

Revista mktDescubre - ESPOCH FADE
 N° 19 Junio 2022, pp. 101 - 109
 Revista mktDescubre - ESPOCH FADE
 Registro IEPI Título N°: 3232-12

ISSN en Línea: 2602-8522
 Latindex Folio: 27399
 Directorio Folio único 20003 Catálogo
 Periodo: Julio - Diciembre 2020

PREDICCIÓN DE LA DEMANDA DE PASAJEROS MEDIANTE UN MODELO DE REGRESIÓN LINEAL EN R

Patricio Moreno Vallejo

✉ xavier.moreno@esPOCH.edu.ec

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador

María Vallejo Sanaguano

✉ maria.vallejo@esPOCH.edu.ec

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador

Gisel Bastidas Guacho

✉ gis.bastidas@esPOCH.edu.ec

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador

RESUMEN

Al momento de realizar la gestión del transporte público urbano es importante conocer la demanda del medio de transporte para de esta forma determinar si es necesario aumentar el número de buses, la frecuencia o las rutas que pasan por una parada. La presente investigación tiene como objetivo estimar el cálculo de la demanda de las paradas de bus en base al análisis de las características de la zona usando regresión lineal con el apoyo de software estadístico para de esta forma evitar la necesidad de hacer conteos manuales que en muchos casos son costosos y toman demasiado tiempo. Para obtener los coeficientes del modelo de regresión lineal se tomó una muestra de 20 paradas de buses de la ciudad de Riobamba, de las cuales se realizó un conteo manual de ascenso descenso, así como las características de la zona como la presencia de unidades educativas de nivel medio y superior, locales comerciales, mercados, e instituciones financieras. Con el modelo generado se pudo alcanzar un coeficiente de determinación del 59.93% lo que indica que existe un porcentaje de los datos que pueden ser predichos mediante el uso de las características de las zonas tomadas en cuenta en el presente estudio, sin embargo, el incremento de características de las zonas puede mejorar los resultados del modelo.

Palabras clave: Demanda pasajeros, regresión lineal, Inferencia, transporte público urbano

ABSTRACT

When managing urban public transport, it is important to know the demand for the means of transport in order to determine if it is necessary to increase the number of buses, the frequency or the routes that pass through a stop. The objective of this research is to estimate the calculation of the demand for bus stops based on the analysis of the characteristics of the area using linear regression with the support of statistical software in order to avoid the need to make manual counts that in many cases are expensive and take too long. In order to obtain the coefficients of the linear regression model, a sample of 20 bus stops in the city of Riobamba was taken, of which a manual count of boarding and alighting was carried out, as well as the characteristics of the area such as the presence of educational units of middle and higher level, commercial premises, markets, and financial institutions. With the generated model it was possible to reach a determination coefficient of 59.93%, which indicates that there is a percentage of the data that can be predicted by using the characteristics of the areas taken into account in the present study, however, the increase of characteristics of the zones can improve the results of the model.

Keywords: Passenger demand, linear regression, Inference, Urban public transport

1. INTRODUCCIÓN

El transporte público urbano de las ciudades es de suma importancia tanto para los ciudadanos como para los municipios debido a que un buen servicio de transporte implica la satisfacción del usuario lo cual deriva una mayor demanda del transporte público y menor demanda del transporte privado. Al existir un menor uso del transporte privado se reduce la congestión vehicular, lo que implica la reducción de contaminación por CO₂ (Vinicio et al., 2018), menor desgaste de las vías públicas que se deriva en la reducción de gastos de administración entre otros beneficios (Martínez Salgado, 2018). Existen ciudades en donde el número de vehículos existentes ha superado la capacidad planificada lo cual causa graves problemas de movilidad. Grandes ciudades han proporcionado facilidades a los usuarios del transporte público como, por ejemplo, la disponibilidad de parqueaderos aledaños a las principales paradas de autobuses, aumentando la frecuencia de los autobuses, creando planes mensuales para el uso del transporte público con el fin de economizar costos, etc (Mbowa et al., 2021). Estas medidas han tenido éxito en algunas ciudades mientras en otras ciudades no se ha alcanzado los resultados esperados debido a que el usuario no se ha encontrado satisfecho con el servicio de transporte público por lo cual los usuarios optan por un vehículo privado sin importar la afectación que esto puede representar a su economía y al medio ambiente. Uno de los principales problemas que causan decepción en los usuarios es la frecuencia del medio de transporte en determinadas ubicaciones y aunque una solución evidente puede ser el incremento de unidades de transporte,

se debe tomar en cuenta que esto implica costos de adquisición y mantenimiento de más unidades que pueden ser elevados en relación con el beneficio alcanzado. Otro inconveniente que se deriva de simplemente aumentar el número de unidades es que si las unidades se desplazan de un lugar a otro sin una cantidad considerable de pasajeros implica gastos de movilización e incremento innecesario de la contaminación.

La investigación presentada por Joewono et al., (2016) estudia la satisfacción del usuario en base a la relación de sus preferencias y sus expectativas respecto a los niveles de servicio y las políticas esperadas en el transporte público urbano. El estudio indica que existe una experiencia negativa e insatisfacción que se correlaciona con las preferencias de los usuarios en la aceptación del mejoramiento de políticas del transporte con el incremento de los pasajes. Por último, los autores mencionan que este tipo de estudios deben ser diseñados con un enfoque local debido a que pueden existir discrepancias en los resultados cuando se toman en cuenta diferentes ciudades. Por otro lado, en Celik et al. (2013) realiza un análisis estadístico para proponer un método MCDM difuso basado en TOPSIS y GRA el cual permite evaluar y mejorar la satisfacción de los usuarios del transporte público en Estambul. Con este método los autores pueden determinar los criterios a ser mejorados y proponen diferentes sugerencias para la mejora continua. et al., 2013)

Como alternativas a las técnicas estadísticas clásicas en temas relacionados al transporte, en los últimos años se han aplicado técnicas estadísticas avanzadas como es el aprendizaje

de máquina (Tizghadam et al., 2019), aprendizaje profundo y técnicas de big data para diversos fines como, por ejemplo, la predicción de los tiempos de arribo de los autobuses (Panovski & Zaharia, 2020), la predicción de los retrasos en diferentes formas de transporte público (Leung et al., 2020), la predicción de los flujos de tráfico de los sistemas de transporte mediante la extracción automatizada de las características de los flujos de tráfico (Chen & Wang, 2017), la automatización de tareas de conteo de vehículos (Moreno Vallejo et al., 2020) y de pasajeros del transporte público urbano (Hsu et al., 2020) que puede permitir mejorar de forma efectiva las rutas y horarios del transporte público. Sin embargo, estas técnicas requieren de grandes cantidades de datos históricos para funcionar de forma adecuada, pero muchas de las veces no se tiene acceso a los datos o se requiere de grandes esfuerzos durante el preprocesamiento de los mismos para que puedan ser de utilidad. Esto puede provocar limitaciones al momento de entrenar estos modelos basados en técnicas avanzadas como, por ejemplo, no poder usar estos modelos en lugares donde no se tiene acceso a grandes cantidades de datos históricos sobre el transporte.

Por lo tanto, el presente estudio propone un modelo de regresión lineal múltiple basado en características del entorno de una parada de transporte público que pueden ser obtenidas de forma sencilla para determinar la demanda del transporte y usarlas en la toma de decisiones de municipalidades con el fin de mejorar la satisfacción de los usuarios del transporte público.

El artículo se encuentra distribuido

de la siguiente manera: la Sección 2 corresponde a los materiales y métodos utilizados para la generación del modelo. En la Sección 3 se describen los resultados de la evaluación del modelo generado. En la Sección 4, se presenta la discusión del estudio y, finalmente, en la Sección 5 se presentan las conclusiones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se detalla la metodología aplicada para la construcción de un modelo predictivo de la demanda de pasajeros en una parada de bus mediante regresión lineal múltiple. El método de investigación es mixto exploratorio, como técnicas se usó la observación y como instrumentos las fichas de observación. Primeramente, se realizó un levantamiento de información mediante un estudio de campo en el cual se tomó un muestreo aleatorio estratificado de 20 paradas de buses de la ciudad de Riobamba. Se tomaron como estratos las 16 líneas de buses urbanos de la ciudad. Adicionalmente, la muestra fue sin remplazo debido a que no se tomó en cuenta más de una vez las paradas que comparten algunas líneas de bus. Una vez seleccionadas las 20 paradas, se acudió con un equipo de levantamiento de información para realizar encuestas de ascenso y descenso similar a la metodología seguida por GARCÍA y CUASAPAZ (2018). También se tomó información de las características de la zona dentro de 500m a la redonda.

La investigación realizada es experimental puesto que se utiliza un conjunto de variables para realizar diversas pruebas mediante el uso de software especializado. Por otro lado, dado que el levantamiento de información se lo realizó en un tiempo determinado en

cada parada de bus el presente estudio es transversal. Adicionalmente, tiene un enfoque cuantitativo debido a que se usan datos numéricos que representan características de la zona en la cual se encuentra una parada de bus, estos datos permitieron probar un modelo predictivo mediante la aplicación de regresión lineal múltiple.

El modelo propuesto en el presente estudio es apropiado para dar solución a la problemática planteada debido a que la demanda de una parada de bus depende de las características de la zona, lo cual, se puede traducir en una variable dependiente y varias variables independientes. Es decir, se espera que la variable dependiente pueda ser descrita o explicada por las variables independientes que corresponden a las características de la zona, lo cual conlleva a indicar que el alcance de la investigación es explicativo. Por otro lado, para determinar la efectividad del modelo se realizó un análisis cuantitativo del desempeño del modelo propuesto.

Datos

Los datos utilizados en el presente estudio fueron obtenidos mediante un estudio de campo en el cual se realizó un conteo manual de la demanda y se llenaron fichas de observación de 20 paradas de buses de la ciudad Riobamba. En la Tabla 1 se presenta la descripción de los datos recopilados sobre la existencia de instituciones de educación media y superior, número de locales comerciales, existencia de mercados e instituciones financieras y número de viviendas en la zona en un rango de 500 m a la redonda. Las características de la zona corresponden a las variables independientes y el número

de pasajeros corresponde a la variable dependiente.

Dato	Descripción
numero_pasajeros	Número total de pasajeros de la demanda que se obtuvo mediante la ficha de observación
uni_edu	Bandera que indica la existencia de instituciones educativas de educación básica y secundaria
universidades	Bandera que indica la existencia de instituciones educativas de educación superior
num_local_comercial	Número total de locales comerciales, tiendas o negocios a 500 m a la redonda de la parada
mercados	Bandera que indica la existencia mercados cerca de la parada
num_viviendas	Número total de viviendas a 500 m a la redonda de la parada
inst_finan	Bandera que indica la existencia de Instituciones financieras, bancos o cooperativas cerca de la parada

Tabla 1. Datos de entrada al modelo de regresión lineal múltiple propuesto.
Fuente: Propia

Modelo

En el presente estudio se propone un modelo de regresión lineal múltiple que permite la predicción de la demanda de pasajeros que requieren el acceder al uso del transporte público en una parada de bus dadas ciertas características de la zona en la que se encuentra dicha parada. Este modelo busca obtener los valores de los coeficientes β presentados en la formula (1) a través de un proceso de optimización de tal forma de que el error de predicción sea mínimo. El valor de k es 6, por lo tanto, los valores de X corresponden a las

6 variables independientes que describen la zona en la que se encuentra la parada de bus.

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k$$

3. RESULTADOS

En esta sección, se evalúa el rendimiento del modelo de regresión lineal múltiple que fue entrenado usando el software estadístico R con la ayuda del IDE Rstudio. Inicialmente, se realizaron pruebas de correlación producto-momento de Pearson de la variable dependiente con cada una de las variables independientes. En base a la prueba de hipótesis y los valores de p obtenidos como se muestra en la Tabla 2, se pudo determinar que la correlación entre las variables es diferente de cero, es decir, que existe correlación entre las mismas. Sin embargo, cabe indicar que en algunos casos la correlación muestral es bastante cercana a cero, lo cual indica que es una correlación débil como en el caso de las variables independientes uni_edu, mercados e inst_finan.

VARIABLES INDEPENDIENTES	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CON num_pasajeros	PRUEBA DE PEARSON p-value
uni_edu	0.06337124	0.7907
universidades	0.4735979	0.03492
num_local_comercial	0.1487443	0.5314
mercados	-0.05530064	0.8169
num_viviendas	0.6471902	0.002039
inst_finan	0.08908233	0.7088

Tabla 2: Pruebas estadísticas de la correlación de la variable dependiente con las variables independientes. Fuente: Propia

Una vez realizado el análisis de correlación se procedió con el análisis de regresión

lineal múltiple, en donde se obtuvieron los coeficientes que se indican en la Tabla 3.

VARIABLES INDEPENDIENTES	COEFICIENTE β
intercepto	-35.731
uni_edu	16.211
universidades	84.008
num_local_comercial	-1.464
mercados	20.462
num_viviendas	1.324
inst_finan	1.784

Tabla 3: Coeficientes resultantes del análisis de regresión lineal. Fuente: Propia

El modelo de regresión lineal múltiple indica que las variables independientes que tienen mayor influencia al momento de realizar una predicción corresponden a las variables de num_viviendas y universidades, como se puede observar en la Figura 1 que corresponde a la salida de R de la prueba de significancia de los coeficientes de la fórmula de regresión.

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -35.7308   42.8458  -0.834  0.41938
num_viviendas    1.3235    0.4028    3.286  0.00591 **
num_local_comercial -1.4635    1.8707   -0.782  0.44804
uni_eduSI       16.2110   27.4190    0.591  0.56450
universidadesSI  84.0083   43.5150    1.931  0.07564 .
mercadosSI      20.4616   33.9861    0.602  0.55749
inst_finanSI     1.7845   34.1093    0.052  0.95907
---
Signif. codes:  0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
    
```

Figura 1: Prueba de significancia de los coeficientes de la fórmula de regresión lineal.

Fuente: Propia
Elaborado: por los autores

Para evaluar la capacidad predictora de la ecuación de regresión se utilizó el coeficiente de determinación (R²) y el coeficiente de determinación ajustado que es utilizado en caso de regresión lineal múltiple. El valor obtenido de R² corresponde a 59.93% que indica que dicho porcentaje de los datos están representados por la ecuación de regresión lineal. En el caso del valor de R² ajustado, se ha obtenido un valor de 41.43%.

Gutiérrez Puebla et al. (2008) y Cardozo et al. (2010) presentan modelos de regresión lineal para estimar la demanda de viajeros en el metro de la ciudad de Madrid, en estos estudios alcanzan un valor de R² de 78.3% y 68.5%, respectivamente. Sin embargo, a pesar de que los valores porcentuales son mayores a los obtenidos en el presente estudio, algunas de las variables independientes utilizadas en dichos estudios son específicas para el medio de transporte subterráneo debido a que existen variables independientes como, por ejemplo, la cantidad de accesos que dispone la estación, lo cual no aplica en el caso de paradas de autobuses en la ciudad de estudio en el presente trabajo.

Finalmente, se realizó la prueba global del modelo de regresión lineal múltiple con el estadístico F, donde se plantea como hipótesis nula que los valores de los coeficientes β son igual a 0 y como hipótesis alternativa que los valores de los coeficientes β son diferentes a 0. En esta prueba de hipótesis usando un nivel de significancia de 0.1 se obtuvo un valor de p de 0.03577 que es menor al nivel de significancia, lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Por lo tanto, se puede concluir que las variables independientes en conjunto aportan al modelo al momento de hacer predicciones con el mismo. Para probar el modelo, se ha realizado la predicción de la demanda de pasajeros de una parada de bus cuyo número de viviendas a la redonda es de 100, el número de locales comerciales a la redonda es de 12, no tiene unidades educativas de nivel medio, mercados e instituciones financieras cercanas y tiene universidades cercanas. El número de pasajeros estimado por el

modelo propuesto con los valores de las variables independientes definidos es de 164 como se muestra en la Figura 2.

```

...{r}
tabla_predecir <- data.frame(
  num_viviendas = 100,
  num_local_comercial = 12,
  uni_edu = "NO",
  universidades = "SI",
  mercados = "NO",
  inst_finan="NO"
)

predict(
  ceiling(
    modelo_regresion, newdata = tabla_predecir
  )
)
...

[1] 164
    
```

Figura 2: Resultado de la predicción de la demandan de pasajeros de una parada en base al modelo de regresión múltiple propuesto.

Fuente: Propia

Elaborado: por los autores

4. DISCUSIÓN

El presente estudio tiene como finalidad predecir la demanda de usuarios del transporte público urbano en base a las características de la zona en la que se encuentra una parada de bus mediante el uso de regresión lineal múltiple. En (Tirachini et al., 2013) se presenta modelos de demanda que dependen del hacinamiento de pasajeros en el trasporte público, es decir, los autores toman en cuenta el número de asientos ocupados o el número de pasajeros de pie. Por otro lado, en (Guancha & Soto Mejía, 2020) se presenta un modelo de simulación estocástica para determinar el flujo de pasajeros de una red de transporte bajo niveles de servicio. Adicionalmente, en el estudio de (ANGEL, 2019) se presenta un análisis de la demanda del transporte público rural basado en un estudio de campo en el cual se tomaron datos

respecto a tiempos de recorrido, sitios de preferencia, distancia entre puntos, etc. A diferencia de estos estudios expuestos anteriormente, el modelo propuesto en este artículo se basa en las características de la zona en la que se ubica una parada de bus lo cual hace que la predicción de la demanda considere características propias de la zona que pueden afectar la afluencia de mayor número de pasajeros, como, por ejemplo, la existencia de varios locales comerciales o instituciones educativas.

Mientras otros autores como (Tsai et al., 2020) han utilizado modelos más complejos de aprendizaje profundo que computacionalmente necesitan más recursos, la propuesta del presente estudio es más sencilla de entrenar y alcanza buenos resultados que se pueden igualar a los resultados de modelos más complejos.

Adicionalmente, el modelo presentado puede entrenarse con más variables independientes de forma sencilla, simplemente aumentando unas líneas de código, de tal forma que se podría mejorar del modelo siempre y cuando exista una correlación entre la variable dependiente y las variables independientes.

5. CONCLUSIONES

En el presente artículo, se propone un modelo predictivo de la demanda de pasajeros en las paradas de buses urbanos mediante el uso de regresión lineal múltiple. El modelo se basa en las características de la zona urbana en la cual se encuentra ubicada la parada de bus. El modelo propuesto alcanzó un coeficiente de determinación de 59.93%.

En base a los resultados obtenidos se ha demostrado que es factible utilizar el modelo de regresión lineal múltiple en la predicción del número de pasajeros en una parada de bus urbano. La ventaja del modelo es que una vez que ha sido entrenado puede ser utilizado para realizar estimaciones en cuestión de segundos, simplemente ingresando los valores de las variables independientes. Aunque en el estudio actual se realizó un estudio de campo para obtener los valores de ciertas variables independientes, es posible utilizar otras herramientas tecnológicas como los sistemas de información geográfica para la obtención de los valores de las variables independientes, como el número de viviendas, y el número de locales comerciales. De esta forma se puede optimizar recursos y tiempo por parte de las instituciones encargadas de la gestión del transporte urbano, con el fin de mejorar la calidad del servicio ofrecido. El conocer la demanda de pasajeros en una parada de buses en base a las características de la zona puede ayudar a la toma de decisiones de instituciones que manejan el transporte público de una ciudad como es el caso de las municipalidades. De tal manera que las municipalidades pueden generar planes de movilidad sostenible al tener una planificación eficiente de la gestión de las paradas de buses para lograr cubrir la demanda existente por los usuarios del transporte. Finalmente, para futuras investigaciones se podría incrementar las características de la zona fusionándolas con características sociodemográficas de los pasajeros del transporte público en dicha zona.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANGEL, R. R. (2019). ANALISIS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE PUBLICO EN EL MUNICIPIO DE GACHANCIPÁ. 3, 1–9.
2. Cardozo, O. D., Gutiérrez, J., & García, J. C. (2010). Influencia de la morfología urbana en la demanda de transporte público: análisis mediante SIG y modelos de regresión múltiple. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/193>
3. Celik, E., Bilisik, O. N., Erdogan, M., Gumus, A. T., & Baraclı, H. (2013). An integrated novel interval type-2 fuzzy MCDM method to improve customer satisfaction in public transportation for Istanbul. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 58, 28–51. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2013.06.006>
4. Chen, Y., & Wang, L. (2017). Traffic Flow Prediction with Big Data: A Deep Learning based Time Series Model. <https://www.researchgate.net/publication/321587233>
5. GARCÍA, B., & CUASAPAZ, E. (2018). ANÁLISIS DE LA TASA DE OCUPACIÓN DE LAS RUTAS DE BUSES URBANOS EN LA CIUDAD DE IBARRA.
6. Guancha, D. A. G., & Soto Mejía, J. A. (2020). Modelo de asignación de demanda de pasajeros en un sistema de buses de tránsito rápido considerando la congestión del sistema y la percepción de comodidad del pasajero. *Revista EIA*, 17(34), 1–12. <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1250>
7. Gutiérrez Puebla, J., Cardozo, O. D., Carlos, J., & Palomares, G. (2008). Modelos de demanda potencial de viajeros en redes de transporte público: aplicaciones en el Metro de Madrid. IV Seminario de Ordenamiento Territorial.
8. Hsu, Y. W., Wang, T. Y., & Perng, J. W. (2020). Passenger flow counting in buses based on deep learning using surveillance video. *Optik*, 202, 163675. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.163675>
9. Joewono, T. B., Tarigan, A. K. M., & Susilo, Y. O. (2016). Road-based public transportation in urban areas of Indonesia: What policies do users expect to improve the service quality? *Transport Policy*, 49, 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.04.009>
10. Leung, C. K., Elias, J. D., Minuk, S. M., Roy, A., & Cuzzocrea, A. (2020). An innovative fuzzy logic-based machine learning algorithm for supporting predictive analytics on big transportation data. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2020-July*. <https://doi.org/10.1109/FUZZ48607.2020.9177823>
11. Martínez Salgado, H. (2018). El desafío del sector transporte en el contexto del cumplimiento de las contribuciones determinadas a nivel nacional de América Latina. *Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL)*, 52.
12. Mbowa, K., Aigbavboa, C., Akinshipe, O., & Thwala, D. W. (2021). An overview of key emerging technologies transforming public transportation in the Fourth Industrial Revolution era. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1107(1), 012169.

- <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1107/1/012169>
13. Moreno Vallejo, P. X., Bastidas Guacho, G. K., & Moreno Costales, P. R. (2020). Estudio de factibilidad del uso de modelos de redes neuronales artificiales en la automatización del aforo y clasificación vehicular del transporte público. *ConcienciaDigital*, 3(3), 528–540. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1355>
 14. Panovski, D., & Zaharia, T. (2020). Real-time public transportation prediction with machine learning algorithms. *Digest of Technical Papers - IEEE International Conference on Consumer Electronics, 2020-January*. <https://doi.org/10.1109/ICCE46568.2020.9043077>
 15. Tirachini, A., Hensher, D. A., & Rose, J. M. (2013). Seis pasajeros por metro cuadrado: Efectos del hacinamiento en la oferta de transporte público, el bienestar de los usuarios y la estimación de demanda. XVI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte.
 16. Tizghadam, A., Khazaei, H., Moghaddam, M. H. Y., & Hassan, Y. (2019). Machine Learning in Transportation. *Hindawi Journal of Advanced Transportation*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4359785>
 17. Tsai, C. W., Hsia, C. H., Yang, S. J., Liu, S. J., & Fang, Z. Y. (2020). Optimizing hyperparameters of deep learning in predicting bus passengers based on simulated annealing. *Applied Soft Computing Journal*, 88, 106068. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106068>
 18. Vinicio, M., Moncayo, R., Caraballo Núñez, M. A., Hilarion´alvarez, O., Hilarion´alvarez Hernández, H., & Vivanco Pinta, S. (2018). Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja, Ecuador. *Cedamaz*, 08, 23–29.