se encuentra que se encuentra evidencia de autocorrelación de orden 5. Las variables exógenas se encuentran en niveles, ya que son series estacionarias. Todas estas decisiones se toman a partir de lo analizado en los modelos ARIMA, ya que como se explica anteriormente se estima el modelo en primeras diferencias, con un máximo de 5 rezagos.

Estos modelos con datos de panel toman especial relevancia a la hora de optimizar en la [Sección 4](#) de la tesis, ya que permite predecir demanda por día desagregado por estación.

Tabla 8: Modelos estimados con datos de panel

MODELOS	Estimaciones para las estaciones habilitadas			Estimaciones para las 22 estaciones populares		
	Coefficiente	Pols	Efectos fijos individuales	Efectos fijos individuales y temporales	Pols	Efectos fijos individuales
Variable Dependiente en primera diferencia	Cantidad de Recorridos Diarios por Estación	Cantidad de Recorridos Diarios por Estación	Cantidad de Recorridos Diarios por Estación	Cantidad de Recorridos Diarios por Estación	Cantidad de Recorridos Diarios por Estación	Cantidad de Recorridos Diarios por Estación
Regresores						
AR1	-0.518*** (0.008)	-0.518*** (0.008)	-0.549*** (0.011)	-0.495*** (0.018)	-0.495*** (0.018)	-0.523*** (0.019)
AR2	-0.470*** (0.008)	-0.470*** (0.008)	-0.504*** (0.009)	-0.452*** (0.019)	-0.452*** (0.019)	-0.515*** (0.019)
AR3	-0.377*** (0.008)	-0.378*** (0.008)	-0.413*** (0.008)	-0.378*** (0.020)	-0.378*** (0.020)	-0.447*** (0.013)
AR4	-0.293*** (0.008)	-0.293*** (0.008)	-0.326*** (0.009)	-0.292*** (0.018)	-0.292*** (0.018)	-0.339*** (0.013)
AR5	-0.248*** (0.013)	-0.248*** (0.013)	-0.291*** (0.014)	-0.253*** (0.028)	-0.253*** (0.028)	-0.334*** (0.029)
Edad_Promedio	1.659*** (0.119)	1.720*** (0.122)	1.234*** (0.104)	3.158*** (0.458)	3.254*** (0.475)	2.491*** (0.366)
Edad_Promedio ^ 2	-0.021*** (0.002)	-0.022*** (0.002)	-0.016*** (0.001)	-0.042*** (0.006)	-0.043*** (0.006)	-0.033*** (0.005)
Proporción_Femenino	-0.483*** (0.064)	-0.448*** (0.065)	-0.227*** (0.055)	-1.052*** (0.266)	-1.041*** (0.278)	-0.482 (0.278)
Minutos_Uso	0.090*** (0.026)	0.108*** (0.031)	0.196*** (0.040)	0.271*** (0.095)	0.330*** (0.122)	0.789*** (0.191)
Dummy_Máximo	-1.324*** (0.144)	-1.364*** (0.146)		-3.107*** (0.616)	-3.170*** (0.632)	
Dummy_Mínimo	-1.960*** (0.139)	-1.924*** (0.142)		-2.202*** (0.592)	-2.106*** (0.623)	
Velocidad_Viento	-0.336*** (0.012)	-0.336*** (0.012)		-0.554*** (0.035)	-0.550*** (0.035)	
Precipitaciones	-0.338*** (0.013)	-0.336*** (0.013)		-0.594*** (0.039)	-0.591*** (0.038)	
Presión_Media	0.066*** (0.007)	0.066*** (0.007)		0.093** (0.027)	0.092** (0.027)	
Día_Laboral	10.799*** (0.824)	10.905*** (0.809)		17.559*** (3.688)	17.912*** (3.560)	
Constante	-101.193*** (7.458)	-103.4075 *** (9.214)	-27.5025 *** (1.246)	-159.269*** (39.615)	-162.256 *** (39.639)	-63.445 *** (8.015)
R2 ajustado	0.345	0.345	0.296	0.347	0.347	0.284
RMSE	18.4805	18.4758	19.6585	28.8651	28.8608	31.4035
MAE	11.8831	11.856	12.7812	19.1797	19.1884	21.3343
N	146,591	146,591	146,591	20,018	20,018	20,018

* 0.05 < Pvalor < 0.1 , ** 0.01 < Pvalor < 0.05 , *** Pvalor < 0.01

Se observa que todas las variables son estadísticamente significativas a valores tradicionales. Se utilizan errores estándares ajustados a la presencia de heterocedasticidad y autocorrelación (*HAC standard errors*). Y se recupera la constante para todos los modelos, para ser más precisos a la hora de predecir, evitando así la presencia de sesgos sistemáticos.

A su vez, observamos que los signos de las variables explicativas se mantienen de acuerdo con lo analizado anteriormente. La cantidad de recorridos realizados depende positivamente de la edad, pero negativamente de la edad al cuadrado. Depende a su vez de forma negativa de las temperaturas extremas, de la velocidad del viento, y de las precipitaciones. Y depende positivamente de la presión media, y de si el día es laboral o no.

El único signo que cambia es el de minutos de uso, que pasa a ser positivo, esto probablemente se deba a un problema de endogeneidad de la variable. Es esperable que exista causalidad simultánea entre la cantidad de recorridos realizados y los minutos de uso la variable por lo que no se cumpliría con el supuesto de exogeneidad. Si el objetivo del modelo hubiese sido, en particular, evaluar el efecto causa de minutos de uso sobre la cantidad de recorridos sería necesario utilizar alguna técnica que contemple dicha endogeneidad como, por ejemplo, a través del uso de variables instrumentales en panel. Como se mencionó anteriormente, el principal objetivo de la estimación de estos modelos es buscar aquel que mejor ajuste a los datos para luego realizar un ejercicio de optimización, es por ello, que el problema de endogeneidad no es abordado en esta tesis.

En la Tabla 9 se puede comparar la significatividad económica de las variables según los tres modelos estimados. Teniendo en cuenta que la media de recorridos realizados por día por estación es 44, se calcula el coeficiente dividido este valor.

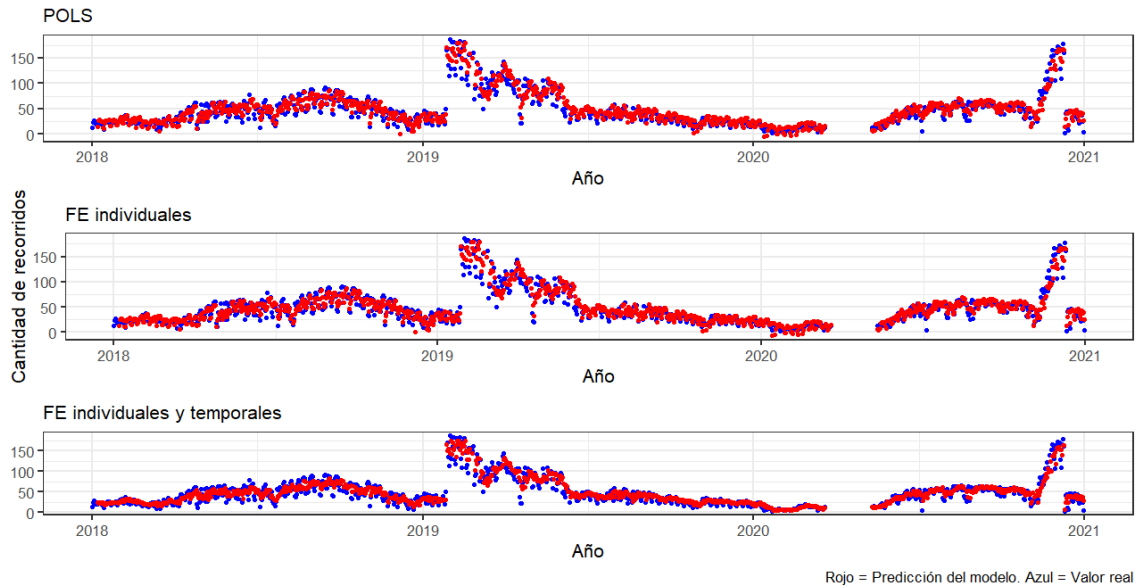
Tabla 9: Comparación de la significatividad económica según los distintos modelos.

Significatividad Económica de los distintos modelos con las estaciones habilitadas			
Variables	POLS	EFFECTOS FIJOS INDIVIDUALES	EFFECTOS FIJOS TEMPORALES
Edad_Promedio	3.77%	3.91%	2.80%
Edad_Promedio ^ 2	-0.05%	-0.05%	-0.04%
Minutos_Promedios	0.20%	0.25%	0.45%
Proporción_Femenino	-1.10%	-1.02%	-0.52%
Dummy_Máximo	-3.01%	-3.10%	
Dummy_Mínimo	-4.45%	-4.37%	
Velocidad_Viento	-0.76%	-0.76%	
Precipitaciones	-0.77%	-0.76%	
Presión_Media	0.15%	0.15%	
Día_Laboral	24.52%	24.76%	

Se puede observar que la significatividad económica de las variables es bastante parecida en todos los modelos. Y que las intuiciones siguen siendo similares a las analizadas anteriormente.

El Gráfico 21 compara el valor real observado, con las predicciones de los tres modelos.

Gráfico 21: Cantidad de recorridos diarios iniciados en las 230 estaciones habilitadas, y su pronóstico según los distintos modelos de panel.



Se observan las distintas predicciones de los modelos (en rojo) y su ajuste con los datos observados (en azul). Para realizar un análisis más en detalle, se comparan las medidas de RMSE y MAE de los tres modelos estimados, dentro de la muestra. Ambas medidas se encuentran reportadas en la Tabla 8.

La raíz del error cuadrático medio (RMSE) es una medida que mide la diferencia cuadrática promedio entre los valores predichos y reales de un modelo, y luego toma la raíz cuadrada. Mientras que el error absoluto medio (MAE) es el promedio de las diferencias absolutas entre el valor real y predicho. Es decir, trabajan con funciones de pérdida diferentes (cuadrática y absoluta, respectivamente), aunque en ambas se respeta la escala de la variable predicha. Cuanto menor es el valor que toman estas medidas, mejor es el ajuste.

Se observa que el modelo con efectos fijos individuales es aquel que minimiza ambas medidas de desempeño, seguido por el modelo POLS, y por último el que tiene efectos fijos individuales y temporales.

Para testear si las diferencias observadas en el desempeño medio entre los modelos son estadísticamente significativas, se utiliza el test de Diebold y Mariano (1995). Para comparar el RMSE de dos modelos, se calcula el error al cuadrado de cada uno de los modelos, y se estima una regresión de la diferencia de los errores al cuadrado de los modelos en función de una constante, si la misma da estadísticamente significativa entonces el desempeño de los pronósticos es estadísticamente distinto. En el caso del MAE,

se realiza algo similar pero en vez de elevar el error al cuadrado, se toma el valor absoluto, luego se estima la regresión de la diferencia y se observa la significatividad de la constante.

Tanto para el RMSE, como para el MAE, se encuentra que las diferencias de pronósticos en los modelos son estadísticamente significativas, todas al 1% de significación, menos entre el modelo POLS y FE individuales que lo es al 5% de significación.

Por otro lado, al comparar el R^2 ajustado de los tres modelos para las 230 estaciones habilitadas, se encuentra que el R^2 ajustado del modelo POLS y de efectos fijos individuales es el mismo, es decir, que no hay factores intrínsecos a las estaciones, hecho que además se puede observar al ver que no se rechaza el test de significatividad conjunta de los efectos fijos individuales ($F = 0.4612$ y $pvalor = 1$).

Mientras que al estimar el modelo de efectos fijos individuales y temporales, el R^2 ajustado disminuye en gran medida, porque al usar efectos fijos temporales no se pueden agregar las variables del clima ya que son perfectamente colineales con el efecto fijo. Al perder esas variables, que ya fue demostrado eran relevantes para el modelo, disminuyo bastante el ajuste del modelo. Igualmente, se puede observar que los efectos fijos temporales son estadísticamente significativos ($F = 53.211$ y $pvalor = 0$).

Por lo tanto, dado que es el modelo de efectos fijos individuales aquel que tiene una mejor *performance*, es este el modelo que se utiliza en la [Sección 4](#) de la tesis para pronosticar de demanda como *input* del modelo de optimización.

3.1.4. Pronóstico para datos fuera de la muestra

Dado que se cuenta con información de los recorridos realizados para el primer trimestre del 2021, se utilizan los modelos estimados en las subsecciones anteriores para predecir fuera de la muestra y evaluar la *performance* de los modelos. La cantidad de recorridos realmente realizados, y los pronósticos del modelo ARIMAX y de datos de panel con efectos fijos individuales se encuentra en el [Apéndice C](#).

En la Tabla 10 se puede ver el RMSE y MAE de ambos modelos para el pronóstico realizado.

Tabla 10: Ajuste de los pronósticos.

Ajuste		
	ARIMAX	Datos de Panel
RMSE	3490.34	3467.14
MAE	3100.58	2570.17

En el caso del modelo ARIMAX tiene un RMSE de 3490.34, y un MAE de 3100.58. Mientras que dentro de la muestra los mismos eran de 1382.65 y 941.52 respectivamente.

En el caso del modelo de datos de panel con efectos fijos individuales, que está hecho por estación, tiene un RMSE de 27.87 y un MAE de 19.95 mientras que dentro de la muestra eran de 18.47 y 11.85 respectivamente.

Para poder comparar el desempeño de ambos modelos fuera de la muestra, se agrega la demanda de las estaciones de los modelos de datos de panel para tener una demanda global. En ese caso, se cuenta con un RMSE de 3467.14 y un MAE de 2570.17. Comparado con el modelo ARIMAX, en el de datos de panel con efectos fijos individuales se logra minimizar ambas medidas de desempeño.

3.2. Modelos para las estaciones populares

3.2.1. Modelos ARIMA

Se replica el análisis realizado para las estaciones habilitadas, pero solo en las estaciones populares. Se busca observar si hay efectos diferenciales en estas estaciones, o si es el mismo que para el global.

3.2.1.1. Modelos ARIMA univariados

En un primer momento se estima un modelo ARIMA sin regresores adicionales. El modelo seleccionado a partir de la minimización del AICc es un ARIMA(3,1,2), su reporte se observa en la Tabla 7.

Al correr el test de Ljung-Box se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación de los errores, es decir, sigue habiendo autocorrelación. Se puede ver la distribución de los errores en el Apéndice B. Igualmente, tal como se explica anteriormente, se selecciona este modelo porque es el del mejor ajuste.

3.2.1.2. Modelos ARIMAX

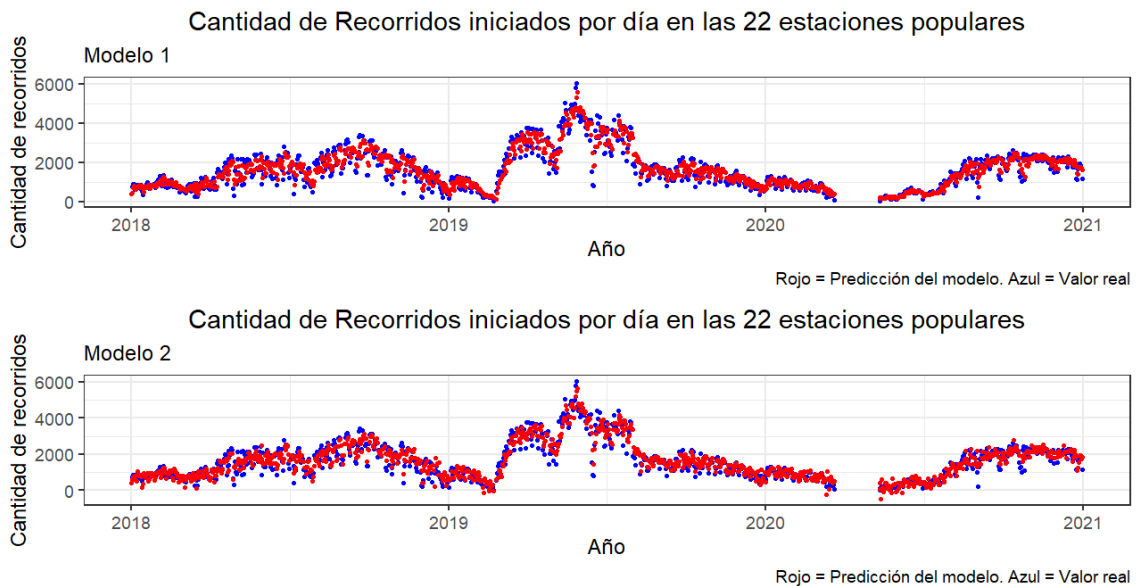
En un segundo lugar se estima un modelo ARIMAX, es decir, agregando regresores exógenos usando el mismo algoritmo de selección con el mismo criterio de información (i.e. AICc). El modelo seleccionado en este caso es un ARIMA (5,1,1), su reporte se observa en la Tabla 7.

Los regresores adicionales agregados son los mismos que en modelo global: la edad y su término cuadrático, los minutos promedio de uso de la bici, la proporción del género femenino sobre el masculino, una variable binaria de temperatura máxima que toma el valor 1 si la temperatura máxima de ese día registrada en la Ciudad de Buenos Aires fue mayor a los 31°C, una variable binaria de temperatura mínima que toma el valor 1 si la temperatura mínima de ese día registrada en la Ciudad de Buenos Aires fue menor a los 8°C, la velocidad del viento, las precipitaciones, la presión media, y una variable binaria que indica si es día laboral. Se realizó el ejercicio de agregar regresores adicionales, pero los mismos no mejoraron el ajuste del modelo, ni fueron estadísticamente significativos a la hora de explicar la variable dependiente, por lo tanto se decidió omitirlos del modelo final. Algunos ejemplos son: variables binarias anuales, variables binarias mensuales, y variables binarias por día de semana que intentaran capturar algún efecto estacional.

Nuevamente se encuentra al correr el test de Ljung-Box que se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación de los errores, es decir, sigue habiendo autocorrelación. Se puede ver la distribución de los errores en el [Apéndice B](#).

Lo primero a destacar es que, comparado con el modelo ARIMA univariado se logra minimizar aún más los distintos criterios de información. Es decir, este modelo ajusta mejor a los datos que el anterior.

Gráfico 22: Cantidad de recorridos diarios iniciados en las 22 estaciones populares, y su pronóstico según el modelo ARIMA (A), y ARIMAX (B).



En el Gráfico 22 se observa cuánto se acercan las predicciones (en rojo) a los valores reales (en azul). Ambos modelos ajustan bastante bien a los datos, pero el segundo modelo logra hacerlo de una forma mejor ya que minimiza los criterios de información.

Es relevante mencionar que el algoritmo no encuentra evidencia de estacionalidad estocástica como para que haya un componente en el modelo que capture dicho efecto, y por eso no se estima un modelo SARIMA.

Al realizar un análisis de la significatividad, los signos, y las magnitudes de los coeficientes estimados, se encuentra un comportamiento bastante similar al analizado en la [Sección 3.1.1.2](#). Las variables estadísticamente significativas son: la edad promedio, la edad promedio al cuadrado, la *dummy* de temperatura mínima, la velocidad del viento, las precipitaciones, la presión media y la variable binaria de día laboral. Todas eran significativas en el modelo anterior, la única variable que pierde significatividad es la de minutos promedio de uso.

En cuanto a los signos, se puede observar que se mantienen los signos de los modelos generales. Lo que cambia son las magnitudes, porque lógicamente el número de operaciones va a ser menor al estar restringiendo la cantidad de estaciones. Sin embargo, el efecto económico sigue siendo relativamente similar, con algunos cambios detallados a continuación, el mismo se puede observar en la Tabla 11 que calcula la significatividad económica para cada modelo.

Tabla 11: Significatividad económica de las variables según los distintos modelos.

Significatividad Económica		
Variables	Modelo con las estaciones habilitadas	Modelo con las 22 estaciones populares
Edad_Promedio	90.12%	48.24%
Edad_Promedio ^ 2	-1.21%	-0.63%
Minutos_Promedios	-0.37%	-0.26%
Proporción_Femenino	2.52%	2.89%
Dummy_Máximo	-0.65%	-1.92%
Dummy_Mínimo	-4.68%	-5.79%
Velocidad_Viento	-0.67%	-0.77%
Precipitaciones	-0.47%	-0.58%
Presión_Media	0.29%	0.42%
Día_Laboral	15.24%	18.43%

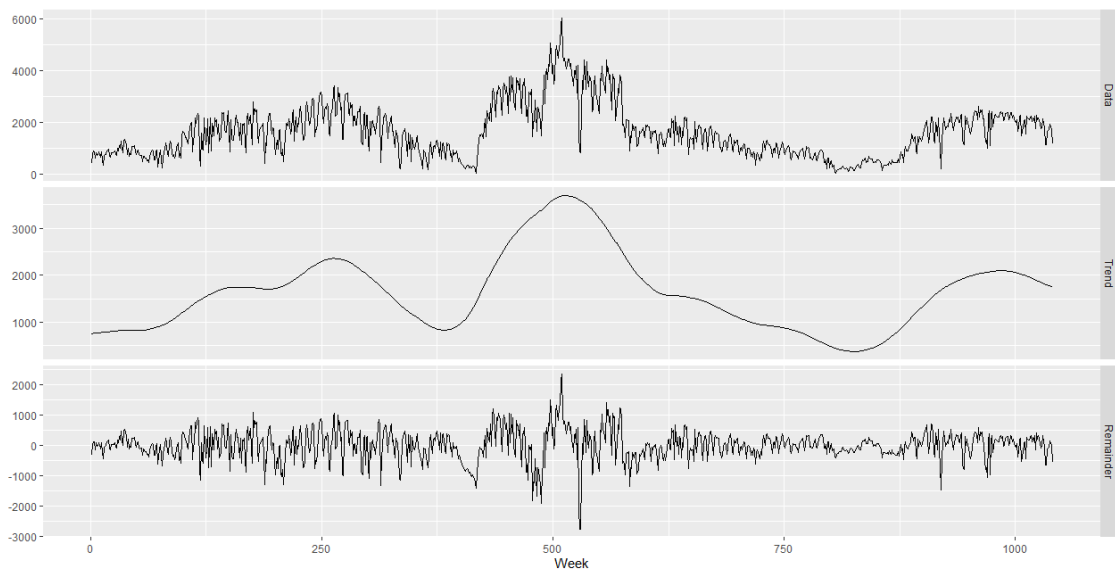
Se puede notar que el efecto de la edad es bastante menor en las estaciones populares, ya que la significatividad económica se reduce a la mitad. Mientras que el efecto de las temperaturas máximas (en

valor absoluto), y del día laboral aumenta en las estaciones populares, ya que su significatividad económica aumenta.

3.2.2. Modelos TBATS

Nuevamente se busca analizar si hay componentes estacionales estocásticos marcados como para estimar modelos TBATS, pero exclusivamente para las 22 estaciones populares. Para eso se grafican en R los diferentes componentes de la serie en el Gráfico 23.

Gráfico 23: Componentes de la serie de tiempo. (A) los datos, (B) tendencia, (C) el residuo.



En el Gráfico 23A se observan los datos, en el 23B se observa la tendencia, y en el 23C se observa el residuo. En caso de haber una estacionalidad marcada, el grafico lo reportaría. Por lo tanto, se concluye que no hay una estacionalidad estocástica tan marcada que requiera estimar modelos con ese componente. Lo que si hay, es una tendencia, que se observa va cambiando a lo largo del tiempo. Esta tendencia es mayor para 2019, cuando como se observa anteriormente se encuentra en el pico del sistema. Al no haber estacionalidad para ser modelado, no se terminan utilizan los modelos TBATS estimados porque no reportan información adicional respecto de los modelos anteriormente estimados.

3.2.3. Modelos de datos de panel

Por último, se utilizan datos de panel ya que, como se explica anteriormente permite estimar los recorridos realizados por día por estación. Lo que además permite que se puedan estimar modelos de efectos fijos que corrigen el sesgo por variable omitida de factores fijos en el tiempo, y de factores fijos en las estaciones.

En la tabla 8 los modelos 4, 5 y 6, son para las estaciones populares. El 4 es un POLS, el 5 tiene efectos fijos individuales, y el 6 tiene efectos fijos individuales y temporales. Se puede observar, como, nuevamente todas las variables son estadísticamente significativas, y mantienen el signo de análisis en los modelos anteriores. Nuevamente el modelo POLS y de efectos fijos individuales tienen el mismo R2 ajustado, mientras que el modelo con efectos fijos individuales y temporales al no poder incorporar las variables climáticas por ser perfectamente colineales tienen un R2 ajustado bastante menor.

Al comparar el RMSE y MAE, usando el test de Diebold y Mariano (1995), se observa que la diferencia de desempeño todos los pronósticos son estadísticamente significativos al 1%, menos el RMSE entre el POLS y el de efectos fijos individuales que no lo es para ningún nivel.

Tabla 12: Significatividad económica de las variables según los distintos modelos.

Significatividad Económica de los distintos modelos con las 22 estaciones populares			
Variables	POLS	EFFECTOS FIJOS INDIVIDUALES	EFFECTOS FIJOS TEMPORALES
Edad_Promedio	3.97%	4.10%	3.13%
Edad_Promedio ^ 2	-0.05%	-0.05%	-0.04%
Minutos_Promedios	0.34%	0.42%	0.99%
Proporción_Femenino	-1.32%	-1.31%	-0.61%
Dummy_Máximo	-3.91%	-3.99%	
Dummy_Mínimo	-2.77%	-2.65%	
Velocidad_Viento	-0.70%	-0.69%	
Precipitaciones	-0.75%	-0.74%	
Presión_Media	0.12%	0.12%	
Día_Laboral	22.10%	22.54%	

Por último, en la tabla 12 se observa la significatividad económica de las variables. Todas mantienen el mismo signo que en los modelos anteriores. Las magnitudes fluctúan un poco pero siguen siendo similares. Al comparar con la tabla 9 que calcula la significatividad económica con todas las estaciones, se observa que el efecto es bastante similar para el global que para las populares.

4. Optimización con programación lineal entera

En esta sección se busca utilizar los modelos estimados de demanda para encontrar la distribución óptima de bicicletas entre las estaciones dada esa demanda. El *output* de esta sección es la distribución de bicicletas óptima al inicio del día entre las distintas estaciones. Se realiza el ejercicio para distintos días típicos, y bajo diferentes circunstancias. Por último, se realiza el estudio de distintos escenarios, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos en distintas optimizaciones.

4.1. Descripción del problema de optimización

El ejercicio de optimización planteado corresponde a uno de programación lineal entera. La programación lineal entera permite modelar ejercicios de optimización en el cual el conjunto de soluciones factibles toma valores enteros. Para el mismo se plantea una función objetivo, en este caso a minimizar, y sus respectivas restricciones.

Lo que se busca es minimizar el descontento de la gente que usa el sistema de EcoBici, y se entiende como descontento a la gente que va a buscar una bicicleta a una estación y no la encuentra. Por lo tanto, se busca minimizar la cantidad total de falta de stock del sistema.

Dado que se estima previamente funciones de demanda por estación, [en la sección 3.1.3.](#), las mismas se utilizan como *input* del modelo para estimar cuanto demandan las personas en los distintos días. Se busca entonces, asignar las bicicletas en las distintas estaciones de forma tal que se minimice la falta de stock dada la demanda proyectada.

Por lo tanto, el *output* del modelo es la cantidad de bicicletas a asignar al principio del día para cada una de las estaciones. Esta optimización se va a realizar para distintos escenarios. En un primer lugar se plantea un modelo base, que luego se va a ir ajustando a los distintos escenarios.

Para realizar el ejercicio se cuenta con algunas restricciones para tener en cuenta, que se detallan a continuación. El planteo formal del problema es el siguiente:

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^{219} S_i$$

S.A

$$\sum_{i=1}^{219} A_i \leq 2000$$

(1) No exceda el total de bicicletas

$$A_i \leq C_i$$

$$\forall i = 1, \dots, 219$$

(2) No exceda la capacidad de las estaciones

$$(D_i - F_i) - A_i \leq S_i \quad \forall i = 1, \dots, 219$$

(3) Cantidad sin stock en cada estación

$$S_i \geq 0$$

$$\forall i = 1, \dots, 219$$

(4) Que no quiera sobre asignar

$$A_i \geq 0$$

$$\forall i = 1, \dots, 219$$

(5) No existe asignaciones negativas

Tanto las variables S_i como A_i son enteras.

En el cual,

C_i es la capacidad de bicicletas de la estación i , es decir, la cantidad de anclajes que tiene. La misma es un dato con el que se cuenta.

D_i es la demanda de bicicletas de la estación i . La misma es un input del modelo, y viene de las predicciones de demanda del modelo estimado en la [Sección 2.1.3](#). Es importante mencionar, que estos modelos de demanda son una cota inferior de la misma, ya que la demanda que se utiliza para estimarlos es la demanda observada, por lo tanto, no tiene en cuenta las personas que fueron a buscar una bicicleta y no encontraron ninguna. Es por eso, que en la [Sección 4.5](#), se realiza un análisis del cambio en la optimización evaluando distintos escenarios de demandas efectivas.

F_i es la cantidad de recorridos finalizados en la estación i . La misma es un input del modelo, y viene de predicciones estimadas con un modelo de recorridos finalizados. Estos modelos se estiman puramente para obtener el dato de recorridos realizados, y se usan las mismas variables explicativas que en los modelos de recorridos iniciados.

S_i es la cantidad de veces que el modelo se queda sin stock por estación. Es la variable que se busca minimizar.

A_i es la cantidad de bicicletas asignadas a la estación i al principio del día. Esta es el output que se busca del modelo.

Por lo tanto, el modelo busca asignar las 2000 bicicletas entre las 219 estaciones¹³, de forma tal que se minimice la cantidad de faltas de stock a lo largo del día. Es un modelo estático que solo realiza el rebalanceo de bicicletas en el horario nocturno cuando baja la cantidad de recorridos realizados. Esto tiene un motivo fundamental, y es que se busca que el plan sea viable, y no se cree que el gobierno pueda estar redistribuyendo bicicletas a lo largo del día.

Este modelo tiene 6 restricciones. En primer lugar, la suma de todas las asignaciones al principio del día no puede exceder las 2000 bicicletas totales con las cuales cuenta actualmente el sistema. En segundo lugar, la asignación en cada estación de bicicletas no puede exceder la capacidad de bicicletas de la estación, esta restricción se repite para cada una de las estaciones.

En tercer lugar y cuarto lugar, se encuentran las restricciones que me permiten sumar la falta de stock que se quiere minimizar. Es importante mencionar que se busca asignar la parte de la demanda que no se autoabastece, es decir, que a la demanda estimada por el modelo de datos de panel se le resta las devoluciones estimadas por un modelo también de datos de panel que se calcula exclusivamente para tenerlo como input del modelo. La diferencia entre la demanda y las devoluciones estimadas es lo que se busca satisfacer. Si la asignación de la estación no logra cubrir el total de esa diferencia entonces le está faltando stock. Por lo tanto, la tercera restricción, suma la cantidad de veces que cada estación se queda sin stock. Y la cuarta restricción garantiza que *Si* no sea negativo, es decir, que no haya incentivos en el sistema a sobre asignar en alguna estación para minimizar la función objetivo por ser un número negativo.

La quinta restricción garantiza la no negatividad de las asignaciones. Es decir, se asignan cero o más bicicletas para cada una de las estaciones. Y por último, se le solicita al problema que todas las variables sean enteras.

Este modelo se podría simplificar usando solo las variables A_i , y su formulación se encuentra en el [Apéndice D](#).

¹³ Si bien actualmente hay 230 estaciones habilitadas, como se explica anteriormente, 11 se habilitaron en el último año, por lo tanto no se cuenta con información como para poder predecir.

4.2. Resolución de los escenarios base

Para la resolución de los distintos problemas de programación lineal entera se va a hacer uso de la herramienta CPLEX *Optimizer*, desarrollada por IBM, que permite encontrar soluciones para distintos problemas de programación lineal, y en este caso en particular para programación lineal entera.

En todos los ejercicios de optimización que se realizan para la tesis, CPLEX utiliza el algoritmo de Branch & Cut. Este algoritmo es una combinación entre los algoritmos de Branch & Bound y los algoritmos de planos de corte. Que lo que hace es, previo al proceso de ramificación del Branch & Bound, aplica algoritmos de corte a la relación lineal asociada al nodo. Luego, va generando nodos y cortando, hasta encontrar el óptimo.

Para los distintos escenarios que se van a estar resolviendo en esta sección, se busca evaluar cual es la distribución óptima de bicicletas para ocho días típicos:

- Día 1: Día laboral de verano
- Día 2: Día no laboral de verano
- Día 3: Día laboral de otoño
- Día 4: Día no laboral de otoño
- Día 5: Día laboral de invierno
- Día 6: Día no laboral de invierno
- Día 7: Día laboral de primavera
- Día 8: Día no laboral de primavera

Por lo tanto, se utiliza el modelo de demanda estimado con datos de panel con efectos fijos individuales para proyectar la demanda en cada una de las estaciones para esos días típicos. Se toma como valor para las variables la media de esas variables para la estación en los días que cumplen con esas características. Las predicciones de demanda para cada una de las estaciones se encuentran en el [Apéndice E](#).

Luego se utiliza el modelo de finalización que se estima exclusivamente como input para la optimización para calcular las devoluciones en cada una de las estaciones para cada uno de los días típicos. El mismo es un modelo con efectos fijos individuales, estimado en diferencias, con los primeros cinco rezagos de la variable dependiente y las mismas variables de control que en el modelo de demanda. Se toma como valor de las variables las medias para cada estación en los días que cumplen con esas características. Las

predicciones de devoluciones para cada estación se encuentran en el [Apéndice F](#). Se va a estar utilizando dos versiones de finalizaciones, F_i que es completamente estática, es decir el valor predicho por el modelo. Y \tilde{F}_i , estática ajustada, en la cual se divide a las devoluciones de bicicletas de cada estación por el factor de descuento de cada estación para tener en cuenta el desbalanceo que hay en las distintas estaciones entre demanda y devoluciones. El factor de descuento es aquel que calcula el desbalanceo entre las demandas y devoluciones en cada una de las estaciones se encuentra en el [Apéndice H](#).

Una vez que se cuenta con las demandas de las estaciones, las devoluciones de las estaciones, y las devoluciones ajustadas, se utiliza los datos de capacidad y se plantean los distintos escenarios de optimización en CPLEX.

En el [Apéndice G](#) se puede encontrar la distribución óptima de cada una de las estaciones en cada uno de los escenarios. En la Tabla 13 se puede observar el valor de la función objetivo en cada caso.

Tabla 13: Resultados de la optimización caso base.

Modelo	Función Objetivo (# Out Of Stock)		Porcentaje Sobre el Total Demandado	
	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado
Verano Laboral	4	177	0.06%	2.72%
Verano No Laboral	0	21	0.00%	0.65%
Otoño Laboral	4	958	0.03%	7.68%
Otoño No Laboral	0	339	0.00%	4.62%
Invierno Laboral	0	880	0.00%	7.45%
Invierno No Laboral	0	372	0.00%	4.44%
Primavera Laboral	46	752	0.41%	6.63%
Primavera No Laboral	9	236	0.13%	3.31%

En el modelo completamente estático, hay días en los cuales se logra abastecer toda la demanda entre las asignaciones iniciales y las devoluciones que van sucediendo a lo largo del día. Pero en los días laborales de verano, otoño y primavera, y en primavera no laboral hay faltantes de stock. En todos los casos, el faltante de stock es menor al 1%.

En cambio, en el modelo estático ajustado, dado que las devoluciones son menores al ajustar con el factor de descuento, el modelo tiene más faltantes de stock. Se puede observar que todos los días hay algún faltante, y que comparando entre días laborales y no laborales para cada una de las estaciones, siempre

es mayor el faltante en el día laboral. Esto es consistente con lo analizado en las secciones previas de la tesis, ya que los días laborales hay una mayor cantidad de recorridos realizados, por lo tanto, una mayor cantidad de demanda de bicicletas.

Por último, se observa que en verano es cuando menor es el faltante de stock, y esto nuevamente es consistente con analizado previamente. Ya que los días de veranos, son aquellos con menor cantidad de demanda: por ser vacaciones, y por las temperaturas extremas: ambos factores se relacionan negativamente con la cantidad de recorridos realizados.

Cabe mencionar, que estos dos escenarios estimados van a ser los casos bases con los cuales se van a comparar el resto de las estimaciones que se realizan a partir de estudiar distintos escenarios.

A continuación se analiza por qué en algunos escenarios no se alcanza a cubrir la demanda, en otras palabras, por qué la función objetivo no logra ser cero.

En primer lugar, se suma para cada día típico el total de bicicletas demandadas que no se autoabastece, es decir, la diferencia entre demandas y devoluciones. La suma para cada día típico, tanto para los modelos base como para los que se desarrollan en la sección 4.5 con mayores demandas, se encuentra en la Tabla 14.

Tabla 14: Total de bicicletas que no se autoabastece.

TOTAL DE BICIS DEMANDADAS QUE NO SE AUTOABASTECE	Verano Laboral	Verano No Laboral	Otoño Laboral	Otoño No Laboral	Invierno Laboral	Invierno No Laboral	Primavera Laboral	Primavera No Laboral
ESTÁTICO	340	308	393	400	443	382	673	517
ESTÁTICO AJUSTADO	1324	723	2390	1478	2352	1634	2309	1430
ESTÁTICO 10% MAYOR DEMANDA	771	500	1480	1037	1096	874	1195	850
ESTÁTICO AJUSTADO 10% MAYOR DEMANDA	1740	916	3311	2032	3032	2129	2921	1813
ESTÁTICO 15% MAYOR DEMANDA	1091	644	2107	1409	1594	1238	1590	1092
ESTÁTICO AJUSTADO 15% MAYOR DEMANDA	2024	1041	3894	2374	3465	2441	3298	2048

Se puede observar que hay días en los cuales las 2000 bicicletas de stock deberían ser suficientes para satisfacer la demanda faltante, ya que el total de la demanda restante es menor a 2000, sin embargo, se encuentra que en varios de esos escenarios la función objetivo es mayor a 1, es decir, hay *out of stock*. Esto se debe, a que la capacidad de las estaciones no permite asignar la demanda faltante en esa estación.

Al analizar la relajación lineal y las variables duales asociadas, en estos casos donde el stock de bicicletas disponibles es mayor a la demanda faltante, se encuentra dos cosas relevantes. En primer lugar, que la restricción para no superar la cantidad total de bicicletas en stock tiene asociado una variable dual de 0, porque actualmente están sobrando bicicletas que se podrían asignar. Y en segundo lugar, que todas las estaciones que no logran asignar por un tema de capacidad tienen asociado variables duales iguales 1, indicando que por cada bicicleta adicional de capacidad se reduciría la función objetivo en 1.

Por el otro lado, también se puede observar en la Tabla 14, que hay días en los cuales las 2000 bicicletas no son suficientes para satisfacer la demanda, ya que la demanda faltante total es mayor a 2000. En este caso, principalmente no se llega a satisfacer la demanda faltante porque no alcanza stock de bicicletas, y en algunos escenarios también falta capacidad en ciertas estaciones con mucha demanda.

Al analizar la relajación lineal y las variables duales, se encuentra que la restricción para no superar la cantidad total de bicicletas en stock tiene asociada una variable dual de -1, esto significa que aumentar el stock en 1 unidad reduciría la función objetivo en 1. En otras palabras, dado que actualmente faltan bicicletas para poder asignar, por cada bicicleta adicional, el sistema se ahorra de quedarse sin stock en una bicicleta.

Habiendo analizado que los limitantes para satisfacer la demanda de bicicletas son el stock de bicicletas y la capacidad de las estaciones con mucha demanda, se recomienda como potencial mejora del servicio aumentar el stock de bicicletas y/o la capacidad de las estaciones.

4.3. Dándole mayor peso a las estaciones populares

Se busca realizar un análisis similar al del punto 4.2. pero esta vez dándole el doble de peso a las populares. Es decir, dado que las estaciones populares tienen un gran volumen de recorridos realizados y que a lo largo de la tesis se menciona la importancia de las mismas, se busca penalizar de forma mayor el quedarse sin stock en estas 22 estaciones previamente clasificadas como populares. Por lo tanto, el modelo de minimización planteado queda de la siguiente forma:

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^{22} 2 * S_i + \sum_{i=23}^{219} S_i$$

S.A

$\sum_{i=1}^{219} A_i \leq 2000$		(1) No exceda el total de bicicletas
$A_i \leq C_i$	$\forall i = 1, \dots, 219$	(2) No exceda la capacidad de las estaciones
$(D_i - F_i) - A_i \leq S_i$	$\forall i = 1, \dots, 219$	(3) Cantidad sin stock en cada estación
$S_i \geq 0$	$\forall i = 1, \dots, 219$	(4) Que no quiera sobre asignar
$A_i \geq 0$	$\forall i = 1, \dots, 219$	(5) No existe asignaciones negativas

Tanto las variables S_i como A_i son enteras.

Nuevamente se busca minimizar la falta de stock, pero ahora se dividen las estaciones en: las primeras 22 son populares, y las otras 197 no. En la función objetivo se multiplica por 2 a las 22 estaciones populares, y por 1 a las estaciones no populares. De esta forma, se penaliza el doble quedarse sin stock en las estaciones populares.

En este problema se cuenta con las mismas restricciones que en el anterior. En primer lugar la que garantiza que la suma de las asignaciones entre todas las estaciones, populares y no populares, no exceda las 2000 bicicletas de capacidad. En segundo la que garantiza que las asignaciones no superen la capacidad de cada una de las estaciones, tanto para las populares como para las no populares. En tercer y cuarto lugar aquellas que registran la cantidad de falta de stock por estación y que garantizan que no sea negativo, tanto para las populares como para las no populares. En quinto lugar, aquellas que garantizan la no negatividad de las asignaciones. Y por último, el hecho de que son enteros.

Las distribuciones óptimas para cada una de las estaciones, en cada uno de los días tipos, tanto para el modelo estático como para el estático ajustado se encuentran en el [Apéndice G](#). A continuación, en la Tabla 15, se observa el valor de la función objetivo y su comparación con los modelos base.

Tabla 15: Resultados de la optimización diferenciando populares

Modelo	Función Objetivo (# Out Of Stock)		Porcentaje Sobre el Total Demandado		Comparación del Porcentaje con los Modelos Base	
	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado
Verano Laboral	4	225	0.06%	3.45%	0 pp.	0.74 pp.
Verano No Laboral	0	36	0.00%	1.11%	0 pp.	0.46 pp.
Otoño Laboral	4	1140	0.03%	9.13%	0 pp.	1.46 pp.
Otoño No Laboral	0	457	0.00%	6.23%	0 pp.	1.61 pp.
Invierno Laboral	0	1023	0.00%	8.66%	0 pp.	1.21 pp.
Invierno No Laboral	0	485	0.00%	5.79%	0 pp.	1.35 pp.
Primavera Laboral	56	917	0.49%	8.08%	0.09 pp.	1.45 pp.
Primavera No Laboral	12	353	0.17%	4.96%	0.04 pp.	1.64 pp.

En el caso del modelo estático, solo se encuentran diferencias en la función objetivo para los días de primavera. Para el resto de los días, si bien hay cambios en las asignaciones de bicicletas entre las estaciones, se cuenta con la misma cantidad de faltantes de stock.

En cuanto al modelo estático ajustado, si se encuentra que tiene una peor performance en todos los escenarios. Aumenta entre 0.74 y 1.64 puntos porcentuales el porcentaje de faltantes de stock sobre el total de bicicletas demandadas. Por otro lado, se observa nuevamente que los días laborales es mayor el faltante de stock que los días laborales, para todas las temporadas.

4.4. Estableciendo un límite inferior para las asignaciones

A continuación, se realiza un ejercicio de optimización agregando un límite inferior a las asignaciones. El objetivo es analizar el cambio en las asignaciones optimas, en caso de tener que cumplir con una cantidad mínima de bicicletas en las estaciones. Se busca encontrar una asignación mas pareja entre las distintas estaciones.

El escenario que se analiza es aquel en el cual el requisito es que como mínimo se le asigne un 10% de la capacidad a cada una de las estaciones. Por lo tanto, el modelo planteado a minimizar es el siguiente:

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^{219} S_i$$

S.A

$$\sum_{i=1}^{219} A_i \leq 2000$$

(1) No exceda el total de bicicletas

$$A_i \leq C_i \quad \forall i = 1, \dots, 219$$

(2) No exceda la capacidad de las estaciones

$$(D_i - F_i) - A_i \leq S_i \quad \forall i = 1, \dots, 219$$

(3) Cantidad de sin stock en cada estación

$$S_i \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, 219$$

(4) Que no quiera sobre asignar

$$A_i \geq 0.1 * C_i \quad \forall i = 1, \dots, 219$$

(5) No existe asignaciones negativas

Tanto las variables S_i como A_i son enteras.

El modelo es idéntico al planteado en el punto 4.1. con una diferencia en la restricción 5. Ahora las asignaciones no tienen que ser solamente mayor a cero, sino que como mínimo se requiere que la asignación al comienzo del día sea del 10% de la capacidad de la estación.

Nuevamente las asignaciones para cada una de las estaciones se encuentran en el [Apéndice G](#). A continuación, en la Tabla 16, se observa las funciones objetivo y una comparación con los modelos base.

Tabla 16: Resultados de la optimización con límite inferior

Modelo	Función Objetivo (# Out Of Stock)		Porcentaje Sobre el Total Demandado		Comparación del Porcentaje con los Modelos Base	
	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado
Verano Laboral	4	177	0.06%	2.72%	0 pp.	0 pp.
Verano No Laboral	0	21	0.00%	0.65%	0 pp.	0 pp.
Otoño Laboral	4	958	0.03%	7.68%	0 pp.	0 pp.
Otoño No Laboral	0	339	0.00%	4.62%	0 pp.	0 pp.
Invierno Laboral	0	880	0.00%	7.45%	0 pp.	0 pp.
Invierno No Laboral	0	372	0.00%	4.44%	0 pp.	0 pp.
Primavera Laboral	46	752	0.41%	6.63%	0 pp.	0 pp.
Primavera No Laboral	9	236	0.13%	3.31%	0 pp.	0 pp.

Se observa, como era de esperarse, que no cambia la función objetivo. Pero es importante mencionar, que si cambian las distribuciones optimas entre las estaciones, generando una distribución más pareja entre las distintas estaciones.

Al realizar el ejercicio para porcentajes mayores de capacidad como requisito (hasta llegar al 20% que todavía sigue siendo factible la solución), sucede algo similar, no hay un cambio en el valor de la función objetivo, pero sí en cómo se distribuyen las bicicletas en las estaciones. Generando una distribución más equitativa, ya que no permite asignar en las estaciones menos del 20% de la capacidad.

4.5. Otros escenarios con distintas demandas efectivas

Por último, dado que, como se explica anteriormente, la demanda proyectada es un límite inferior de la demanda real, se busca analizar cómo cambian las optimizaciones si la demanda real es mayor a la estimada por un 10%, y por un 15%.

El modelo es análogo al planteado en el punto 4.1. pero cambia el input de demanda. Las demandas estimadas con un recargo del 10% y del 15% se encuentran en el [Apéndice E](#).

A continuación, en la Tabla 17, se observa el valor de la función objetivo en cada uno de los casos, y la comparación con los modelos base:

Tabla 17: Resultados de la optimización con distintas demandas.

A la Demanda se le Agrega un 10%						
	Función Objetivo (# Out Of Stock)		Porcentaje Sobre el Total Demandado		Comparación con los Modelos Base	
Modelo	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado
Verano Laboral	9	264	0.13%	3.68%	0.06 pp.	0.97 pp.
Verano No Laboral	0	33	0.00%	0.92%	0.00 pp.	0.28 pp.
Otoño Laboral	18	1238	0.13%	9.02%	0.10 pp.	1.34 pp.
Otoño No Laboral	11	449	0.14%	5.56%	0.14 pp.	0.94 pp.
Invierno Laboral	20	1113	0.15%	8.57%	0.15 pp.	1.12 pp.
Invierno No Laboral	8	501	0.09%	5.44%	0.09 pp.	1.00 pp.
Primavera Laboral	78	980	0.62%	7.85%	0.22 pp.	1.22 pp.
Primavera No Laboral	28	329	0.36%	4.20%	0.23 pp.	0.89 pp.
A la Demanda se le Agrega un 15%						
	Función Objetivo (# Out Of Stock)		Porcentaje Sobre el Total Demandado		Comparación con los Modelos Base	
Modelo	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado	Modelo Estático	Modelo Estático Ajustado
Verano Laboral	12	311	0.16%	4.15%	0.1 pp.	1.43 pp.
Verano No Laboral	1	40	0.03%	1.07%	0.03 pp.	0.42 pp.
Otoño Laboral	63	1789	0.44%	12.46%	0.41 pp.	4.79 pp.
Otoño No Laboral	25	513	0.30%	6.08%	0.3 pp.	1.46 pp.
Invierno Laboral	33	1340	0.24%	9.87%	0.24 pp.	2.41 pp.
Invierno No Laboral	20	581	0.21%	6.03%	0.21 pp.	1.59 pp.
Primavera Laboral	100	1169	0.77%	8.96%	0.36 pp.	2.33 pp.
Primavera No Laboral	44	387	0.54%	4.73%	0.41 pp.	1.41 pp.

Se puede observar que a medida que la demanda efectiva es mayor, aumenta la cantidad de veces que el modelo se queda sin stock. Es decir, cuando la demanda efectiva es un 10% mayor a la proyectada se queda sin stock una mayor cantidad de veces que en el modelo original, y cuando la demanda efectiva es un 15% mayor se queda todavía mayor cantidad de veces sin stock. Se observa en el Apéndice E que las asignaciones en las estaciones en cada caso son distintas, por lo tanto, dependerá de que porcentaje adicional se crea que es la demanda real para ver que asignación realizar.

Para concluir, se observa un patrón similar que en los ejercicios anteriores, una mayor cantidad de falta de stock para los días laborales que para los no laborales. Y que los días de verano son aquellos con menos cantidad demandada, y por ende, con menos faltantes de stock.

5. Conclusiones, recomendaciones y futuras líneas de investigación

En un primer lugar, el desarrollo de los modelos con datos de series temporales y datos en panel evidencia que existen varios factores que determinan la cantidad de recorridos entre estaciones, tales como: efectos dinámicos propios, la edad, la edad al cuadrado, el género, el tiempo de uso, si el día es laboral, y las distintas características climáticas: temperaturas, presión media, velocidad del viento y precipitaciones.

En una primera instancia, se estiman modelos ARIMA, que estiman la demanda total de bicicletas. Estos modelos permiten identificar las variables relevantes, la cantidad de rezagos y de diferenciaciones necesarias. No se terminan estimando modelos TBATS porque no se encuentran estacionalidades marcadas. Luego, se estiman los modelos de datos de panel, que permiten estimar la demanda por estación. Se utilizan como variables explicativas las encontradas en los modelos ARIMA.

Por último, se utilizan los modelos estimados con datos de panel, para realizar distintos escenarios de optimización con el uso de programación lineal entera. En los mismos se busca asignar al comienzo del día el total de bicicletas entre las distintas estaciones, de forma tal de que, dada la demanda proyectada por estación, se minimice la falta de stock total sumando todas las estaciones. El ejercicio de optimización se realiza para distintos días típicos, y para distintos escenarios.

Toda la información recaudada en las tres secciones sirve para poder realizar una serie de recomendaciones de negocios:

En primer lugar, dado que el objetivo del gobierno es ir reabriendo las estaciones que cerraron de forma paulatina, se realiza una recomendación de las estaciones a reabrir primero. En el análisis descriptivo de la información se encuentran cuáles son las estaciones que cerraron con mayor cantidad de recorridos iniciados, por lo tanto, a la hora de reabrir estaciones se recomendaría empezar por las mencionadas en la [Sección 2.4.5.](#)

En segundo lugar, se encuentra que de todos los factores determinantes en la cantidad de recorridos realizados (demográficos, climáticos, estacionales), hay uno que puede influenciar el gobierno, el tiempo de uso. Ya que es el gobierno de la ciudad quien establece el máximo tiempo de uso permitido. Por lo tanto, dado que hay problemas en la oferta de bicicletas, se podría reducir el tiempo de uso permitido de las mismas con el objetivo de aumentar la oferta de bicicletas. Este análisis se encuentra en la [Sección 3.1.1.2.](#)

En tercer lugar, se encuentran diferentes distribuciones óptimas de bicicletas entre las distintas estaciones. Se busca proveer un plan de acción según la estación del año (verano, otoño, primavera, e invierno), y si el día es o no laboral. A través del uso de la programación lineal entera, se otorgan distribuciones óptimas para cada uno de los escenarios mencionados. Luego se estudian otros escenarios, dándole mayor peso a las populares, agregando límites inferiores, y aumentando la demanda, y en cada uno de los casos se establece cuál es la distribución óptima. En todos los escenarios planteados, se provee la distribución óptima de bicicletas entre las estaciones, las mismas se encuentran en el [Apéndice G](#).

En cuarto lugar, este trabajo propone un marco teórico que se podría extender a cualquier estimación de demanda que se quiera realizar.

En quinto lugar, dado que se encuentra que los limitantes para encontrar distribuciones óptimas que logren satisfacer toda la demanda faltante, son la cantidad de bicicletas y la capacidad de las estaciones, se recomienda aumentar el stock de bicicletas y aumentar la capacidad de las estaciones más demandadas.

Como último punto se mencionan dos posibles futuras líneas de investigación. Por un lado, al realizar la minimización del descontento de la gente, se simplifica el descontento teniendo en cuenta solo la falta de stock, pero en una extensión de este modelo, se podría agregar el hecho de querer depositar una bicicleta y que no haya espacio porque la estación está llena.

Por otro lado, al realizar el ejercicio de minimización se realiza un ejercicio estático (y uno que hace algún ajuste por un factor de descuento), en una extensión de este modelo se podría utilizar un modelo dinámico, que tenga en cuenta cómo va fluctuando la demanda, y las devoluciones a lo largo del día, y que incluso proponga rebalances a lo largo del día.

6. Bibliografía

- Agarwal, A. (2004) A Comparison of Weekend and Weekday Travel Behavior Characteristics in Urban Areas. *Graduate Theses and Dissertations University of South Florida*.
- Aquae Foundation (2020). Covid-19: La mejor alternativa al transporte público. <https://www.fundacionaquae.org/cinco-ventajas-utilizar-la-bicicleta-medio-transporte/>
- Castillo, E. & Possani, E.(2020). Optimización del inventario en un sistema de bicicletas compartidas. *En Aplicaciones de la Investigación de Operaciones a la Mejora de Procesos*. ITAM, pp. 115-121.
- Cavagnini, R., Bertazzi L., Maggioni, F. & Hewitt, M. (2018) A two-stage stochastic optimization model for the Bike sharing allocation and rebalancing problem.
- Contreiras, S. (2020). EcoBici y ciclovías de la ciudad, octubre. <https://rpubs.com/SebasGC/679829>
- Cornejo, M. (2021). Procesos Univariados, selección automática. Recuperado de: <https://pronosticosbcu11.shinyapps.io/modulo1/#section-selecci%C3%B3n-autom%C3%A1tica>
- Diebold, F. & Mariano, R. S. (1995). Comparing Predictive Accuracy. *Journal of Business and Economic Statistics*, 13, pp. 253-365.
- Doscientas estaciones de EcoBici. Buenos Aires Ciudad. <https://www.buenosaires.gob.ar/compromisos/200-estaciones-de-ecobici>
- Enders, W. (2014) Applied Econometric Time Series. 4th Edition.
- Freund, D., Norouzi-Fard, A., Paul, A., Wang, C., Henderson, S., & Shmoys, D. (2020). Data-Driven Rebalancing Methods for Bike-Share Systems.
- Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2018) Forecasting: principles and practice, 2nd edition, *OTexts: Melbourne, Australia*.
- Jian, N., Freund, D., Wiberg, H., & Henderson, S. (2016). Simulation Optimization for a Large-Scale Bike-Sharing System. En T. M. K. Roeder et al. (eds.). *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference*. IEEE.
- Luchemos por la Vida (2020). Estudio del tránsito en Ciudad de Buenos Aires: el mal estacionamiento y obstrucciones en la circulación en calles y avenidas. Recuperado de:

<https://www.luchemos.org.ar/es/investigaciones/estudio-del-transito-en-ciudad-de-buenos-aires-el-mal-estacionamiento-obstruccion-en-la-circulacion-en-calles-y-avenidas>

Nelson, C. R. (1972). The prediction performance of the FRB-MIT-PENN model of the US economy. *The American Economic Review*, 62(5), pp. 902-917.

Qué es Ecobici. Buenos Aires Ciudad. <https://www.buenosaires.gob.ar/ecobici/sistemaecobici>

Rabassa, M., Conte Grand, M., & García-Witulski, C. (2020). Heat Warnings and Avoidance Behavior: Evidence from a Bike-Sharing System. *Environmental Economics and Policy Studies*.

Saberian, S., Heyes, A., & Rivers, N. (2017). Alerts work! Air quality warnings and cycling. *Resource and energy economics*, 49(C), pp. 165-185.

Skorupa, G. (2019). Forecasting Time Series with Multiple Seasonalities using TBATS in Python. *Intive Developers*, 14 de enero.

Unknown (2011). Exploring the relationship between leisure and commuter cycling. *Policy Analysis Research Summary*.

Vassolo, I. (2020). Ecobici. Sorpresa y quejas entre los vecinos por la remoción de 20 estaciones en el sur. *La Nación*, 23 de enero.

7. Apéndices

Apéndice A: Lista de las 230 estaciones que están actualmente habilitadas.

Número de la Estación	Nombre de la Estación	Número de la Estación	Nombre de la Estación	Número de la Estación	Nombre de la Estación
1	FACULTAD DE DERECHO	107	HOSPITAL GARRAHAN	218	Campana
2	Retiro I	108	Usina del Arte	221	CULPINA
3	ADUANA	111	MACACHA GUEMES	222	SIMON BOLIVAR
4	Plaza Roma	112	9 de Julio	223	GAINZA
5	Plaza Italia	113	Guatemala	225	HOSPITAL TORNU
6	Parque Lezama	114	DELLA PAOLERA	227	Club Ciudad de Buenos Aires
7	OBELISCO	116	HOSPITAL ALEMÁN	229	RIGLOS
8	Congreso	117	HUMBERTO 1°	233	MONROE
9	Parque Las Heras	118	MEXICO	237	Madero Office
12	Plaza Vicente Lopez	120	HOSPITAL RAMOS MEJIA	240	ECHEVERRIA
13	ONCE	121	YATAY	242	Plazoleta Rafael del Riego
14	Pacífico	123	Armenia	243	PLAZOLETA CELEDONIO FLORES
16	Legislatura	124	UGARTECHE	244	UADE
17	Plaza Almagro	125	F.J.Santamaría de Oro	248	Husares
18	Independencia	126	Ministerio de Justicia y Seguridad	249	Balbín
20	Distrito Audiovisual	128	PARQUE DEL BAJO	250	Fleni
21	Parque Patricios	129	Velasco	251	Solar de la Abadía
22	Arenales	130	RETIRO II	252	Tamborini
23	Suipacha	131	HOSPITAL DE CLÍNICAS	254	Plaza Rafael Hernandez
24	ALSINA	132	CORRIENTES	255	BARRANCAS DE BELGRANO
25	Plaza Guemes	134	DON BOSCO	256	PLAZA NORUEGA
26	JUANA MANSO I	135	MARCELO T. DE ALVEAR	257	Plaza Francisco Ramirez
27	Montevideo	136	Acevedo	258	Plaza J.J. Paso
29	Parque Centenario	137	AZOPARDO Y CHILE	259	PLAZA CASTELLI
30	Peña	138	Hospital Británico	260	SAN MIGUEL DE GARICOITS
32	Catedral	140	Las Casas	261	QUINTEROS LIDORO
33	Facultad de Medicina	142	Armenia y Gorriti	264	Plaza Marcos Sastre
34	Colonia Express	144	PUEYREDÓN	268	Plaza Aristóbulo Del Valle
35	INGENIERO BUTTY	146	Hospital Francés	270	PLAZA DEL ANGEL GRIS
37	CLAUDIA PÍA BRAUDACCO	147	Constitución	272	Plaza Bruno Giordano
38	Plaza Libertad	149	LIMA	273	Plazoleta Colombia
41	Urquiza y Rondeau	150	RODRIGO BUENO	275	PLAZA 24 DE SEPTIEMBRE
44	Ecoparque	151	AIME PAINÉ	276	PRIMERA JUNTA
45	Uruguay	152	JULIETA LANTERI	277	Coghlan
46	Chile	153	JUAN MANUEL DE BLANES	278	Donato Alvarez
49	33 Orientales	155	Parque José Evaristo Uriburu	280	JURAMENTO
50	Hospital Rivadavia	156	Plaza Alemania	281	Villa Urquiza
51	TUCUMAN	158	VILLARROEL	282	Tronador
54	Acuña de Figueroa	159	Fitz Roy & Gorriti	285	ESPINOSA
56	Plaza Palermo Viejo	160	Godoy Cruz y Libertador	289	MONTAÑESES
58	Ministro Carranza	161	Humahuaca	292	PLAZA BOLIVIA
59	Coronel Diaz	162	LARREA Y BARTOLOMÉ MITRE	297	TRONADOR Y GARCÍA DEL RÍO
60	25 De Mayo	163	ONCE II	309	UTN II
61	Ministerio de Economía	164	FACULTAD DE INGENIERIA	313	De Los Incas
63	Reconquista	165	ZA MONSEÑOR MIGUEL DE AND	316	Buenos Aires
64	RIOBAMBA	166	Cementerio de Recoleta	322	MARTÍ Y DIRECTORIO
65	Julián Álvarez	167	Hipólito Yrigoyen	324	Las Victorias
66	Billinghurst	168	Estados Unidos	330	Parque Avellaneda
69	Ecuador	171	Pasteur	331	CALIFORNIA
70	ARAOZ	172	BRASIL	333	MIRO
71	CERRITO	174	MINISTERIO DE EDUCACION	334	CENTRO DE EXPOSICIONES
73	Ruy Díaz de Guzmán	178	José Marmol	335	General Urquiza
74	INSTITUTO LELOIR	179	CASA SAN	336	La Pampa
75	Plaza Primero de Mayo	181	BILLINGHURST Y MANSILLA	340	PLAZA NUEVA POMPEYA
76	Ayacucho	182	RAVIGNANI Y GUATEMALA	346	Plaza Zapiola
79	AZUCENA VILLAFLORES	183	VIRREY CEVALLOS	348	Villa del Parque
80	DOBLAS	184	Pedro Echague	349	Plaza Saenz Peña
82	HOSPITAL ITALIANO	186	MANZANA 66	350	Plaza Irlanda
83	Paraná	187	Jose Maria Moreno	352	San Jose de Flores
84	Lavalle	188	Aranguren	354	José Martí
85	AGUERO	189	POSADAS	361	Plaza Don Segundo Sombra
86	SAAVEDRA	190	JUNCAL	363	Udaondo
87	Guayaquil	191	Rivadavia y 9 de Julio	365	Venancio Flores
89	Cabello	193	ARENALES Y AGUERO	367	Eva Perón
91	Pasco	194	PERÓN Y ACUÑA DE FIGUEROA	370	Beauchef
92	Salcedo	196	HOSPITAL ARGERICH	373	Jorgelina De Simone
93	CARLOS CALVO	197	Quintino Bocayuva	374	Puan
94	GÚZMAN	199	ESTADOS UNIDOS Y BOEDO	378	AGRONOMIA
95	ESMERALDA	200	AUSTRIA Y FRENCH	381	Matienzo Y Arce
96	Carlos Gardel	203	Beiro	384	PLAZA BENITO NAZAR
97	Avelino Diaz	204	Biarritz	387	Luna
99	Malabia	205	SAN MARTIN	391	Plaza República de Ecuador
100	Plaza Gurruchaga	206	Galicia	393	Barrio 31
101	Fitz Roy	207	PLAZA ARENALES	394	Av. La Plata
103	MALBA	213	Hospital Alvear	395	Agronomía II
104	Federico Lacroze	215	HOSPITAL ALVAREZ	396	PLAZA ALBERTI

Apéndice B: Residuos de los distintos modelos ARIMA

Tabla B1. Residuos ARIMA estaciones habilitadas

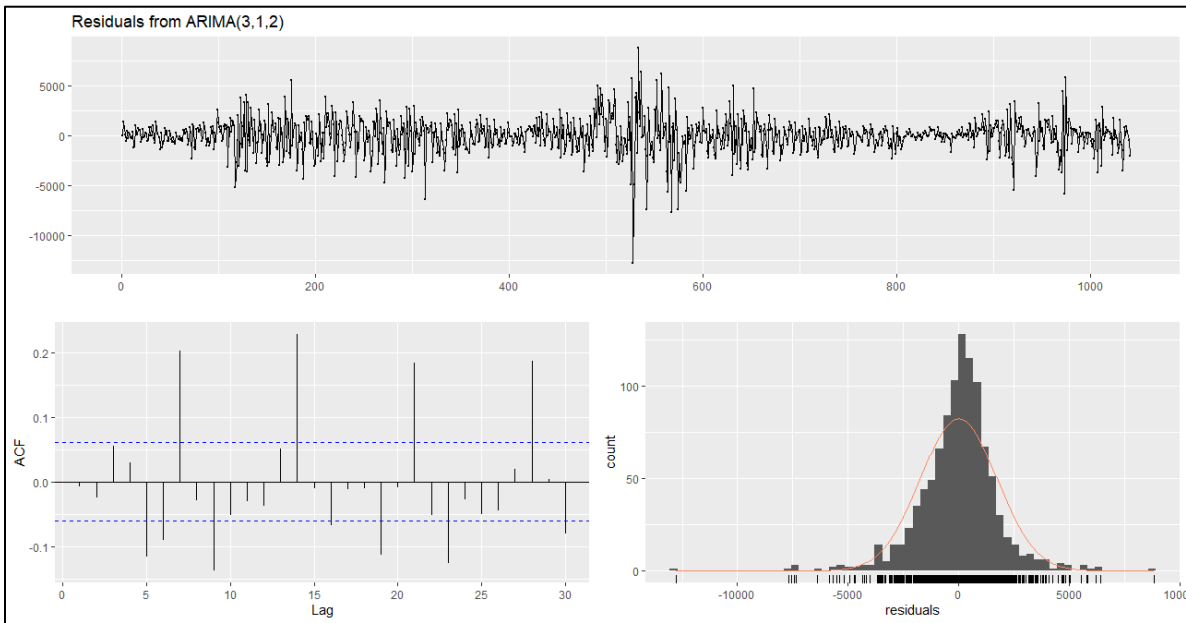


Tabla B2. Residuos ARIMAX estaciones habilitadas

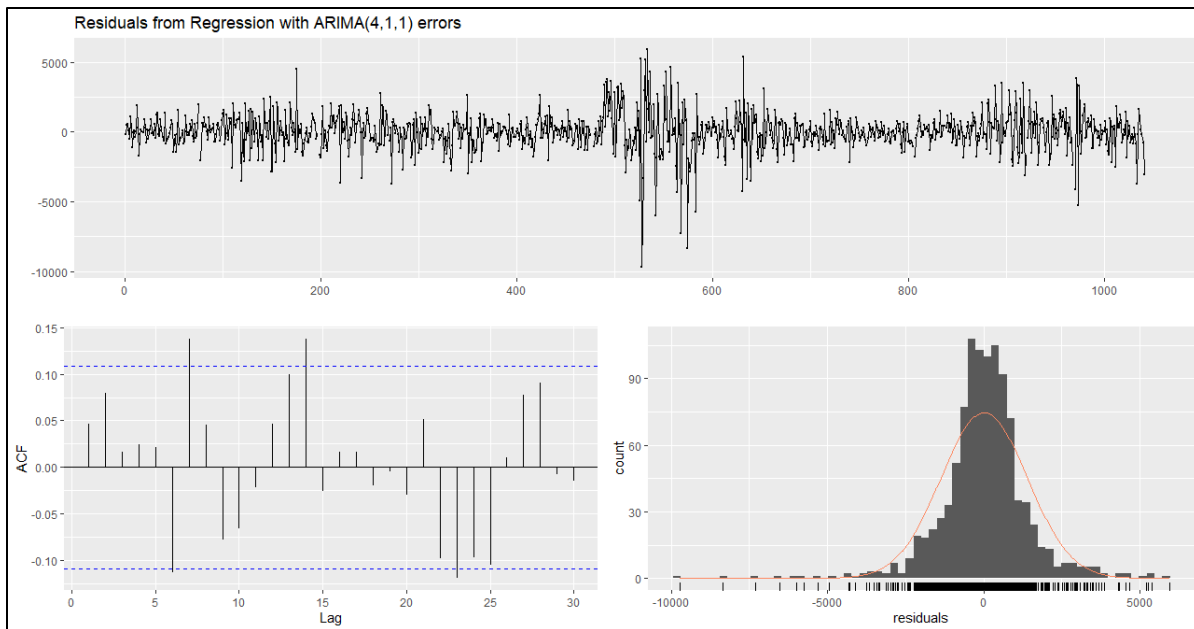


Tabla B3. Residuos ARIMA estaciones populares

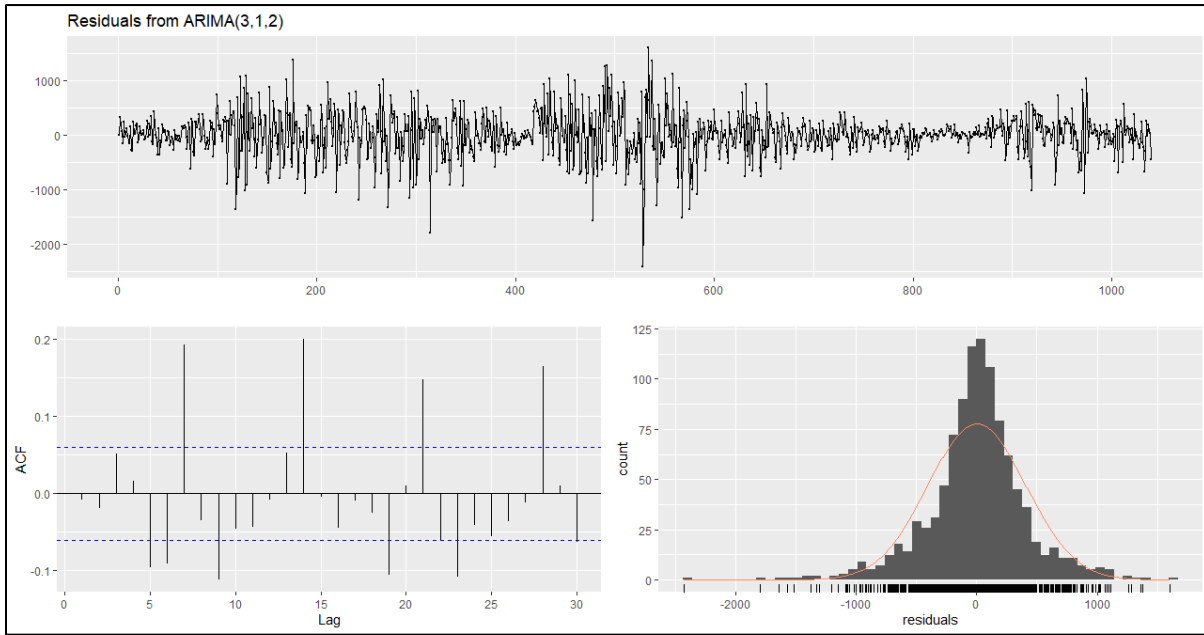
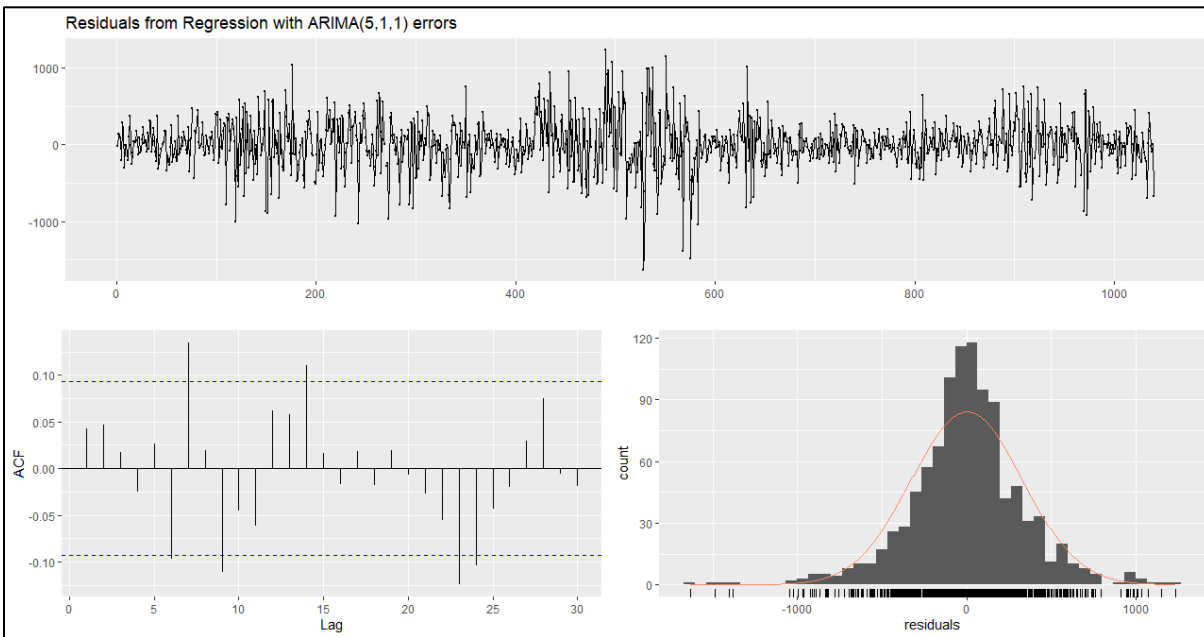


Tabla B4. Residuos ARIMAX estaciones populares



Apéndice C: Primer trimestre 2021

Primer Trimestre 2021								
Fecha	Recorridos Realizados	Pronostico ARIMAX	Pronostico Datos de Panel		Fecha	Recorridos Realizados	Pronostico ARIMAX	Pronostico Datos de Panel
1/1/2021	5916	5864	3809		15/2/2021	11366	6829	6081
2/1/2021	7473	6648	3222		16/2/2021	10908	6718	10616
3/1/2021	8160	6648	5330		17/2/2021	12770	8034	12357
4/1/2021	8748	8144	7381		18/2/2021	13338	8363	15102
5/1/2021	8221	7324	7346		19/2/2021	13115	7982	15962
6/1/2021	10241	7967	6868		20/2/2021	12121	7047	13454
7/1/2021	10472	7735	12214		21/2/2021	11500	6041	9369
8/1/2021	9030	8037	12148		22/2/2021	8450	7282	10482
9/1/2021	9111	6504	7382		23/2/2021	13725	8197	7253
10/1/2021	8607	4917	4745		24/2/2021	13689	8446	15463
11/1/2021	6344	7282	7603		25/2/2021	12915	8277	15792
12/1/2021	10184	7658	5319		26/2/2021	12913	7906	14147
13/1/2021	10517	7977	11080		27/2/2021	11964	6336	11227
14/1/2021	10534	7492	11370		28/2/2021	11104	6323	10351
15/1/2021	7151	7577	11084		1/3/2021	13291	7670	10334
16/1/2021	8305	6872	4405		2/3/2021	13366	7695	14013
17/1/2021	9299	6500	6716		3/3/2021	13705	7716	14146
18/1/2021	10978	8412	10317		4/3/2021	13710	7688	14587
19/1/2021	10604	8451	12479		5/3/2021	14062	8119	15220
20/1/2021	10688	8207	11835		6/3/2021	12459	6945	13819
21/1/2021	10802	7791	12099		7/3/2021	11685	6697	10649
22/1/2021	10691	7841	11791		8/3/2021	13543	8233	11464
23/1/2021	8534	6573	9068		9/3/2021	14055	8071	14389
24/1/2021	7806	6649	5279		10/3/2021	13572	7732	15032
25/1/2021	9637	7744	6790		11/3/2021	12111	8120	14101
26/1/2021	10151	8032	9878		12/3/2021	12580	8271	12588
27/1/2021	11212	7908	10497		13/3/2021	3944	6715	10021
28/1/2021	8629	7428	11460		14/3/2021	2718	6803	0
29/1/2021	9457	8113	9060		15/3/2021	10154	8109	0
30/1/2021	4785	5543	5116		16/3/2021	8539	7953	10016
31/1/2021	4990	6023	0		17/3/2021	9234	7970	8638
1/2/2021	6255	7808	2690		18/3/2021	10925	8462	10087
2/2/2021	10685	8387	5918		19/3/2021	10702	8154	13891
3/2/2021	10990	8168	13210		20/3/2021	1787	6280	7759
4/2/2021	12307	8366	13627		21/3/2021	3456	7032	0
5/2/2021	11988	8208	16326		22/3/2021	10685	8539	1882
6/2/2021	10589	7083	13064		23/3/2021	11785	8533	13416
7/2/2021	9845	6894	9958		24/3/2021	6449	5311	9164
8/2/2021	10419	7898	9587		25/3/2021	3372	6705	1756
9/2/2021	10647	7141	8939		26/3/2021	10008	8371	2836
10/2/2021	10553	7436	9785		27/3/2021	2924	7126	9437
11/2/2021	9823	7962	10725		28/3/2021	3339	7069	0
12/2/2021	11185	7983	10055		29/3/2021	10658	8443	1640
13/2/2021	9192	6923	10015		30/3/2021	10946	8433	14305
14/2/2021	8434	6699	7067		31/3/2021	11125	8135	14914

Apéndice D: Simplificación en la formulación del modelo

En las estaciones donde $D_i \leq F_i$ no se requiere optimización, ya que no hay demanda restante. Teniendo en cuenta entonces que el modelo asigna a las estaciones donde $D_i > F_i$, la variable S_i puede reescribirse como $S_i = D_i - F_i - A_i$. Haciendo este reemplazo en el modelo, queda de la siguiente forma:

$$\mathbf{Min} \quad \sum_{i=1}^{219} D_i - F_i - A_i$$

S.A

$$\sum_{i=1}^{219} A_i \leq 2000$$

(1) No exceda el total de bicicletas

$$A_i \leq C_i \quad \forall i = 1, \dots, 219$$

(2) No exceda la capacidad de las estaciones

$$(D_i - F_i) - A_i \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, 219$$

(3) No asignar más de los requerido

$$A_i \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, 219$$

(5) No existe asignaciones negativas

Las variables A_i son enteras.

Esta reformulación podría impactar en el tiempo de cómputo. Dado que los modelos estimados en la tesis demandan poco tiempo no es necesaria la reformulación. Se plantea esta formulación alternativa por si eventualmente se quiere complejizar el modelo, y una simplificación de la versión base puede mejorar el tiempo de cómputo.

Apéndice E: Demandas proyectadas con el modelo de efectos fijos individuales

Tabla E1. Demanda proyectada para cada día típico

DEMANDAS PROYECTADAS									DEMANDAS PROYECTADAS								
Estación	Verano Laboral	No Laboral	Otoño Laboral	No Laboral	Invierno Laboral	No Laboral	Primavera Laboral	No Laboral	Estación	Verano Laboral	No Laboral	Otoño Laboral	No Laboral	Invierno Laboral	No Laboral	Primavera Laboral	No Laboral
1	40	34	103	87	90	103	89	81	101	23	7	46	22	38	19	37	15
2	37	12	102	39	47	20	37	10	103	30	12	47	35	52	43	47	32
3	34	8	43	12	48	17	42	12	104	43	25	71	37	64	40	69	41
4	33	8	64	19	50	14	38	10	107	21	9	32	14	34	24	32	18
5	63	52	115	112	90	99	87	81	108	12	1	16	6	17	8	17	6
6	44	24	90	52	60	40	54	36	111	53	38	70	53	66	70	59	62
7	14	1	23	3	28	7	18	1	112	20	3	40	11	33	10	30	8
8	58	33	137	85	94	64	91	63	113	29	14	53	36	55	43	55	37
9	66	49	158	135	116	111	103	82	114	22	1	37	2	34	5	29	1
12	35	15	90	53	68	40	56	29	116	29	10	61	35	63	38	57	31
13	30	10	55	26	48	28	44	21	117	28	17	42	28	50	41	59	43
14	80	65	146	133	124	121	125	108	118	28	12	43	23	48	30	47	27
16	33	4	50	14	53	17	45	9	120	26	7	44	15	45	22	47	20
17	45	26	99	66	65	42	68	44	121	40	20	65	39	77	53	81	53
18	42	21	96	53	52	33	43	27	123	33	16	59	37	64	48	58	37
20	28	14	57	36	49	39	58	39	124	27	12	53	37	59	46	55	35
21	27	17	60	42	40	31	36	22	125	26	11	46	28	51	35	50	33
22	24	2	52	14	44	17	36	11	126	26	12	55	26	39	21	37	18
23	39	12	87	34	62	24	56	16	128	27	8	48	17	61	36	49	23
24	21	3	33	6	35	12	30	7	129	32	16	55	33	63	46	67	42
25	49	30	122	88	80	62	72	48	130	74	23	130	40	124	45	106	36
26	43	34	67	70	43	31	47	42	131	31	11	70	28	73	34	69	33
27	36	12	98	42	60	25	51	20	132	31	2	53	8	49	11	43	7
29	64	48	126	101	99	95	119	102	134	45	25	81	50	81	56	81	52
30	46	30	118	87	75	58	70	48	135	32	8	55	21	58	26	50	20
32	40	5	94	23	61	12	44	5	136	40	20	63	37	80	53	83	48
33	42	16	135	53	111	53	95	42	137	23	5	39	4	39	10	45	9
34	22	5	30	6	36	20	34	13	138	16	6	27	10	28	13	27	11
35	22	1	48	6	39	7	29	3	140	19	3	34	13	37	19	33	12
37	22	1	32	1	45	11	37	7	142	38	24	58	56	70	70	69	60
38	32	8	82	34	52	23	46	17	144	37	16	62	33	71	46	73	42
41	21	9	33	13	33	18	33	13	146	30	13	51	28	52	33	51	27
44	38	46	71	90	50	70	54	65	147	74	33	158	78	133	77	112	62
45	29	6	79	28	45	11	41	9	149	27	9	48	23	39	19	32	13
46	33	18	83	53	49	31	43	27	150	52	30	68	55	65	60	75	73
49	21	7	54	28	38	23	29	11	151	33	28	35	34	40	46	44	58
50	23	8	45	26	49	35	50	30	152	43	53	43	60	53	80	71	103
51	16	1	28	6	23	5	16	1	153	26	12	35	18	39	24	39	21
54	45	27	111	65	84	57	84	51	155	25	10	44	23	47	24	43	19
56	36	25	77	70	58	54	56	43	156	32	22	53	41	62	67	62	56
58	32	19	68	49	53	40	46	29	158	27	10	34	18	45	28	52	30
59	37	19	66	44	69	57	64	43	159	33	15	54	29	66	42	68	40
60	27	1	43	8	54	13	34	2	160	54	53	68	85	85	121	99	119
61	33	7	71	19	50	24	43	11	161	35	17	71	41	80	50	73	45
63	37	9	74	25	51	17	40	11	162	28	11	49	25	48	30	50	26
64	29	11	59	36	62	39	53	27	163	54	22	119	56	81	43	77	34
65	35	16	64	44	68	51	69	42	164	30	6	44	12	44	16	35	14
66	40	21	81	56	87	67	85	56	165	26	11	53	32	51	38	47	27
69	54	29	144	89	90	60	85	55	166	26	15	50	45	55	52	53	41
70	27	12	47	32	55	43	57	37	167	35	18	61	38	88	66	72	48
71	17	1	31	9	36	16	38	15	168	22	7	64	27	52	23	41	13
73	39	24	73	47	58	43	54	33	171	32	12	68	29	68	36	67	32
74	31	17	48	31	60	51	69	53	172	22	11	43	28	39	28	33	21
75	36	17	77	43	62	39	57	36	174	37	13	68	32	74	37	66	29
76	48	22	121	68	73	40	73	37	178	22	7	26	12	42	25	43	24
79	31	22	54	41	51	50	39	38	179	21	10	26	18	33	26	42	25
80	22	8	41	23	41	30	40	24	181	25	9	53	31	54	34	48	29
82	34	14	63	37	67	40	62	31	182	24	11	43	26	50	36	55	33
83	36	13	73	31	71	33	70	30	183	38	22	69	41	75	47	71	42
84	33	14	75	35	74	38	68	35	184	27	10	59	34	38	22	33	14
85	27	12	55	34	54	34	50	28	186	26	10	43	21	45	30	45	26
86	35	16	50	27	52	31	48	26	187	27	13	31	20	42	25	62	33
87	40	24	91	65	55	44	51	36	188	25	12	41	22	52	34	53	34
89	29	11	57	32	58	37	56	32	189	28	12	49	28	51	34	48	27
91	36	17	79	49	47	31	44	25	190	22	7	46	29	44	33	41	22
92	18	7	37	15	29	16	28	10	191	14	1	29	5	25	8	22	4
93	36	23	67	41	70	46	72	41	193	27	10	53	37	54	39	50	31
94	21	10	33	14	40	27	50	28	194	29	13	42	21	48	28	52	27
95	28	6	43	16	46	19	40	13	196	23	10	35	19	36	22	31	14
96	49	31	100	75	79	67	82	60	197	31	15	77	43	47	28	50	28
97	13	1	24	7	27	15	26	11	199	35	20	54	29	61	41	71	47
99	34	17	77	46	57	38	58	30	200	33	15	68	54	71	52	65	42
100	26	13	34	16	46	28	56	33	205	21	10	37	14	45	30	43	22

DEMANDAS PROYECTADAS								
Estación	Verano Laboral	No Laboral	Otoño Laboral	No Laboral	Invierno Laboral	No Laboral	Primavera Laboral	No Laboral
206	18	7	24	7	39	27	44	24
221	15	4	57	24	42	27	34	18
222	19	9	50	21	41	36	44	31
223	20	8	47	25	47	29	41	22
227	30	20	14	5	41	50	71	61
229	16	8	10	1	23	19	49	35
233	21	10	28	24	33	33	37	25
237	38	20	10	1	18	25	36	43
240	23	13	34	13	34	25	44	28
242	28	16	17	3	42	30	66	42
243	31	16	58	36	57	42	65	42
244	13	2	40	29	21	11	19	6
248	18	10	61	49	57	49	34	19
249	17	7	38	22	46	32	44	25
250	23	9	19	5	35	24	34	22
251	26	14	26	13	38	36	42	32
252	24	12	97	60	78	55	48	26
254	34	17	87	58	88	62	68	41
255	50	39	127	102	136	128	126	107
256	26	16	39	19	42	27	47	28
257	21	14	48	32	49	42	54	42
258	23	12	46	25	46	37	48	32
259	8	2	58	44	49	35	26	10
260	24	10	30	16	37	33	52	41
261	25	10	39	24	53	48	49	39
264	17	8	44	24	40	30	36	24
268	38	43	141	145	107	108	79	72
270	24	13	30	13	35	24	36	22
272	23	13	37	25	48	35	51	32
273	31	16	13	1	29	19	59	41
275	26	12	51	37	51	34	49	27
276	36	19	34	14	38	21	44	27
277	32	29	120	114	84	87	61	52
278	20	10	51	26	52	35	47	28
281	25	18	70	60	69	67	64	54
282	18	5	28	10	25	13	33	19
285	29	19	34	46	51	54	58	57
289	18	7	12	1	22	18	34	21
292	44	36	38	16	70	87	84	86
297	19	7	25	10	27	21	28	19
309	8	4	44	26	43	32	27	13
313	6	1	72	53	37	28	18	5
322	14	3	133	85	62	38	30	13
324	17	7	46	37	39	31	34	20
330	33	24	58	27	81	69	60	38
331	27	12	9	1	18	8	43	23
333	16	9	45	17	46	33	31	16
334	11	5	1	1	15	20	16	13
335	31	41	47	66	58	100	75	110
336	21	16	45	47	64	72	60	60
340	20	9	36	8	39	20	37	17
346	22	13	35	17	34	31	39	30
349	21	8	15	1	27	19	33	21
350	32	23	25	11	50	46	67	55
352	29	13	27	8	47	33	52	30
354	14	4	58	17	44	32	27	11
361	15	11	74	62	59	45	31	17
363	32	15	54	24	75	49	66	37
365	14	2	10	1	18	8	34	14
367	24	8	83	32	57	35	41	22
370	36	37	61	59	74	78	55	59
373	21	7	61	33	37	27	17	7
374	21	9	27	11	41	28	43	25
378	17	11	86	69	70	52	36	18
381	31	20	28	16	49	39	55	38
384	22	10	31	12	41	28	47	26
387	16	5	28	18	38	22	33	12
391	22	20	44	24	63	81	66	73
393	25	9	17	5	22	8	23	7
394	21	9	12	1	37	27	50	36
395	22	1	28	1	34	15	31	8
396	30	20	28	7	50	37	55	37
399	34	31	49	27	71	73	74	67

DEMANDAS PROYECTADAS								
Estación	Verano Laboral	No Laboral	Otoño Laboral	No Laboral	Invierno Laboral	No Laboral	Primavera Laboral	No Laboral
206	20	7	27	8	43	29	48	27
221	16	5	63	26	46	29	38	20
222	21	10	55	23	45	39	48	34
223	22	9	51	28	51	32	45	25
227	33	22	15	6	45	55	78	67
229	18	8	11	1	26	21	54	38
233	23	11	31	26	36	36	40	28
237	42	22	11	1	20	28	40	48
240	25	14	37	14	38	28	49	31
242	31	18	19	4	46	33	73	46
243	34	18	63	39	62	47	72	47
244	14	2	44	32	23	13	20	7
248	20	11	67	53	63	54	38	21
249	18	8	42	25	51	35	49	28
250	26	10	21	6	38	26	38	24
251	28	16	29	14	42	39	46	35
252	26	13	106	66	86	61	53	29
254	38	18	96	63	97	68	75	46
255	55	43	140	112	149	141	138	117
256	29	17	43	21	46	30	52	31
257	24	15	53	35	54	47	59	46
258	25	13	50	27	50	41	52	35
259	9	2	64	48	54	38	29	11
260	26	11	33	18	40	36	57	45
261	27	11	43	27	58	53	54	43
264	19	9	48	27	44	33	40	27
268	42	48	155	159	118	118	87	79
270	27	14	34	14	39	27	40	25
272	25	15	41	27	53	38	56	35
273	34	18	14	1	32	21	65	45
275	28	13	57	41	56	37	54	29
276	39	21	37	15	41	23	49	29
277	35	32	132	125	92	96	67	57
278	22	11	56	29	57	39	52	31
281	28	20	77	66	76	73	70	60
282	19	6	30	11	27	14	36	21
285	32	21	37	51	57	59	64	63
289	20	7	13	1	25	19	37	23
292	48	39	42	18	77	95	92	95
297	21	8	27	10	30	23	30	21
309	9	5	49	29	47	35	30	14
313	6	1	79	58	41	31	20	5
322	15	3	147	94	68	42	33	14
324	18	8	50	41	43	34	37	22
330	36	26	63	30	89	76	66	42
331	29	13	10	1	20	9	48	26
333	18	10	50	18	51	36	34	18
334	12	6	1	1	17	22	18	15
335	34	45	52	72	64	110	82	121
336	23	18	50	52	71	80	66	66
340	22	10	40	9	42	22	41	19
346	24	14	38	18	38	34	43	33
349	23	9	17	1	30	21	37	23
350	36	25	27	12	55	50	73	61
352	32	15	29	9	52	37	57	34
354	15	4	64	18	49	35	29	12
361	17	12	81	69	65	49	34	19
363	35	17	60	26	83	53	73	41
365	15	2	11	1	19	8	37	15
367	26	9	92	35	63	39	45	24
370	39	41	67	65	82	85	61	65
373	24	8	67	36	41	30	19	8
374	23	10	30	12	46	30	47	27
378	19	12	94	76	77	57	39	20
381	34	22	31	17	53	43	61	42
384	24	11	34	14	45	31	51	29
387	18	6	31	20	42	24	36	14
391	24	22	49	26	69	89	72	81
393	27	10	19	6	24	8	25	8
394	24	9	13	1	41	30	55	40
395	24	1	31	2	37	17	34	9
396	33	22	31	8	55	41	61	41
399	38	34	54	30	79	80	81	74

DEMANDAS PROYECTADAS								
Estación	Verano Laboral	No Laboral	Otoño Laboral	No Laboral	Invierno Laboral	No Laboral	Primavera Laboral	No Laboral
206	21	8	28	9	45	31	50	28
221	17	5	66	27	48	30	40	21
222	22	10	58	24	47	41	50	36
223	23	9	54	29	54	34	47	26
227	34	23	16	6	47	57	82	70
229	19	9	12	1	27	22	56	40
233	25	11	33	27	38	38	42	29
237	44	23	12	1	21	29	42	50
240	26	15	39	15	39	29	51	32
242	33	19	19	4	48	34	76	48
243	35	19	66	41	65	49	75	49
244	15	2	46	34	24	13	21	7
248	21	12	70	56	66	56	40	22
249	19	8	44	26	53	37	51	29
250	27	10	22	6	40	28	40	25
251	30	17	30	15	44	41	48	37
252	28	14	111	69	89	63	56	30
254	39	19	100	66	102	71	78	48
255	58	45	146	117	156	147	144	123
256	30	18	44	22	49	32	54	33
257	25	16	55	36	56	49	62	48
258	26	13	52	28	53	42	55	37
259	9	3	67	50	56	40	30	11
260	27	12	35	18	42	38	60	48
261	28	12	45	28	61	56	56	45
264	20	9	50	28	46	34	42	28
268	43	50	162	167	124	124	91	83
270	28	15	35	15	41	28	42	26
272	27	15	43	28	55	40	58	37
273	35	18	15	1	33	22	68	47
275	29	13	59	43	59	39	57	31
276	41	22	39	16	43	24	51	31
277	37	34	139	131	96	100	70	60
278	23	11	59	30	60	41	54	32
281	29	20	81	69	80	77	73	62
282	20	6	32	12	28	15	38	22
285	34	22	39	53	59	62	67	66
289	21	8	14	1	26	20	39	24
292	50	41	44	18	80	100	96	99
297	22	8	28	11	32	24	32	22
309	10	5	51	30	49	37	31	15
313	7	1	83	61	43	32	21	5
322	16	4	153	98	71	44	35	15
324	19	8	52	43	45	35	39	23
330	37	27	66	32	93	79	69	44
331	31	14	10	1	21	9	50	27
333	19	11	52	19	53	37	35	19
334	12	6	1	1	17	23	19	15
335	36	47	54	76	67	115	86	126
336	25	18	52	55	74	83	69	69
340	23	10	42	9	44	23	42	20
346	25	15	40	19	39	35	45	34
349	24	10	18	1	31	22	38	24
350	37	26	29	13	58	52	77	64
352	33	15	31	10	54	39	60	35
354	16	5	67	19	51	36	31	12
361	17	12	85	72	68	52	36	20
363	37	17	62	27	87	56	76	43
365	16	2	12	1	20	9	39	16
367	27	9	96	37	65	41	47	25
370	41	43	70	68	86	89	64	68
373	25	8	70	38	43	32	20	8
374	24	11	31	13	48	32	49	28
378	20	13	99	79	80	59	41	20
381	36	23	32	18	56	45	63	44
384	25	11	35	14	47	33	54	30
387	18	6	32	21	44	25	37	14
391	25	23	51	27	72	93	76	84
393	28	11	20	6	25	9	26	8
394	25	10	14	1	42	31	57	41
395	25	1	32	2	39	17	36	9
396	35	23	32	9	58	43	64	43
399	40	36	56	31	82	84	85	77

DEVOLUCIONES PROYECTADAS								
Estación	Verano Laboral	No Laboral	Otoño Laboral	No Laboral	Invierno Laboral	No Laboral	Primavera Laboral	No Laboral
206	18	5	25	9	41	29	47	27
221	16	5	58	23	44	30	37	21
222	20	9	50	22	40	33	42	30
223	21	8	45	23	45	30	45	27
227	32	19	14	3	43	50	72	60
229	16	8	10	0	24	18	49	35
233	23	10	27	23	35	36	47	31
237	40	20	9	1	18	25	36	43
240	22	11	32	12	30	22	39	24
242	29	16	16	4	41	30	66	41
243	32	17	57	36	60	44	69	44
244	13	2	33	21	21	10	20	7
248	23	13	64	47	62	53	42	26
249	18	9	38	21	45	34	46	33
250	23	9	19	3	36	25	37	24
251	27	17	26	12	44	42	60	51
252	1	1	93	64	106	73	1	1
254	36	20	86	54	106	73	96	61
255	44	35	124	104	113	112	91	80
256	26	14	39	19	39	25	43	25
257	24	14	49	31	56	47	64	48
258	24	13	46	23	55	43	63	41
259	13	5	60	41	55	38	35	16
260	22	10	29	16	38	33	51	39
261	26	12	39	27	58	51	58	44
264	18	9	42	25	37	29	34	22
268	57	62	138	142	129	124	117	99
270	27	15	31	13	39	29	51	36
272	25	13	36	25	55	39	61	41
273	32	16	13	0	31	21	60	40
275	25	11	49	36	47	29	42	23
276	36	19	33	14	40	22	48	29
277	24	24	121	108	77	84	49	43
278	20	10	50	26	57	39	55	33
281	26	16	70	57	66	64	57	48
282	15	5	25	9	23	12	30	18
285	30	20	32	46	53	58	63	63
289	18	7	12	0	22	17	34	20
292	44	37	39	17	79	92	95	93
297	20	7	26	9	32	24	35	23
309	1	1	44	28	59	43	1	1
313	1	1	75	52	32	28	3	0
322	9	0	133	85	60	33	27	9
324	19	8	45	33	36	31	27	17
330	33	27	60	22	81	66	60	36
331	26	14	11	0	19	8	44	24
333	11	6	50	15	43	30	25	11
334	9	5	7	1	15	18	15	12
335	32	43	49	63	61	107	80	117
336	23	16	46	47	71	75	72	69
340	24	12	36	7	48	24	52	26
346	23	13	36	17	39	35	48	45
349	23	9	15	0	28	18	42	28
350	33	22	25	10	50	47	69	55
352	30	15	26	6	50	34	57	35
354	5	0	58	15	39	26	17	5
361	17	16	76	62	65	51	40	28
363	31	19	57	24	76	47	66	38
365	13	1	10	0	19	6	34	14
367	23	10	85	33	58	37	43	24
370	39	42	65	56	82	84	65	66
373	23	8	41	22	41	30	23	12
374	22	9	27	10	41	29	46	30
378	21	13	87	71	73	50	41	20
381	32	20	28	13	52	40	60	41
384	22	10	31	11	44	29	49	28
387	16	4	27	18	34	17	25	7
391	23	21	46	23	69	84	75	80
393	25	10	16	2	22	7	22	7
394	30	13	12	0	47	31	68	49
395	16	0	26	0	33	15	29	8
396	32	21	28	7	56	40	64	44
399	35	32	50	28	72	72	75	67

DEVOLUCIONES PROYECTADAS								
Estación	Verano Laboral	No Laboral	Otoño Laboral	No Laboral	Invierno Laboral	No Laboral	Primavera Laboral	No Laboral
206	19	5	26	9	43	30	49	28
221	2	1	7	3	5	4	5	3
222	18	8	47	20	37	31	39	28
223	2	1	5	2	5	3	5	3
227	32	19	14	3	43	50	73	61
229	15	8	10	0	24	18	48	35
233	5	2	6	5	8	8	11	7
237	37	18	8	1	17	23	34	40
240	16	8	24	9	22	16	29	18
242	28	15	15	4	40	30	65	40
243	34	17	60	37	63	45	72	45
244	13	2	34	22	22	11	21	7
248	27	15	75	56	74	62	50	30
249	2	1	4	2	5	4	5	4
250	24	9	20	3	37	25	38	24
251	5	3	5	2	8	7	10	9
252	0	0	3	2	4	3	0	0
254	39	22	93	58	114	78	104	66
255	24	19	68	57	62	62	50	44
256	22	12	34	17	34	22	37	22
257	27	16	55	35	63	53	72	55
258	28	15	53	27	64	49	73	47
259	16	7	76	52	69	48	45	21
260	21	10	28	16	36	31	49	38
261	28	14	42	29	63	56	63	48
264	3	2	7	4	6	5	5	4
268	73	80	177	182	166	158	150	127
270	5	3	6	2	7	5	9	6
272	27	15	40	28	61	44	67	45
273	34	17	14	0	33	22	64	43
275	21	9	43	32	41	25	37	20
276	39	21	37	15	44	25	53	32
277	20	21	104	93	66	72	42	37
278	22	11	53	27	60	41	58	34
281	24	15	64	52	61	59	52	44
282	11	4	18	6	16	8	20	12
285	31	20	33	47	55	59	65	64
289	17	6	12	0	21	16	33	19
292	51	43	45	20	91	106	109	107
297	23	7	29	11	37	27	39	26
309	0	0	3	2	4	3	0	0
313	0	0	8	6	3	3	0	0
322	8	0	117	75	53	29	24	8
324	2	1	5	4	4	3	3	2
330	33	26	59	22	80	65	59	36
331	28	15	11	0	21	8	47	25
333	9	5	42	13	36	25	21	10
334	9	5	6	1	14	17	14	11
335	34	46	51	66	64	112	84	123
336	22	16	44	46	69	72	70	67
340	28	14	43	9	56	28	61	30
346	5	3	8	4	8	7	10	10
349	5	2	3	0	6	4	10	6
350	34	22	25	11	50	47	70	56
352	32	16	27	6	53	36	60	37
354	4	0	38	10	25	17	11	3
361	21	20	92	76	79	61	49	33
363	31	19	57	24	76	47	66	38
365	12	1	9	0	17	6	31	13
367	25	11	89	35	60	39	45	25
370	44	48	73	64	93	95	74	75
373	27	9	48	25	48	35	27	14
374	2	1	3	1	4	3	5	3
378	23	14	96	78	80	55	46	22
381	35	21	31	14	56	43	64	45
384	23	11	32	12	45	30	51	29
387	13	3	23	15	29	14	21	6
391	26	24	53	26	78	96	85	91
393	24	10	16	2	21	7	22	7
394	39	17	15	0	62	40	88	63
395	16	0	25	0	31	14	28	8
396	35	24	32	8	63	45	72	49
399	36	32	50	28	73	72	76	68

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
206	0	20	0	0	0	0	0	0
221	0	0	0	20	0	0	0	0
222	0	0	0	0	0	24	24	24
223	0	0	16	16	16	0	0	0
227	0	16	0	16	0	0	0	16
229	20	0	0	20	0	20	0	0
233	0	0	16	16	0	0	0	0
237	0	0	20	0	0	0	0	20
240	24	24	24	24	24	24	24	24
242	0	16	16	0	16	0	0	16
243	0	0	0	0	0	0	0	0
244	0	0	16	16	0	16	0	0
248	0	0	0	16	0	0	0	0
249	0	0	0	12	12	0	0	0
250	0	0	0	20	0	0	0	0
251	0	0	0	20	0	0	0	0
252	20	20	20	0	0	0	20	20
254	0	0	16	4	0	0	0	0
255	24	24	24	0	24	24	24	24
256	0	20	0	0	20	20	20	20
257	0	0	0	1	0	0	0	0
258	0	0	0	1	0	0	0	0
259	0	0	0	3	0	0	0	0
260	18	0	18	0	0	0	18	18
261	0	0	16	0	0	0	0	0
264	0	0	24	0	24	24	24	24
268	0	0	16	3	0	0	0	0
270	0	0	0	0	0	0	0	0
272	0	0	16	0	0	0	0	0
273	0	0	0	1	0	0	0	20
275	16	16	16	1	16	16	16	16
276	0	0	0	0	0	0	0	0
277	8	8	0	6	8	8	8	8
278	0	0	16	0	0	0	0	0
281	0	24	0	4	24	24	24	24
282	18	0	18	2	18	18	18	18
285	0	0	20	0	0	0	0	0
289	20	0	0	1	20	20	0	20
292	0	0	0	0	0	0	0	0
297	0	16	0	0	0	0	0	0
309	20	20	20	0	0	0	20	20
313	16	0	0	1	16	0	16	16
322	12	12	12	0	12	12	12	12
324	0	0	0	4	20	0	20	20
330	0	0	0	5	0	28	0	28
331	0	0	0	1	0	0	0	0
333	20	20	0	2	20	20	20	20
334	20	0	0	0	20	20	20	20
335	0	0	0	3	0	0	0	0
336	0	0	0	0	0	0	0	0
340	0	0	0	1	0	0	0	0
346	0	0	0	0	0	0	0	0
349	0	0	0	1	0	0	0	0
350	0	24	0	1	24	0	0	0
352	0	0	24	3	0	0	0	0
354	16	16	0	2	16	16	16	16
361	0	0	0	0	0	0	0	0
363	20	0	0	0	0	20	0	0
365	20	0	0	1	0	20	0	0
367	0	0	0	0	0	0	0	0
370	0	0	0	3	0	0	0	0
373	0	0	16	11	0	0	0	0
374	0	0	0	1	0	0	0	0
378	0	0	0	0	0	12	0	0
381	0	0	0	2	0	0	0	0
384	0	0	0	1	0	0	0	0
387	0	16	16	0	16	16	16	16
391	0	0	0	0	0	0	0	0
393	0	0	24	3	0	24	0	24
394	0	0	0	1	0	0	0	0
395	16	16	16	1	16	0	16	0
396	0	0	0	0	0	0	0	0
399	0	0	0	0	0	28	0	0

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
206	0	20	0	0	0	0	0	0
206	13	20	20	20	20	20	20	16
206	1	24	4	1	3	24	5	3
206	16	16	16	16	16	16	16	16
206	0	16	0	2	0	0	0	0
206	1	0	0	1	0	20	1	0
206	16	16	16	16	16	16	16	16
206	1	20	2	0	1	2	2	4
206	7	24	10	4	12	9	15	10
206	0	16	1	0	2	0	1	1
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	6	8	0	1	0	0
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	12	12	12	12	12	12	12	12
206	0	0	0	2	0	0	0	0
206	20	11	20	11	20	20	20	20
206	20	12	20	20	20	20	20	20
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	24	19	24	24	24	24	24	24
206	4	3	5	3	9	6	10	6
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	2	1	2	0	0	1	3	4
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	14	6	24	20	24	24	24	21
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	12	10	12	11	12	12	12	12
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	0	1	0	0	0	0
206	4	2	9	6	10	8	13	7
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	8	8	8	8	8	8	8	8
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	1	3	6	8	9	8	11	10
206	7	2	10	4	9	4	13	7
206	0	0	1	0	0	0	0	0
206	1	0	1	1	2	1	1	2
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	8	4	20	20	20	20	20	13
206	6	1	16	16	16	16	16	5
206	5	3	12	10	9	9	6	6
206	15	6	20	20	20	20	20	18
206	0	0	0	5	1	4	1	2
206	0	0	0	1	0	0	0	0
206	7	4	3	4	10	7	10	6
206	2	1	0	0	2	3	2	2
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	1	1	0	0	0	0
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	17	10	20	13	20	20	20	20
206	16	6	12	1	16	15	16	14
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	0	2	0	0	0	0
206	10	4	16	7	16	15	15	8
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	1	0	0	0	0	1	0	0
206	2	0	1	1	0	2	3	1
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	13	7	0	0	0	0
206	16	8	16	10	16	16	16	16
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	0	1	0	0	0	0
206	0	0	0	1	0	0	0	0
206	3	2	5	3	10	7	12	6
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	0	0	1	3	1	1	1	1
206	0	0	0	1	0	0	0	0
206	7	1	3	1	3	1	4	0
206	0	0	0	0	0	0	0	0
206	28	0	0	0	28	0	28	0

Tabla G3. Distribución óptima modelo estático con más peso en las populares

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Dándole Mayor Peso a las Populares									Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Dándole Mayor Peso a las Populares									
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera			Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral			Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral		
1	0	30	30	30	30	30	30	0	101	20	20	0	20	20	20	20	20	
2	20	20	20	20	20	20	20	0	103	20	10	20	20	20	0	20	12	
3	0	0	0	20	20	20	20	0	104	30	30	30	9	30	30	30	30	
4	0	0	0	0	20	0	0	20	107	16	0	0	0	16	0	16	0	
5	42	42	42	42	0	0	42	0	108	24	0	0	0	24	24	24	24	
6	0	0	20	0	0	0	0	0	111	30	30	0	0	30	30	30	30	
7	16	16	16	16	16	16	0	0	112	20	20	20	20	20	0	20	0	
8	0	0	24	0	0	0	0	0	113	20	0	20	20	20	0	20	0	
9	24	0	24	24	0	0	0	0	114	20	20	20	20	20	20	20	20	
12	0	16	16	16	0	0	0	0	116	12	0	0	12	12	0	12	0	
13	30	0	30	30	0	0	0	0	117	16	0	16	0	16	0	16	0	
14	30	0	30	30	0	0	0	0	118	20	0	20	0	20	0	20	0	
16	0	0	0	20	0	20	0	0	120	20	20	20	20	20	20	20	20	
17	0	0	0	20	0	0	0	0	121	20	20	0	20	20	20	20	20	
18	20	0	20	20	0	0	0	0	123	20	0	20	20	20	20	20	20	
20	0	20	0	20	0	20	0	0	124	20	0	0	1	20	0	20	20	
21	0	24	0	0	24	0	24	0	125	16	16	0	16	16	16	16	16	
22	20	20	20	20	20	20	0	20	126	16	0	16	0	16	0	16	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	128	20	0	20	0	20	20	20	20	
24	18	18	18	18	0	18	0	0	129	20	0	0	0	20	0	12	0	
25	24	24	0	24	24	24	24	24	130	40	40	40	40	40	40	40	40	
26	0	0	0	0	0	0	24	24	131	16	0	16	16	16	0	0	0	
27	0	16	16	16	0	0	0	0	132	12	0	0	0	12	12	0	0	
29	0	0	30	30	0	0	0	0	134	20	0	0	0	18	0	0	0	
30	20	20	20	20	20	20	20	20	135	20	20	0	0	0	0	0	0	
32	0	16	0	0	16	16	16	16	136	20	0	0	0	0	0	0	0	
33	20	0	20	0	0	0	0	0	137	20	20	20	0	20	20	20	20	
34	0	0	0	16	0	0	0	0	138	12	0	0	0	12	0	0	0	
35	0	20	20	20	20	0	20	20	140	16	16	0	16	0	0	16	16	
37	0	16	16	0	0	0	0	16	142	16	16	0	16	0	16	0	0	
38	0	0	20	0	0	0	0	0	144	20	0	20	0	0	0	0	0	
41	0	0	0	0	0	20	0	0	146	20	20	0	0	20	0	20	20	
44	0	0	20	20	20	20	20	20	147	36	0	36	36	0	0	0	0	
45	20	20	20	0	0	20	0	0	149	16	0	16	0	0	0	0	0	
46	0	0	0	0	0	18	0	0	150	30	30	30	0	30	0	0	0	
49	0	0	0	0	0	16	0	0	151	24	0	24	0	0	0	0	0	
50	0	0	0	20	0	20	0	0	152	20	0	0	1	0	0	0	0	
51	12	12	12	12	12	12	0	12	153	16	0	16	16	16	16	0	0	
54	0	0	20	20	0	20	0	0	155	20	20	0	0	20	20	20	20	
56	0	16	0	16	0	16	0	0	156	20	0	0	20	0	0	0	0	
58	0	0	20	0	0	20	0	20	158	20	20	0	20	20	20	20	20	
59	0	0	20	20	0	20	0	20	159	16	16	0	16	0	0	0	0	
60	20	20	20	20	20	20	0	20	160	20	20	0	20	20	20	20	20	
61	0	0	24	0	0	24	0	24	161	20	0	0	20	20	20	20	20	
63	0	20	6	0	20	20	20	20	162	20	0	0	20	0	0	0	0	
64	0	20	0	0	20	20	20	20	163	30	30	30	30	0	30	0	0	
65	0	20	0	20	20	20	20	20	164	20	0	20	20	20	20	20	0	
66	20	20	0	20	20	20	20	20	165	12	0	0	0	0	0	0	0	
69	0	16	16	16	0	16	0	16	166	20	0	0	20	0	0	0	0	
70	0	20	0	20	0	20	0	20	167	24	24	0	24	24	24	24	24	
71	0	30	30	0	0	22	30	30	168	16	0	16	16	0	0	0	0	
73	0	16	0	0	0	0	16	16	171	8	0	20	0	0	0	0	0	
74	30	30	30	30	30	30	30	30	172	0	0	0	0	0	16	16	16	
75	0	20	0	0	20	0	20	20	174	0	0	0	20	0	0	0	0	
76	0	20	20	0	20	0	20	20	178	0	0	0	16	0	0	0	0	
79	30	30	30	0	30	30	30	30	179	0	0	0	0	0	0	0	0	
80	0	16	0	0	16	0	16	16	181	20	20	20	20	20	20	20	20	
82	0	20	0	20	20	0	20	20	182	0	20	0	20	0	0	0	0	
83	20	20	0	20	20	20	20	20	183	20	20	0	0	20	20	20	20	
84	0	20	20	0	20	0	20	20	184	0	0	0	0	0	20	0	0	
85	0	20	0	20	20	20	20	20	186	0	0	0	20	0	0	0	0	
86	20	20	0	0	20	20	20	20	187	0	20	0	20	0	0	20	0	
87	0	16	0	0	16	0	16	16	188	0	20	0	20	0	0	0	0	
89	0	20	20	20	20	0	20	20	189	20	20	20	20	20	20	20	20	
91	0	20	0	0	20	0	20	20	190	20	0	20	20	20	20	20	20	
92	0	20	0	0	20	0	20	20	191	0	16	16	16	0	0	0	0	
93	0	20	0	20	20	20	20	20	193	20	20	20	20	20	20	20	20	
94	0	30	30	30	30	30	30	30	194	0	16	0	0	16	16	16	16	
95	0	16	16	16	16	0	16	16	196	0	20	20	0	20	20	20	20	
96	20	20	20	20	20	0	20	20	197	0	20	0	20	20	20	20	20	
97	16	16	0	0	16	16	16	16	199	0	0	0	0	0	0	0	0	
99	20	20	0	20	20	20	20	20	200	0	0	20	20	0	0	0	0	
100	20	20	20	20	20	20	20	20	205	0	0	16	0	0	0	0	0	

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Dándole Mayor Peso a las Populares								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
206	0	20	0	0	0	0	0	0
221	0	0	0	20	0	0	0	0
222	0	0	0	0	0	24	24	24
223	0	0	16	16	16	0	0	0
227	0	16	0	16	0	0	0	16
229	20	0	0	20	0	20	0	0
233	0	0	16	16	0	0	0	0
237	0	0	20	0	0	0	0	20
240	24	24	24	24	24	24	24	24
242	0	16	16	0	16	0	0	16
243	0	0	0	0	0	0	0	0
244	0	0	16	16	0	16	0	0
248	0	0	0	16	0	0	0	0
249	0	0	0	12	12	0	0	0
250	0	0	0	20	0	0	0	0
251	0	0	0	20	0	0	0	0
252	20	20	20	0	0	0	20	20
254	0	0	16	4	0	0	0	0
255	24	24	24	0	24	24	24	24
256	0	20	0	0	20	20	20	20
257	0	0	0	1	0	0	0	0
258	0	0	0	1	0	0	0	0
259	0	0	0	3	0	0	0	0
260	18	0	18	0	0	0	18	18
261	0	0	16	0	0	0	0	0
264	0	0	24	0	24	24	24	24
268	0	0	16	3	0	0	0	0
270	0	0	0	0	0	0	0	0
272	0	0	16	0	0	0	0	0
273	0	0	0	1	0	0	0	20
275	16	16	16	1	16	16	16	16
276	0	0	0	0	0	0	0	0
277	8	8	0	6	8	8	8	8
278	0	0	16	0	0	0	0	0
281	0	24	0	4	24	24	24	24
282	18	0	18	2	18	18	18	18
285	0	0	20	0	0	0	0	0
289	20	0	0	1	20	20	0	20
292	0	0	0	0	0	0	0	0
297	0	16	0	0	0	0	0	0
309	20	20	20	0	0	0	20	20
313	16	0	0	1	16	0	16	16
322	12	12	12	0	12	12	12	12
324	0	0	0	4	20	0	20	20
330	0	0	0	5	0	28	0	28
331	0	0	0	1	0	0	0	0
333	20	20	0	2	20	20	20	20
334	20	0	0	0	20	20	20	20
335	0	0	0	3	0	0	0	0
336	0	0	0	0	0	0	0	0
340	0	0	0	1	0	0	0	0
346	0	0	0	0	0	0	0	0
349	0	0	0	1	0	0	0	0
350	0	24	0	1	24	0	0	0
352	0	0	24	3	0	0	0	0
354	16	16	0	2	16	16	16	16
361	0	0	0	0	0	0	0	0
363	20	0	0	0	0	20	0	0
365	20	0	0	1	0	20	0	0
367	0	0	0	0	0	0	0	0
370	0	0	0	3	0	0	0	0
373	0	0	16	11	0	0	0	0
374	0	0	0	1	0	0	0	0
378	0	0	0	0	0	12	0	0
381	0	0	0	2	0	0	0	0
384	0	0	0	1	0	0	0	0
387	0	16	16	0	16	16	16	16
391	0	0	0	0	0	0	0	0
393	0	0	24	3	0	24	0	24
394	0	0	0	1	0	0	0	0
395	16	16	16	1	16	0	16	0
396	0	0	0	0	0	0	0	0
399	0	0	0	0	0	28	0	0

Tabla G4. Distribución óptima modelo estático ajustado con más peso en las populares

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado Dándole Mayor Peso a las Populares									Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado Dándole Mayor Peso a las Populares								
Estación	Verano Laboral	Verano No Laboral	Otoño Laboral	Otoño No Laboral	Invierno Laboral	Invierno No Laboral	Primavera Laboral	Primavera No Laboral	Estación	Verano Laboral	Verano No Laboral	Otoño Laboral	Otoño No Laboral	Invierno Laboral	Invierno No Laboral	Primavera Laboral	Primavera No Laboral
1	1	30	30	30	5	30	5	1	101	7	20	20	6	12	20	14	8
2	6	20	20	20	5	20	5	20	103	20	0	20	20	0	0	0	20
3	20	20	20	20	20	20	20	11	104	15	30	30	30	17	30	20	14
4	20	0	0	0	20	0	20	20	107	16	0	0	0	0	0	0	16
5	12	42	42	42	6	42	7	4	108	7	24	10	24	10	24	10	5
6	20	0	0	0	20	0	20	20	111	13	11	17	30	24	30	29	25
7	1	16	16	16	3	16	16	16	112	15	20	20	9	20	20	20	6
8	24	0	0	0	24	0	24	24	113	20	0	0	1	0	0	0	20
9	24	0	24	4	24	0	24	24	114	2	20	20	20	6	2	7	1
12	16	0	0	0	16	0	16	16	116	12	0	0	12	0	0	0	12
13	2	0	30	30	30	0	30	30	117	16	0	0	0	0	0	0	16
14	30	0	0	0	30	0	30	30	118	20	0	0	0	0	0	0	20
16	20	0	0	20	20	20	20	20	120	4	20	20	20	10	5	12	6
17	20	20	20	20	20	20	20	20	121	3	20	20	20	6	20	8	7
18	20	0	20	20	20	0	20	20	123	3	20	20	20	8	20	9	7
20	20	0	0	0	20	0	20	20	124	20	10	20	20	20	20	20	20
21	24	24	24	0	2	0	2	24	125	3	2	16	16	9	16	9	8
22	7	20	20	20	5	20	3	1	126	16	0	0	0	0	0	0	16
23	12	0	0	0	12	0	12	12	128	3	20	20	20	9	7	10	4
24	16	18	18	5	18	18	18	5	129	20	0	0	0	0	0	0	20
25	9	24	17	24	15	24	15	12	130	23	40	40	40	37	40	40	14
26	5	24	0	24	5	24	8	7	131	16	0	0	16	0	0	0	16
27	16	16	0	0	16	0	16	16	132	12	12	12	12	12	12	12	6
29	30	30	30	30	30	30	30	30	134	20	0	0	0	0	0	0	4
30	6	20	20	20	11	20	12	9	135	20	20	20	20	20	20	20	15
32	6	16	16	16	11	16	12	3	136	20	0	0	0	0	0	0	0
33	20	0	0	0	20	0	20	20	137	7	3	20	20	14	20	19	4
34	16	0	0	16	16	0	16	16	138	12	5	12	12	12	12	12	8
35	20	20	20	20	3	0	2	1	140	16	16	16	16	16	16	16	11
37	16	16	0	0	16	0	16	1	142	11	16	0	16	0	0	0	0
38	20	0	0	0	20	0	20	20	144	20	20	20	20	20	20	20	20
41	16	20	20	20	20	20	20	11	146	2	1	20	20	5	20	6	3
44	5	20	10	20	8	20	11	12	147	0	0	0	36	0	0	0	0
45	1	20	20	0	20	0	20	20	149	16	7	16	16	16	16	16	9
46	18	0	0	0	18	0	18	18	150	0	30	30	0	0	30	0	1
49	16	0	0	0	16	0	16	16	151	0	0	0	0	0	0	24	0
50	20	0	0	20	20	0	20	20	152	20	0	0	0	0	0	0	0
51	10	12	12	12	12	12	10	1	153	16	16	16	16	16	16	16	16
54	20	0	0	0	20	0	20	20	155	4	20	20	20	9	20	10	6
56	16	16	16	16	16	16	16	16	156	20	0	0	0	0	0	0	0
58	20	0	0	0	20	0	20	20	158	8	20	20	20	13	20	19	13
59	20	0	0	1	20	20	20	20	159	0	0	0	16	0	0	0	0
60	20	20	0	2	7	20	20	20	160	5	20	20	20	9	20	13	17
61	24	0	0	0	24	0	24	24	161	3	20	20	20	6	20	8	6
63	2	20	0	0	4	20	5	2	162	0	0	0	0	0	0	0	0
64	5	20	20	20	12	20	13	7	163	2	30	30	30	0	30	0	0
65	4	20	20	20	9	20	12	9	164	20	20	20	20	20	20	20	12
66	5	20	20	20	15	20	17	11	165	0	0	0	0	0	0	0	0
69	16	0	0	0	16	0	16	16	166	0	0	0	20	0	0	0	0
70	20	20	0	20	20	0	9	20	167	12	24	24	24	24	24	24	24
71	30	0	0	0	30	0	0	30	168	0	0	0	16	0	0	0	0
73	16	0	0	0	16	0	0	16	171	0	0	0	0	0	0	0	0
74	3	30	30	30	8	15	8	7	172	16	16	16	16	16	16	16	16
75	20	0	0	0	20	0	0	20	174	20	20	20	20	20	20	20	20
76	20	0	0	0	20	0	0	20	178	0	0	0	16	0	0	0	0
79	8	30	30	9	15	30	15	15	179	0	0	0	0	0	0	0	0
80	16	0	0	0	16	0	0	16	181	3	20	20	20	8	20	9	7
82	20	0	0	0	20	0	0	20	182	20	20	20	20	20	20	20	20
83	1	13	20	20	10	20	0	20	183	5	20	20	5	11	20	13	9
84	20	20	20	20	20	20	20	20	184	20	20	20	20	20	20	20	10
85	2	20	2	20	5	20	5	4	186	0	0	0	0	0	0	0	0
86	5	20	6	20	9	20	9	6	187	1	20	20	2	2	20	4	1
87	16	0	0	0	0	0	0	16	188	0	20	0	1	0	0	0	0
89	20	20	20	20	20	20	20	20	189	8	20	20	9	18	20	19	12
91	20	0	0	0	0	0	0	20	190	4	20	20	4	7	20	7	5
92	20	0	0	0	0	0	0	20	191	0	16	16	2	0	0	0	0
93	3	20	20	20	11	7	14	9	193	3	20	5	5	8	20	7	7
94	2	30	30	3	1	30	4	2	194	4	16	6	3	8	16	11	7
95	16	16	16	16	16	16	16	10	196	4	20	7	3	8	20	10	8
96	20	0	0	20	0	0	0	20	197	2	20	4	5	5	20	7	5
97	3	1	9	16	6	16	7	4	199	0	0	0	0	0	0	0	0
99	3	20	5	20	6	20	9	6	200	0	0	0	0	0	0	0	0
100	2	20	20	2	3	3	4	3	205	0	0	0	0	0	0	0	0

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado Dandole Mayor Peso a las Populares								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
206	0	20	0	0	0	0	0	0
221	13	20	20	20	20	20	20	16
222	1	24	4	1	3	24	5	3
223	16	16	16	16	16	16	16	16
227	0	16	0	2	0	0	0	0
229	1	0	0	1	0	20	1	0
233	16	16	16	16	16	16	16	16
237	1	20	2	0	1	2	2	4
240	7	24	10	4	12	9	15	10
242	0	16	1	0	2	0	1	1
243	0	0	0	0	0	0	0	0
244	0	0	6	8	0	1	0	0
248	0	0	0	0	0	0	0	0
249	12	12	12	12	12	12	12	12
250	0	0	0	2	0	0	0	0
251	20	11	20	11	20	20	20	20
252	20	12	20	20	20	20	20	20
254	0	0	0	0	0	0	0	0
255	24	19	24	24	24	24	24	24
256	4	3	5	3	9	6	10	6
257	0	0	0	0	0	0	0	0
258	0	0	0	0	0	0	0	0
259	0	0	0	0	0	0	0	0
260	2	1	2	0	0	1	3	4
261	0	0	0	0	0	0	0	0
264	14	6	24	20	24	24	24	21
268	0	0	0	0	0	0	0	0
270	12	10	12	11	12	12	12	12
272	0	0	0	0	0	0	0	0
273	0	0	0	1	0	0	0	0
275	4	2	9	6	10	8	13	7
276	0	0	0	0	0	0	0	0
277	8	8	8	8	8	8	8	8
278	0	0	0	0	0	0	0	0
281	1	3	6	8	9	8	11	10
282	7	2	10	4	9	4	13	7
285	0	0	1	0	0	0	0	0
289	1	0	1	1	2	1	1	2
292	0	0	0	0	0	0	0	0
297	0	0	0	0	0	0	0	0
309	8	4	20	20	20	20	20	13
313	6	1	16	16	16	16	16	5
322	5	3	12	10	9	9	6	6
324	15	6	20	20	20	20	20	18
330	0	0	0	5	1	4	1	2
331	0	0	0	1	0	0	0	0
333	7	4	3	4	10	7	10	6
334	2	1	0	0	2	3	2	2
335	0	0	0	0	0	0	0	0
336	0	0	1	1	0	0	0	0
340	0	0	0	0	0	0	0	0
346	17	10	20	13	20	20	20	20
349	16	6	12	1	16	15	16	14
350	0	0	0	0	0	0	0	0
352	0	0	0	2	0	0	0	0
354	10	4	16	7	16	15	15	8
361	0	0	0	0	0	0	0	0
363	1	0	0	0	0	1	0	0
365	2	0	1	1	0	2	3	1
367	0	0	0	0	0	0	0	0
370	0	0	0	0	0	0	0	0
373	0	0	13	7	0	0	0	0
374	16	8	16	10	16	16	16	16
378	0	0	0	0	0	0	0	0
381	0	0	0	1	0	0	0	0
384	0	0	0	1	0	0	0	0
387	3	2	5	3	10	7	12	6
391	0	0	0	0	0	0	0	0
393	0	0	1	3	1	1	1	1
394	0	0	0	1	0	0	0	0
395	7	1	3	1	3	1	4	0
396	0	0	0	0	0	0	0	0
399	28	0	0	0	28	0	28	0

Tabla G5. Distribución óptima modelo estático con límite inferior

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático con Límites Inferiores										Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático con Límites Inferiores										
Estación	Verano Laboral	Verano No Laboral	Otoño Laboral	Otoño No Laboral	Invierno Laboral	Invierno No Laboral	Primavera Laboral	Primavera No Laboral		Estación	Verano Laboral	Verano No Laboral	Otoño Laboral	Otoño No Laboral	Invierno Laboral	Invierno No Laboral	Primavera Laboral	Primavera No Laboral		
1	30	30	30	30	30	30	6	30		101	4	4	4	4	20	4	20	20		
2	20	20	20	20	20	20	4	20		103	4	4	4	4	4	4	4	4		
3	20	20	20	20	20	20	20	20		104	30	30	30	6	30	6	30	30		
4	20	20	20	20	20	20	4	20		107	4	4	4	4	4	4	4	4		
5	42	42	42	42	42	42	9	42		108	5	5	5	5	5	5	5	5		
6	20	20	20	20	20	20	4	20		111	6	6	6	6	30	6	30	30		
7	16	16	16	16	16	16	4	16		112	4	4	20	4	4	4	4	4		
8	24	24	24	24	24	24	5	20		113	4	4	4	4	4	4	4	4		
9	24	24	24	24	24	24	5	5		114	4	4	4	4	4	4	4	4		
12	16	16	16	16	16	16	4	4		116	3	3	3	3	3	3	3	3		
13	30	30	30	30	30	30	6	6		117	4	4	4	4	4	4	4	4		
14	30	30	30	30	30	30	6	6		118	4	4	4	4	4	4	20	4		
16	20	20	20	20	20	20	4	4		120	4	4	4	4	4	4	20	4		
17	20	20	20	20	20	20	4	4		121	4	4	4	4	4	4	20	20		
18	20	20	20	20	20	20	4	4		123	4	4	4	4	4	4	20	4		
20	20	20	20	20	20	20	4	4		124	4	4	4	4	4	4	20	4		
21	24	24	24	24	24	24	5	5		125	4	4	4	4	4	4	16	16		
22	20	20	20	20	20	20	4	4		126	4	4	4	4	4	4	16	4		
23	12	12	12	12	12	12	3	3		128	4	4	4	4	4	4	20	20		
24	18	18	18	18	18	18	4	4		129	4	4	4	4	4	4	20	20		
25	24	24	24	24	24	24	24	24		130	40	8	40	8	40	8	40	40		
26	24	24	24	24	24	24	5	5		131	4	4	4	4	4	4	16	16		
27	16	16	16	16	16	16	4	4		132	3	3	3	3	3	3	12	12		
29	30	30	30	30	30	30	6	6		134	4	4	4	4	4	4	20	20		
30	20	20	20	20	20	20	20	4		135	4	4	4	4	4	4	20	20		
32	16	16	16	16	16	16	16	4		136	4	4	4	4	4	4	20	20		
33	20	20	20	20	20	20	4	4		137	4	4	4	4	20	4	20	20		
34	16	16	16	16	16	16	4	4		138	12	3	3	3	3	3	12	12		
35	20	20	20	20	20	20	4	4		140	16	4	4	4	4	16	16	16		
37	16	16	16	16	16	16	4	4		142	16	4	4	4	16	16	16	16		
38	20	20	20	20	20	20	4	4		144	20	4	4	4	20	20	20	20		
41	20	20	20	20	20	20	4	4		146	20	4	4	4	20	20	20	20		
44	20	20	20	20	20	20	20	20		147	36	8	36	8	36	36	36	36		
45	20	20	20	20	20	20	4	4		149	16	4	16	16	16	16	16	16		
46	18	18	18	18	18	18	15	18	4		150	30	30	30	30	30	30	30	30	
49	16	16	16	16	16	16	4	16	4		151	24	24	24	24	24	24	24	24	
50	20	20	20	20	4	20	4	4	4		152	20	20	20	20	20	20	20	20	
51	12	12	12	12	3	12	3	3	3		153	16	4	16	4	16	16	16	16	
54	20	20	20	20	4	20	4	4	4		155	20	4	20	4	20	4	20	20	
56	16	16	16	16	4	16	4	4	4		156	4	4	20	4	20	4	20	20	
58	20	20	20	20	4	20	4	4	4		158	4	4	20	4	20	20	20	20	
59	20	20	20	20	4	20	4	4	4		159	4	4	16	4	16	4	16	16	
60	20	20	20	20	20	20	4	4	4		160	4	4	20	4	20	4	20	20	
61	14	24	24	24	5	24	5	5	5		161	4	4	20	4	20	4	20	20	
63	4	20	20	20	4	20	4	4	4		162	4	4	20	4	20	4	20	20	
64	4	20	17	20	4	20	20	4	4		163	6	6	6	6	6	6	30	30	
65	4	20	4	20	4	20	20	20	20		164	4	4	4	4	4	4	20	20	
66	4	20	4	20	20	20	20	20	20		165	3	3	3	3	3	3	12	12	
69	4	16	4	16	4	16	4	4	4		166	4	4	4	4	4	4	20	20	
70	4	20	4	20	4	8	4	4	4		167	5	5	5	5	24	24	24	24	
71	6	30	6	30	6	6	6	6	6		168	4	4	16	4	4	4	9	16	
73	4	16	4	16	4	4	4	4	4		171	4	4	4	4	4	4	4	4	
74	6	30	6	30	6	6	6	6	6		172	4	4	4	4	4	4	4	4	
75	4	20	4	20	4	4	4	4	4		174	4	4	4	4	4	4	4	4	
76	4	20	4	20	4	4	4	4	4		178	4	4	4	4	4	4	4	4	
79	6	30	6	30	6	6	30	30	30		179	4	4	4	4	4	4	4	4	
80	4	16	4	16	4	4	4	4	4		181	4	4	4	4	4	4	4	4	
82	4	20	4	20	4	4	4	4	4		182	4	4	4	4	4	4	4	4	
83	4	19	4	20	4	4	4	4	4		183	4	4	4	4	4	4	20	20	
84	4	4	4	7	4	4	4	4	4		184	4	4	4	4	4	4	4	4	
85	4	4	4	4	4	4	4	4	4		186	4	4	4	4	4	4	4	4	
86	4	4	4	4	4	4	4	4	4		187	4	4	4	4	4	4	4	4	
87	4	4	4	4	4	4	4	4	4		188	4	4	4	4	4	4	4	4	
89	4	4	4	4	4	4	4	4	4		189	4	4	4	4	20	20	20	20	
91	4	4	4	4	4	4	4	4	4		190	4	4	4	4	4	4	4	4	
92	4	4	4	4	4	4	4	4	4		191	4	4	4	4	4	4	4	4	
93	4	4	4	4	4	4	4	20	20		193	4	4	4	4	4	4	4	20	
94	6	6	6	6	6	6	6	6	6		194	4	4	4	4	4	4	4	4	
95	4	4	4	4	4	4	4	4	4		196	4	4	4	4	4	4	20	20	
96	4	4	4	4	4	4	4	4	4		197	4	4	4	4	4	4	4	4	
97	4	4	4	4	4	4	4	4	4		199	4	4	4	4	4	4	4	4	
99	4	4	4	4	4	4	4	20	4		200	4	4	4	4	4	4	4	4	
100	4	4	4	4	4	4	4	4	4		205	4	4	4	4	4	4	4	4	

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático con Límites Inferiores								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
206	4	4	4	4	4	4	4	4
221	4	4	4	4	4	4	4	4
222	5	5	5	5	5	5	5	5
223	4	4	4	4	4	4	4	4
227	4	4	4	4	4	4	4	4
229	4	4	4	4	4	4	4	4
233	4	4	4	4	4	4	4	4
237	4	4	4	4	4	4	4	4
240	5	5	5	5	5	5	5	5
242	4	4	4	4	4	4	4	4
243	3	3	3	3	3	3	3	3
244	4	4	16	16	4	4	4	4
248	4	4	4	4	4	4	4	4
249	3	3	3	3	3	3	3	3
250	4	4	4	4	4	4	4	4
251	4	4	4	4	4	4	4	4
252	20	20	4	4	4	4	20	20
254	4	4	4	4	4	4	4	4
255	24	5	5	5	24	24	24	24
256	4	4	4	4	4	4	4	4
257	6	6	6	6	6	6	6	6
258	4	4	4	4	4	4	4	4
259	4	4	4	4	4	4	4	4
260	4	4	4	4	4	4	4	4
261	4	4	4	4	4	4	4	4
264	5	5	5	5	5	5	5	5
268	4	4	4	4	4	4	4	4
270	3	3	3	3	3	3	3	3
272	4	4	4	4	4	4	4	4
273	4	4	4	4	4	4	4	4
275	4	4	4	4	4	4	16	4
276	4	4	4	4	4	4	4	4
277	8	8	2	8	8	8	8	8
278	4	4	4	4	4	4	4	4
281	5	5	5	5	5	5	24	24
282	4	4	4	4	4	4	4	4
285	4	4	4	4	4	4	4	4
289	4	4	4	4	4	4	4	4
292	3	3	3	3	3	3	3	3
297	4	4	4	4	4	4	4	4
309	20	4	4	4	4	4	20	20
313	16	4	4	4	16	4	16	16
322	12	3	3	3	3	12	3	12
324	4	4	4	4	4	4	20	4
330	6	6	6	6	6	6	6	6
331	4	4	4	4	4	4	4	4
333	20	4	4	4	4	4	20	20
334	4	4	4	4	4	4	4	4
335	4	4	4	4	4	4	4	4
336	4	4	4	4	4	4	4	4
340	4	4	4	4	4	4	4	4
346	4	4	4	4	4	4	4	4
349	4	4	4	4	4	4	4	4
350	5	5	5	5	5	5	5	5
352	5	5	5	5	5	5	5	5
354	16	4	4	4	16	16	16	16
361	4	4	4	4	4	4	4	4
363	4	4	4	4	4	4	4	4
365	4	4	4	4	4	4	4	4
367	4	4	4	4	4	4	4	4
370	4	4	4	4	4	4	4	4
373	4	4	16	16	4	4	4	4
374	4	4	4	4	4	4	4	4
378	3	3	3	3	3	3	3	3
381	5	5	5	5	5	5	5	5
384	4	4	4	4	4	4	4	4
387	4	4	4	4	4	16	16	16
391	4	4	4	4	4	4	4	4
393	5	5	5	5	5	5	5	5
394	4	4	4	4	4	4	4	4
395	16	4	4	4	4	4	4	4
396	4	4	4	4	4	4	4	4
399	6	6	6	6	6	6	6	6

Tabla G6. Distribución óptima modelo estático ajustado con límite inferior

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado con Límites Inferiores									Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado con Límites Inferiores								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera		Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral		Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
1	6	6	7	6	6	6	6	6	101	20	4	10	6	12	7	14	8
2	20	4	16	6	5	4	5	4	103	4	4	4	20	4	20	4	20
3	20	20	20	11	20	16	20	11	104	30	30	18	9	17	10	20	14
4	4	4	4	4	4	4	4	4	107	4	4	4	16	4	16	4	16
5	42	9	19	15	9	9	9	9	108	24	5	10	24	10	24	10	24
6	4	4	4	4	4	4	4	4	111	30	30	17	12	24	22	29	25
7	4	4	4	4	4	4	4	4	112	20	4	20	9	20	8	20	6
8	5	5	5	5	5	5	5	5	113	4	4	4	20	4	4	4	20
9	5	5	5	5	5	5	5	5	114	4	4	8	20	6	4	7	6
12	4	4	4	4	4	4	4	4	116	3	12	3	12	3	3	3	3
13	6	6	6	6	6	6	6	6	117	4	16	4	16	4	4	4	4
14	6	6	6	6	6	6	6	6	118	4	20	4	20	4	4	4	4
16	4	4	4	4	4	4	4	4	120	4	20	7	20	10	5	12	6
17	20	20	20	20	20	20	20	20	121	4	20	4	20	6	4	8	7
18	4	4	4	4	4	4	4	4	123	4	20	5	5	8	6	9	7
20	4	4	4	4	4	4	4	4	124	20	20	20	20	20	20	20	20
21	5	5	5	5	5	5	5	5	125	4	16	5	5	9	7	9	8
22	20	4	19	6	5	4	4	4	126	4	16	4	16	4	4	4	4
23	3	3	3	3	3	3	3	3	128	4	20	6	20	9	7	10	4
24	18	4	18	5	18	9	18	5	129	4	20	4	20	4	4	4	4
25	24	24	17	14	15	14	15	12	130	40	40	34	13	37	14	40	14
26	5	5	5	6	5	5	8	7	131	4	16	4	16	4	4	4	4
27	4	4	4	4	4	4	4	4	132	12	12	12	6	12	9	12	6
29	30	30	30	30	30	30	30	30	134	4	20	4	20	4	4	4	4
30	20	20	15	10	11	8	12	9	135	20	20	20	17	20	20	20	15
32	16	4	15	4	11	4	12	4	136	4	20	4	20	4	4	4	4
33	4	4	4	4	20	4	20	4	137	20	20	12	20	14	4	19	4
34	4	4	4	4	16	4	16	4	138	12	12	12	8	12	10	12	8
35	4	4	6	4	20	4	20	4	140	16	16	16	11	16	16	16	11
37	4	4	4	4	16	4	16	4	142	4	16	4	16	4	4	4	4
38	4	4	4	4	20	4	20	4	144	20	20	20	20	20	20	20	20
41	20	20	20	10	20	15	20	11	146	4	20	4	20	5	4	6	4
44	20	20	10	12	8	10	11	12	147	8	36	8	36	8	8	8	8
45	4	4	4	4	20	4	20	4	149	16	16	16	16	16	14	16	9
46	4	4	4	4	18	4	18	4	150	6	30	6	30	6	6	6	6
49	4	4	16	4	16	4	11	4	151	5	24	5	13	5	5	5	5
50	4	4	20	4	20	4	4	4	152	4	20	4	4	4	4	4	4
51	12	3	12	4	12	3	10	12	153	16	16	16	16	16	16	16	16
54	4	4	20	4	20	4	4	20	155	4	20	5	4	9	4	10	6
56	16	16	16	16	16	16	16	16	156	4	20	4	4	4	4	4	4
58	4	4	20	4	20	4	4	20	158	20	20	7	6	13	9	19	13
59	4	4	20	4	20	4	4	20	159	4	16	4	4	4	4	4	4
60	4	4	20	4	7	20	4	20	160	20	20	6	7	9	12	13	17
61	5	5	24	5	12	24	5	24	161	4	20	4	4	6	4	8	6
63	4	4	20	4	4	20	5	20	162	4	20	4	4	4	4	4	4
64	20	4	9	5	12	8	13	7	163	6	13	6	6	6	6	6	6
65	4	4	5	6	9	8	12	9	164	20	20	20	11	20	14	20	12
66	20	4	8	7	15	12	17	11	165	3	3	3	3	3	3	3	3
69	4	4	16	4	4	16	4	16	166	4	4	4	4	4	4	4	4
70	4	4	20	4	4	20	4	20	167	24	24	19	13	24	24	24	24
71	6	6	30	6	6	30	6	30	168	4	4	4	4	4	4	4	4
73	4	4	16	4	4	16	4	16	171	4	4	4	4	4	4	4	4
74	6	6	30	6	8	30	8	7	172	16	16	16	16	16	16	16	16
75	4	4	20	4	4	20	4	20	174	20	20	20	20	20	20	20	20
76	4	4	13	4	4	20	4	20	178	4	4	4	4	4	4	4	4
79	30	6	14	9	15	14	15	15	179	4	4	4	4	4	4	4	4
80	4	4	4	16	4	16	4	16	181	4	4	7	4	8	7	9	7
82	4	4	4	20	4	20	4	20	182	20	20	20	20	20	20	20	20
83	20	4	4	20	4	20	4	20	183	20	4	7	5	11	7	13	9
84	20	20	20	20	20	20	20	20	184	20	20	20	20	20	17	20	10
85	6	4	4	20	5	20	5	20	186	4	4	4	4	4	4	4	4
86	20	4	6	20	9	5	9	6	187	4	4	4	4	4	4	4	4
87	4	4	4	16	4	16	4	16	188	4	4	4	4	4	4	4	4
89	20	20	20	20	20	20	20	20	189	20	20	16	9	18	13	19	12
91	4	4	4	20	4	20	4	20	190	4	4	5	4	7	7	7	5
92	4	4	4	20	4	20	4	20	191	4	4	4	4	4	4	4	4
93	4	4	6	5	11	7	14	9	193	4	4	5	5	8	6	7	7
94	6	6	6	30	6	30	6	30	194	4	4	6	4	8	6	11	7
95	16	16	16	13	16	15	16	10	196	4	4	7	4	8	7	10	8
96	4	4	4	20	4	20	4	20	197	4	4	4	5	5	5	7	5
97	4	4	4	16	6	16	7	16	199	4	4	4	4	4	4	4	4
99	4	4	5	5	6	6	9	6	200	4	4	4	4	4	4	4	4
100	4	4	4	20	4	20	4	20	205	4	4	4	4	4	4	4	4

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado con Límites Inferiores								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
206	4	4	4	4	4	4	4	4
221	20	4	20	20	20	20	20	16
222	5	5	5	5	5	5	5	5
223	16	16	16	16	16	16	16	16
227	4	4	4	4	4	4	4	4
229	4	4	4	4	4	4	4	4
233	16	16	16	16	16	16	16	16
237	4	4	4	4	4	4	4	4
240	24	5	10	5	12	9	15	10
242	4	4	4	4	4	4	4	4
243	3	3	3	3	3	3	3	3
244	4	4	6	8	4	4	4	4
248	4	4	4	4	4	4	4	4
249	12	12	12	12	12	12	12	12
250	4	4	4	4	4	4	4	4
251	20	20	20	11	20	20	20	20
252	20	20	20	20	20	20	20	20
254	4	4	4	4	4	4	4	4
255	24	24	24	24	24	24	24	24
256	4	4	5	4	9	6	10	6
257	6	6	6	6	6	6	6	6
258	4	4	4	4	4	4	4	4
259	4	4	4	4	4	4	4	4
260	4	4	4	4	4	4	4	4
261	4	4	4	4	4	4	4	4
264	24	24	24	20	24	24	24	21
268	4	4	4	4	4	4	4	4
270	12	12	12	11	12	12	12	12
272	4	4	4	4	4	4	4	4
273	4	4	4	4	4	4	4	4
275	4	4	9	6	10	8	13	7
276	4	4	4	4	4	4	4	4
277	8	8	8	8	8	8	8	8
278	4	4	4	4	4	4	4	4
281	5	5	6	8	9	8	11	10
282	18	4	10	4	9	4	13	7
285	4	4	4	4	4	4	4	4
289	4	4	4	4	4	4	4	4
292	3	3	3	3	3	3	3	3
297	4	4	4	4	4	4	4	4
309	20	4	20	20	20	20	20	13
313	16	4	16	16	16	16	16	5
322	12	3	12	10	9	9	6	6
324	20	20	20	20	20	20	20	18
330	6	6	6	6	6	6	6	6
331	4	4	4	4	4	4	4	4
333	20	4	4	4	10	7	10	6
334	4	4	4	4	4	4	4	4
335	4	4	4	4	4	4	4	4
336	4	4	4	4	4	4	4	4
340	4	4	4	4	4	4	4	4
346	20	20	20	13	20	20	20	20
349	16	16	12	4	16	15	16	14
350	5	5	5	5	5	5	5	5
352	5	5	5	5	5	5	5	5
354	16	4	16	7	16	15	15	8
361	4	4	4	4	4	4	4	4
363	4	4	4	4	4	4	4	4
365	4	4	4	4	4	4	4	4
367	4	4	4	4	4	4	4	4
370	4	4	4	4	4	4	4	4
373	4	4	13	7	4	4	4	4
374	16	16	16	10	16	16	16	16
378	3	3	3	3	3	3	3	3
381	5	5	5	5	5	5	5	5
384	4	4	4	4	4	4	4	4
387	4	4	5	4	10	7	12	6
391	4	4	4	4	4	4	4	4
393	5	5	5	5	5	5	5	5
394	4	4	4	4	4	4	4	4
395	16	4	4	4	4	4	4	4
396	4	4	4	4	4	4	4	4
399	6	6	6	6	6	6	6	6

Tabla G7. Distribución óptima modelo estático con un 10% más de demanda

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Agregando un 10% Demanda										Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Agregando un 10% Demanda											
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera				Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera			
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral				Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral		
1	30	30	30	30	30	30	30	30			101	20	20	20	20	20	20	20	20		
2	20	20	19	20	6	20	20	20			103	20	20	20	20	20	20	20	20		
3	20	0	4	20	12	20	20	20			104	30	30	30	30	30	30	30	30		
4	20	20	6	20	20	20	0	20			107	16	0	3	16	16	16	0	0		
5	42	42	23	42	42	42	42	42			108	24	0	0	0	24	24	0	24		
6	20	20	20	20	0	0	0	0			111	30	30	30	30	30	13	30	19		
7	16	16	16	16	16	16	0	0			112	20	20	15	20	20	20	20	0		
8	24	24	16	6	24	24	24	24			113	20	20	20	20	0	20	0	0		
9	24	24	20	17	5	5	0	0			114	20	20	8	20	20	20	7	1		
12	16	16	16	16	16	16	3	16	16		116	12	12	12	5	12	12	4	12		
13	30	30	30	30	0	30	0	0			117	16	0	16	3	0	0	0	0		
14	30	30	30	30	0	0	0	0			118	20	1	20	20	20	0	0	0		
16	20	20	20	20	20	20	2	20			120	20	20	20	3	20	20	11	20		
17	20	20	20	20	20	20	0	0			121	20	20	6	5	20	20	20	20		
18	20	20	15	8	5	20	20	20			123	20	20	6	20	20	20	20	20		
20	20	2	6	4	2	5	20	20			124	20	20	5	20	20	20	0	20		
21	3	24	24	24	24	24	24	24			125	16	16	4	5	16	16	9	16		
22	8	20	20	20	20	20	20	20			126	3	0	8	16	16	16	1	2		
23	12	12	12	4	0	0	0	0			128	20	20	20	20	10	7	20	4		
24	18	18	18	18	18	18	18	18			129	20	20	20	20	20	20	20	20		
25	24	24	24	24	24	24	24	24			130	40	40	23	40	40	24	36	40		
26	24	24	0	24	24	3	7	24			131	16	4	16	16	0	0	0	0		
27	16	16	16	16	16	16	0	0			132	12	0	12	1	12	12	2	0		
29	30	30	15	30	7	8	0	0			134	20	20	6	20	20	20	20	0		
30	7	20	16	20	12	8	20	20			135	2	20	4	20	20	20	0	0		
32	16	16	10	2	8	16	16	8			136	2	20	5	4	0	0	0	0		
33	20	20	15	3	20	20	20	20			137	3	20	7	0	20	20	20	20		
34	16	0	3	16	0	0	0	0			138	1	12	2	1	12	12	12	12		
35	20	1	20	20	20	20	20	20			140	2	16	4	3	16	16	16	16		
37	16	16	16	0	16	16	0	16			142	4	16	4	9	16	8	16	16		
38	20	20	20	20	20	20	0	0			144	4	20	8	3	20	20	0	0		
41	20	0	20	20	3	20	20	20			146	3	20	5	2	8	20	20	20		
44	20	20	9	10	19	20	11	20			147	3	0	21	12	0	0	0	0		
45	20	20	10	2	20	1	0	0			149	3	16	10	2	16	16	0	0		
46	3	18	18	18	0	0	0	0			150	5	4	8	5	4	30	30	30		
49	0	16	3	2	0	1	0	0			151	2	0	6	4	0	0	0	0		
50	3	20	20	20	20	20	0	0			152	4	4	5	7	1	20	0	20		
51	12	1	12	12	12	12	12	12			153	1	0	4	3	16	16	16	16		
54	20	20	20	20	6	20	4	20			155	4	3	4	1	20	4	20	20		
56	3	16	16	11	5	16	0	16			156	3	1	6	5	0	0	0	0		
58	20	20	7	3	3	20	0	20			158	6	4	4	4	20	7	20	20		
59	20	20	7	5	20	20	5	20			159	2	2	5	6	0	0	0	0		
60	20	20	6	20	20	5	0	0			160	6	7	7	9	11	15	20	20		
61	2	0	24	2	24	3	0	1			161	4	2	7	5	10	6	20	20		
63	20	20	3	2	20	20	20	20			162	2	1	4	4	3	2	20	0		
64	20	2	20	20	9	20	20	20			163	7	3	15	9	6	5	30	30		
65	20	20	20	7	10	20	20	20			164	4	0	7	3	8	4	20	20		
66	20	20	8	20	15	20	20	20			165	2	1	5	3	3	3	12	12		
69	16	16	16	10	16	16	0	0			166	2	1	5	7	3	4	20	20		
70	3	20	3	6	20	20	20	20			167	5	5	5	5	22	17	24	24		
71	30	0	4	0	0	0	0	0			168	1	1	12	5	0	0	0	0		
73	16	16	6	4	16	2	0	0			171	3	1	8	3	3	2	20	0		
74	4	30	5	30	30	8	11	30			172	1	0	3	3	3	3	16	16		
75	20	20	8	3	20	20	20	0			174	3	1	6	4	5	3	0	0		
76	4	20	20	7	4	20	20	0			178	2	1	2	3	2	1	16	16		
79	10	4	8	30	9	30	30	30			179	1	0	2	2	1	1	0	0		
80	0	16	1	16	0	0	0	0			181	3	3	7	4	9	7	20	20		
82	20	20	20	5	0	0	0	0			182	3	2	5	3	4	2	20	20		
83	4	20	20	4	20	20	20	20			183	4	3	7	5	11	7	20	20		
84	4	20	9	20	20	20	20	0			184	1	0	5	3	2	4	0	0		
85	20	20	5	20	20	20	7	6			186	2	1	4	3	3	2	20	0		
86	20	20	5	20	20	5	9	6			187	3	3	3	3	4	3	20	20		
87	16	16	16	5	0	0	0	0			188	2	2	4	3	0	1	0	0		
89	2	2	8	5	20	4	0	0			189	3	3	8	4	11	8	20	20		
91	20	20	8	20	5	20	20	20			190	4	1	5	4	7	8	20	20		
92	0	20	20	20	0	0	0	0			191	1	1	6	3	2	1	16	0		
93	2	20	6	20	11	20	20	20			193	3	2	6	6	9	6	20	20		
94	30	30	30	30	30	30	30	30			194	3	2	4	2	7	5	16	16		
95	16	16	16	16	16	16	16	16			196	2	4	5	2	7	6	20	20		
96	20	20	11	20	20	6	20	5			197	3	3	7	6	6	6	20	20		
97	16	16	2	16	16	4	6	3			199	3	2	5	3	0	0	0	0		
99	20	20	20	20	8	20	11	20			200	3	1	9	9	0	0	0	0		
100	20	20	20	18	5	20	20	20			205	0	0	4	1	0	0	0	0		

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Agregando un 10% Demanda								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
206	2	2	2	0	1	1	1	0
221	1	0	5	3	2	0	1	0
222	1	1	5	1	4	6	6	24
223	1	1	6	5	6	3	0	0
227	1	3	1	3	3	5	6	16
229	2	0	1	1	1	3	5	20
233	0	1	5	3	2	0	0	0
237	3	2	2	0	2	3	4	5
240	4	3	5	2	8	5	9	7
242	3	2	3	0	5	3	7	5
243	1	1	6	4	2	3	3	3
244	1	0	11	11	2	2	0	0
248	0	0	4	6	1	1	0	0
249	0	0	4	3	6	1	2	0
250	3	1	2	3	2	2	1	1
251	1	0	3	2	0	0	0	0
252	20	12	14	3	0	0	20	20
254	2	0	9	10	0	0	0	0
255	12	8	16	8	24	24	24	24
256	3	3	4	2	8	5	8	6
257	0	1	4	4	0	0	0	0
258	1	0	4	4	0	0	0	0
259	0	0	4	7	0	0	0	0
260	4	1	4	1	3	3	6	6
261	2	0	5	0	0	2	0	0
264	1	0	6	2	6	4	6	5
268	0	0	16	16	0	0	0	0
270	0	0	2	1	0	0	0	0
272	1	1	5	2	0	0	0	0
273	2	2	1	1	1	0	5	5
275	4	2	8	5	9	8	12	7
276	3	2	4	1	1	1	1	0
277	8	8	8	8	8	8	8	8
278	2	1	6	3	1	0	0	0
281	1	4	7	10	11	9	13	12
282	4	1	5	3	5	2	7	4
285	2	1	5	5	3	1	1	0
289	3	1	1	1	3	2	3	3
292	4	2	4	1	0	4	0	2
297	0	1	1	1	0	0	0	0
309	8	4	5	1	0	0	20	13
313	5	0	4	6	9	3	16	5
322	5	3	12	9	9	9	6	6
324	0	0	5	8	8	2	11	6
330	2	0	3	8	8	10	6	6
331	3	0	0	1	1	1	4	2
333	7	4	0	3	7	6	9	6
334	2	1	0	0	2	4	3	3
335	2	2	3	10	3	4	3	4
336	0	1	4	5	0	5	0	0
340	0	0	4	1	0	0	0	0
346	1	1	2	1	0	0	0	0
349	1	0	2	1	2	2	0	0
350	3	3	2	2	6	3	5	5
352	2	0	4	3	2	3	0	0
354	10	4	6	4	10	9	12	7
361	0	0	5	7	0	0	0	0
363	4	0	3	2	7	7	7	3
365	3	0	1	1	1	2	3	1
367	3	0	7	2	5	2	2	0
370	0	0	3	9	0	1	0	0
373	0	0	16	14	0	0	0	0
374	1	1	3	2	4	2	1	0
378	0	0	7	5	4	7	0	0
381	2	2	2	4	2	3	1	0
384	2	1	2	2	2	2	2	1
387	2	2	4	2	8	7	11	6
391	1	1	3	3	0	5	0	1
393	2	0	3	3	2	1	3	1
394	0	0	1	1	0	0	0	0
395	8	1	5	2	5	2	5	1
396	2	1	3	1	0	1	0	0
399	3	2	4	2	7	8	6	7

Tabla G8. Distribución óptima modelo estático ajustado con un 10% más de demanda

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado Agregando un 10% Demanda										Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado Agregando un 10% Demanda									
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera		Primavera	Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera		Primavera
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral			Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	
1	30	30	17	30	14	30	30	9	101	9	4	14	20	16	20	20	20	20	
2	20	20	20	20	20	20	8	1	103	20	20	6	20	1	20	0	0	0	
3	20	8	20	20	20	20	20	12	104	30	30	25	30	30	30	30	30	18	
4	2	20	4	1	4	1	0	20	107	16	0	2	16	0	0	0	0	0	
5	42	42	33	26	15	42	42	42	108	24	24	11	4	24	24	24	5	5	
6	20	0	6	20	0	0	0	0	111	19	30	24	17	30	30	30	30	30	
7	16	16	5	16	6	3	0	0	112	17	20	20	10	20	20	20	20	20	
8	5	24	14	5	24	4	7	24	113	20	0	3	20	0	0	0	0	0	
9	24	24	18	24	24	24	0	0	114	20	20	11	20	20	20	20	20	20	
12	16	16	9	5	16	10	4	16	116	12	12	5	12	6	12	12	12	12	
13	5	30	7	30	0	30	0	0	117	0	0	2	7	0	0	0	0	0	
14	30	30	15	30	0	0	0	0	118	20	0	3	0	0	0	0	0	0	
16	4	20	5	2	20	20	2	20	120	20	20	12	5	20	20	20	20	20	
17	20	20	20	20	20	20	20	20	121	20	20	10	6	14	20	20	20	20	
18	5	2	14	7	4	20	20	0	123	6	20	11	8	20	20	20	20	20	
20	20	2	4	3	1	20	0	1	124	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
21	24	24	7	4	6	3	24	24	125	6	16	10	8	14	16	16	16	16	
22	20	20	20	20	20	5	16	3	126	2	0	6	1	0	1	0	16	16	
23	0	12	2	12	0	0	0	0	128	6	20	11	3	15	20	20	20	20	
24	18	18	18	18	18	11	18	6	129	2	20	4	3	2	2	20	1	1	
25	14	24	24	24	23	24	23	24	130	30	40	40	17	40	19	40	40	40	
26	24	24	2	13	24	7	12	24	131	0	0	0	4	0	0	0	0	0	
27	2	16	7	3	0	16	0	0	132	12	12	12	7	12	10	12	12	12	
29	30	30	30	30	30	30	30	30	134	2	20	2	2	0	0	0	0	0	
30	11	20	20	19	19	14	19	20	135	20	20	20	19	20	20	20	20	20	
32	16	16	16	6	16	5	16	16	136	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
33	20	2	12	2	5	3	20	20	137	9	20	16	1	18	5	20	20	20	
34	0	0	1	3	0	0	0	0	138	12	12	12	9	12	11	12	12	12	
35	3	1	11	2	6	1	5	1	140	16	16	16	12	16	16	16	16	16	
37	1	16	3	0	0	0	0	16	142	3	16	3	7	0	7	0	16	16	
38	1	20	4	20	0	0	0	0	144	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
41	19	20	20	12	20	17	20	12	146	5	20	8	4	10	6	11	20	20	
44	9	20	17	20	13	17	20	19	147	0	0	15	9	0	0	0	0	0	
45	4	20	10	2	2	1	0	0	149	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
46	0	0	1	1	0	0	0	0	150	5	30	8	5	4	9	4	30	30	
49	0	0	0	0	0	0	0	0	151	0	0	4	2	0	0	0	0	0	
50	2	20	3	5	0	0	0	0	152	1	20	2	3	0	0	0	0	0	
51	12	1	12	5	12	4	11	12	153	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
54	20	3	11	6	4	4	2	20	155	7	20	9	4	13	7	14	20	20	
56	16	16	16	16	16	16	16	16	156	1	0	2	3	0	0	0	0	0	
58	20	20	6	20	2	2	0	20	158	10	20	10	7	17	12	20	20	20	
59	3	20	7	20	6	7	4	20	159	0	1	2	4	0	0	0	0	0	
60	2	20	3	20	12	4	0	0	160	10	20	13	16	18	20	20	20	20	
61	24	0	5	1	0	2	0	0	161	6	20	11	7	14	9	15	20	20	
63	20	20	6	3	10	3	9	3	162	1	1	2	3	1	0	0	0	0	
64	20	20	15	9	19	12	18	10	163	8	4	16	9	6	5	6	30	30	
65	20	3	11	11	16	13	19	13	164	20	6	20	12	20	16	20	20	20	
66	9	5	16	12	20	18	20	17	165	1	1	3	2	1	2	0	0	0	
69	0	0	6	3	0	0	0	0	166	1	0	3	6	1	2	0	0	0	
70	2	2	20	5	2	5	1	4	167	16	10	24	17	24	24	24	24	24	
71	0	0	2	0	0	0	0	0	168	0	0	7	3	0	0	0	0	0	
73	1	16	2	2	0	0	0	0	171	1	1	5	1	0	0	0	0	0	
74	12	30	9	7	14	30	15	30	172	16	11	16	16	16	16	16	16	16	
75	2	0	5	20	1	0	0	0	174	20	13	20	20	20	20	20	20	20	
76	2	20	10	20	2	20	0	0	178	1	1	1	3	1	0	0	16	16	
79	11	23	19	30	20	30	19	30	179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
80	0	0	0	0	0	0	0	0	181	5	3	12	7	14	10	14	10	10	
82	0	0	2	20	0	0	0	0	182	20	10	20	20	20	20	20	20	20	
83	20	2	8	20	7	4	7	20	183	8	5	14	9	19	12	20	13	13	
84	20	14	20	20	20	20	20	20	184	20	8	20	20	20	19	20	11	11	
85	20	20	8	20	10	6	10	7	186	2	1	3	3	2	1	0	0	0	
86	20	20	11	20	20	20	14	9	187	4	3	4	4	6	4	10	5	5	
87	0	0	0	1	0	0	0	0	188	1	2	4	3	0	1	0	0	0	
89	20	20	20	20	20	20	20	20	189	11	6	20	11	20	16	20	15	15	
91	20	20	7	20	15	20	3	20	190	6	1	10	7	11	11	11	7	7	
92	0	0	0	0	0	0	0	0	191	1	1	6	3	2	1	2	0	0	
93	20	20	13	20	20	20	20	20	193	5	3	11	9	13	9	13	10	10	
94	30	4	7	30	30	30	9	24	194	7	4	10	5	13	9	16	10	10	
95	16	6	16	16	16	16	16	16	196	6	5	10	5	12	9	13	10	10	
96	20	20	10	8	6	20	5	5	197	5	4	12	9	9	8	12	8	8	
97	16	16	6	16	16	16	16	5	199	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
99	20	20	13	20	20	20	20	9	200	0	0	4	5	0	0	0	0	0	
100	20	4	6	20	20	20	20	7	205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado Agregando un 10% Demanda								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
206	1	2	1	0	0	0	0	0
221	14	4	20	20	20	20	20	18
222	3	2	9	3	8	8	9	6
223	16	8	16	16	16	16	16	16
227	1	3	1	3	2	4	5	6
229	2	0	1	1	2	3	5	4
233	16	9	16	16	16	16	16	16
237	5	4	3	0	3	5	6	8
240	9	6	13	5	16	11	20	13
242	3	3	3	0	6	3	8	6
243	0	0	4	2	0	1	0	1
244	1	0	10	11	2	2	0	0
248	0	0	0	0	0	0	0	0
249	12	7	12	12	12	12	12	12
250	2	1	2	3	1	1	0	0
251	20	13	20	12	20	20	20	20
252	20	13	20	20	20	20	20	20
254	0	0	3	6	0	0	0	0
255	24	23	24	24	24	24	24	24
256	6	5	9	5	13	8	14	9
257	0	0	0	0	0	0	0	0
258	0	0	0	0	0	0	0	0
259	0	0	0	0	0	0	0	0
260	5	2	5	2	4	5	8	8
261	0	0	1	0	0	0	0	0
264	16	7	24	23	24	24	24	23
268	0	0	0	0	0	0	0	0
270	12	12	12	12	12	12	12	12
272	0	0	1	0	0	0	0	0
273	0	1	0	1	0	0	0	2
275	7	4	14	10	15	12	16	10
276	0	0	0	0	0	0	0	0
277	8	8	8	8	8	8	8	8
278	1	0	3	2	0	0	0	0
281	3	5	13	14	16	14	18	16
282	9	2	13	5	12	6	16	9
285	1	0	5	3	2	0	0	0
289	3	1	2	1	4	3	4	4
292	0	0	0	0	0	0	0	0
297	0	0	0	0	0	0	0	0
309	9	5	20	20	20	20	20	14
313	6	1	16	16	16	16	16	5
322	7	3	12	12	12	12	9	7
324	16	7	20	20	20	20	20	20
330	3	0	4	8	9	11	7	6
331	1	0	0	1	0	1	1	1
333	9	5	8	6	14	11	13	8
334	3	1	0	0	3	5	4	3
335	0	0	1	6	0	0	0	0
336	1	2	6	6	1	7	0	0
340	0	0	0	0	0	0	0	0
346	19	11	20	15	20	20	20	20
349	16	7	13	1	16	16	16	16
350	2	2	2	1	5	3	3	5
352	0	0	2	3	0	1	0	0
354	12	4	16	9	16	16	16	9
361	0	0	0	0	0	0	0	0
363	4	0	2	2	7	6	7	3
365	4	0	2	1	2	3	6	2
367	2	0	3	0	2	0	0	0
370	0	0	0	1	0	0	0	0
373	0	0	16	11	0	0	0	0
374	16	9	16	11	16	16	16	16
378	0	0	0	0	0	2	0	0
381	0	1	0	3	0	0	0	0
384	1	0	1	2	0	1	0	0
387	4	3	8	5	13	9	15	8
391	0	0	0	0	0	0	0	0
393	3	0	3	3	3	2	3	1
394	0	0	0	1	0	0	0	0
395	9	1	6	2	6	3	7	1
396	0	0	0	0	0	0	0	0
399	2	2	3	1	6	8	5	6

Tabla G9. Distribución óptima modelo estático con un 15% más de demanda

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Agregando un 15% Demanda									Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Agregando un 15% Demanda								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera		Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral		Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
1	30	30	20	30	17	16	30	30	101	20	20	7	20	20	7	14	20
2	20	20	20	20	9	20	20	1	103	20	20	10	20	6	20	20	20
3	20	0	6	4	14	20	20	20	104	30	30	17	9	30	10	30	30
4	20	9	10	3	9	20	20	20	107	2	16	5	16	16	16	0	0
5	42	42	29	25	42	12	42	10	108	2	0	1	0	2	24	0	24
6	20	20	14	20	0	0	0	0	111	30	7	9	30	19	30	27	22
7	16	16	6	16	16	15	0	0	112	3	20	11	20	20	20	6	1
8	24	24	23	24	24	24	24	24	113	20	20	9	8	2	20	0	0
9	24	24	24	24	24	24	24	24	114	20	20	10	20	7	20	20	20
12	16	16	14	16	16	16	16	16	116	12	12	9	12	12	12	12	12
13	6	30	10	30	2	30	1	0	117	3	16	7	16	2	0	0	0
14	13	30	27	30	4	30	0	0	118	20	20	7	20	20	20	0	0
16	20	20	7	20	7	4	4	20	120	20	20	8	3	20	20	20	20
17	20	20	15	10	7	3	0	0	121	20	20	10	6	14	9	20	20
18	20	3	20	10	7	4	4	20	123	20	20	9	14	20	20	20	20
20	20	20	9	6	5	20	20	20	124	20	20	8	7	20	20	20	20
21	8	24	8	24	24	4	24	3	125	16	16	7	6	16	16	11	16
22	20	20	20	20	20	20	20	2	126	16	0	11	16	16	16	3	16
23	12	12	12	12	12	12	0	0	128	20	20	9	20	20	20	14	20
24	18	18	7	18	18	18	18	18	129	4	20	8	5	20	20	11	20
25	24	24	18	15	24	15	24	24	130	40	40	29	40	34	40	40	40
26	6	24	0	8	7	5	9	24	131	16	16	11	16	0	0	0	0
27	5	16	16	16	5	16	1	0	132	3	0	8	12	12	12	12	0
29	30	30	21	18	12	30	5	30	134	6	20	10	7	20	6	20	20
30	20	8	20	15	20	20	20	20	135	4	20	7	3	20	3	0	0
32	6	2	15	16	11	16	16	16	136	4	20	8	6	0	20	0	0
33	20	20	20	20	20	20	20	20	137	4	20	9	0	12	3	20	20
34	16	16	5	16	0	0	0	0	138	1	12	4	1	12	2	12	12
35	20	20	20	20	20	20	20	20	140	3	16	5	3	5	3	16	16
37	3	16	5	0	16	16	1	2	142	6	16	7	11	6	12	16	16
38	4	20	13	6	20	20	0	0	144	6	3	11	5	7	5	0	0
41	20	20	5	2	5	5	20	2	146	5	3	8	4	10	5	11	20
44	20	20	12	14	20	12	13	14	147	6	0	29	16	0	0	0	0
45	5	20	14	3	4	2	2	20	149	4	1	12	3	4	3	16	0
46	18	18	12	18	0	0	0	0	150	7	6	11	8	7	11	30	30
49	16	16	6	16	1	16	0	0	151	3	2	8	5	0	0	0	0
50	4	1	7	20	3	3	0	0	152	6	6	7	10	3	8	0	20
51	3	1	12	2	12	12	3	12	153	3	1	6	4	8	5	16	16
54	6	20	18	10	20	8	8	20	155	5	3	6	2	10	5	20	20
56	16	16	11	15	8	16	3	16	156	4	2	8	7	2	3	0	0
58	4	20	10	6	20	20	2	20	158	7	5	5	5	12	9	20	20
59	5	20	10	20	20	20	8	5	159	4	3	8	7	0	2	0	16
60	20	20	8	4	19	6	0	0	160	9	9	11	13	15	20	20	20
61	4	0	11	24	4	4	2	1	161	6	3	10	7	14	9	20	20
63	20	20	6	20	10	3	9	20	162	4	2	7	5	5	3	20	20
64	5	20	9	5	12	20	13	20	163	10	5	21	12	10	7	30	30
65	6	20	8	9	20	11	16	20	164	5	0	9	4	10	5	20	20
66	20	20	12	9	20	20	20	20	165	4	2	8	5	6	5	12	12
69	7	16	16	14	16	16	0	0	166	3	2	8	10	6	7	4	20
70	4	20	6	8	6	7	5	20	167	7	6	8	7	24	21	24	24
71	30	0	6	1	1	1	0	0	168	2	1	15	6	2	0	0	0
73	16	16	10	7	16	16	16	0	171	4	2	11	4	6	3	5	20
74	6	3	8	30	13	30	30	30	172	2	1	5	4	5	5	7	16
75	5	2	12	5	20	20	20	20	174	5	2	9	5	9	5	2	20
76	6	20	20	10	20	4	20	1	178	3	1	3	4	4	2	3	16
79	30	5	10	5	12	11	30	14	179	2	0	3	3	2	2	0	0
80	16	16	3	16	0	2	0	0	181	4	3	9	5	11	8	12	8
82	20	20	10	20	2	20	0	0	182	4	3	7	4	6	4	5	3
83	20	20	11	6	20	20	10	20	183	6	4	10	7	15	10	17	11
84	5	3	12	5	10	6	4	20	184	2	0	8	5	4	5	1	1
85	4	20	8	6	20	20	10	20	186	4	1	6	4	5	4	4	2
86	20	20	8	4	11	6	11	20	187	4	3	4	4	6	4	11	5
87	16	16	11	9	0	0	0	0	188	3	3	6	5	3	3	0	1
89	20	2	11	6	7	6	20	0	189	5	3	10	5	13	10	15	11
91	20	20	12	20	7	4	6	5	190	5	1	8	5	9	9	9	6
92	20	20	5	1	0	20	0	0	191	2	1	7	3	3	1	2	0
93	20	20	9	20	20	9	18	20	193	5	2	9	7	11	8	11	9
94	30	30	16	30	30	30	30	5	194	5	3	6	3	9	7	12	8
95	16	1	7	16	15	16	6	1	196	3	4	7	3	8	7	11	9
96	20	20	16	20	11	9	20	20	197	4	4	11	8	9	8	11	8
97	16	16	3	16	5	4	16	16	199	4	3	8	4	1	0	0	0
99	20	20	11	20	11	20	14	8	200	4	2	12	12	1	1	0	0
100	20	20	6	20	7	20	10	7	205	1	1	6	2	0	0	0	0

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Agregando un 15% Demanda								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
206	3	2	3	0	3	2	3	1
221	2	0	8	4	4	1	3	0
222	2	1	7	2	7	8	8	5
223	2	1	9	6	9	4	2	0
227	3	4	2	3	5	7	10	10
229	3	0	2	1	3	4	7	5
233	1	1	6	5	3	2	0	0
237	5	3	3	0	3	4	5	7
240	5	4	6	3	10	7	12	8
242	4	3	4	0	7	4	10	7
243	3	2	9	5	5	5	6	5
244	2	0	13	13	3	3	1	0
248	0	0	7	9	4	3	0	0
249	1	0	6	5	8	2	4	0
250	4	2	3	3	4	3	3	2
251	2	0	4	3	0	0	0	0
252	20	13	19	6	0	0	20	20
254	3	0	14	12	0	0	0	0
255	14	9	22	13	24	24	24	24
256	4	4	6	3	10	6	11	7
257	1	1	6	5	0	2	0	0
258	2	0	7	5	0	0	0	0
259	0	0	7	9	1	2	0	0
260	5	2	5	2	4	5	9	8
261	3	0	7	1	3	5	0	1
264	1	0	9	3	8	6	8	6
268	0	0	16	16	0	0	0	0
270	1	0	4	2	2	0	0	0
272	2	2	6	4	0	1	0	0
273	3	3	2	1	2	1	8	7
275	5	3	10	7	11	9	15	8
276	5	3	5	2	3	2	3	2
277	8	8	8	8	8	8	8	8
278	3	1	9	4	3	2	0	0
281	3	4	11	13	14	13	17	15
282	5	1	6	3	6	2	8	5
285	4	2	7	7	6	4	4	3
289	4	1	2	1	4	3	5	4
292	6	4	5	2	2	8	2	6
297	1	2	3	2	0	0	0	0
309	9	4	7	2	0	0	20	14
313	6	0	8	9	11	4	16	5
322	6	4	12	12	12	11	8	7
324	0	1	7	10	10	4	12	7
330	4	1	6	9	12	14	9	8
331	4	0	0	1	2	2	6	3
333	8	5	2	4	10	7	10	7
334	3	1	0	0	3	5	4	3
335	4	4	5	13	6	9	6	10
336	1	2	6	7	2	9	0	0
340	0	0	6	2	0	0	0	0
346	2	2	4	2	1	1	0	0
349	2	1	3	1	3	3	0	0
350	4	4	4	2	8	6	8	8
352	3	0	5	4	5	4	3	0
354	11	5	9	4	13	11	13	8
361	0	0	9	10	3	1	0	0
363	6	0	6	4	11	9	10	5
365	3	0	2	1	2	3	5	2
367	4	0	11	4	8	4	4	1
370	2	1	6	11	3	5	0	1
373	1	1	16	16	2	2	0	0
374	2	2	4	3	6	3	3	0
378	0	0	11	8	7	9	0	1
381	4	3	4	5	4	5	4	2
384	3	1	4	3	4	4	5	2
387	3	2	5	3	10	8	13	7
391	2	2	5	4	3	9	1	4
393	4	0	4	4	4	2	4	2
394	0	0	2	1	0	1	0	0
395	9	1	6	2	6	3	7	1
396	3	2	4	1	2	3	0	0
399	4	4	6	3	10	12	10	10

Tabla G10. Distribución óptima modelo estático ajustado con un 15% más de demanda

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado Agregando un 15% Demanda										Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado Agregando un 15% Demanda											
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera				Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera			
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral				Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral		
1	7	30	22	30	18	18	18	30			101	20	20	17	20	18	20	20	20		
2	20	20	20	12	12	5	10	20			103	20	20	0	20	4	20	2	20		
3	20	20	20	20	20	20	20	20			104	30	30	28	15	27	16	30	30		
4	20	20	8	2	7	2	1	20			107	2	0	0	2	0	1	0	0		
5	42	14	36	32	19	42	20	38			108	24	24	12	4	13	16	12	24		
6	20	20	10	4	0	0	0	0			111	30	30	27	30	30	30	30	30		
7	16	16	6	2	7	4	0	0			112	20	20	20	11	20	20	20	20		
8	24	24	21	9	11	24	11	8			113	3	20	0	7	0	1	0	0		
9	24	24	24	24	9	24	2	24			114	5	20	13	2	11	2	11	20		
12	16	16	13	8	9	4	0	2			116	4	12	8	6	9	5	0	12		
13	6	30	0	6	2	3	2	0			117	2	0	0	3	0	0	0	0		
14	10	7	22	30	0	1	0	0			118	2	20	0	2	0	0	0	0		
16	5	20	0	3	8	4	4	2			120	8	3	0	5	17	8	19	20		
17	20	20	20	20	20	20	20	20			121	9	20	13	8	18	12	20	20		
18	7	3	0	10	0	20	3	2			123	8	4	14	10	18	14	18	20		
20	3	2	7	5	3	5	3	3			124	20	18	20	20	20	20	20	20		
21	24	24	10	6	8	4	8	24			125	7	16	12	9	16	12	16	16		
22	20	20	20	8	12	20	8	3			126	3	0	9	2	2	2	2	16		
23	2	1	6	12	0	0	0	0			128	7	20	13	4	18	12	17	20		
24	18	18	18	6	18	11	18	18			129	3	20	6	5	5	5	6	20		
25	16	24	24	24	24	24	24	19			130	34	40	40	19	40	21	40	40		
26	11	24	0	24	12	8	14	24			131	0	0	3	5	0	0	0	0		
27	16	2	12	6	2	2	0	0			132	12	12	12	7	12	11	12	12		
29	30	30	30	30	30	30	30	30			134	4	2	6	4	3	3	1	0		
30	20	10	20	20	20	17	20	16			135	20	20	20	20	20	20	20	20		
32	12	16	16	7	16	5	16	3			136	1	0	0	3	0	0	0	0		
33	20	20	18	4	11	6	5	4			137	10	20	18	1	20	5	20	5		
34	1	0	0	3	0	0	0	0			138	12	12	12	9	12	12	12	12		
35	4	20	14	3	8	1	6	1			140	16	16	16	13	16	16	16	16		
37	2	16	0	0	0	1	0	2			142	5	16	0	10	4	10	3	16		
38	2	20	0	3	0	0	0	0			144	20	20	20	20	20	20	20	20		
41	20	20	20	12	20	18	20	20			146	6	3	0	6	13	7	14	20		
44	10	20	20	20	15	20	19	20			147	3	0	23	13	0	0	0	0		
45	5	20	14	3	0	2	0	20			149	16	8	16	16	16	16	16	11		
46	2	0	0	4	0	0	0	0			150	8	6	12	8	8	12	8	30		
49	0	16	1	1	0	0	0	0			151	1	0	0	3	0	0	0	0		
50	3	1	0	6	0	2	0	0			152	3	3	0	6	0	3	0	0		
51	12	1	12	5	12	4	12	12			153	16	12	16	16	16	16	16	16		
54	6	4	16	10	9	7	7	5			155	8	4	12	5	16	8	16	8		
56	16	16	16	16	16	16	16	16			156	2	1	0	5	0	0	0	0		
58	4	20	0	5	5	4	0	3			158	12	6	12	8	20	13	20	17		
59	5	20	10	18	9	10	8	5			159	2	2	0	6	0	0	0	0		
60	3	20	5	3	15	5	0	0			160	13	13	16	20	20	20	20	20		
61	24	0	0	2	0	4	0	1			161	8	4	15	9	18	12	19	12		
63	20	20	0	4	12	4	11	4			162	2	1	4	4	3	2	1	0		
64	9	20	18	11	20	14	20	11			163	10	5	21	12	10	7	10	3		
65	9	4	15	13	19	16	20	15			164	20	6	20	13	20	17	20	14		
66	11	6	20	15	20	20	20	20			165	3	2	0	4	0	3	0	1		
69	3	16	13	8	0	0	0	0			166	2	1	5	8	0	5	2	2		
70	3	20	0	7	0	7	4	6			167	18	11	24	18	24	24	24	24		
71	0	0	4	0	0	0	0	0			168	1	1	10	5	0	0	0	0		
73	3	16	0	4	0	1	0	0			171	3	1	8	3	3	2	0	0		
74	8	30	0	8	17	30	19	15			172	16	11	16	16	16	16	16	16		
75	3	20	9	3	4	20	1	0			174	20	13	20	20	20	20	20	20		
76	5	2	16	20	5	20	0	0			178	2	1	0	3	3	1	1	2		
79	30	10	22	30	23	30	20	21			179	1	0	0	1	0	0	0	0		
80	0	16	0	16	0	0	0	0			181	7	4	15	9	17	12	16	11		
82	20	20	5	20	0	0	0	0			182	20	11	20	20	20	20	20	20		
83	20	20	12	20	10	20	11	20			183	10	6	17	11	20	14	20	15		
84	20	20	20	20	20	20	20	20			184	20	9	20	20	20	20	20	12		
85	20	3	11	20	13	20	12	9			186	3	1	5	4	4	3	0	1		
86	20	5	13	7	17	20	5	10			187	5	4	0	5	8	5	13	6		
87	1	16	4	16	0	0	0	0			188	3	3	0	4	2	2	0	0		
89	20	20	20	20	20	20	20	20			189	12	6	20	13	20	18	20	16		
91	5	2	11	20	6	20	5	2			190	7	2	12	8	13	12	13	8		
92	0	1	0	0	0	0	0	0			191	2	1	0	3	3	1	3	0		
93	8	20	16	20	20	14	20	15			193	7	3	0	11	16	11	15	12		
94	5	30	0	5	7	7	12	30			194	9	4	12	6	16	10	16	11		
95	16	16	16	16	16	16	16	16			196	7	5	12	6	14	10	15	10		
96	20	20	15	20	2	20	9	20			197	6	4	16	11	12	9	14	9		
97	16	16	0	16	10	7	11	6			199	1	1	3	2	0	0	0	0		
99	20	20	17	20	15	20	18	10			200	2	1	0	8	0	0	0	0		
100	20	5	0	20	9	7	12	8			205	0	0	0	0	0	0	0	0		

Distribuciones Óptimas para el Modelo Estático Ajustado Agregando un 15% Demanda								
Estación	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral	Laboral	No Laboral
206	2	2	0	0	2	1	1	0
221	15	4	20	20	20	20	20	19
222	4	2	0	4	10	10	12	8
223	16	9	16	16	16	16	16	16
227	2	4	0	3	4	7	9	9
229	3	1	0	1	3	4	8	5
233	16	9	16	16	16	16	16	16
237	7	5	0	0	0	6	8	10
240	10	7	15	6	18	13	22	14
242	5	3	0	0	8	5	11	8
243	1	1	0	4	0	3	3	3
244	1	0	12	12	0	3	0	0
248	0	0	0	0	0	0	0	0
249	12	7	12	12	12	12	12	12
250	3	2	0	3	0	2	0	1
251	20	14	20	13	20	20	20	20
252	20	14	20	20	20	20	20	20
254	1	0	7	8	0	0	0	0
255	24	24	24	24	24	24	24	24
256	8	6	11	5	15	10	17	11
257	0	0	0	1	0	0	0	0
258	0	0	0	1	0	0	0	0
259	0	0	0	0	0	0	0	0
260	6	2	6	3	0	6	11	10
261	0	0	0	0	0	0	0	0
264	17	7	24	24	24	24	24	24
268	0	0	0	0	0	0	0	0
270	12	12	12	12	12	12	12	12
272	0	0	2	1	0	0	0	0
273	1	1	0	1	0	0	3	4
275	8	4	16	11	16	13	16	11
276	1	1	2	0	0	0	0	0
277	8	8	8	8	8	8	8	8
278	2	0	0	3	0	0	0	0
281	5	6	0	17	19	18	21	18
282	10	3	14	6	13	6	18	10
285	3	1	6	6	4	3	0	2
289	4	1	0	1	5	4	6	5
292	0	0	0	0	0	0	0	0
297	0	1	0	0	0	0	0	0
309	9	5	20	20	20	20	20	15
313	7	1	16	16	16	16	16	5
322	7	4	12	12	12	12	11	8
324	17	8	20	20	20	20	20	20
330	4	1	0	10	13	14	10	8
331	3	0	0	1	0	1	3	2
333	9	6	10	7	16	12	14	9
334	3	1	0	0	0	6	5	4
335	2	2	0	10	3	3	2	4
336	2	3	8	9	0	11	0	2
340	0	0	0	1	0	0	0	0
346	20	12	20	16	20	20	20	20
349	16	8	0	1	16	16	16	16
350	4	4	0	2	7	5	7	7
352	1	0	0	4	0	2	0	0
354	13	5	16	10	16	16	16	10
361	0	0	0	0	0	0	0	0
363	6	0	0	3	10	9	10	5
365	4	0	0	1	0	3	8	3
367	3	0	0	2	0	2	2	0
370	0	0	0	4	0	0	0	0
373	0	0	16	12	0	0	0	0
374	16	10	16	12	16	16	16	16
378	0	0	2	1	0	4	0	0
381	1	2	1	4	0	2	0	0
384	2	1	3	2	2	3	3	1
387	5	3	0	5	15	10	16	8
391	0	0	0	1	0	0	0	0
393	4	1	0	4	4	2	4	2
394	0	0	0	1	0	0	0	0
395	10	1	7	2	0	3	8	1
396	0	0	1	0	0	0	0	0
399	4	3	0	3	9	11	9	9

Apéndice H: Factor de descuento por estación

Estacion	Factor de Descuento	Estacion	Factor de Descuento	Estacion	Factor de Descuento
1	1.019	101	1.261	206	0.965
2	1.084	103	0.967	221	8.085
3	9.258	104	1.205	222	1.082
4	0.967	107	0.962	223	9.622
5	1.076	108	2.742	227	0.986
6	0.957	111	1.341	229	1.018
7	0.981	112	4.726	233	4.277
8	0.986	113	0.950	237	1.074
9	0.985	114	1.121	240	1.360
12	0.988	116	0.984	242	1.018
13	1.004	117	0.936	243	0.959
14	0.967	118	0.953	244	0.977
16	1.005	120	1.163	248	0.844
17	6.396	121	1.052	249	8.890
18	0.987	123	1.085	250	0.976
20	0.970	124	6.014	251	5.737
21	1.021	125	1.138	252	27.886
22	1.095	126	0.963	254	0.930
23	0.939	128	1.099	255	1.816
24	3.887	129	0.974	256	1.155
25	1.160	130	1.248	257	0.886
26	1.131	131	0.898	258	0.865
27	0.956	132	5.099	259	0.789
29	10.680	134	0.953	260	1.041
30	1.104	135	4.701	261	0.912
32	1.184	136	0.931	264	6.320
33	0.973	137	1.332	268	0.781
34	0.935	138	3.929	270	5.531
35	1.044	140	6.755	272	0.902
37	0.970	142	0.978	273	0.933
38	0.942	144	6.192	275	1.150
41	4.825	146	1.063	276	0.908
44	1.141	147	0.962	277	1.158
45	1.000	149	4.168	278	0.946
46	0.928	150	1.007	281	1.084
49	0.922	151	0.943	282	1.449
50	0.961	152	0.943	285	0.977
51	2.475	153	7.131	289	1.043
54	0.985	155	1.141	292	0.868
56	6.625	156	0.940	297	0.881
58	0.987	158	1.239	309	14.922
59	0.995	159	0.943	313	9.342
60	0.923	160	1.087	322	1.136
61	0.978	161	1.066	324	9.226
63	1.046	162	0.954	330	1.012
64	1.187	163	1.006	331	0.937
65	1.105	164	7.105	333	1.191
66	1.121	165	0.962	334	1.070
69	0.934	166	0.960	335	0.950
70	0.981	167	1.469	336	1.032
71	0.938	168	0.928	340	0.856
73	0.948	171	0.958	346	4.719
74	1.075	172	6.197	349	4.374
75	0.959	174	7.612	350	0.983
76	0.965	178	0.963	352	0.943
79	1.291	179	0.926	354	1.545
80	0.914	181	1.116	361	0.822
82	0.931	182	5.106	363	0.992
83	1.005	183	1.115	365	1.087
84	8.211	184	4.080	367	0.955
85	1.056	186	0.975	370	0.881
86	1.126	187	1.037	373	0.854
87	0.933	188	0.987	374	9.804
89	5.121	189	1.389	378	0.910
91	0.986	190	1.114	381	0.930
92	0.923	191	1.008	384	0.961
93	1.120	193	1.096	387	1.182
94	1.059	194	1.161	391	0.879
95	4.925	196	1.182	393	1.017
96	0.990	197	1.068	394	0.771
97	1.216	199	0.917	395	1.045
99	1.075	200	0.931	396	0.892
100	1.046	205	0.886	399	0.989