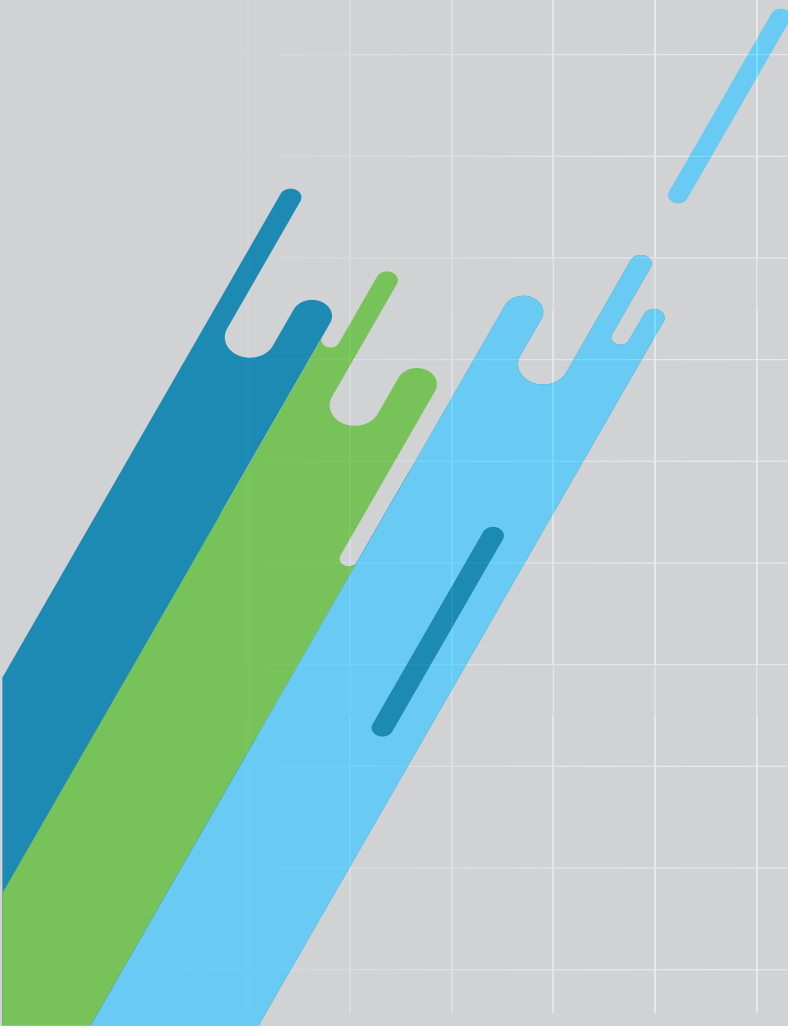


**ANÁLISIS DEL TIEMPO DE RESPUESTA Y
CONSUMO DE DATOS DE LA RED MÓVIL,
PARA EL ROUTER CLOUD
INDUSTRIAL DELTA DX-3001H9-V**



ANÁLISIS DEL TIEMPO DE RESPUESTA Y CONSUMO DE DATOS DE LA RED MÓVIL, PARA EL ROUTER CLOUD INDUSTRIAL DELTA DX-3001H9-V

ANALYSIS OF RESPONSE TIME AND DATA CONSUMPTION OF THE MOBILE NETWORK, FOR DELTA DX-3001H9-V INDUSTRIAL CLOUD ROUTER

Dennys Santiago Tucunango Oviedo¹,
Luis Fernando López Ayala²,
Cristian David Márquez Zurita³

¹Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros, Ecuador, dennys.tucunango@istcarloscisneros.edu.ec

²Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros, Ecuador, fernando.lopez@istcarloscisneros.edu.ec

³Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros, Ecuador, cristian.marquez@istcarloscisneros.edu.ec

RESUMEN

La aplicación del teleservicio o soporte remoto dentro del proceso de diagnóstico y mantenimiento de equipos y maquinarias es parte del avance en relación a industria 4.0, de modo que un técnico de servicio puede a través del internet y equipos M2M ejecutar un diagnóstico y en el mejor de los casos solventar las dificultades presentadas, evitando así los gastos de traslados. Este documento presenta un análisis tanto del tiempo de respuesta del envío y recepción de datos, así como del consumo de datos de la red móvil que provee acceso a internet al Router Industrial de la marca Delta, al momento de establecer conexión y transferir información a un controlador Lógico Programable Siemens S7-1200, para determinar consumos y la rapidez con la que se podría brindar soporte remoto a este tipo de dispositivos. Los resultados obtenidos resaltan que en cuanto a al tiempo de respuesta, al manejar una red 3G, los tiempos se van extendiendo en función del tamaño del programa que se desea transferir o recibir del PLC, ya que incide el lugar de ubicación del router y la cobertura de la operadora que provee el servicio, por lo que se puede pensar en routers con conectividad 4G o 5G, si es demandante transferir datos en tiempos reducidos. En cuanto al consumo de datos se puede determinar que es relativamente bajo en función de la cantidad de datos que puede proveer una operadora para la navegación, y además que el servicio remoto no es una actividad constante, por lo que no se incurriría en gastos mayores al del traslado de una persona al sitio.

Palabras clave: Teleservicio, Router, Industrial, 3G, VPN, M2M, latencia.

ABSTRACT

The application of teleservice or remote support within the process of diagnosis and maintenance of equipment and machinery is part of the advance in relation to industry 4.0, so that a service technician can, through the internet and M2M equipment, execute a diagnosis and in the best of cases solve the difficulties presented, thus avoiding travel expenses. This document presents an analysis of both the response time of sending and receiving data, as well as the data consumption of the mobile network that provides Internet access to the Delta brand Industrial Router, when establishing a connection and transferring information to a Siemens S7-1200 Programmable Logic Controller, to determine consumption and the speed with which remote support could be provided to this type of devices. The results obtained says that in terms of connection speed when managing a 3G network, these times are extended depending on the size of the program that is to be transferred or received from the PLC and the latency of the network, since the location of router affects it and the coverage of the operator that provides the service, so you can think about routers with 4G or 5G connectivity, if it is demanding to transfer data in reduced times. Regarding data consumption, it can be determined that it is relatively low based on the amount of data that an operator can provide for navigation, in addition, the remote service is not a constant activity, so the costs are not greater than the transfer of a person to the site.

Keywords: Teleservice, Router, Industrial, 3G, VPN, M2M, latency

Recibido: 18/09/2023

Aceptado: 27/10/2023

Received: 18/09/2023

Accepted: 27/10/2023

:



1. INTRODUCCIÓN

La aplicación del teleservicio o soporte remoto dentro del proceso de diagnóstico y mantenimiento de equipos y maquinarias a nivel industrial es parte del avance en relación a industria 4.0 [1], debido a que un técnico de servicio puede a través del internet y equipos M2M (Machine to Machine) ejecutar un diagnóstico de manera independiente y en la mayoría de casos solventar las dificultades presentadas, evitando así los gastos que se originan por el traslado y logística [2].

A nivel industrial este soporte está muy relacionado a los sistemas de automatización que integran las máquinas, donde se tienen controladores programables, interfaces gráficas, ordenadores industriales entre otros equipos, a los cuales se requiere tener acceso. La mayoría de estos dispositivos mantienen un protocolo de comunicación basado en TCP IP (Protocolo de Control de Transmisión/ Protocolo de Internet), por lo que el uso de routers industriales que incluyan funciones de Red Virtual Privada (VPN), así como acceso a internet a través de la Red Móvil, es una de las opciones para el enlace de manera remota [3].

Es así que el router industrial es un dispositivo de red especializado, diseñado para su uso en entornos industriales y entornos hostiles, a diferencia de los enrutadores de consumo, que normalmente se utilizan en hogares y oficinas, además estos dispositivos admiten protocolos industriales como Modbus o Profinet, para interactuar con máquinas y sistemas de control industrial [4].

Para la conectividad admiten la red móvil 3G, 4G o incluso 5G, además de las conexiones Ethernet por cable tradicionales. Este respaldo celular garantiza la resiliencia y flexibilidad de la red en instalaciones remotas o temporales permitiendo también una gestión remota del equipo, lo que permite a los administradores configurar y monitorear el dispositivo desde una ubicación central [5].

El router utilizado para esta aplicación es del fabricante Delta Electronics, el cual permite conexión a internet en 3G con una tasa de transmisión de datos de descarga de 21.6 Mbps y de subida de 5.76 Mbps, lo suficiente para las operaciones de conexión de manera remota para el tráfico de datos con un Controlador Lógico Programable (PLC) [6].

Por tanto, el objeto de estudio es analizar el tiempo de respuesta y consumo de datos móviles que se tendría al momento de requerir acceso a un PLC del fabricante Siemens, modelo S7-1200, conectado por su puerto ethernet de velocidad de transferencia, máxima de 100 Mbit/s [7], al puerto LAN del router, y por otro lado un ordenador con acceso a internet, que disponga del software TIA Portal.

Esta conexión será posible gracias a la funcionalidad de creación de un túnel seguro a través de una (VPN), que le permite crear una conexión segura y cifrada a otra red a través de Internet, asegurando la privacidad y seguridad en línea [8].

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo se hace uso de los siguientes componentes hardware y software, vistos en la tabla 1.

Tabla 1: Componentes hardware y software utilizados

Hardware / Software	Características
Router Industrial Delta DX-3001H9-V	Soporta protocolo VPN Conectividad 3G. UMTS/HSPA+ Redundancia doble chip. Antena 2.5dBi omni direccional
PLC S7-1200 CPU 1215C	Alimentación 24VDC. Memoria integrada de 125Kbyte Memoria de carga de 25Mbyte Área de datos remanentes 14Kbyte. Protocolo Profinet Interfaz física RJ45
Cable Profinet	Blindado con 4 núcleos Conductor AWG22 0,64 mm

Adicional a los elementos antes detallados se hace necesario los equipos y programas enlistados.

- Tarjeta SIM operadora Claro Ecuador
- Ordenador Portátil
- Software TIA Portal V17
- Software DIA Cloud

El esquema de conexión de los componentes se presenta en la figura 1.

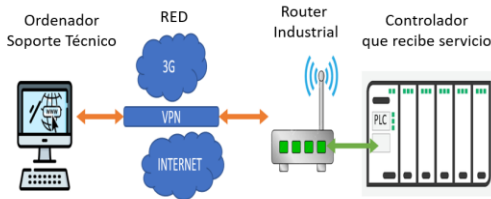


Figura 1: Esquema de conexión a través de router industrial.

La latencia de la red móvil 3G de claro al momento de las pruebas es de 44ms, mientras que la velocidad de navegación es de 4,98Mbps de bajada y 3,42Mbps de subida, así como se puede ver en la figura 2.



Figura 2: Test de velocidad red móvil 3G Claro

El presente trabajo se desarrolla a través de una investigación experimental, de modo que se establecen relaciones causa y efecto, manipulando una variable independiente en este caso el tamaño del programa desarrollado para el PLC y se observa su efecto en las variables dependientes, en este caso el consumo de datos y el tiempo de respuesta en un entorno controlado.

La primera fase se basó en la recolección de datos a través de la observación directa con la ayuda del software de monitoreo del router donde se puede determinar las tasas de transmisión de datos al momento de transferir un programa desde el ordenador al PLC, en donde se toma nota de los diferentes datos a medida que se incrementa el tamaño del programa a ser enviado.

En una segunda fase se realiza el proceso de descarga del programa desde el PLC al ordenador, de la misma manera monitoreando desde el software de diagnóstico del router las tasas de transmisión de datos para analizar cantidad de datos utilizados y tiempos de respuesta a medida que el tamaño del programa alojado en el PLC incrementa.

En una tercera etapa se establece una conexión en línea al PLC y se analiza la cantidad de datos recibidos y enviados en un determinado intervalo de tiempo para obtener el consumo.

Finalmente se analizan los datos obtenidos en un cuadro comparativo y se discuten estos resultados.

3. RESULTADOS

Dentro de la primera etapa del proceso se procedió a la creación del túnel seguro, momento en el cual se crea el puerto virtual de DiaCom, el cual tiene un tráfico de datos inicial de 0 bytes para el envío y recepción, así como se observa en la figura 3.

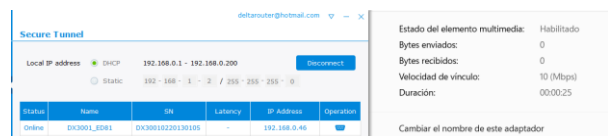


Figura 3: Conexión de túnel seguro y registro de bytes iniciales.

Se procedió a realizar el envío de un primer programa cuyo tamaño es de 5820 Bytes, más los datos de configuración que tiene un valor de 43 Bytes, como se observa en la figura 4.

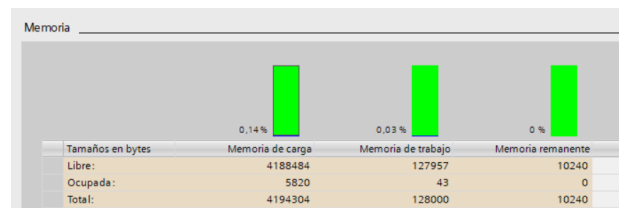


Figura 4: Utilización memoria del PLC.

Se puede observar cómo se tiene un registro de envío de datos desde el router de 11515 Bytes, mientras que de recepción del router se tiene 12874 Bytes, en tanto que el tiempo que tardo este proceso es de 2 minutos con 10 segundos, así como se puede observar en la figura 5.

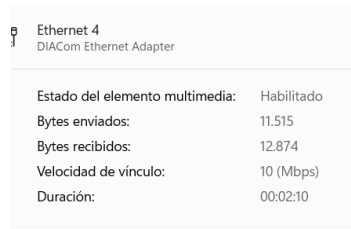


Figura 5: Tráfico de Datos envió programa PC-Router-PLC.

Se realizó este proceso incrementando proporcionalmente el tamaño del programa para

analizar los datos obtenidos, y estos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Datos obtenidos en la descarga de programa PC-Router-PLC

Tamaño Programa [Byte]	Datos enviados [Byte]	Datos recibidos [Byte]	Tiempo Respuesta [min:seg]
5863	11515	12874	2:10
11525	39340	35843	3:15
24201	70903	59814	5:23
47980	108763	82960	6:38
95200	149619	105189	7:25

Como se puede observar para la operación de transferencia del programa al PLC, se tiene un consumo de datos en unidades de Megabytes relativamente pequeños, que van en el orden de 0.01MB hasta 0.15MB para el envío y 0.01MB hasta 0.10MB para la recepción de programas de 5KB hasta 95KB, que implica ocupar un 2% de la memoria total del PLC.

En la segunda etapa se realizó el proceso de extracción del programa del PLC al ordenador, donde se han establecido los mismos tamaños de programa para el PLC, y se obtienen los datos presentados en la tabla 3.

Tabla 3: Datos obtenidos en la descarga de programa PLC-Router-PC

Tamaño Programa [Byte]	Datos enviados [Byte]	Datos recibidos [Byte]	Tiempo Respuesta [min:seg]
5863	38130	93236	3:23
11525	60124	118540	4:05
24201	85568	143213	6:53
47980	106634	168410	7:48
95200	127985	195002	8:34

Para el proceso de descarga de un programa alojado en el PLC, utilizando como pasarela el router hacia el ordenador, se obtuvo un consumo de datos en unidades de Megabytes de igual manera relativamente pequeños, que van en el orden de 0.03MB hasta 0.12MB para el envío y 0.09MB hasta 0.19MB en la recepción, mientras que el tiempo incrementa de manera proporcional al tamaño del programa.

Para el tercer análisis se realizó una conexión en línea al PLC para navegar durante un intervalo de

tiempo, para un mismo programa de tamaño fijo, y los datos obtenidos se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Datos utilizados en conexión en línea entre PC-Router-PLC

Tamaño Programa [Byte]	Tiempo Online [min]	Datos enviados [Byte]	Datos recibidos [Byte]
5863	1	18260	24345
5863	2	23665	40388
5863	3	29138	56604
5863	4	34510	72354
5863	5	40030	88536

Para esta conexión denominada online, donde se monitorea el estado del PLC a través de un ordenador utilizando como pasarela el router, el consumo de datos es proporcional en función del tiempo que se mantenga la conexión online. Se puede ver como el consumo de datos para el envío va en el orden de 0.01MB para el primer minuto hasta 0.04MB a los 5 minutos de conexión, mientras que en la recepción va desde 0.02MB para el primer minuto hasta 0.08MB a los 5 minutos de permanecer conectado.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el primer caso de transferencia de un programa desde el PC al PLC mediante el router, el consumo de datos de envío es mayor al de recepción y no necesariamente el consumo de datos móviles es el mismo que el del tamaño del programa preparado para el PLC [11], de modo que este se compone además de datos que se envían a la memoria remanente, y a la memoria de trabajo del PLC. Esto se puede observar en la figura 6.

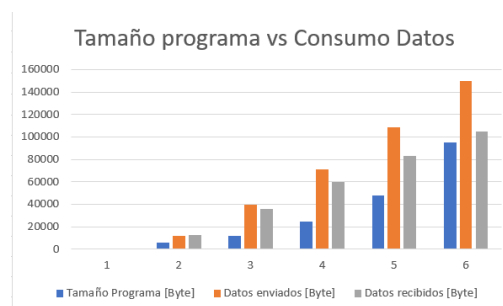


Figura 6: Representación gráfica Tamaño programa vs Consumo Datos, transferencia programa PC-PLC

Por otro lado, el tiempo que conlleva el proceso de envío de un programa, va incrementando en función del tamaño del programa a transferir, sin embargo no es un incremento lineal, de modo que esto depende de la velocidad de la conexión de internet 10, y la latencia, esto se puede ver en la figura 7.

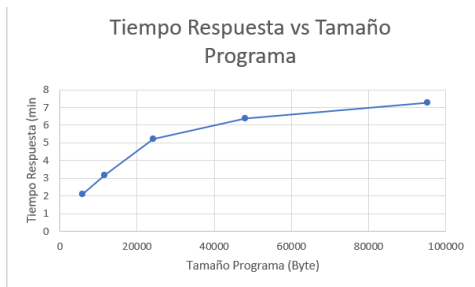


Figura 7: Representación gráfica del Tiempo Respuesta vs Tamaño Programa, transferencia programa PC-PLC.

Para el caso de la transferencia del programa del PLC al PC, los datos de recepción serán mayores a los de envío y no son del mismo tamaño al del programa del PLC, considerar que se transfieren datos adicionales de la memoria remanente y de trabajo del PLC al PC, esto se observa en la figura 8.

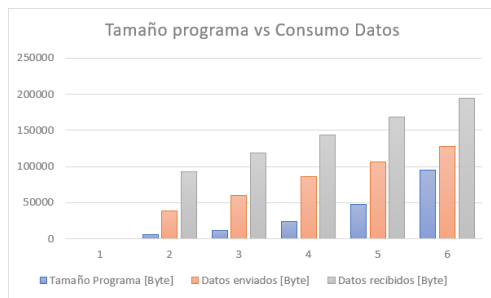


Figura 8: Representación gráfica del Tamaño programa vs Consumo Datos, transferencia programa PLC-PC

En cuanto al tiempo de respuesta, presenta un comportamiento similar, donde no se considera una linealidad, por la velocidad de navegación que mantenga el router y la latencia [9], esto se puede observar en la figura 9.

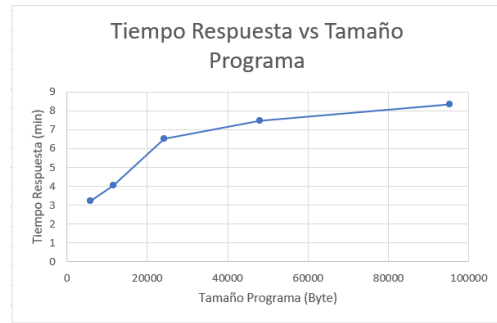


Figura 9: Representación gráfica del Tiempo Respuesta vs Tamaño Programa, transferencia programa PLC-PC.

Finalmente, en la tercera etapa de pruebas se puede observar como para un monitoreo online del PLC, cuando este contiene un programa de tamaño fijo, el consumo de datos por cada minuto transcurrido incrementa de manera constante, de modo que se mantiene la misma cantidad de datos de recepción y envío a lo largo del tiempo, por lo que se tiene un consumo lineal, esto se observa en la figura 10.

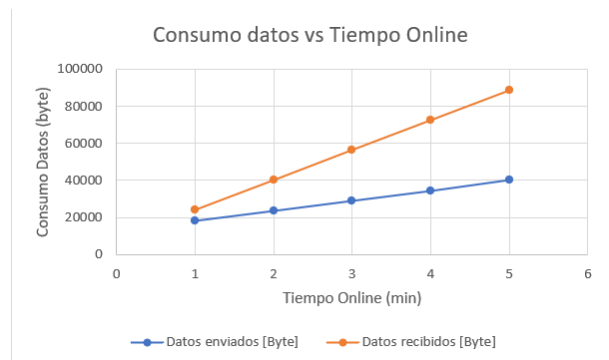


Figura 10: Representación gráfica Consumo datos vs Tiempo Online, conexión en línea PC-PLC.

5. CONCLUSIÓN

Bajo las pruebas y análisis desarrollados se puede considerar que la conexión para soporte remoto a un PLC, a través de un router con conectividad a internet con red 3G, es una opción aceptable de modo que el consumo de datos que se podrían tener es relativamente bajo, y en la actualidad las operadoras ofrecen planes de datos con un número considerable de Megabytes, que van desde los 100MB o 200MB, hasta el orden de Gigabytes.

Mientras que los tiempos de respuesta a pesar que incrementan en función del tamaño de los

programas que se desean transferir o recibir del PLC, hay que considerar que el servicio remoto no es una actividad que se la ejecuta diariamente a toda hora, por lo que resulta más conveniente a nivel económico y logístico que realizar un traslado hacia el sitio donde se encuentre el dispositivo a verificar.

Sin embargo, si se desea mejorar los tiempos de respuesta hay que considerar que existen routers que permiten navegar en 4G y 5G, pero también se debe tomar en cuenta que la cobertura de estas redes no está disponible en todo el territorio ecuatoriano, por lo que finalmente navegaría en una red 3G.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fernández A. "Remote supervision and control based on wireless technology to operation of central pivot irrigation machine". *Sistemas y Telemática*. Vol. 16 N° 44, pp. 63-74. Feb., 2018.
- [2] Gómez Gil, J. D., & Gómez Gómez, E. L. Implementation of a Centralized Remote System as a Way to Improve Aeronautical Maintenance. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14(2),62-81. ISSN: 1909-7050. 2019
- [3] Chaparro Mesa, Jorge Enrique, Barrera Lombana, Nelson, & León Socha, Fredy Alonso. (2021). Módulo Terminal Remoto, para la adquisición de datos, monitoreo y control de procesos Agroindustriales - AgriculTIC. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(2), 245-264.
- [4] M. Kalúz, J. García-Zubía, M. Fikar and L. Čirka, "A Flexible and Configurable Architecture for Automatic Control Remote Laboratories," in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 8, no. 3, pp. 299-310, 1 July-Sept. 2015, doi: 10.1109/TLT.2015.2389251.
- [5] J. Parada y J. Carrillo. "Automatización de sistemas de riego: estrategias de control a través de dispositivos móviles". *Renovat: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, Tecnología e Innovación*. N° 1, pp. 138-160. Dec., 2016.
- [6] Delta Electronics: DX-3001H9-V Industrial 3G/WAN VPN Router User Manual, Taoyuan Technology Center, 2020
- [7] Siemens (2022). Hoja de datos 6ES7215-1AG40-0XB0. <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7215-1AG40-0XB0>. Recuperado el 12-10-2023
- [8] Roo, A., Red privada virtual como alternativa para el acceso remoto Télématique, 3(1), 26-41. 2004
- [9] Aranda, J. M., (2015). Diseño y Evaluación del Desempeño de una Red de Comunicaciones para Medición Inteligente en Network Simulator-2. *Ingeniería*, 20(1), 21-35.
- [10] Castro-Delgado, A., & Quintero-Flórez, V. (2020). Análisis del impacto del intervalo de tiempo de transmisión sobre la latencia en la red de acceso radio de sistemas 5G. *Científica*, 24(1), 23-32. <https://doi.org/10.46842/ipn.cien.v24n1a03>
- [11] Sabino, A., Reis-Martins, P., & Carranza-Infante, M. (2020). Experiencias y retos del uso de datos de aplicaciones móviles para la movilidad urbana. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(1), 82-93. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.3039>