



---

**Universidad de Valladolid**

Facultad de Ciencias

## **TRABAJO FIN DE GRADO**

Grado en Estadística

**Diseño muestral en poblaciones móviles: Aplicación a la  
utilización de carriles Bici en Valladolid**

*Autor: Silvia Pardo Bernardo*

*Tutor/es: Jesús Alberto Tapia García*



## Índice

Resumen.....	4
Abstract.....	4
1. Marco teórico .....	8
1.1. Fases de un estudio social .....	8
1.2. Muestreo estratificado .....	9
1.3. Muestreo polietápico .....	10
1.4. Muestreo sistemático .....	12
1.5. Calibración .....	13
2. Formulación del problema de investigación .....	15
2.1. Ámbito de aplicación, población y marco .....	15
2.2. Diseño muestral .....	15
2.2.1. Elección de rutas muestrales (estratos) .....	16
2.2.2. Elección de meses muestrales .....	19
2.2.3. Elección de días muestrales .....	19
2.2.4. Elección de horas muestrales .....	22
3. Trabajo de campo .....	24
3.1. Prueba piloto .....	24
3.2. Datos recogidos para el estudio .....	25
4. Estimaciones.....	31
4.1. Estimaciones en la ruta 1 .....	31
4.2. Estimaciones en la ruta 2 .....	34
4.3. Estimaciones en la Ruta 3.....	37
4.4. Estimadores semestrales.....	40
5. Calibración.....	43
5.1. Estimación calibrada .....	43
5.2. Estimación calibrada en Ruta 2 .....	47
5.3. Estimación calibrada en Ruta 3 .....	51
5.5. Estimaciones semestrales con calibración.....	54
6. Conclusiones.....	56
7. Referencias.....	57

## **Resumen**

En este trabajo fin de grado se utiliza un diseño muestral probabilístico en poblaciones móviles con objeto de estimar el uso mensual de bicicletas en los carriles bici de Valladolid. Se toma una muestra de rutas, de meses y de horas para que a partir del trabajo de campo y la muestra observada se logre el objetivo planteado. Este estudio incluye a los patinetes eléctricos, porque al igual que las bicicletas hacen uso de los carriles bici.

Se realiza un trabajo de campo, limitado a que se desempeña por una sola persona, en el que, mediante observación, se realiza un conteo visual de bicis y patinetes. Este conteo se lleva a cabo en tres puntos concretos de los carriles bici y ciclocarriles de la ciudad de Valladolid, como son: la Plaza Fuente Dorada, Plaza de España y Paseo Isabel la Católica; en este último punto contamos con un factor de mejora en nuestras estimaciones como es un contador instalado por el Ayuntamiento de la ciudad que da referencias exactas del número de bicicletas y patinetes que circulan a diario por dicho carril.

## **Abstract**

In this dissertation, a probabilistic sample design is used in mobile populations to estimate the monthly use of bicycles in the bikeways of Valladolid. For this, a sample of routes, months and hours was obtained through fieldwork and later observed. This study includes electric scooters, because –like bicycles– they make use of bicycle lanes. The afore mentioned fieldwork was conducted by a single person who, through observation, did a count of bicycles and scooters. This count was carried out at three specific points of the bikeways and bicycle lanes in the city of Valladolid, such as Plaza Fuente Dorada, Plaza de España and Paseo Isabel la Católica. At this last point, an improvement on our estimations resulted from a bicycle counter installed by the City Council that gives exact references to the number of bicycles and scooters that circulate daily in said bikeway.



## Introducción

El siglo XX fue el siglo del automóvil, que se convirtió en el medio preferido para la movilidad y los desplazamientos.

El automóvil fue el responsable de la ordenación urbana actual; las calles hoy en día serían muy distintas si no fuera por este medio de transporte ya que seguirían siendo calles estrechas como las juderías.

Actualmente hay graves problemas de contaminación, atascos y dificultad de aparcamiento, por esto es necesario buscar alternativas para la movilidad urbana. La alternativa más económica y respetuosa con el medio ambiente es el uso de la bicicleta para moverse por la ciudad.

La Declaración de la 3ª Conferencia Mundial Ministerial sobre Seguridad Vial, celebrada en Estocolmo en febrero de 2020, ya recomendaba “acelerar el cambio hacia modos de transporte más seguros, limpios, eficientes enérgicamente y asequibles, y promover mayores niveles de actividad física, como caminar y andar en bicicleta, así como integrar estos modos con el uso de transporte público para lograr la sostenibilidad”.

Valladolid está apostando por la movilidad ciclista y se han instaurado varios carriles bici y la novedad de los ciclocarriles en la calzada. Valladolid cuenta con más de 100 kilómetros de carriles bici.

En este estudio se va a realizar la estimación de usuarios de vehículos de dos ruedas que circulan por Valladolid eligiendo tres rutas ciclistas. Se tendrán en cuenta tanto las bicicletas como los patinetes eléctricos, es decir, los vehículos de dos ruedas, ya que ambos deben circular por el carril bici y ambas formas de movilidad son respetuosas con el medio ambiente. Atendiendo a los medios disponibles (un único entrevistador), las estimaciones realizadas se limitan a tres rutas ciclistas y a un periodo de 6 meses.

Según la nueva normativa en España en 2021 de vehículos de movilidad personal, en este caso los patinetes eléctricos, se estipula que “Los vehículos de movilidad personal solo podrán circular por ciclocalles, carriles bici, pistas bici, por la calzada de calles integradas dentro de las zonas 30, respetando la prioridad del peatón, y por las calles en que la velocidad máxima de circulación sea de 30 km/h”.

En marzo de 2021 el Ayuntamiento instaló un contador digital, el cual tiene una pantalla en la que se puede ver el número de vehículos de dos ruedas que pasan de forma diaria y los acumulados en lo que va de año. Se ha instalado en el cruce entre Isabel la Católica y la Plaza del Poniente. Estos datos diarios servirán para poder realizar la calibración de nuestras estimaciones.

Para realizar los cálculos de estimación se utiliza el programa R y para las representaciones gráficas se usa el programa Excel.

La memoria de este estudio está compuesta por las siguientes secciones:

- En la **primera sección** se introduce la teoría que va a permitir realizar las estimaciones deseadas.
- En la **segunda sección** se explica a qué población va dirigida el estudio, el ámbito de aplicación y se decide el diseño muestral probabilístico.

- En la **tercera sección** se muestra el resultado del trabajo de campo, datos recogidos en el tiempo de estudio (junio a diciembre de 2021).
- En la **cuarta sección** se realizan las estimaciones a partir de los datos recogidos. En esta sección también se estima el error de muestreo semestral lo que permite realizar estimaciones del uso de las rutas de bici con intervalos de confianza.
- En la **quinta sección** se realiza calibración. Como se ha dicho anteriormente se dispone de un contador en el Paseo Isabel la Católica, que nos aporta el dato real del tiempo de estudio. Con este dato se pueden calcular los pesos de calibración y utilizarlo en las distintas rutas, así se podrán ver las diferencias entre los estimadores calculados sin calibración y con calibración.
- En la **última sección** se muestran las conclusiones finales, así como posibles extensiones futuras de este estudio.

# 1. Marco teórico

Este trabajo fin de grado es un claro ejemplo de estudio social con el objetivo de, a partir de una muestra tomada con un diseño muestral probabilístico, realizar estimaciones. Por tanto, es necesario introducir teóricamente los elementos teóricos que se van a utilizar.

## 1.1. Fases de un estudio social

1. Planteamiento de los objetivos de la encuesta: Establecer cuál es el objetivo de la investigación. Si este objetivo es alcanzable, se debe tener en cuenta a lo largo de toda la investigación para poder llegar a él.

2. Población objetivo: Definir qué elementos formarán parte de la investigación, es decir, la población que va a ser muestreada. El procedimiento seguido para la elección de encuestados va a determinar la validez de la investigación.

3. Marco de muestreo: Es la lista de las unidades de muestreo. El conjunto del que se obtienen las muestras.

4. Tiempo al que se refiere el trabajo: Definir el tiempo en el que se va a realizar la investigación.

5. Medios y presupuesto: Elementos personales y técnicos con los que se cuenta para realizar la investigación para que el objetivo de la misma sea realizable.

6. Método de recogida de datos: Método de medición que, en este caso, es la observación directa.

7. Diseño muestral: En esta fase se eligen las estrategias que se van a seguir para seleccionar la muestra de la población objetivo. Se realiza el diseño de la muestra.

8. Selección y adiestramiento de los investigadores de campo: Se debe seleccionar e instruir a los investigadores ya que son las personas que van a recoger los datos y deben saber qué mediciones hacer y cómo realizarlas.

9. Prueba piloto: Se prueba el método de recogida de datos y el diseño muestral antes de empezar a realizar el estudio.

10. Trabajo de campo: Con las técnicas elegidas anteriormente se realiza el trabajo de campo.

11. Grabación de respuestas: Manejo apropiado de los datos de todas las etapas de la investigación.

12. Tratamiento de errores ajenos al muestreo: Depuración de la base de datos.

13. Plan de explotación: Determinar las variables de explotación para cada pregunta del cuestionario.

14. Explotación estadística de los datos: Se realizan los análisis con los datos recogidos en el trabajo de campo y se sacan conclusiones.

15. Factibilidad de la investigación: Fuentes bibliográficas y recursos disponibles.

16. Difusión.



## 1.2. Muestreo estratificado

En este tipo de muestreo se divide a la población en subpoblaciones no superpuestas, se les llama estratos. La selección de cada estrato es independiente, teniendo una muestra probabilística para cada uno.

En cada uno de los estratos se debe especificar un diseño de muestreo y un tamaño de la muestra, se puede aplicar el mismo tipo de diseño en todos los estratos, como va a ser este caso.

Puede haber grandes diferencias entre las subpoblaciones en cuanto a la variable de interés e información auxiliar.

Este tipo de muestreo tiene las siguientes ventajas:

Cometerá un error de estimación menor que si usamos muestreo aleatorio simple si las mediciones de cada estrato son homogéneas.

Al estratificar la población en grupos convenientes se puede reducir el coste por observación.

Se pueden obtener estimaciones de parámetros poblacionales para subgrupos de la población.

En este caso, se tienen tres estratos, las tres rutas en las que se va a contabilizar.

(Särndal & all, 1992)

### Notación:

Se tiene una población  $U = \{1, \dots, k, \dots, N\}$ . Estratificación es la partición de  $U$  en  $H$  subpoblaciones, a las que llamamos estratos:  $U_1, \dots, U_h, \dots, U_H$ , donde  $U_h = \{k: k \text{ pertenece al estrato } h\}$

Se selecciona una muestra probabilística  $s_h$  de  $U_h$ , la selección de cada estrato es independiente a los demás estratos.

$$S = s_1 \cup s_2 \cup \dots \cup s_H$$

Como son independientes,

$$p(s) = p_1(s_1)p_2(s_2)\dots p_H(s_H)$$

$N_h$ : Es el número de elementos que tiene el estrato  $h$ .

$$N = \sum_{h=1}^H N_h \tag{1}$$

Los parámetros que se tienen para la población total:

$$Y = \sum_{k \in U} y_k = \sum_{h=1}^H \sum_{k \in U_h} y_k = \sum_{h=1}^H N_h \bar{y}_{U_h} = \sum_{h=1}^H Y_h \tag{2}$$

$$\mu = \frac{Y}{N} = \sum_{h=1}^H \frac{N_h}{N} \bar{y}_{U_h} = \sum_{h=1}^H W_h \bar{y}_{U_h}$$

(3)

Siendo  $W_h = \frac{N_h}{N}$  el tamaño relativo del estrato h.

$f_h = \frac{n_h}{N_h}$  Es el tamaño relativo de la muestra en el estrato h.

$\frac{N_h}{n_h}$  Factor de elevación de los individuos del estrato h.

### 1.3. Muestreo polietápico

En este tipo de muestreo se toman muestras por etapas.

El muestreo directo de elementos en muestras grandes no se usa por alguna de estas razones:

- No existe un marco de muestreo que identifique todos y cada uno de los elementos de la población, y el coste que tendría hacerlo sería excesivo.
- Los elementos de la población están dispersos en un área amplia, esto daría como resultado una muestra muy dispersa por lo que el coste sería excesivo.

Lo que se hace es, en vez de tomar todos los individuos del conglomerado, tomar solo una muestra, esto se llama actuar por submuestreo.

En el muestreo de dos etapas o bietápico, que es el que se va a usar en este caso, la muestra de elementos se obtiene como resultado de dos etapas de muestreo:

1. Los elementos de la población se agrupan en subpoblaciones disjuntas, unidades primarias de muestreo (PSUs).

2. Para cada PSU de la primera etapa, se elige el tipo de unidad de muestreo que se usa en la segunda etapa. Las unidades de muestreo de la segunda etapa (SSUs) pueden ser elementos o conglomerados de elementos. Se extrae una muestra probabilística SSU de cada PSU de la primera etapa muestral.

(Särndal & all, 1992)

#### Notación:

psu: Unidades primarias de muestreo.

ssu: Unidades secundarias de muestreo.

$N_i$ : Número de unidades primarias que conforman la población.

$n_i$ : Número de unidades primarias seleccionadas en la muestra.

$N_i$ : Número de unidades secundarias de la i-ésima psu.

$n_i$ : Número de unidades secundarias de la i-ésima psu tomadas en la muestra.

$U = \{1, \dots, k, \dots, N\}$ : La población, se particiona en subpoblaciones,  $U_1, \dots, U_{N_i}$ , donde  $U = \cup_{i=1}^{N_i} U_i$

La población de psu se denomina:  $U_I = \{1, \dots, i, \dots, N_I\}$

$N = \sum_{i=1}^{N_I} N_i$  : Número total de unidades secundarias en la población.

$y_{ij}$  : Valor de la variable de interés medida en la j-ésima ssu de la i-ésima psu  $\{y_{ij}\}_{i=1, \dots, N_I}^{j=1, \dots, N_i}$

$Y_i = \sum_{j=1}^{N_i} y_{ij}$  : Total de la variable de interés en la i-ésima psu.

$Y = \sum_{i=1}^{N_I} Y_i = \sum_{i=1}^{N_I} \sum_{j=1}^{N_i} y_{ij}$  : Total de la variable de interés en la población.

$\pi_{Ii}$  y  $\pi_{Iij}$  : probabilidades de inclusión de las unidades psu con diseño  $p_I(\cdot)$ .

$\pi_{k/i}$  y  $\pi_{kl/i}$  : probabilidades de inclusión de las unidades ssu con diseño  $p_i(\cdot)$ .

Dos propiedades en el diseño:

- Invarianza: Siempre que la k-ésima psu se incluya en  $s_I$  se debe usar el mismo diseño  $p_i(\cdot)$ :

$$p_i(\cdot/s_I) = p_i(\cdot) \forall s_I y \forall i \in s_I$$

- Independencia: Submuestrear en una psu dada es independiente de submuestrear en otra cualquiera psu:

$$p_i(\{\bigcup_{i \in s_I} s_i\}/s_I) = \prod_{i \in s_I} p_i(s_i/s_I)$$

$$\bigcup_{i \in s_I} s_i = \bigcap_{i \in U_I} (U_1 \times \dots \times x_{s_i} \times \dots \times U_{N_I})$$

$$s_j = \emptyset \text{ si } j \notin s_I$$

Para el cálculo de los estimadores se va a usar **conglomerados últimos**:

Estimador total de la población:

$$\hat{Y} = \sum_{k \in s_I} \frac{\hat{Y}_k}{\pi_k}$$

(4)

Estimador que sobreestima la varianza:

$$\widehat{Var}(\hat{Y}) = N_I^2 \frac{1}{n_I} \left( \frac{\left[ \sum_{k \in s_I} \left( \hat{Y}_k - \frac{\sum_{s_I} \hat{Y}_k}{n_I} \right)^2 \right]}{(n_I - 1)} \right)$$

(5)

Estimador que subestima la varianza:

$$\widehat{Var}(\hat{Y}) = \left(1 - \frac{n_I}{N_I}\right) N_I^2 \frac{1}{n_I} \left( \frac{\left[ \sum_{k \in S_I} \left( \hat{Y}_k - \frac{\sum_{S_I} \hat{Y}_k}{n_I} \right)^2 \right]}{(n_I - 1)} \right)$$

(6)

## 1.4. Muestreo sistemático

En este tipo de muestreo se toman muestras de forma ordenada y directa a partir de una regla determinista.

Se fija un número  $k$  entero y positivo, al cual se le llama intervalo de muestreo. Entre los  $k$  primeros elementos de la lista ordenada de la población se extrae un elemento de forma aleatoria y con igual probabilidad, este elemento será el primero de la muestra. El resto de la muestra se obtiene tomando sistemáticamente cada elemento  $k$ -ésimo a partir del primero hasta que se acabe la lista.

Hay  $k$  posibles muestras, cada una de ellas tiene la misma probabilidad de ser seleccionada, esta es  $1/k$ .

Una definición más formal: Sea  $a$  el intervalo fijo de muestreo y  $n$  la parte entera de  $N/k$ , donde  $N$  es el tamaño de la población. (Särndal & all, 1992) Entonces,

$$N = n * k + c$$

Donde, el entero  $c$  satisface  $0 \leq c < k$ .

Si  $c = 0$ , la muestra que se extraerá será de tamaño  $n$ .

Si  $c > 0$ , la muestra que se extraerá será de tamaño  $n$  o  $n + 1$ .

Los pasos para seleccionar la muestra son:

1. Seleccionar aleatoriamente un número entero y positivo con igual probabilidad,  $1/k$ , dentro del intervalo de muestreo, es decir, entre 1 y  $k$  (ambos incluidos), a este número se le llamará  $\delta$ .

2. La muestra seleccionada será:

$$s = \{k: k = \delta + (j - 1)k \leq N; j = 1, 2, \dots, n_s\} = s_\delta$$

(7)

Donde el tamaño muestral es  $n_s$  siendo  $n$  cuando  $\delta \leq c$  o  $n$  cuando  $c < \delta \leq a$ .

No hay superposición entre las muestras. Si se juntan las muestras, forman la población,  $U = \cup_{\delta=1}^k s_\delta$

Siendo  $y_i$  la respuesta a la variable interés del  $i$ -ésimo individuo,  $i = 1, \dots, N$ , en la siguiente tabla se recoge el conjunto  $S_{s_\delta}$  de  $k$  posibles muestras sistemáticas de tamaño  $n$ , supuesto  $c = 0$ .

	Muestra s				
	$S_1$	...	$S_\delta$	...	$S_k$
Valores y	$y_1$	...	$y_{k+\delta}$	...	$y_{2k}$
	...		...		...
	$y_{(n-1)k+1}$	...	$y_{(n-1)k+\delta}$	...	$y_N$
Muestra total	$Y_{S_1}$	...	$Y_{S_\delta} = \sum_{j=1}^n y_{(j-1)k+\delta}$	...	$Y_{S_k}$

Las probabilidades de inclusión de primer y segundo orden. Como cada elemento  $i$  pertenece a una y solo una de las  $k$  posibles muestras, tenemos para cada  $i \in U$ :

$$\pi_i = \frac{1}{k}$$

Mientras que  $\forall i \neq j$

$$\pi_{ij} = \begin{cases} 1/k & \text{si } i, j \text{ pertenecen a la misma muestra } s_r \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

El  $\pi$ -estimador del total de la población  $Y = \sum_{r=1}^k Y_{S_r} = \sum_{i \in U} y_i$  es:

$$\hat{Y}_{sis} = kY_{S_r}$$

(8)

La varianza del estimador es:

$$Var(\hat{Y}_{sis}) = k \sum_{r=1}^k (Y_{S_r} - \bar{Y})^2$$

(9)

donde  $\bar{Y} = \frac{\sum_{r=1}^k Y_{S_r}}{k} = \frac{Y}{k}$

Otra expresión de la varianza es:

$$Var(\hat{Y}_{sis}) = k(k-1)S_t^2$$

(10)

donde  $S_t^2 = \frac{\sum_{r=1}^k (Y_{S_r} - \bar{Y})^2}{k-1}$

## 1.5. Calibración

La técnica de calibración fue introducida por Deville y Särndal en 1992. La idea es utilizar información auxiliar para mejorar las estimaciones.

El estimador de regresión general (GREG) se justifica por una relación de regresión entre la variable respuesta  $y$ , y la información auxiliar  $x$ . Pero se puede derivar de una forma diferente si nos centramos en el cambio en los pesos.

Los pesos de muestreo ordinarios de la  $k$ -ésima observación son  $1/\pi_k$  donde  $\pi_k$  es la probabilidad de inclusión de  $k$ . Los pesos implícitos en GREG son lo más cercanos posibles, de acuerdo con una medida de distancia dada, respetando unas condiciones

llamadas ecuaciones de calibración. Estos establecen que la suma muestral de los valores ponderados de la variable auxiliar debe ser igual al total conocido de la población auxiliar. Es decir, los pesos calibrados deben dar estimaciones perfectas cuando se aplican a cada variable auxiliar.

Se considera una población  $U = \{1, \dots, k, \dots, N\}$ , de la cual se tiene una muestra probabilística  $s$  ( $s \subseteq U$ ),  $p(s)$  es la probabilidad de que  $s$  sea seleccionado. Se asume que las probabilidades de inclusión  $\pi_k = Pr(k \in s)$  y  $\pi_{kl} = Pr(k \& l \in s)$  son estrictamente positivas.

$y_k$  es la variable de interés, a la que se le asocia información auxiliar  $x_k = (x_{k1}, \dots, x_{kj}, \dots, x_{kJ})'$ .

El objetivo es estimar el total de la población  $t_y = \sum_U y_k$  Usando la calibración de los  $x$ -totales para modificar los pesos básicos,  $d_k = 1/\pi_k$ . Esto aparece en el estimador Horvitz-Thompson:  $\hat{t}_{y\pi} = \sum_s \frac{y_k}{\pi_k} = \sum_s d_k y_k$

(11)

Un nuevo estimador sería:  $\hat{t}_{yw} = \sum_s w_k x_k$

(12)

(Deville & Särndal, 1992)

## **2. Formulación del problema de investigación**

En esta sección se detallan todas las fases necesarias para llevar a cabo el objetivo de estimar el número de usuarios de los carriles bici de Valladolid atendiendo a los medios materiales/personales disponibles.

### **2.1. Ámbito de aplicación, población y marco**

#### **- Ámbito geográfico**

El estudio se realiza en Valladolid por lo que se eligen tres rutas ciclistas para hacerlo. Los puntos de conteo son los siguientes: el cruce entre el Paseo Isabel la Católica y el puente de Poniente, Plaza de España y Fuente Dorada.

#### **- Ámbito poblacional**

El estudio se dirige a las personas que usan los carriles bici de las tres rutas elegidas, tanto en bicicleta como en patinete. La población es de tamaño desconocido.

#### **- Ámbito temporal**

Este estudio tiene una periodicidad semestral. Se hace una prueba piloto el 30 de junio de 2021 y el trabajo de campo de contabilización se realiza en los meses de julio, septiembre y noviembre de 2021.

#### **- Marco**

Como marco se utilizan tres lugares de las tres rutas ciclistas de la ciudad de Valladolid escogidas: el cruce entre el Paseo Isabel la Católica y el puente de Poniente, Plaza de España y Fuente Dorada.

Cada día muestral, se realiza el conteo en la franja horaria de 9:00 a 21:30. En este estudio, el tiempo que está dentro de esa franja horaria es para nosotros un día, ya que el proceso de conteo en las 24 horas es un trabajo imposible para una sola persona.

#### **- Medios y presupuesto**

Este estudio se realiza solamente por una persona y sin presupuesto. Esto hace que sea limitado.

#### **- Información auxiliar**

En Isabel la Católica hay un contador que colocó el Ayuntamiento que muestra la cantidad de vehículos de dos ruedas que van circulando a lo largo del día. Este dato se usa como información auxiliar para saber la cantidad de vehículos de dos ruedas que pasan en la franja de 9:00 a 21:30 en los días de estudio, es decir, el dato real, que servirá para calibrar posteriormente. Tomar este dato implica que, en todos los días muestrales, hay que observar el contador a las 9:00 y a las 21:30.

### **2.2. Diseño muestral**

El diseño muestral es el conjunto de procedimientos para seleccionar una muestra de una población objetivo de estudio. Esta es la metodología que se usa para realizar las mediciones de campo.

El diseño muestral en esta población móvil es probabilístico, esto es, se conoce la probabilidad de selección de cada uno de los individuos de la población a priori. En concreto, el diseño es estratificado con selección bietápica de unidades de tiempo en cada estrato.

Cada una de las rutas es un estrato; se eligen 3 rutas, por tanto, se tienen 3 estratos: Ruta 1 (Paseo Isabel la Católica), Ruta 2 (Plaza de España) y Ruta 3 (Fuente Dorada). En un principio en vez de Fuente Dorada, este punto de observación iba a ser en el Campus Universitario, en el apartado 3.1. se explica la razón del cambio.

Se utiliza muestreo bietápico en la selección de unidades de tiempo durante el periodo de 6 meses que dura el trabajo de campo:

Etapas muestreo bietápico:

En la primera etapa se seleccionan los días del mes muestral con muestreo sistemático  
Unidades primarias: Días del mes, se seleccionan 6 días por mes.

En la segunda etapa se toma una muestra sistemática de periodos de ½ hora en cada día muestral. Unidades secundarias: ½ hora, se seleccionan 24 medias horas por ruta al mes.

En cada día muestral se contabiliza el uso en las medias horas muestrales seleccionadas de 9:00 a 21:30. También se anota el dato que nos proporciona el contador situado en Isabel la Católica a las 9:00 y a las 21:30, teniendo así el dato real diario de una de las tres rutas y realizar calibración en las estimaciones de las otras dos rutas.

A continuación, se detalla específicamente las unidades estadísticas utilizadas en el diseño muestral.

### **2.2.1. Elección de rutas muestrales (estratos)**

Las tres rutas elegidas tienen carril bici, este es un carril para uso exclusivo de bicicletas y patinetes eléctricos, o ciclo carril, son carriles compartidos por automóviles, bicicletas y patinetes eléctricos.

Las rutas elegidas para hacer el estudio:

#### **RUTA 1. Un paseo por el Pisuerga:**

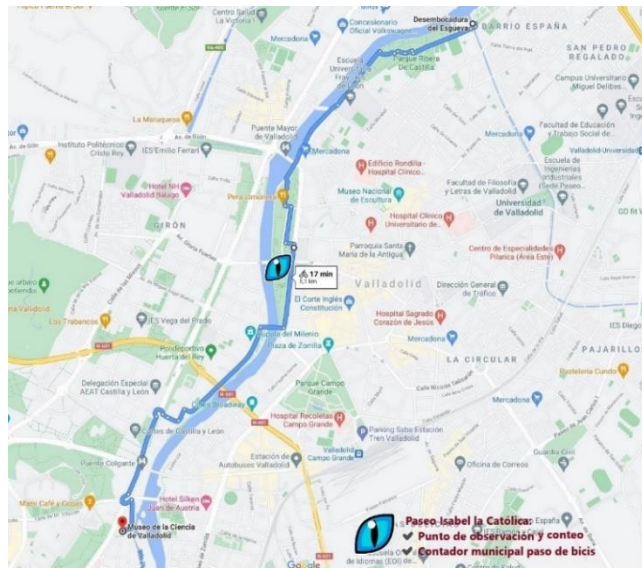
En esta ruta se parte de la desembocadura del río Esgueva hasta llegar al Museo de la Ciencia.

Realizando esta ruta por carril bici disfrutando de sus ríos, parques y puentes históricos. Atraviesa Valladolid por el parque Ribera de Castilla, las Moreras, Paseo Isabel la Católica o la Cúpula del Milenio hasta llegar al Museo de la Ciencia.

Recorrido de 5,1 Km en 17 minutos.

**Punto de observación y conteo:** Cruce de Poniente con el Paseo Isabel la Católica. En el punto que se realiza el conteo hay carril bici exclusivo de bicicletas y patinetes.

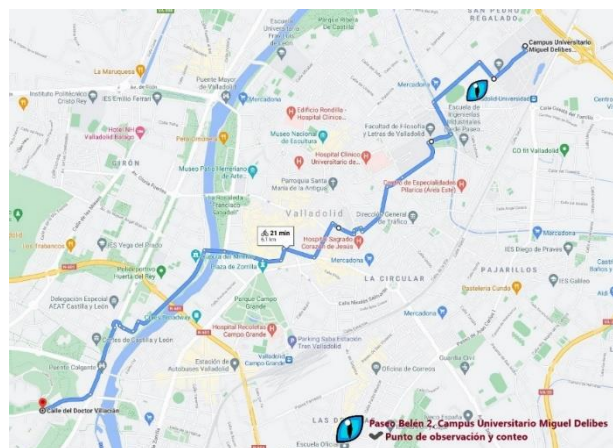




## RUTA 2. Universidades

Esta es la ruta que se pensó inicialmente. El punto de observación estaba en el Campus Universitario Miguel Delibes pero este punto de conteo está muy lejos de los otros dos, Isabel la Católica y Plaza de España. Al hacer la muestra piloto se comprueba que no da tiempo a llegar al punto de conteo de esta ruta y desde este punto al punto de la siguiente ruta, por lo que se modifica mínimamente la ruta para poner el punto de conteo en Plaza de España y de esta manera llegar fácilmente desde los otros puntos de conteo de las otras dos rutas, que ahora serán Isabel la Católica y Fuente Dorada.

Mapa del punto de observación inicial, en el Campus Universitario Miguel Delibes:

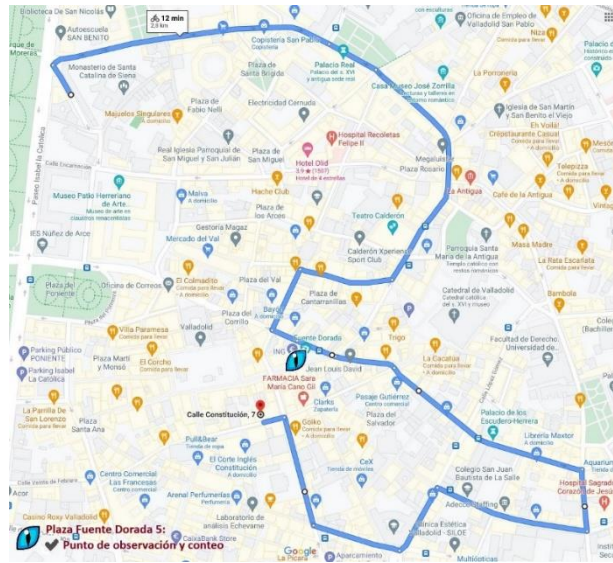


### Ruta modificada:

Se parte desde Parquesol para llegar hasta la Facultad de Ciencias, antes se pasa por el polideportivo de la UVA (calle Ruiz Hernández), Escuela de Ingenierías Industriales, Filosofía y Letras, Económicas para llegar al Campus Miguel Delibes. Recorrido 6,2 km en 21 minutos.

**Punto de observación y conteo:** Plaza de España 12.

En el punto que se realiza el conteo hay ciclo carril, carril compartido por automóviles, bicicletas y patinetes eléctricos.

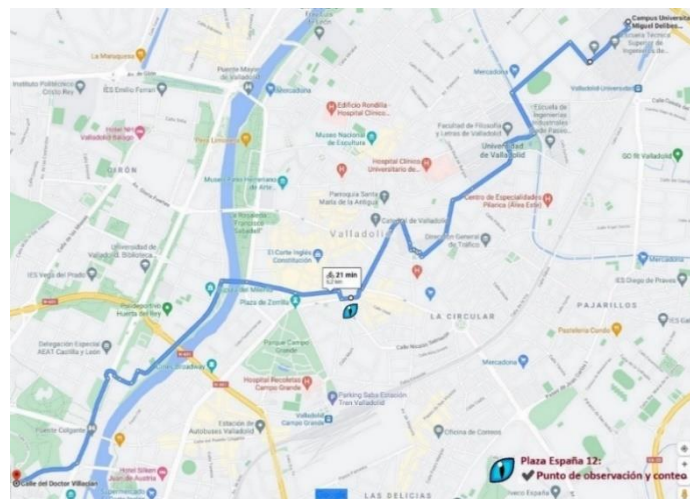


### RUTA 3. Zona centro.

Se parte del entorno de la Biblioteca de Castilla y León en la Plaza de la Trinidad se recorre el centro de la ciudad terminando en los alrededores de la Plaza Mayor. Recorrido 2,8 km en 12 minutos.

**Punto de observación y conteo:** Plaza Fuente Dorada 5.

En el punto que se realiza el conteo hay ciclo carril, carril compartido por automóviles, bicicletas y patinetes eléctricos.



### 2.2.2. Elección de meses muestrales

El estudio se realiza de forma semestral (de junio a diciembre) de los cuales se va a muestrear en 3 meses: julio, septiembre y noviembre.

A finales de junio se hace una muestra piloto para detectar problemas y la necesidad de realizar algún cambio. Es importante hacer este estudio piloto porque, como se ha visto antes, se ha tenido que modificar una de las rutas ya que no era posible llegar en tiempo.

### 2.2.3. Elección de días muestrales

Para elegir las unidades de tiempo de días al mes se va a usar muestreo polietápico, en este apartado se explica la primera fase:

1º Muestreo sistemático de días. Unidades primarias: Días del mes, se seleccionan 6 días por mes.

La elección en cada mes se hace mediante muestreo sistemático:

#### Días en Julio:

$N = 31$  días que tiene el mes.

$n = 6$  días que se quiere muestrear al mes.

$k = N/n = 31/6 = 5,17 \approx 5$

Se elige un número aleatorio  $\delta$  entre 1 y  $k$ , en este caso, entre 1 y 5. Este número permite obtener la primera unidad muestral.  $\delta = \text{arranque aleatorio} = 2$ .

Seleccionando los elementos de la muestra se obtiene: 2, 7, 12, 17, 22 y 27.

La probabilidad de inclusión de cualquier día es:  $\Pi_{\text{día}} = 6/31$ .

#### Días en Septiembre:

$N = 30$  días que tiene el mes.

$n = 6$  días que queremos muestrear al mes.

$k = N/n = 30/6 = 5$

Se elige un número aleatorio  $\delta$  entre 1 y  $k$ , en este caso, entre 1 y 5. Este número permite obtener la primera unidad muestral.  $\delta = \text{arranque aleatorio} = 5$ .

Seleccionando los elementos de la muestra se obtiene: 5, 10, 15, 20, 25 y 30.

La probabilidad de inclusión de cualquier día es:  $\Pi_{\text{día}} = 6/30$ .

#### Días en Noviembre:

$N = 30$  días que tiene el mes

$n = 6$  días que queremos muestrear al mes

$$k = N/n = 30/6 = 5$$

Se elige un número aleatorio  $\delta$  entre 1 y  $k$ , en este caso, entre 1 y 5. Este número nos permite obtener la primera unidad muestral.  $\delta = \text{arranque aleatorio} = 3$ .

Seleccionando los elementos de la muestra se obtiene: 4, 9, 14, 19, 24 y 29.

La probabilidad de inclusión de cualquier día es:  $\Pi_{\text{día}} = 6/30$ .

En la tabla 2.1 se muestran los días que se han seleccionado mediante muestreo sistemático:

JULIO 2021		SEPTIEMBRE 2021		NOVIEMBRE 2021	
1	J	1	X	1	L
2	V	2	J	2	M
3	S	3	V	3	X
4	D	4	S	4	J
5	L	5	D	5	V
6	M	6	L	6	S
7	X	7	M	7	D
8	J	8	X	8	L
9	V	9	J	9	M
10	S	10	V	10	X
11	D	11	S	11	J
12	L	12	D	12	V
13	M	13	L	13	S
14	X	14	M	14	D
15	J	15	X	15	L
16	V	16	J	16	M
17	S	17	V	17	X
18	D	18	S	18	J
19	L	19	D	19	V
20	M	20	L	20	S
21	X	21	M	21	D
22	J	22	X	22	L
23	V	23	J	23	M
24	S	24	V	24	X
25	D	25	S	25	J
26	L	26	D	26	V
27	M	27	L	27	S
28	X	28	M	28	D
29	J	29	X	29	L
30	V	30	J	30	M
31	S				
		Días de observación y conteo de bicis			

Tabla 2.1: Días de conteo.

#### 2.2.4. Elección de horas muestrales

La elección de las unidades de tiempo de horas al día es la segunda fase del muestreo polietápico:

2ª etapa, muestreo sistemático de horas. Unidades secundarias:  $\frac{1}{2}$  hora, 24 medias horas por ruta al mes.

Se aplica muestreo sistemático para obtener las medias horas en las se contabilizará, esto se hace para la primera ruta. La contabilización en la ruta 2 se hace con una diferencia de media hora respecto de la primera ruta y la contabilización de la ruta 3 se hace con una diferencia de media hora respecto de la segunda ruta. Esta diferencia de media hora entre una ruta y otra es para poder desplazarse de una a otra.

El tramo horario registrado de cada día va desde las 9:00 hasta las 21:30, se considera que dentro de este tramo pasará una cantidad de bicicletas y patinetes eléctricos razonable.

##### Horas en julio:

$N = 25$  medias horas que se tienen al día  $\times$  6 días al mes = 150 medias horas en julio.

$n = 24$  medias horas al mes.

$k = N/n = 150/24 = 6,25 \approx 6$

Se elige un número aleatorio  $\delta$  entre 1 y  $k$ , en este caso, entre 1 y 6. Este número permite obtener la primera unidad muestral.  $\delta =$  arranque aleatorio = 1. La muestra se obtiene dando un salto de  $k$  en  $k$  unidades de la lista.

La lista de la que se seleccionan las unidades de tiempo son las 150 medias horas que van de 9:00 a 21:30 de los 6 días elegidos en julio, de esta lista se seleccionan 24 medias horas, como el arranque aleatorio es 1, la primera media hora de conteo se hace el día 2 de julio a las 9:00, la siguiente media hora de conteo se hará a las 12:00 y así hasta el final del mes.

La probabilidad de inclusión de cualquier media hora es:  $\Pi_{\text{hora}} = 24/150$ .

Para la ruta 2, como se ha dicho anteriormente, se deja media hora de diferencia con la ruta 1 y para la ruta 3 se deja media hora de diferencia con la ruta 2.

##### Horas en septiembre:

Los cálculos para obtener  $k$  son los mismos que en el caso de julio, el número aleatorio sí que cambia, por tanto, también cambian los días:

Se elige un número aleatorio  $\delta$  entre 1 y  $k$ , en este caso, entre 1 y 6. Este número permite obtener la primera unidad muestral.  $\delta =$  arranque aleatorio = 6. La muestra se obtiene dando un salto de  $k$  en  $k$  unidades de la lista.

La lista de la que se seleccionan las unidades de tiempo son las 150 medias horas que van de 9:00 a 21:30 de los 6 días elegidos en septiembre, de esta lista se seleccionan 24 medias horas, como el arranque aleatorio es 6, la primera media hora de conteo se

hace el día 5 de septiembre a las 11:30, la siguiente media hora de conteo se hará a las 14:30 y así hasta el final del mes.

La probabilidad de inclusión de cualquier unidad estadística "media hora" es:  $\Pi_{\text{hora}} = 24/150$ .

Para la ruta 2, como se ha dicho anteriormente, se deja media hora de diferencia con la ruta 1 y para la ruta 3 se deja media hora de diferencia con la ruta 2.

### **Horas en noviembre:**

Los cálculos para obtener k son los mismos que en el caso de julio, el número aleatorio sí que cambia, por tanto, también cambian los días:

Se elige un número aleatorio  $\delta$  entre 1 y k, en este caso, entre 1 y 6. Este número permite obtener la primera unidad muestral.  $\delta = \text{arranque aleatorio} = 3$ . La muestra se obtiene dando un salto de k en k unidades de la lista.

La lista de la que se seleccionan las unidades de tiempo son las 150 medias horas que van de 9:00 a 21:30 de los 6 días elegidos en noviembre, de esta lista se seleccionan 24 medias horas, como el arranque aleatorio es 3, la primera media hora de conteo se hace el día 4 de noviembre a las 10:00, la siguiente media hora de conteo se hará a las 13:00 y así hasta el final del mes.

La probabilidad de inclusión de cualquier media hora es:  $\Pi_{\text{hora}} = 24/150$ .

Para la ruta 2, como se ha dicho anteriormente, se deja media hora de diferencia con la ruta 1 y para la ruta 3 se deja media hora de diferencia con la ruta 2.

### 3. Trabajo de campo

Con las técnicas que se han elegido se realiza el trabajo de campo. Se van a recoger los datos, el método que se ha elegido es el de observación directa.

#### 3.1. Prueba piloto

Antes de realizar el conteo en los días y horas seleccionados anteriormente, se realiza una prueba piloto el día 30 de junio, para comprobar que no haya ningún problema y se pueda llegar a todos los puntos.

Cuando se hizo la prueba piloto los puntos de conteo fueron los siguientes. Ruta 1: Paseo Isabel la Católica; ruta 2: Campus Universitario Miguel Delibes; ruta 3: Plaza de España.

Los cálculos del muestreo aleatorio simple para las unidades de tiempo, antes de realizar los cambios oportunos, son:

$N = 24$  medias horas que hay al día.

$n = 4$  medias horas que se seleccionan por ruta.

$k = N/n = 24/4 = 6$

Se elige un número aleatorio  $\delta$  entre 1 y  $k$ , en este caso, entre 1 y 6. Este número permite obtener la primera unidad muestral.  $\delta = \text{arranque aleatorio} = 1$ .

Para realizar el conteo a las 9:30 se anota el número de vehículos de dos ruedas que han pasado por el Paseo Isabel la Católica desde las 00:00 hasta las 9:30. Este día pasaron 64.

Ahora se anota el número de vehículos de dos ruedas que pasan, al igual que hace el contador, en el intervalo de tiempo de 9:30 a 10:00. Al finalizar se tiene media hora para moverse al siguiente punto de conteo y contar en la ruta 2, que en este caso era el Campus Universitario Miguel Delibes. Esto se hace de 10:30 a 11:00 y al acabar se tiene media hora para moverse al siguiente punto de conteo, la ruta 3, en la que se empieza a contar en la franja de 11:30 a 12:00 y así hasta las 21:00. A las 21:30 se apunta el número total de vehículos de dos ruedas que han pasado en el Paseo Isabel la Católica hasta esa hora, este día fueron 582.

Con los dos datos que nos proporciona el contador, en el que a las 9:30 mostraba 64 y a las 21:30 mostraba 582, se puede saber el número de vehículos de dos ruedas que han pasado durante el tiempo de estudio:  $582 - 64 = 518$ .

En la siguiente tabla aparecen los datos recogidos ese día:



30 de junio	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
9:30-10:00	15		
10:00-10:30			
10:30-11:00		4	
11:00-11:30			
11:30-12:00			2
12:00-12:30			
12:30-13:00	30		
13:00-13:30			
13:30-14:00		9	
14:00-14:30			
14:30-15:00			5
15:00-15:30			
15:30-16:00	11		
16:00-16:30			
16:30-17:00		1	
17:00-17:30			
17:30-18:00			13
18:00-18:30			
18:30-19:00	22		
19:00-19:30			
19:30-20:00		3	
20:00-20:30			
20:30-21:00			15
21:00-21:30			
Contador 9:30	64		
Contador 21:30	582		
Total de bicicletas contador 9:30 a 21:30			518

**Tabla 3.1:** Prueba piloto 30 de junio de 2021.

Al hacer esta muestra piloto nos dimos cuenta de que era imposible que el encuestador llegara de un punto de conteo a otro por lo que se busca una ruta alternativa en la que se pueda llegar andando sin ningún problema. El cambio realizado es quitar el punto de observación en el Campus Miguel Delibes y añadir un punto de conteo en Fuente Dorada. Por tanto, las rutas finales son: ruta 1: Paseo Isabel la Católica, ruta 2: Plaza de España y ruta 3: Fuente Dorada.

La elección de 6 días al mes y de 24 horas al mes son decisiones propias, si se tuviese un equipo de encuestadores podría ampliarse la muestra para mejorar las estimaciones.

### 3.2. Datos recogidos para el estudio

Para realizar la recogida de datos, hay que ir a los puntos de conteo seleccionados como puntos de observación de cada una de las rutas en los tiempos que se han elegido como muestra.

En cada punto es media hora de conteo, por lo que se cuenta la cantidad de vehículos de dos ruedas que pasan por ese punto en el intervalo de media hora. Se tienen en cuenta todos los vehículos de dos ruedas para hacerlo igual que el contador de Isabel la Católica. El conteo se hace de forma manual.

¿Cómo lo hace el contador de Isabel la Católica?

Hay unas vías en el suelo, encima de la carretera que permite identificar el paso de los vehículos de dos ruedas, tanto bicicletas como patinetes, descartando las pisadas de peatones.

La última fila de cada día de las tablas 3.2, 3.3 y 3.4 indica el dato real de bicicletas y patinetes que han pasado en el tiempo de estudio diario, de 9:00 a 21:30. Para realizar el cálculo, al igual que se hizo en la muestra piloto, se anota el número del contador situado en el Paseo Isabel la Católica que indica los vehículos de dos ruedas que han pasado desde las 00:00, el cual anotamos a las 9:00 y a las 21:30. La diferencia será la cantidad de vehículos de dos ruedas que han pasado en el tiempo de estudio.

A continuación, los datos recogidos:

**En julio:**

2 de Julio	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	7 de Julio	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
9:00-9:30	26			9:00-9:30			
9:30-10:00				9:30-10:00		10	
10:00-10:30		21		10:00-10:30			
10:30-11:00				10:30-11:00			8
11:00-11:30			7	11:00-11:30			
11:30-12:00				11:30-12:00	26		
12:00-12:30	24			12:00-12:30			
12:30-13:00				12:30-13:00		17	
13:00-13:30		16		13:00-13:30			
13:30-14:00				13:30-14:00			15
14:00-14:30			17	14:00-14:30			
14:30-15:00				14:30-15:00	51		
15:00-15:30	28			15:00-15:30			
15:30-16:00				15:30-16:00		15	
16:00-16:30		19		16:00-16:30			
16:30-17:00				16:30-17:00			12
17:00-17:30			14	17:00-17:30			
17:30-18:00				17:30-18:00	24		
18:00-18:30	13			18:00-18:30			
18:30-19:00				18:30-19:00		19	
19:00-19:30		17		19:00-19:30			
19:30-20:00				19:30-20:00			11
20:00-20:30			9	20:00-20:30			
20:30-21:00				20:30-21:00	18		
21:00-21:30	23			21:00-21:30			
739 - 138 = 601				816 - 130 = 686			

12 de Julio	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	17 de Julio	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
9:00-9:30		13		9:00-9:30			
9:30-10:00				9:30-10:00			4
10:00-10:30			6	10:00-10:30			
10:30-11:00				10:30-11:00	25		
11:00-11:30	20			11:00-11:30			
11:30-12:00				11:30-12:00		7	
12:00-12:30		8		12:00-12:30			
12:30-13:00				12:30-13:00			16
13:00-13:30			12	13:00-13:30			
13:30-14:00				13:30-14:00	23		
14:00-14:30	37			14:00-14:30			
14:30-15:00				14:30-15:00		14	
15:00-15:30		17		15:00-15:30			
15:30-16:00				15:30-16:00			5
16:00-16:30			9	16:00-16:30			
16:30-17:00				16:30-17:00	10		
17:00-17:30	17			17:00-17:30			
17:30-18:00				17:30-18:00		7	
18:00-18:30		16		18:00-18:30			
18:30-19:00				18:30-19:00			7
19:00-19:30			12	19:00-19:30			
19:30-20:00				19:30-20:00	20		
20:00-20:30	28			20:00-20:30			
20:30-21:00				20:30-21:00		11	
21:00-21:30		18		21:00-21:30			
824 - 137 = 687				553 - 87 = 466			

22 de Julio	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	27 de Julio	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
9:00-9:30			7	9:00-9:30			
9:30-10:00				9:30-10:00	26		
10:00-10:30	24			10:00-10:30			
10:30-11:00				10:30-11:00		27	
11:00-11:30		11		11:00-11:30			
11:30-12:00				11:30-12:00			10
12:00-12:30			17	12:00-12:30			
12:30-13:00				12:30-13:00	24		
13:00-13:30	19			13:00-13:30			
13:30-14:00				13:30-14:00		22	
14:00-14:30		31		14:00-14:30			
14:30-15:00				14:30-15:00			16
15:00-15:30			9	15:00-15:30			
15:30-16:00				15:30-16:00	24		
16:00-16:30	18			16:00-16:30			
16:30-17:00				16:30-17:00		13	
17:00-17:30		17		17:00-17:30			
17:30-18:00				17:30-18:00			7
18:00-18:30			12	18:00-18:30			
18:30-19:00				18:30-19:00			
19:00-19:30	21			19:00-19:30			
19:30-20:00				19:30-20:00			
20:00-20:30		39		20:00-20:30			
20:30-21:00				20:30-21:00			
21:00-21:30			25	21:00-21:30			
811 - 154 = 657				773 - 138 = 635			

**Tabla 3.2:** Datos observados julio 2021.

**En septiembre:**

5 de Septiembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	10 de Septiembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
9:00-9:30				9:00-9:30		14	
9:30-10:00				9:30-10:00			
10:00-10:30				10:00-10:30			16
10:30-11:00				10:30-11:00			
11:00-11:30				11:00-11:30	32		
11:30-12:00	26			11:30-12:00			
12:00-12:30				12:00-12:30		22	
12:30-13:00		15		12:30-13:00			
13:00-13:30				13:00-13:30			9
13:30-14:00			19	13:30-14:00			
14:00-14:30				14:00-14:30	43		
14:30-15:00	18			14:30-15:00			
15:00-15:30				15:00-15:30		13	
15:30-16:00		10		15:30-16:00			
16:00-16:30				16:00-16:30			11
16:30-17:00			11	16:30-17:00			
17:00-17:30				17:00-17:30	31		
17:30-18:00	14			17:30-18:00			
18:00-18:30				18:00-18:30		16	
18:30-19:00		16		18:30-19:00			
19:00-19:30				19:00-19:30			16
19:30-20:00			12	19:30-20:00			
20:00-20:30				20:00-20:30	38		
20:30-21:00	27			20:30-21:00			
21:00-21:30				21:00-21:30		10	
673 - 72 = 601				920 - 161 = 759			

15 de Septiembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	20 de Septiembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
9:00-9:30				9:00-9:30			15
9:30-10:00			11	9:30-10:00			
10:00-10:30				10:00-10:30	27		
10:30-11:00	24			10:30-11:00			
11:00-11:30				11:00-11:30		29	
11:30-12:00		19		11:30-12:00			
12:00-12:30				12:00-12:30			12
12:30-13:00			12	12:30-13:00			
13:00-13:30				13:00-13:30	22		
13:30-14:00	32			13:30-14:00			
14:00-14:30				14:00-14:30		29	
14:30-15:00		25		14:30-15:00			
15:00-15:30				15:00-15:30			23
15:30-16:00			13	15:30-16:00			
16:00-16:30				16:00-16:30	29		
16:30-17:00	29			16:30-17:00			
17:00-17:30				17:00-17:30		28	
17:30-18:00		19		17:30-18:00			
18:00-18:30				18:00-18:30			13
18:30-19:00			10	18:30-19:00			
19:00-19:30				19:00-19:30	11		
19:30-20:00	50			19:30-20:00			
20:00-20:30				20:00-20:30		17	
20:30-21:00		15		20:30-21:00			
21:00-21:30				21:00-21:30			20
832 - 108 = 724				2668 - 2028 = 640			
25 de Septiembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	30 de Septiembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
9:00-9:30				9:00-9:30	25		
9:30-10:00	7			9:30-10:00			
10:00-10:30				10:00-10:30		20	
10:30-11:00		10		10:30-11:00			
11:00-11:30				11:00-11:30			10
11:30-12:00			6	11:30-12:00			
12:00-12:30				12:00-12:30	29		
12:30-13:00	30			12:30-13:00			
13:00-13:30				13:00-13:30		27	
13:30-14:00		14		13:30-14:00			
14:00-14:30				14:00-14:30			16
14:30-15:00			13	14:30-15:00			
15:00-15:30				15:00-15:30	30		
15:30-16:00	5			15:30-16:00			
16:00-16:30				16:00-16:30		23	
16:30-17:00		12		16:30-17:00			
17:00-17:30				17:00-17:30			15
17:30-18:00			5	17:30-18:00			
18:00-18:30				18:00-18:30	40		
18:30-19:00	7			18:30-19:00			
19:00-19:30				19:00-19:30		18	
19:30-20:00		12		19:30-20:00			
20:00-20:30				20:00-20:30			19
20:30-21:00			16	20:30-21:00			
21:00-21:30				21:00-21:30			
2076 - 1773 = 303				720 - 120 = 600			

**Tabla 3.3:** Datos observados septiembre 2021.

**En noviembre:**

4 de Noviembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	9 de Noviembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
9:00-9:30				9:00-9:30			
9:30-10:00				9:30-10:00	20		
10:00-10:30	21			10:00-10:30			
10:30-11:00				10:30-11:00		22	
11:00-11:30		12		11:00-11:30			
11:30-12:00				11:30-12:00			14
12:00-12:30			9	12:00-12:30			
12:30-13:00				12:30-13:00	21		
13:00-13:30	26			13:00-13:30			
13:30-14:00				13:30-14:00		34	
14:00-14:30		33		14:00-14:30			
14:30-15:00				14:30-15:00			25
15:00-15:30			10	15:00-15:30			
15:30-16:00				15:30-16:00	42		
16:00-16:30	30			16:00-16:30			
16:30-17:00				16:30-17:00		21	
17:00-17:30		24		17:00-17:30			
17:30-18:00				17:30-18:00			12
18:00-18:30			10	18:00-18:30			
18:30-19:00				18:30-19:00	24		
19:00-19:30	32			19:00-19:30			
19:30-20:00				19:30-20:00		8	
20:00-20:30		25		20:00-20:30			
20:30-21:00				20:30-21:00			11
21:00-21:30			16	21:00-21:30			
848 - 165 = 683				874 - 161 = 713			
14 de Noviembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	19 de Noviembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
9:00-9:30	7			9:00-9:30			
9:30-10:00				9:30-10:00		15	
10:00-10:30		5		10:00-10:30			
10:30-11:00				10:30-11:00			13
11:00-11:30			9	11:00-11:30			
11:30-12:00				11:30-12:00	25		
12:00-12:30	16			12:00-12:30			
12:30-13:00				12:30-13:00		26	
13:00-13:30		17		13:00-13:30			
13:30-14:00				13:30-14:00			14
14:00-14:30			15	14:00-14:30			
14:30-15:00				14:30-15:00	50		
15:00-15:30	9			15:00-15:30			
15:30-16:00				15:30-16:00		18	
16:00-16:30		15		16:00-16:30			
16:30-17:00				16:30-17:00			13
17:00-17:30			8	17:00-17:30			
17:30-18:00				17:30-18:00	18		
18:00-18:30	38			18:00-18:30			
18:30-19:00				18:30-19:00		10	
19:00-19:30		9		19:00-19:30			
19:30-20:00				19:30-20:00			13
20:00-20:30			6	20:00-20:30			
20:30-21:00				20:30-21:00	23		
21:00-21:30	13			21:00-21:30			
443 - 35 = 408				780 - 149 = 631			

24 de Noviembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	29 de Noviembre	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
9:00-9:30		10		9:00-9:30			
9:30-10:00				9:30-10:00			6
10:00-10:30			6	10:00-10:30			
10:30-11:00				10:30-11:00	22		
11:00-11:30	8			11:00-11:30			
11:30-12:00				11:30-12:00		17	
12:00-12:30		1		12:00-12:30			
12:30-13:00				12:30-13:00			7
13:00-13:30			3	13:00-13:30			
13:30-14:00				13:30-14:00	29		
14:00-14:30	12			14:00-14:30			
14:30-15:00				14:30-15:00		24	
15:00-15:30		9		15:00-15:30			
15:30-16:00				15:30-16:00			13
16:00-16:30			11	16:00-16:30			
16:30-17:00				16:30-17:00	25		
17:00-17:30	19			17:00-17:30			
17:30-18:00				17:30-18:00		20	
18:00-18:30		11		18:00-18:30			
18:30-19:00				18:30-19:00			15
19:00-19:30			9	19:00-19:30			
19:30-20:00				19:30-20:00			
20:00-20:30	18			20:00-20:30			
20:30-21:00				20:30-21:00			
21:00-21:30		9		21:00-21:30			
324 - 112 = 212				671 - 134 = 537			

**Tabla 3.4:** Datos observados noviembre 2021.

## 4. Estimaciones

A partir de los datos recogidos en el trabajo de campo se estima el total de usuarios de bicicletas y patinetes de manera puntual y por intervalos de confianza; dado que el diseño muestral es probabilístico, es posible estimar la varianza de los estimadores y construir los intervalos.

Para obtener las estimaciones, se va de menos a más dado que es un muestreo polietápico: primero se hace la estimación total de los días con los datos de las medias horas, después de los meses a partir de las anteriores y por último de los 6 meses (julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre).

Las tablas [4.1](#), [4.2](#) y [4.3](#) muestran en la columna de la izquierda los datos observados en cada media hora; en la columna del medio se calcula la estimación de usuarios por día de los 6 días que se observan al mes y en la columna de la derecha se hace la estimación de usuarios por cada mes. El intervalo de confianza se calcula al 90%,  $q = Z_{\alpha/2} = Z_{0,05} = 1,645$ .

Las estimaciones en cada ruta se realizan por separado, ya que cada una de las rutas es un estrato.

Primero se realizan las estimaciones sin usar calibración.

Para hacer los cálculos de los estimadores se usa muestreo sistemático, aplicando la fórmula [\(8\)](#). Para la estimación de usuarios por día se usan los datos observados y para la estimación de usuarios por mes se usan las estimaciones de usuarios por día calculadas anteriormente. El cálculo de la estimación de la varianza se realiza usando conglomerados últimos aplicando la fórmula [\(6\)](#).

### 4.1. Estimaciones en la ruta 1

En la tabla [4.1](#) se observa que el mes con más circulación es septiembre y el que menos noviembre. Esto se puede ver en la tercera columna, estimaciones de usuarios por mes.

La tabla [4.3](#) muestra los intervalos de confianza para cada mes. Se ve de forma más visual en el gráfico [4.1](#).

En el gráfico [4.1](#) se observa que la intersección de los intervalos no es vacía, por lo que no se rechaza la hipótesis nula de igualdad, no hay diferencias significativas de los usuarios entre los distintos meses.

Datos observados	Estimación usuarios por día	Estimación usuarios por mes
<b>Julio</b>		
26	$\hat{T}_{j2} = \frac{26+24+28+13+23}{5} \times 25 = 570$	$\hat{T}_{1j} = \frac{\hat{T}_{j2} + \hat{T}_{j7} + \hat{T}_{j12} + \hat{T}_{j17} + \hat{T}_{j22} + \hat{T}_{j27}}{6} \times 31 = 18\,434,24$
24		
28		
13		
23		
26	$\hat{T}_{j7} = \frac{26+51+24+18}{4} \times 25 = 743,75$	
51		
24		
18		
20		
37		

17	$\hat{T}_{j12} = \frac{20+37+17+28}{4} \times 25 =$		
28			637,5
25	$\hat{T}_{j17} = \frac{25+23+10+20}{4} \times 25 =$		
23			487,5
10			
20			
24	$\hat{T}_{j22} = \frac{24+19+18+21}{4} \times 25 =$		
19			512,5
18			
21			
26	$\hat{T}_{j27} = \frac{26+24+24}{3} \times 25 =$		
24		616,67	
24			
<b>Septiembre</b>			
26	$\hat{T}_{s5} = \frac{26+18+14+27}{4} \times 25 =$	$\hat{T}_{1s} = \frac{\hat{T}_{s5} + \hat{T}_{s10} + \hat{T}_{s15} + \hat{T}_{s20} + \hat{T}_{s25} + \hat{T}_{s30}}{6} \times 30$ $= 19\ 562,5$	
18			531,25
14			
27			
32	$\hat{T}_{s10} =$ $\frac{32+43+31+38}{4} \times 25 = 900$		
43			
31			
38			
24	$\hat{T}_{s15} =$ $\frac{24+32+29+50}{4} \times 25 =$		
32			843,75
29			
11			
27	$\hat{T}_{s20} =$ $\frac{27+22+29+11}{4} \times 25 =$		
22		556,25	
29			
11			
7	$\hat{T}_{s25} = \frac{7+30+5+7}{4} \times 25 =$		
30		306,25	
5			
7			
25	$\hat{T}_{s30} =$ $\frac{25+29+30+40}{4} \times 25 = 775$		
29			
30			
40			
<b>Noviembre</b>			
21	$\hat{T}_{n4} = \frac{21+26+30+32}{4} \times 25 =$	$\hat{T}_{1n} = \frac{\hat{T}_{n4} + \hat{T}_{n9} + \hat{T}_{n14} + \hat{T}_{n19} + \hat{T}_{n24} + \hat{T}_{n29}}{6} \times 30$ $= 17\ 397,92$	
26			681,25
30			
32			
20	$\hat{T}_{n9} = \frac{20+21+42+24}{4} \times 25 =$		
21			668,75
42			
24			
7	$\hat{T}_{n14} =$ $\frac{7+16+9+38+13}{5} \times 25 = 415$		
16			
9			
38			
13			
25	$\hat{T}_{n19} =$ $\frac{25+50+18+23}{4} \times 25 = 725$		
50			
18			
23			
8	$\hat{T}_{n24} = \frac{8+12+19+18}{4} \times 25 =$		
12		356,25	
19			
18			
22	$\hat{T}_{n29} = \frac{22+29+25}{3} \times 25 =$		
29		633,33	
25			

**Tabla 4.1:** Estimación puntual de usuarios en ruta 1 sin calibración.

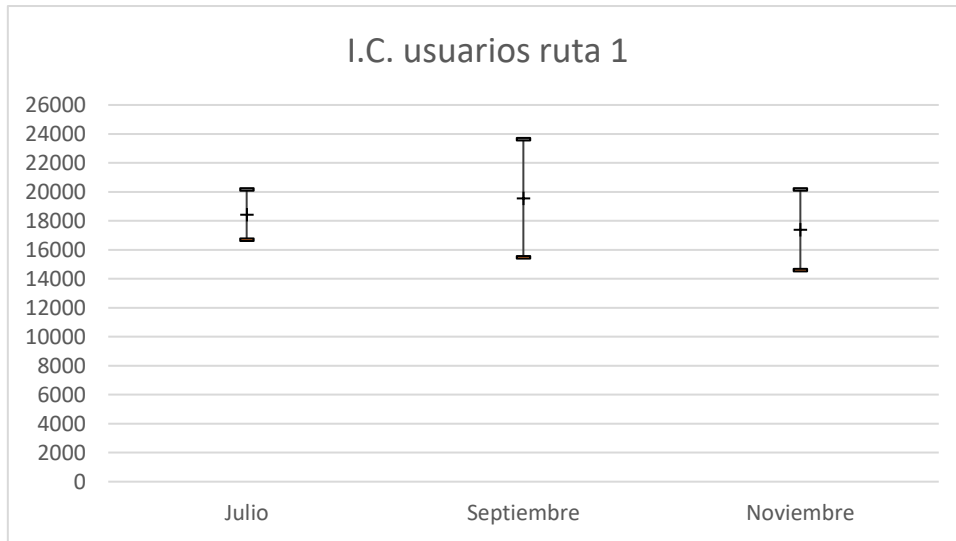


Estimación del error mensualmente	
<b>Julio</b>	$Var(\widehat{T}_{1j}) = \left(1 - \frac{n_I}{N_I}\right) N_I^2 \frac{1}{n_I} \left( \frac{\left[ \sum_{k \in S_I} \left( \widehat{T}_k - \frac{\sum S_I \widehat{T}_k}{n_I} \right)^2 \right]}{(n_I - 1)} \right) =$ $\left(1 - \frac{6}{31}\right) 31^2 \frac{1}{6} Var(570, 743,5, 637,5, 487,5, 512,5, 616,67)$ $= 1\ 120\ 883$
<b>Septiembre</b>	$Var(\widehat{T}_{1s}) = 6\ 160\ 625$
<b>Noviembre</b>	$Var(\widehat{T}_{1n}) = 2\ 862\ 878$

**Tabla 4.2:** Estimación del error mensual en la ruta 1 sin calibración.

Estimación por intervalo de confianza mensualmente del 90%	
<b>Julio</b>	$Btau = q \sqrt{Var(\widehat{T}_{1j})} = 1,645 \sqrt{1\ 120\ 883} = 1\ 741,44$ $I. C. = [\widehat{T}_{1j} - Btau, \widehat{T}_{1j} + Btau] = [16\ 692,8, 20\ 175,67]$
<b>Septiembre</b>	$Btau = 4\ 082,63$ $I. C. = [15\ 479,87, 23\ 645,13]$
<b>Noviembre</b>	$Btau = 2\ 783,099$ $I. C. = [14\ 614,82, 20\ 181,02]$

**Tabla 4.3:** Estimación por intervalo de confianza mensualmente del 90% en la ruta 1 sin calibración.



**Gráfico 4.1:** Intervalos de confianza de los usuarios del 90% en la ruta 1 mensualmente.

## 4.2. Estimaciones en la ruta 2

En la tabla 4.4 se observa que el mes con menos circulación es noviembre y el mes con más circulación es septiembre.

La tabla 4.6 muestra los intervalos de confianza para cada mes del 90%. Se ve de forma más visual en el gráfico 4.2.

En el gráfico 4.2 se observa que la inserción de los intervalos no es vacía, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad, no hay diferencias significativas del número de usuarios entre los distintos meses en las tres rutas.

Datos observados	Estimación usuarios por día	Estimación usuarios por mes
<b>Julio</b>		
21	$\hat{T}_{j_2} = \frac{21+16+19+17}{4} \times 25 =$	$\hat{T}_{2j} = \frac{\hat{T}_{j_2} + \hat{T}_{j_7} + \hat{T}_{j_{12}} + \hat{T}_{j_{17}} + \hat{T}_{j_{22}} + \hat{T}_{j_{27}}}{6} \times 31$ $= 13\ 280,49$
16	456,25	
19		
17		
10	$\hat{T}_{j_7} = \frac{10+17+15+19}{4} \times 25 =$	
17	381,25	
15		
19		
13	$\hat{T}_{j_{12}} = \frac{13+8+17+16+18}{5} \times 25 =$	
8	360	
17		
16		
18		
7	$\hat{T}_{j_{17}} = \frac{7+14+7+11}{4} \times 25 =$	
14	243,75	
7		
11		
11	$\hat{T}_{j_{22}} = \frac{11+31+17+39}{4} \times 25 =$	
31	612,5	
17		
39		
27		
22		

13	$\hat{T}_{j27} = \frac{27+22+13}{3} \times 25 =$ 516,67	
<b>Septiembre</b>		
15	$\hat{T}_{s5} = \frac{15+10+16}{3} \times 25 =$	$\hat{T}_{2s} = \frac{\hat{T}_{s5} + \hat{T}_{s10} + \hat{T}_{s15} + \hat{T}_{s20} + \hat{T}_{s25} + \hat{T}_{s30}}{6} \times 30$ $= 13\,489,58$
10		
16	341,67	
14	$\hat{T}_{s10} =$	
22	$\frac{14+22+13+16+10}{5} \times 25 = 375$	
13		
16		
10		
19	$\hat{T}_{s15} = \frac{19+25+19+15}{4} \times 25 =$	
25		
19	487,5	
15		
29	$\hat{T}_{s20} = \frac{29+29+28+17}{4} \times 25 =$	
29		
28	643,75	
17		
10	$\hat{T}_{s25} = \frac{10+14+12+12}{4} \times 25 =$	
14		
12	300	
12		
20	$\hat{T}_{s30} = \frac{20+27+23+18}{4} \times 25 =$	
27		
23	550	
18		
<b>Noviembre</b>		
12	$\hat{T}_{n4} = \frac{12+33+24+25}{4} \times 25 =$	$\hat{T}_{2n} = \frac{\hat{T}_{n4} + \hat{T}_{n9} + \hat{T}_{n14} + \hat{T}_{n19} + \hat{T}_{n24} + \hat{T}_{n29}}{6} \times 30$ $= 12\,729,17$
33		
24	587,5	
25		
22	$\hat{T}_{n9} = \frac{22+34+21+8}{4} \times 25 =$	
34		
21	531,25	
8		
5		
17	$\hat{T}_{n14} = \frac{5+17+15+9}{4} \times 25 =$	
15		
9	287,5	
15	$\hat{T}_{n19} = \frac{15+26+18+10}{4} \times 25 =$	
26		
18	431,25	
10		
10	$\hat{T}_{n24} = \frac{10+1+9+11+9}{5} \times 25 =$	
1		
9	200	
11		
9		
17	$\hat{T}_{n29} = \frac{17+24+20}{3} \times 25 =$	
24		
20	508,33	

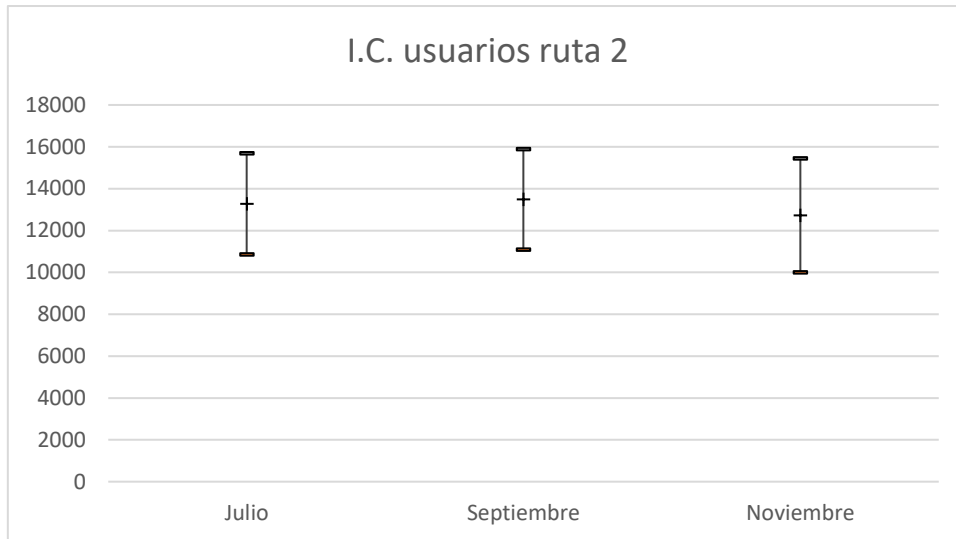
**Tabla 4.4:** Estimación mensual de usuarios en ruta 2 sin calibración.

Estimación del error mensualmente	
<b>Julio</b>	$Var(\widehat{T}_{2j}) = \left(1 - \frac{n_I}{N_I}\right) N_I^2 \frac{1}{n_I} \left( \frac{\left[ \sum_{k \in S_I} \left( \widehat{T}_k - \frac{\sum S_I \widehat{T}_k}{n_I} \right)^2 \right]}{(n_I - 1)} \right) =$ $\left(1 - \frac{6}{31}\right) 31^2 \frac{1}{6} Var(456,25, \quad 381,25, \quad 360, \quad 243,75, \quad 612,5, \\ 516,67) = 2\,155\,966$
<b>Septiembre</b>	$Var(\widehat{T}_{2s}) = 2\,131\,337$
<b>Noviembre</b>	$Var(\widehat{T}_{2n}) = 2\,740\,972$

**Tabla 4.5:** Estimación del error mensual en la ruta 2 sin calibración.

Estimación por intervalo de confianza mensualmente del 90%	
<b>Julio</b>	$Btau = q \sqrt{Var(\widehat{T}_{2j})} = 1,645 \sqrt{2\,155\,966} = 2\,415,17$ $I.C. = [\widehat{T}_{2j} - Btau, \widehat{T}_{2j} + Btau] = [10\,865,31, \quad 15\,695,66]$
<b>Septiembre</b>	$Btau = 2\,401,34$ $I.C. = [11\,088,25, \quad 15890,92]$
<b>Noviembre</b>	$Btau = 2\,723,2$ $I.C. = [10\,005,97, \quad 15\,452,37]$

**Tabla 4.6:** Estimación por intervalo de confianza mensualmente del 90% en la ruta 2 sin calibración.



**Gráfico 4.2:** Intervalos de confianza de los usuarios del 90% en la ruta 2 mensualmente.

### 4.3. Estimaciones en la Ruta 3

En la tabla 4.7 se observa que el mes con más circulación es septiembre y el mes con menos circulación al calcular el estimador es noviembre.

La tabla 4.9 muestra los intervalos de confianza para cada mes del 90%. Se ve de forma más visual en el gráfico 4.3.

El gráfico 4.3 muestra los intervalos de confianza para cada mes. La inserción de los intervalos no es vacía, por lo que se no se rechaza la hipótesis nula de igualdad, no hay diferencias significativas del número de usuarios entre los distintos meses en las tres rutas.

Datos observados	Estimación usuarios por día	Estimación usuarios por mes
<b>Julio</b>		
7	$\hat{T}_{j2} = \frac{7+17+14+9}{4} \times 25 =$	$\hat{T}_{3j} = \frac{\hat{T}_{j2} + \hat{T}_{j7} + \hat{T}_{j12} + \hat{T}_{j17} + \hat{T}_{j22} + \hat{T}_{j27}}{6} \times 31$ $= 8\ 525$
17	293,75	
14		
9		
8	$\hat{T}_{j7} = \frac{8+15+12+11}{4} \times 25 =$	
15	287,5	
12		
11		
6	$\hat{T}_{j12} = \frac{6+12+9+12}{4} \times 25 =$	
12	243,75	
9		
12		
4	$\hat{T}_{j17} = \frac{4+16+5+7}{4} \times 25 = 200$	
16		
5		
7		
7	$\hat{T}_{j22} = \frac{7+17+9+12+25}{5} \times 25 =$	
17	350	
9		

12		
25		
10	$\hat{T}_{j27} = \frac{10+16+7}{3} \times 25 = 275$	
16		
7		
<b>Septiembre</b>		
19	$\hat{T}_{s5} = \frac{19+11+12}{3} \times 25 = 350$	$\hat{T}_{3s} = \frac{\hat{T}_{s5} + \hat{T}_{s10} + \hat{T}_{s15} + \hat{T}_{s20} + \hat{T}_{s25} + \hat{T}_{s30}}{6} \times 30$ $= 10\ 012,5$
11		
12		
16	$\hat{T}_{s10} = \frac{16+9+11+16}{4} \times 25 =$ 325	
9		
11		
16		
11	$\hat{T}_{s15} = \frac{11+12+13+10}{4} \times 25 =$ 287,5	
12		
13		
10		
15	$\hat{T}_{s20} =$ $\frac{15+12+23+13+20}{5} \times 25 = 415$	
12		
23		
13		
20		
6	$\hat{T}_{s25} = \frac{6+13+5+16}{4} \times 25 =$ 250	
13		
5		
16		
10	$\hat{T}_{s30} = \frac{10+16+15+19}{4} \times 25 =$ 375	
16		
15		
19		
<b>Noviembre</b>		
9	$\hat{T}_{n4} = \frac{9+10+10+16}{4} \times 25 =$ 281,25	$\hat{T}_{3n} = \frac{\hat{T}_{n4} + \hat{T}_{n9} + \hat{T}_{n14} + \hat{T}_{n19} + \hat{T}_{n24} + \hat{T}_{n29}}{6} \times 30$ $= 8\ 375$
10		
10		
16		
14	$\hat{T}_{n9} = \frac{14+25+12+11}{4} \times 25 =$ 387,5	
25		
12		
11		
9	$\hat{T}_{n14} = \frac{9+15+8+6}{4} \times 25 =$ 237,5	
15		
8		
6		
13	$\hat{T}_{n19} = \frac{13+14+13+13}{4} \times 25 =$ 331,25	
14		
13		
13		
6	$\hat{T}_{n24} = \frac{6+3+11+9}{4} \times 25 =$ 181,25	
3		
11		
9		
6	$\hat{T}_{n29} = \frac{6+7+13+15}{4} \times 25 =$ 256,25	
7		
13		
15		

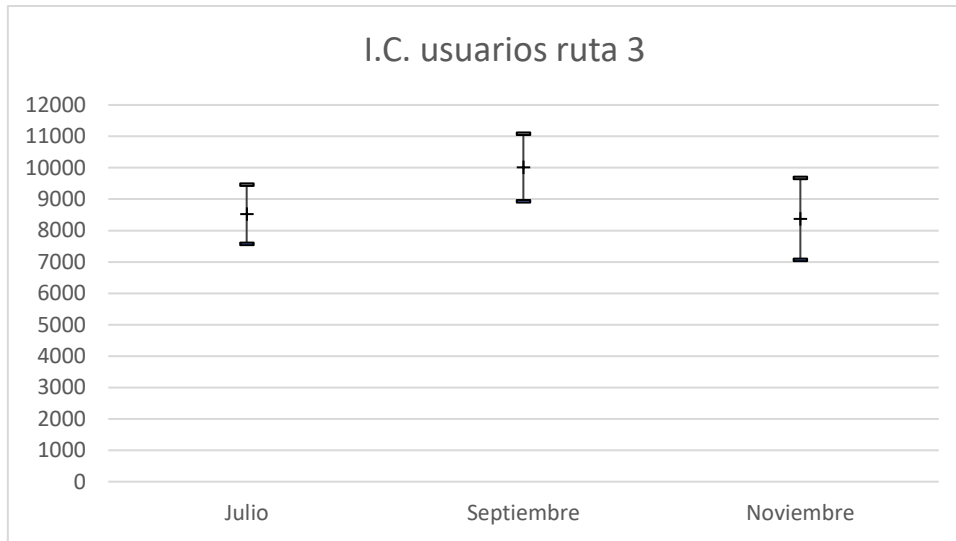
**Tabla 4.7:** Estimación mensual de usuarios en ruta 3 sin calibración.

Estimación del error mensualmente	
<b>Julio</b>	$Var(\widehat{T}_{3j}) = \left(1 - \frac{n_I}{N_I}\right) N_I^2 \frac{1}{n_I} \left( \frac{\left[ \sum_{k \in S_I} \left( \hat{T}_k - \frac{\sum S_I \hat{T}_k}{n_I} \right)^2 \right]}{(n_I - 1)} \right) =$ $\left(1 - \frac{6}{31}\right) 31^2 \frac{1}{6} Var(293,75, 287,5, 243,75, 200, 350, 275)$ $= 328\,971,4$
<b>Septiembre</b>	$Var(\widehat{T}_{3s}) = 427\,125$
<b>Noviembre</b>	$Var(\widehat{T}_{3s}) = 631\,250$

**Tabla 4.8:** Estimación del error mensual en la ruta 3 sin calibración.

Estimación por intervalo de confianza mensualmente del 90%	
<b>Julio</b>	$Btau = q \sqrt{Var(\widehat{T}_{3j})} = 1,645 \sqrt{328971,4} = 943,42$ $I.C. = [\widehat{T}_{3j} - Btau, \widehat{T}_{3j} + Btau] = [7\,581,58, 9\,468,42]$
<b>Septiembre</b>	$Btau = 1\,074,99$ $I.C. = [8\,937,51, 11\,087,49]$
<b>Noviembre</b>	$Btau = 1\,306,86$ $I.C. = [7\,068,14, 9\,681,86]$

**Tabla 4.9:** Estimación por intervalo de confianza mensualmente del 90% en la ruta 3 sin calibración.



**Gráfico 4.3:** Intervalos de confianza de los usuarios del 90% en la ruta 3 mensualmente.

A partir de las estimaciones de usuarios mensuales en las tres rutas, se puede ver cómo, el mes con más circulación tanto de bicicletas como de patinetes es septiembre. El mes en el que hay menos circulación es noviembre. Que haya menos circulación en noviembre podría llevar a pensar que es debido al clima. Aunque los intervalos de confianza no tienen intersección vacía, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de uso en los tres meses.

Las rutas donde hay más circulación es en el Paseo Isabel la Católica, seguido por Plaza de España y por último Fuente Dorada. Los tres puntos son muy céntricos y con bastante flujo de personas. Hay que tener en cuenta que el carril de Isabel la Católica es exclusivo para bicicletas mientras que, los de Plaza de España y Fuente Dorada son ciclocarriles, y esta podría ser una de las razones por las que pasan menos bicicletas, ya que hay mucho tráfico en ambas zonas.

#### 4.4. Estimadores semestrales

El cálculo de la estimación de usuarios por semestre se realiza con la metodología de conglomerados últimos. Para la estimación del total se aplica la fórmula (4) y para estimar la varianza se aplica la fórmula (6), esta fórmula subestima la varianza.

En la tabla 4.10 se observa la estimación de usuarios semestrales, como se ha visto anteriormente en las estimaciones mensuales, donde hay más circulación es en el Paseo Isabel la Católica y donde hay menos es en Fuente Dorada.

La tabla 4.11 muestra que el error de muestreo es elevado. Esto se explica teniendo en cuenta que este estudio ha sido realizado solo por una persona y la muestra no es grande.

La tabla 4.12 se observa la estimación por intervalos de confianza del 90%. La intersección entre ellos es vacía, hay diferencias significativas en las tres rutas. Para verlo de una forma más visual se muestra el gráfico 4.4.



El gráfico 4.4 muestra los intervalos de confianza semestrales. La intersección entre ellos es vacía, por lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad. Se obtienen las mismas conclusiones sacadas de la tabla 4.10, donde hay más circulación es en el Paseo Isabel la Católica y donde hay menos es en Fuente Dorada. Hay una clara diferencia en el uso de los distintos carriles bici, la ruta 2 y 3 tienen mucha menos circulación que la ruta 1, en concreto, se estima que la ruta 3 tiene la mitad de usuarios que la ruta 1.

Estimación puntual usuarios semestralmente	
Ruta 1	$\hat{T}_1 = \frac{\hat{T}_{1j} + \hat{T}_{1s} + \hat{T}_{1n}}{3} \times 6 = 110\,789,3$
Ruta 2	$\hat{T}_2 = \frac{\hat{T}_{2j} + \hat{T}_{2s} + \hat{T}_{2n}}{3} \times 6 = 78\,998,47$
Ruta 3	$\hat{T}_3 = \frac{\hat{T}_{3j} + \hat{T}_{3s} + \hat{T}_{3n}}{3} \times 6 = 53\,825$

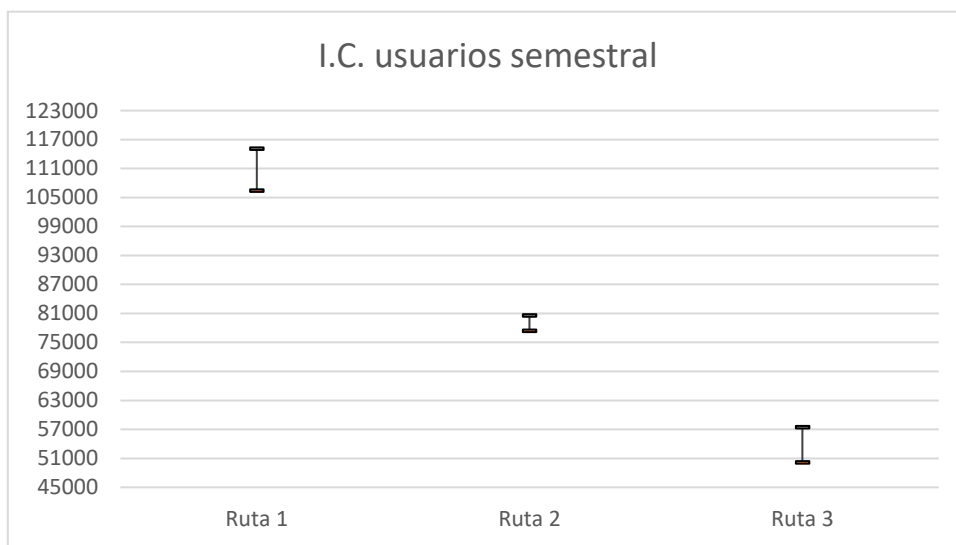
**Tabla 4.10:** Estimación puntual semestral de usuarios en las tres rutas.

Estimación del error semestralmente	
	$q = Z_{\alpha/2} = Z_{0,05} = 1,645$
Ruta 1	$\widehat{Var}(\hat{T}_1) = \left(1 - \frac{n_I}{N_I}\right) N_I^2 \frac{1}{n_I} \left( \frac{\left[ \sum_{k \in S_I} \left( \hat{T}_k - \frac{\sum_{S_I} \hat{T}_k}{n_I} \right)^2 \right]}{(n_I - 1)} \right)$ $= \left(1 - \frac{3}{6}\right) 6^2 \frac{1}{3} Var(18\,434,24, \quad 19\,562,5, \quad 17\,397,92)$ $= 7\,032\,358$
Ruta 2	$\widehat{Var}(\hat{T}_2) = \left(1 - \frac{3}{6}\right) 6^2 \frac{1}{3} Var(13\,280,49, \quad 13\,489,58, \quad 12\,729,17) = 925\,908,3$
Ruta 3	$\widehat{Var}(\hat{T}_3) = \left(1 - \frac{3}{6}\right) 6^2 \frac{1}{3} Var(8\,525, \quad 10\,012,5, \quad 8\,375) = 4\,916\,563$

**Tabla 4.11:** Estimación del error semestral en las tres rutas.

Estimación por intervalo de confianza semestralmente del 90%	
<b>Ruta 1</b>	$Btau = q \sqrt{\widehat{Var}(\hat{T}_1)} = 1,645 \sqrt{1\ 120\ 883} = 4\ 361,92$ $I.C. = [\hat{T}_1 - Btau, \hat{T}_1 + Btau] = [106\ 427,4, \quad 115\ 151,2]$
<b>Ruta 2</b>	$Btau = 1\ 582,75$ $I.C. = [77\ 415,73, \quad 80\ 581,22]$
<b>Ruta 3</b>	$Btau = 3\ 647,19$ $I.C. = [50\ 177,81, \quad 57\ 472,19]$

**Tabla 4.12:** Estimación por intervalo de confianza semestral del 90% en las tres rutas.



**Gráfico 4.4:** Intervalos de confianza de usuarios semestrales del 90% en cada ruta.

## 5. Calibración

Se utiliza el método de calibración contado en la sección 1.5. Los factores de corrección de la calibración se calculan, en la ruta 1, a partir de los datos reales que aporta el contador de Isabel la Católica y se usan para la estimación calibrada de las otras dos rutas.

Tenemos los datos reales diarios que ha aportado el contador. Se considera diario de 9:00 a 21:30, por tanto, la calibración se hace de forma diaria.

Para calcular los factores de corrección de calibración:

$$\hat{Y}_{sin\ calibrar} = \sum_{i=1}^k d_i y_i \quad (13)$$

$$\hat{Y}_{calibrado} = \sum_{i=1}^k d_i w_i y_i = \text{dato observado en el contador} \quad (14)$$

De esta ecuación podemos despejar  $w_i$ , el peso que se busca es  $s_i = d_i \times w_i$ . Este será el factor de corrección calibrado que se usa en la calibración de las otras dos rutas.

### 5.1. Estimación calibrada

En esta sección se utiliza la información auxiliar proporcionada por el contador que se encuentra en el Paseo Isabel la Católica para obtener los pesos calibrados de los estimadores diarios en la ruta 1.

Se usa la fórmula (14), se despeja para obtener  $w_i$  y así poder calcular los nuevos pesos  $s_i$ . Los subíndices indican el día y el mes en el que se recogieron esos datos.

Factor de corrección calibrado	Peso calibrado
<b>Julio</b>	
$w_{2j} = \frac{601}{570} = 1,05$	$s_{2j} = \frac{25}{5} \times 1,05 = 5,27$
$w_{7j} = \frac{686}{743,75} = 0,92$	$s_{7j} = \frac{25}{4} \times 0,92 = 5,77$
$w_{12j} = \frac{687}{637,5} = 1,08$	$s_{12j} = \frac{25}{4} \times 1,08 = 6,74$
$w_{17j} = \frac{466}{487,5} = 0,96$	$s_{17j} = \frac{25}{4} \times 0,96 = 5,97$
$w_{22j} = \frac{657}{512,5} = 1,28$	$s_{22j} = \frac{25}{4} \times 1,28 = 8,01$
$w_{27j} = \frac{635}{616,67} = 1,03$	$s_{27j} = \frac{25}{3} \times 1,03 = 8,58$
<b>Septiembre</b>	
$w_{5s} = \frac{601}{531,25} = 1,13$	$s_{5s} = \frac{25}{4} \times 1,13 = 7,07$
$w_{10s} = \frac{759}{900} = 0,84$	$s_{10s} = \frac{25}{4} \times 0,84 = 5,27$

$w_{15s} = \frac{724}{843,75} = 0,86$	$s_{15s} = \frac{25}{4} \times 0,86 = 5,36$
$w_{20s} = \frac{640}{556,25} = 1,15$	$s_{20s} = \frac{25}{4} \times 1,15 = 7,19$
$w_{25s} = \frac{303}{306,25} = 0,99$	$s_{25s} = \frac{25}{4} \times 0,99 = 6,18$
$w_{30s} = \frac{600}{775} = 0,77$	$s_{30s} = \frac{25}{4} \times 0,77 = 4,84$
<b>Noviembre</b>	
$w_{4n} = \frac{683}{681,25} = 1$	$s_{4n} = \frac{25}{4} \times 1 = 6,27$
$w_{9n} = \frac{713}{668,75} = 1,07$	$s_{9n} = \frac{25}{4} \times 1,07 = 6,66$
$w_{14n} = \frac{408}{415} = 0,98$	$s_{14n} = \frac{25}{5} \times 0,98 = 4,92$
$w_{19n} = \frac{631}{725} = 0,87$	$s_{19n} = \frac{25}{4} \times 0,87 = 5,44$
$w_{24n} = \frac{212}{356,25} = 0,6$	$s_{24n} = \frac{25}{4} \times 0,6 = 3,72$
$w_{29n} = \frac{537}{633,33} = 0,85$	$s_{29n} = \frac{25}{3} \times 0,85 = 7,07$

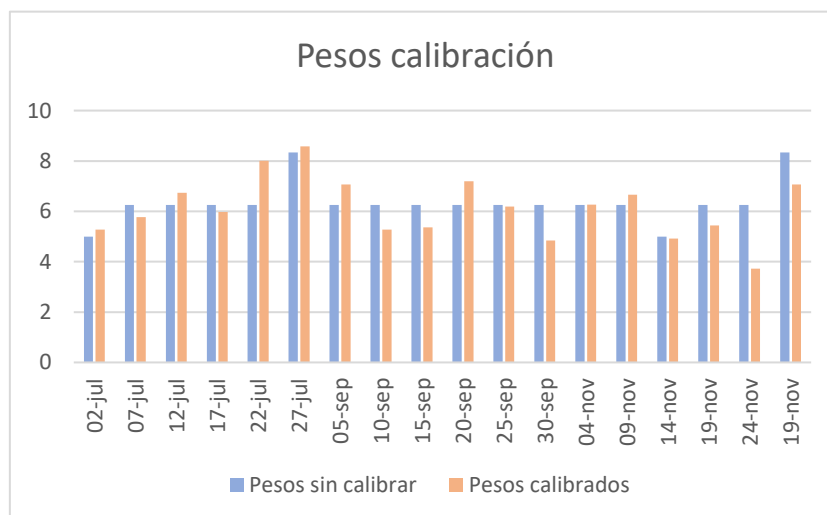
**Tabla 5.1:** Factor de corrección calibrado y peso calibrado para cada día del mes en la Ruta 1.

En la última fila de la tabla [5.2](#) se realiza la suma para poder comparar de forma global. Sale mayor la suma de los pesos sin usar calibración, aunque la diferencia es pequeña.

**Tabla con los pesos diarios sin calibrar y calibrados en la ruta 1:**

	Pesos sin calibrar	Pesos calibrados
02-jul	5,00	5,27
07-jul	6,25	5,76
12-jul	6,25	6,74
17-jul	6,25	5,97
22-jul	6,25	8,01
27-jul	8,33	8,58
05-sep	6,25	7,07
10-sep	6,25	5,27
15-sep	6,25	5,36
20-sep	6,25	7,19
25-sep	6,25	6,18
30-sep	6,25	4,84
04-nov	6,25	6,27
09-nov	6,25	6,66
14-nov	5,00	4,92
19-nov	6,25	5,44
24-nov	6,25	3,72
29-nov	8,33	7,07
<b>Suma</b>	<b>114,17</b>	<b>110,33</b>

**Tabla 5.2:** Comparación pesos diarios sin usar calibración ( $d_i$ ) y usando calibración ( $s_i$ ) en la ruta 1.



**Gráfico 5.1:** Comparación pesos sin usar calibración ( $d_i$ ) y usando calibración ( $s_i$ ) en la ruta 1.

En la tabla [5.3](#) se observa que, en algunos casos, la diferencia entre el estimador sin calibración y el dato real es muy pequeña, siendo la diferencia menor 1,75 y en otros casos hay una gran diferencia, siendo la mayor 144,5. Teniendo en cuenta que la muestra diaria ha sido pequeña (se han contabilizado, como máximo, 5 medias horas de las 25 medias horas totales del día), esta diferencia entre el dato real y el dato estimado es muy razonable. La diferencia media que hay entre los estimadores sin usar

calibración con los estimadores usando calibración es de 72,37. Estas diferencias no son altas, lo que nos indica que el diseño muestral proporciona unas estimaciones muy razonables sin la necesidad de realizar calibración.

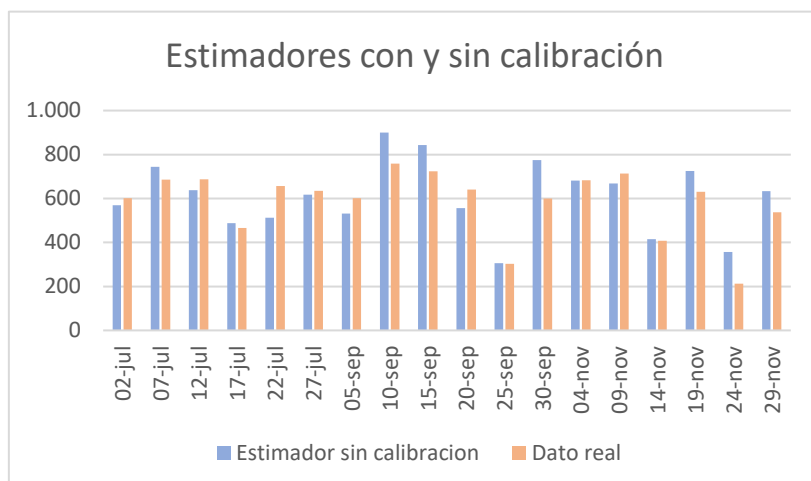
La diferencia del 24 de noviembre, que es una de las mayores, puede deberse a que ese día nevó y de unas horas a otras había mucha diferencia en el flujo de vehículos. En general, las diferencias pueden deberse a las horas que se seleccionan, ya que pueden ser horas punta u horas bajas.

El gráfico [5.2](#) muestra la estimación mensual sin usar calibración y usándola para ver de una forma más visual en qué meses es mayor la estimación calibrada y en cuáles no.

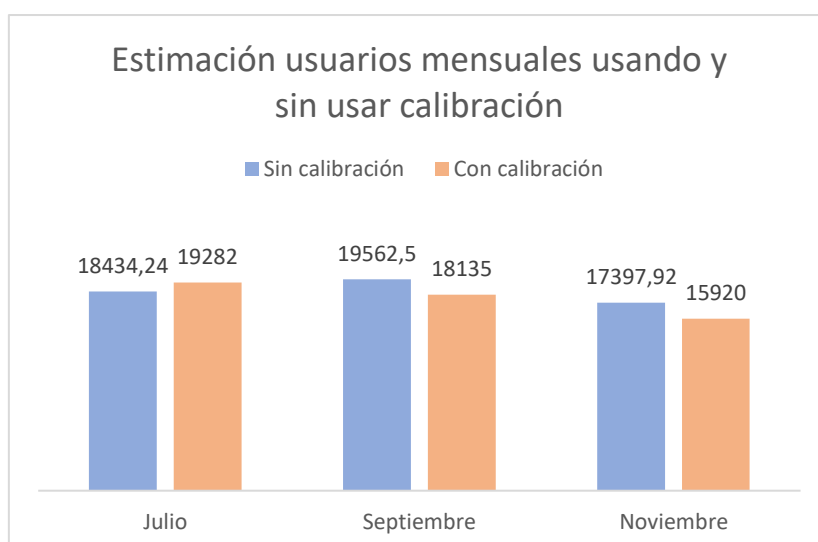
### Estimación diaria de usuarios sin usar calibración, dato real y diferencia en ruta 1

	Estimador sin calibracion	Dato real	Diferencia
	Ruta 1	Ruta 1	Ruta 1
02-jul	570,00	601,00	31,00
07-jul	743,75	686,00	57,75
12-jul	637,50	687,00	49,50
17-jul	487,50	466,00	21,50
22-jul	512,50	657,00	144,50
27-jul	616,67	635,00	18,33
05-sep	531,25	601,00	69,75
10-sep	900,00	759,00	141,00
15-sep	843,75	724,00	119,75
20-sep	556,25	640,00	83,75
25-sep	306,25	303,00	3,25
30-sep	775,00	600,00	175,00
04-nov	681,25	683,00	1,75
09-nov	668,75	713,00	44,25
14-nov	415,00	408,00	7,00
19-nov	725,00	631,00	94,00
24-nov	356,25	212,00	144,25
29-nov	633,33	537,00	96,33

**Tabla 5.3:** Comparación estimaciones sin usar calibración, dato real y diferencia en la ruta 1.



**Gráfico 5.2:** Comparación estimaciones mensuales sin usar calibración y dato real en la ruta 1.



**Gráfico 5.3:** Comparación estimación usuarios mensuales en la ruta 1 usando calibración y dato real.

## 5.2. Estimación calibrada en Ruta 2

Se usan los pesos calibrados calculados en el apartado anterior para la ruta 1 y la fórmula (14) para obtener las estimaciones diarias de la ruta 2. Para obtener las estimaciones mensuales se usa la fórmula (8) de muestreo sistemático. Para el cálculo de la estimación de la varianza se utiliza conglomerados últimos aplicando la fórmula (6), que es la que subestima la varianza, ya que se obtienen mejores resultados.

En la tabla 5.4 se observa que el mes con más circulación es julio. La diferencia entre la estimación puntual de julio al usar calibración y no usarla es de 1 039,76. El mes con menos circulación es noviembre al igual que cuando no se usa calibración. La diferencia entre ambas estimaciones es de 1 045,91. Estas diferencias se ven de forma visual en el gráfico 5.4.

La tabla [5.6](#) muestra los intervalos de confianza mensualmente del 90% usando calibración, para poderlo comparar se va a mostrar gráficamente en el gráfico [5.5](#).

El gráfico [5.5](#) muestra los intervalos de confianza mensualmente, usando y sin usar calibración. Se observa que la intersección de los intervalos no es vacía, por lo que no se rechaza la hipótesis nula de igualdad. Se observa que hay similitud entre los resultados al no usar calibración y usándola, por lo que se puede decir que el diseño muestral probabilístico elegido da buenos resultados, aunque no se use calibración.

Al comparar las diferencias que hay entre las estimaciones diarias sin usar calibración y usándola, en la ruta 2 se obtiene que la mínima diferencia es de 1,51 y la máxima de 172,7. La diferencia media que hay en esta ruta es de 59,6. Se obtiene una menor diferencia que en la ruta 1.

Estimación puntual por día usando calibración	
Estimación usuarios por día	Estimación usuarios por mes
<b>Julio</b>	
$\hat{T}_{jc2} = (21 + 16 + 19 + 17) \times 5,27$ = 384,85	$\hat{T}_{2JC} = \frac{\hat{T}_{jc2} + \hat{T}_{jc7} + \hat{T}_{jc12} + \hat{T}_{jc17} + \hat{T}_{jc22} + \hat{T}_{jc27}}{6} \times 31$ $= 14\ 320,25$
$\hat{T}_{jc7} = (10 + 17 + 15 + 19) \times 5,77$ = 351,65	
$\hat{T}_{jc12} = (13 + 8 + 17 + 16 + 18) \times 6,74$ = 484,94	
$\hat{T}_{jc17} = (7 + 14 + 7 + 11) \times 5,97 = 233$	
$\hat{T}_{jc22} = (11 + 31 + 17 + 39) \times 8,01$ = 785,2	
$\hat{T}_{jc27} = (27 + 22 + 13) \times 8,58 = 532,03$	
<b>Septiembre</b>	
$\hat{T}_{sc5} = (15 + 10 + 16) \times 7,07 = 289,89$	$\hat{T}_{2SC} = \frac{\hat{T}_{sc5} + \hat{T}_{sc10} + \hat{T}_{sc15} + \hat{T}_{sc20} + \hat{T}_{sc25} + \hat{T}_{sc30}}{6} \times 30$ $= 12\ 834,07$
$\hat{T}_{sc10} = (14 + 22 + 13 + 16 + 10) \times 5,27$ = 395,31	
$\hat{T}_{sc15} = (19 + 25 + 19 + 15) \times 5,36$ = 418,31	
$\hat{T}_{sc20} = (29 + 29 + 28 + 17) \times 7,19$ = 740,67	
$\hat{T}_{sc25} = (10 + 14 + 12 + 12) \times 6,18$ = 296,82	
$\hat{T}_{sc30} = (20 + 27 + 23 + 18) \times 4,84$ = 425,81	
<b>Noviembre</b>	
$\hat{T}_{nc4} = (12 + 33 + 24 + 25) \times 6,27$ = 589,01	



$\hat{T}_{nC9} = (22 + 34 + 21 + 8) \times 6,66$ $= 566,40$	$\hat{T}_{2nC}$ $= \frac{\hat{T}_{nC4} + \hat{T}_{nC9} + \hat{T}_{nC14} + \hat{T}_{nC19} + \hat{T}_{nC24} + \hat{T}_{nC29}}{6} \times 30$ $= 11\,683,26$
$\hat{T}_{nC14} = (5 + 17 + 15 + 9) \times 4,92$ $= 226,12$	
$\hat{T}_{nC19} = (15 + 26 + 18 + 10) \times 5,44$ $= 375,34$	
$\hat{T}_{nC24} = (10 + 1 + 9 + 11 + 9) \times 3,72$ $= 148,77$	
$\hat{T}_{nC29} = (17 + 24 + 20) \times 7,07 = 431,01$	

**Tabla 5.4:** Estimación puntual en la ruta 2 usando calibración.

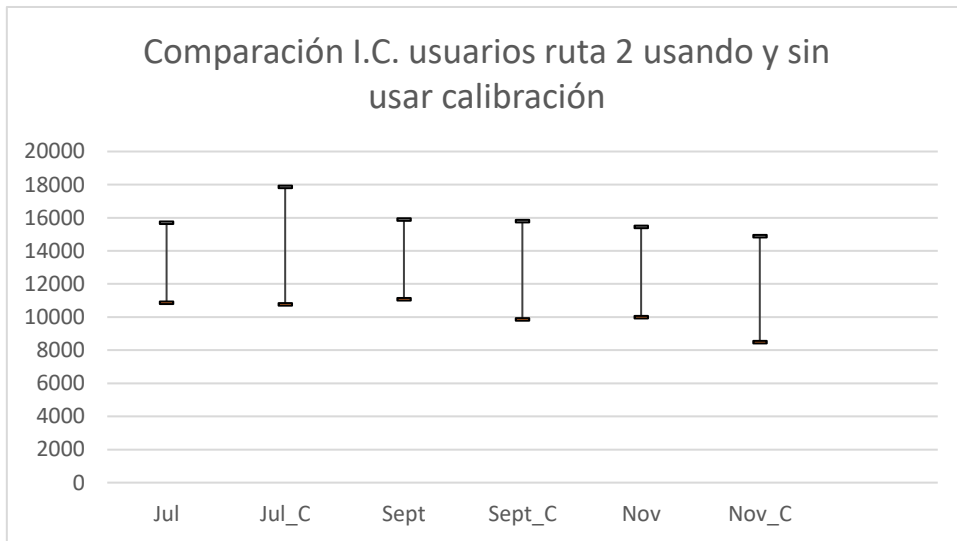
Estimación del error mensualmente usando calibración	
<b>Julio</b>	$Var(\widehat{T}_{2JC}) = \left(1 - \frac{n_I}{N_I}\right) N_I^2 \frac{1}{n_I} \left( \frac{\left[ \sum_{k \in S_I} \left( \hat{T}_k - \frac{\sum_{S_I} \hat{T}_k}{n_I} \right)^2 \right]}{(n_I - 1)} \right) =$ $\left(1 - \frac{6}{31}\right) 31^2 \frac{1}{6} Var(384,85, \quad 351,65, \quad 484,94, \quad 233, \quad 785,19, \quad 532,03)$ $= 4\,661\,777$
<b>Septiembre</b>	$Var(\widehat{T}_{2SC}) = 3\,245\,147$
<b>Noviembre</b>	$Var(\widehat{T}_{2NC}) = 3\,783\,959$

**Tabla 5.5:** Estimación del error mensual en la ruta 2 usando calibración.

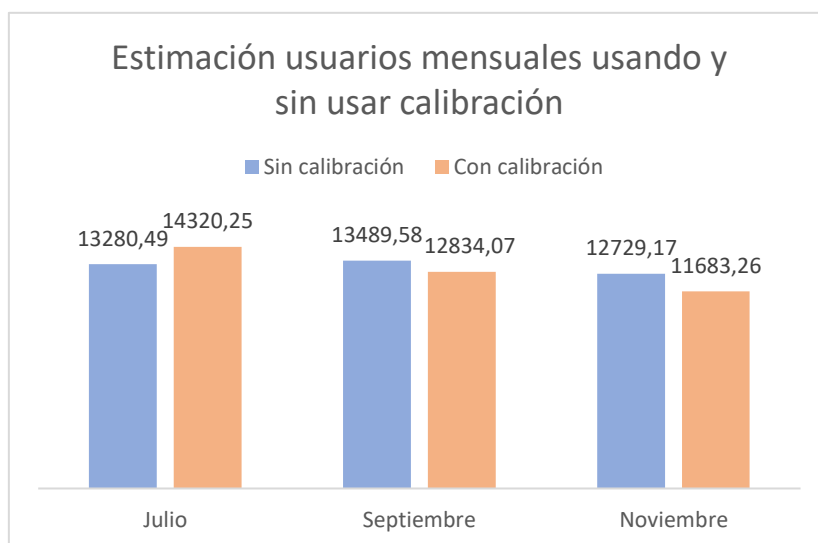
Estimación por intervalo de confianza mensualmente usando calibración del 90%	
<b>Julio</b>	$Btau = q \sqrt{Var(\widehat{T}_{2JC})} = 1,645 \sqrt{4\,661\,777} = 3\,551,43$ $I. C. = [\widehat{T}_{2JC} - Btau, \widehat{T}_{2JC} + Btau] = [10\,768,82, \quad 17\,871,68]$
<b>Septiembre</b>	$Btau = 2\,963,09$ $I. C. = [9\,870,99, \quad 15\,797,16]$

<b>Noviembre</b>	$Btau = 3\ 199,64$ I. C. = [8 483,63, 14 882,9]
------------------	--

**Tabla 5.6:** Estimación por intervalo de confianza mensualmente del 90% en la ruta 2 usando calibración.



**Gráfico 5.4:** Comparación estimación usuarios mensuales en la ruta 2 con y sin calibración.



**Gráfico 5.5:** Comparación intervalos de confianza de la estimación usuarios mensuales del 90% en la ruta 2 usando y sin usar calibración.

### 5.3. Estimación calibrada en Ruta 3

Se usan los pesos calibrados calculados en el apartado anterior para la ruta 1 y la fórmula (14) para obtener las estimaciones diarias de la ruta 3. Para obtener las estimaciones mensuales se usa la fórmula (8) de muestreo sistemático. Para el cálculo de la estimación de la varianza se utiliza conglomerados últimos aplicando la fórmula (6), que es la que subestima la varianza.

En la tabla 5.7 se observa que el mes con más circulación es septiembre al igual que al no usar calibración. La diferencia entre ambas estimaciones es de 251,16. El mes con menos circulación es noviembre. La diferencia entre ambas estimaciones es de 536,17. Estas diferencias se ven de forma visual en el gráfico 5.6.

La tabla 5.9 muestra los intervalos de confianza mensualmente del 90% usando calibración, para poderlo comparar se va a mostrar gráficamente en el gráfico 5.7.

El gráfico 5.7 muestra los intervalos de confianza mensualmente del 90%, usando y sin usar calibración. Se observa que la intersección de los intervalos no es vacía, por lo que no se rechaza la hipótesis nula de igualdad. Hay similitud entre los resultados al no usar calibración y usándola, por lo que el diseño muestral probabilístico elegido, aunque no se use calibración, da buenos resultados.

Al comparar las diferencias que hay entre las estimaciones diarias sin usar calibración y usándola, en la ruta 3 la mínima diferencia que se obtiene es de 0,72 y la máxima de 210,85. La diferencia media en la ruta 3 es de 53,1. Se obtiene una menor diferencia que en la ruta 1.

Estimación puntual por día usando calibración	
Estimación usuarios por día	Estimación usuarios por mes
<b>Julio</b>	
$\hat{T}_{jc2} = (7 + 17 + 14 + 9) \times 5,27$ = 247,78	$\hat{T}_{3jc} = \frac{\hat{T}_{jc2} + \hat{T}_{jc7} + \hat{T}_{jc12} + \hat{T}_{jc17} + \hat{T}_{jc22} + \hat{T}_{jc27}}{6} \times 31$ = 9 356,02
$\hat{T}_{jc7} = (8 + 15 + 12 + 11) \times 5,77$ = 265,18	
$\hat{T}_{jc12} = (6 + 12 + 9 + 12) \times 6,74$ = 262,68	
$\hat{T}_{jc17} = (4 + 16 + 5 + 7) \times 5,97 = 191,18$	
$\hat{T}_{jc22} = (7 + 17 + 9 + 12 + 25) \times 8,01$ = 560,85	
$\hat{T}_{jc27} = (10 + 16 + 7) \times 8,58 = 283,18$	
<b>Septiembre</b>	
$\hat{T}_{sc5} = (19 + 11 + 12) \times 7,07 = 296,97$	$\hat{T}_{3sc} = \frac{\hat{T}_{sc5} + \hat{T}_{sc10} + \hat{T}_{sc15} + \hat{T}_{sc20} + \hat{T}_{sc25} + \hat{T}_{sc30}}{6} \times 30$ = 9 761,34
$\hat{T}_{sc10} = (16 + 9 + 11 + 16) \times 5,27$ = 274,08	
$\hat{T}_{sc15} = (11 + 12 + 13 + 10) \times 5,36$ = 246,7	
$\hat{T}_{sc20} = (15 + 12 + 23 + 13 + 20) \times 7,19$ = 596,85	

$\hat{T}_{sc25} = (6 + 13 + 5 + 16) \times 6,18$ $= 247,35$	
$\hat{T}_{sc30} = (10 + 16 + 15 + 19) \times 4,84$ $= 290,32$	
<b>Noviembre</b>	
$\hat{T}_{nc4} = (9 + 10 + 10 + 16) \times 6,27$ $= 281,97$	
$\hat{T}_{nc9} = (14 + 25 + 12 + 11) \times 6,66$ $= 413,14$	
$\hat{T}_{nc14} = (9 + 15 + 8 + 6) \times 4,92 = 186,8$	$\hat{T}_{3nc} = \frac{\hat{T}_{nc4} + \hat{T}_{nc9} + \hat{T}_{nc14} + \hat{T}_{nc19} + \hat{T}_{nc24} + \hat{T}_{nc29}}{6} \times 30$ $= 7\,838,83$
$\hat{T}_{nc19} = (13 + 14 + 13 + 13) \times 5,44$ $= 288,3$	
$\hat{T}_{nc24} = (6 + 3 + 11 + 9) \times 3,72 = 107,86$	
$\hat{T}_{nc29} = (6 + 7 + 13 + 15) \times 7,07 = 289,7$	

**Tabla 5.7:** Estimación puntual diaria por mes en la ruta 3 usando calibración.

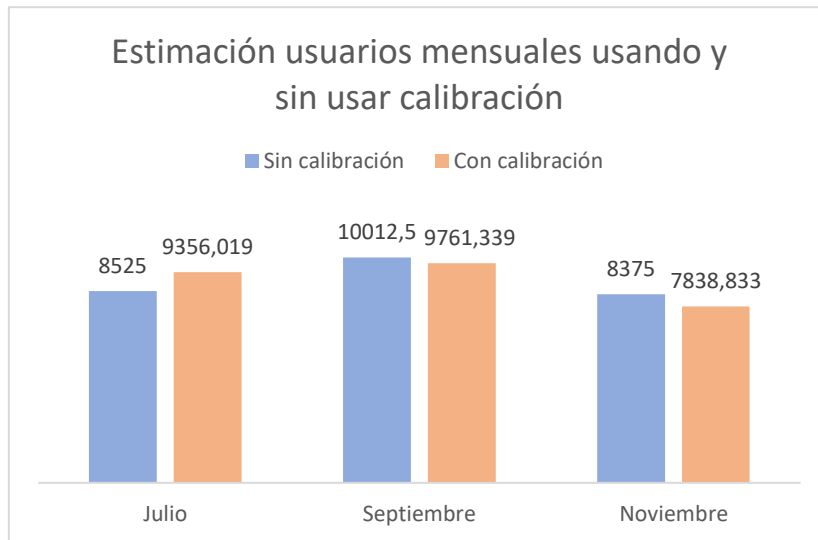
<b>Estimación del error mensualmente usando calibración</b>	
<b>Julio</b>	$Var(\widehat{T}_{3JC}) = \left(1 - \frac{n_I}{N_I}\right) N_I^2 \frac{1}{n_I} \left( \frac{\left[ \sum_{k \in S_I} \left( \hat{T}_k - \frac{\sum S_I \hat{T}_k}{n_I} \right)^2 \right]}{(n_I - 1)} \right)$ $= \left(1 - \frac{6}{31}\right) 31^2 \frac{1}{6} Var(247,78, \quad 265,18, \quad 262,68, \quad 191,18, \quad 560,85, \quad 283,18) = 2\,208\,300$
<b>Septiembre</b>	$Var(\widehat{T}_{3SC}) = 2\,175\,508$
<b>Noviembre</b>	$Var(\widehat{T}_{3NC}) = 1\,298\,717$

**Tabla 5.8:** Estimación del error mensual en la ruta 3 usando calibración.

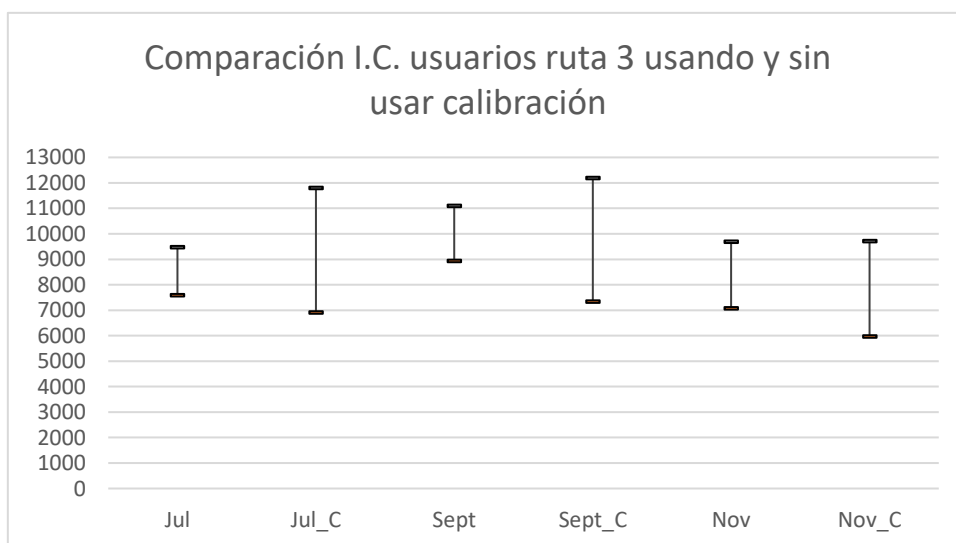
<b>Estimación por intervalo de confianza mensualmente usando calibración del 90%</b>	
<b>Julio</b>	$Btau = q \sqrt{Var(\widehat{T}_{3JC})} = 1,645 \sqrt{2\,208\,300} = 2\,444,31$ $I.C. = [\widehat{T}_{3JC} - Btau, \widehat{T}_{3JC} + Btau] = [6\,911,71, \quad 11\,800,33]$
<b>Septiembre</b>	$Btau = 2\,426,09$ $I.C. = [7\,335,25, \quad 12\,187,43]$

Noviembre	$Btau = 1\ 874,5$ I. C. = [5 964,34, 9 713,33]
-----------	---

**Tabla 5.9:** Estimación por intervalo de confianza mensualmente del 90% en la ruta 3 usando calibración.



**Gráfico 5.6:** Comparación estimación usuarios mensuales en la ruta 3 usando y sin usar calibración.



**Gráfico 5.7:** Comparación intervalos de confianza de la estimación usuarios mensuales del 90% en la ruta 3 usando y sin usar calibración.

En el caso de las rutas se obtienen los mismos resultados que sin usar calibración, el punto por el que hay más flujo de vehículos es en la ruta 1, el Paseo Isabel la Católica, seguido por Plaza de España y por último Fuente Dorada.

### 5.5. Estimaciones semestrales con calibración

Las estimaciones semestrales se realizan de igual modo que en la sección 4.4 sin usar calibración, se utilizan las fórmulas de conglomerados últimos. Para la estimación del total de usuarios se utiliza la fórmula (4) y para la estimación de la varianza se aplica la fórmula (6).

En la tabla 5.10 se observan las estimaciones semestrales. Las conclusiones siguen siendo las mismas: la ruta con menos flujo de circulación es la ruta 3.

La tabla 5.12 muestra los intervalos de confianza del 90%. Se ven de forma más visual en el gráfico 5.8.

En el gráfico 5.8 se observa que la intersección de los intervalos es vacía, por lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad. Donde hay más circulación es en el Paseo Isabel la Católica (esto se ve en los datos reales anotados) y donde hay menos es en Fuente Dorada. Se ve que las diferencias entre las distintas rutas son significativas.

Estimación puntual usuarios semestralmente	
Ruta 2	$\hat{T}_{2c} = \frac{\hat{T}_{2jc} + \hat{T}_{2sc} + \hat{T}_{2nc}}{3} \times 6 = 77\,675,17$
Ruta 3	$\hat{T}_{3c} = \frac{\hat{T}_{3jc} + \hat{T}_{3sc} + \hat{T}_{3nc}}{3} \times 6 = 53\,912,38$

Tabla 5.10: Estimación puntual semestral de usuarios en las tres rutas.

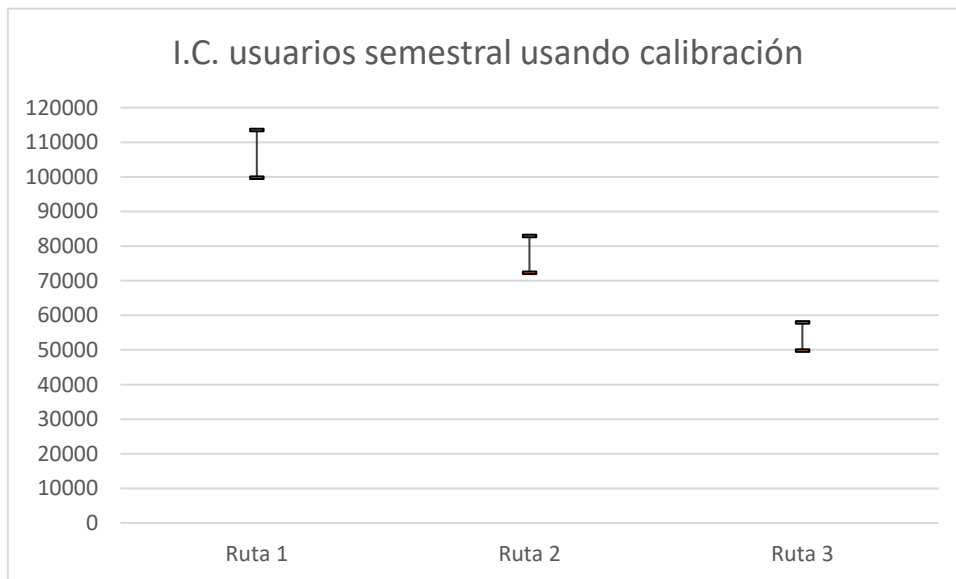
Estimación del error semestralmente	
Ruta 2	$\widehat{Var}(T_{2c}) = \left(1 - \frac{n_I}{N_I}\right) N_I^2 \frac{1}{n_I} \left( \frac{\left[ \sum_{k \in S_I} \left( \hat{T}_k - \frac{\sum_{S_I} \hat{T}_k}{n_I} \right)^2 \right]}{(n_I - 1)} \right)$ $= \left(1 - \frac{3}{6}\right) 6^2 \frac{1}{3} Var(14\,320,25, \quad 12\,834,07, \quad 11\,683,26)$ $= 10\,486\,779$
Ruta 3	

	$Var(\widehat{T}_{3c}) = \left(1 - \frac{3}{6}\right) 6^2 \frac{1}{3} Var(9\ 356,02, \quad 9\ 761,34, \quad 7\ 838,83) = 6\ 162\ 169$
--	---

**Tabla 5.11:** Estimación del error semestral en las tres rutas.

<b>Estimación por intervalo de confianza semestralmente del 90%</b>	
<b>Ruta 2</b>	$Btau = q \sqrt{Var(\widehat{T}_{2c})} = 5\ 326,58$ $I. C. = [\widehat{T}_{2c} - Btau, \widehat{T}_{2c} + Btau] = [72\ 348,59, \quad 83\ 001,75]$
<b>Ruta 3</b>	$Btau = 4\ 083,14$ $I. C. = [49\ 829,24, \quad 57\ 995,52]$

**Tabla 5.12:** Estimación por intervalo de confianza semestral del 90% en las tres rutas.



**Gráfico 5.8:** Intervalos de confianza de usuarios semestrales del 90% para cada ruta usando calibración.

## 6. Conclusiones.

La estimación de usuarios sin calibración, pone de manifiesto que, en la ruta 1, hay una mayor circulación el mes de septiembre siendo la estimación puntual de 19 562,5. El mes con menos circulación es noviembre, siendo la estimación puntual de 17 397,9. La intersección de los intervalos de confianza entre el número de usuarios mensuales en las tres rutas no es vacía, lo que indica que la diferencia de usuarios entre los distintos meses no es significativa.

En la ruta 2, se observa que el mes con menos circulación es noviembre con una estimación puntual de 12 729,1. El mes con más circulación es septiembre, con una estimación puntual de 13 489,5. La intersección de los intervalos de confianza del número de usuarios mensual no es vacía, por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de usuarios en los tres meses en la ruta 2, por tanto, no hay diferencias significativas entre los distintos meses.

En la ruta 3, se observa que el mes con más circulación es septiembre con una estimación puntual de 10 012,5. El mes con menos circulación es noviembre, con una estimación puntual de 8 375. La intersección de los intervalos de confianza entre el número de usuarios mensuales en los tres meses no es vacía, por lo que no hay diferencias significativas entre los distintos meses en esta ruta.

La ruta con más circulación semestral es el Paseo Isabel la Católica (Ruta 1), estimada en 110 789,3 usuarios. Esto puede deberse a que este carril es de uso exclusivo mientras que en Plaza de España y Fuente Dorada se circula en ciclocarriles. La estimación semestral en Plaza de España es de 78 998,4 y en Fuente Dorada de 53 825 sin usar calibración, por tanto, según las estimaciones obtenidas, el uso de la ruta 3 es menos de la mitad del uso de la ruta 1.

Para hacer calibración se ha usado el método más básico. Comparando los resultados usando calibración con no usarla, en la ruta 1 se obtiene una diferencia media entre los estimadores diarios sin usar calibración y los datos reales de 72,3 usuarios, por tanto, el diseño muestral probabilístico utilizado, a pesar de los medios materiales-humanos disponibles, proporciona una estimación muy razonable.

En la ruta 2, comparando los resultados usando calibración con no usarla, se obtiene una diferencia entre las estimaciones diarias de 59,6 usuarios. En la ruta 3, comparando los resultados usando calibración con no usarla, se obtiene una diferencia media de 53,1 usuarios. Por tanto, las diferencias en las estimaciones con y sin calibración son próximas a 0, por lo que se pone de manifiesto que el diseño muestral utilizado tiene una calidad muy razonable sin necesidad de realizar calibración.

Un trabajo futuro interesante sería extender este estudio, con más medios, a todas las rutas cicloturistas de Valladolid.



## 7. Referencias

- 3ª Conferencia Ministerial Mundial sobre Seguridad Vial. (2020). Obtenido de OPS. Organización Mundial de la Salud: <https://www.paho.org/es/noticias/3-3-2020-3a-conferencia-ministerial-mundial-sobre-seguridad-vial#:~:text=La%20Conferencia%20Ministerial%20culmin%C3%B3%20con,en%20un%2050%25%20para%202030>
- Boletín Oficial de la Provincia de Valladolid. Dirección General de Tráfico.* (2021). Obtenido de Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/04/13/266>
- Cabrillo, C. R. (2020). Valladolid apuesta por las bicis. *Tribuna Valladolid*. Obtenido de <https://www.tribunavalladolid.com/noticias/valladolid-apuesta-por-las-bicis/1600421411>
- Cicla-mapa.* (s.f.). Obtenido de Asamblea ciclista: <https://asambleaciclista.com/cicla-mapa/>
- D'Ancona, M. Á. (2001). *Metodología cuantitativa: Estrategias y técnicas de investigación social*. Madrid.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (Julio 2008). *Metodología Diseño Muestral Encuesta de Consumo Cultura*.
- Deville, J., & Särndal, C. (1992). *Calibration Estimators in survey Sampling*. Journal of the American Statistical Association, Vol. 87.
- El uso del coche reduce nuestra esperanza de vida.* (2018). Obtenido de Stop cambio climático: <https://www.stopcambioclimatico.es/2018/09/20/uso-del-coche-reduce-nuestra-esperanza-vida/>
- Introducción al diseño de una encuesta.* (s.f.). Obtenido de Universidad de Sonora: <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/etapas.pdf>
- La historia del coche.* (s.f.). Obtenido de Rivekids: <https://www.rivekids.com/la-historia-del-coche/>
- Matemáticas UNEX. (s.f.). *Muestreo sistemático*. Obtenido de [http://matematicas.unex.es/~inmatorres/teaching/muestreo/assets/cap\\_5.pdf](http://matematicas.unex.es/~inmatorres/teaching/muestreo/assets/cap_5.pdf)
- Mayor Gallego, J. (2008/2009). Muestreo estadístico I. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. Obtenido de <https://personal.us.es/jmayor/ficheros/me104.pdf>
- Nguyen, J. H. (s.f.). *An introduction to calibration estimators*. Universidad de Waterloo. Obtenido de <http://mathreview.uwaterloo.ca/archive/voli/2/nguyen.pdf>
- Plano de carril bici de Valladolid.* (s.f.). Obtenido de AVA: [https://www10.ava.es/cartografia/Descarga\\_pdf/PlanoCarrilBici\\_A0\\_H.pdf](https://www10.ava.es/cartografia/Descarga_pdf/PlanoCarrilBici_A0_H.pdf)
- Posadas, G. C. (2019). *Calibración en el muestreo*. Trabajo fin de grado. Universidad de Valladolid. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/38295>
- Rodríguez, J. M., Bonifacio, S., & Tapia, J. A. (s.f.). *Metodología muestral en encuestas de opinión de usuarios de servicios con atención al público*. Universidad de Valladolid.

Sanz, J. (4 de 4 de 2021). Setecientos usuarios utilizan a diario el carril bici de Isabel la Católica en Valladolid. *El Norte de Castilla*. Obtenido de <https://www.elnortedecastilla.es/valladolid/setecientos-usuarios-utilizan-20210404140330-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

Särndal, C.-E., & all. (1992). *Springer Series in Statistics*. Örebro, Suecia: Springer.

*Tema 1: Fases de una Encuesta por Muestreo*. (s.f.). Obtenido de Universidad de Granada: <https://www.ugr.es/~diploeio/documentos/tema1.pdf>

Vergel, J. P. (2021). Un nuevo contador digital ya visualiza de manera diaria las bicis que pasan por Isabel La Católica. Obtenido de Tribuna Valladolid: <https://www.tribunavalladolid.com/noticias/un-nuevo-contador-digital-ya-visualiza-de-manera-diaria-las-bicis-que-pasan-por-isabel-la-catolica/1615544765>