Recibido: Mayo 3 de 2021 | **Aceptado:** Octubre 5 de 2021

Estimation of travel times between nodes in the vehicle routing problem with stochastic times

Estimación de tiempos de viaje entre nodos en el problema de ruteo de vehículos con tiempos estocásticos

DOI: https://doi.org/10.21803/adgnosis.10.10.469

Jennyfer Tovar Ibarra
Industrial Engineer with Specialization in Business Management and Competitiveness (in progress), KIA, Barranquilla, Colombia. Mail: tovarijennyfer@coruniamericana.edu.co
Sogny Judith Franco García
Industrial Engineering student, Corporación Universitaria Americana, Colombia. E-mail: francosogny@coruniamericana.edu.co

How to cite this article:

Tovar Ibarra, J. & Franco García, S. Estimation of travel times between nodes in the vehicle routing problem with stochastic times. *ADGNOSIS Magazine, 10*(10). p.57-72. https://doi.org/10.21803/adgnosis.10.10.469

Abstract

In this research project we present the results obtained after the development of the situation raised by the teacher, who tells us that a candy trading company, located in the metropolitan area of Barranquilla, intended to determine what were the travel times from the origin to the destination of each delivery, where the addresses of each node are discriminated. At this point it is necessary to elaborate an Origin-Destination (O-D) matrix where numerical data of times and distances will be necessary, and with the use of the Google Maps application a mapping of nodes was made in which the obtained data of times (minutes) and distances (km) were related in an OriginDestination (O-D) matrix, for the deliveries made from 6:00 am to 12:00 noon, In order to obtain the relevant analysis from the final consolidated information and thus estimate times and overall costs of the different routes, it is relevant to perform mathematical analysis in order to determine which are the best options, thus optimizing the processes and having a real approach to their costs.

Keywords: *Node mapping; Time estimation; Process optimization.*

Resumen

En el presente proyecto de investigación se dan a conocer los resultados obtenidos luego del desarrollo de la situación planteada por el docente, quien nos indica que una empresa comercializadora de dulces, ubicada en el área metropolitana de Barranquilla, pretendía determinar cuáles eran los tiempos de viaje desde el origen hasta el destino de cada entrega, donde se discrimina las direcciones de cada nodo. En este punto se hace necesaria la elaboración de una matriz Origen-Destino (O-D) donde se tendrán datos numéricos de tiempos y distancias necesarios, y con el uso del aplicativo de Google Maps se realizó un mapeo de nodos en el que se relacionaron los datos obtenidos de tiempos (minutos) y distancias (km), en una matriz Origen-Destino (O-D), para los repartos realizados en el horario de las 6:00 am hasta las 12:00 md., con el fin de obtener los análisis pertinentes a partir de la información final consolidada y de esta manera estimar tiempos y los costos globales de las diferentes rutas, por este motivo es relevante realizar los análisis matemáticos con el fin de determinar cuáles son las mejores opciones, de esta manera optimizar los procesos y tener un acercamiento real de sus costos.

Palabras Clave: *Mapeo de nodos; Estimación de tiempos; Optimización de procesos.*

Introduction

Knowing the target information of the analysis, we set out to evaluate the time and distance of the route, composed of 21 nodes in a usual day, which was established on Sunday, October 18, 2020, we built a matrix of origin destination, in an Excel file, where for the 5 established ranges of time, 6 am, 7:30 am, 9 am, 10:30 am and 12 noon, we relate both the distance and the minimum time and maximum time from the origin node to its 21 destination nodes, in the different time slots.

We performed this activity with the registration of online information from the Google Maps tool, a tool that "will define a route that goes through all the locations entered (in the order in which you have done it) and tells you the total distance and the time required to perform that route" (Sánchez, 2017; Rodríguez et al, 2020), relating the aforementioned data, of time, time, origin and destination.

In order to consolidate the data obtained, the different parameters were grouped in the Origen-Destination Matrix, as a fundamental tool in the study and analysis of transportation, since it allows us to visualize the minimum and maximum times and distances required to travel between the different trips to be made; therefore, it is essential to use this tool to gather the data mentioned and calculate the averages and standard deviations of each trip per node in a given hour.

Currently there are tools that allow a very accurate measurement as the one used for the problem presented, Google Maps, where the measurements were taken as a reference day on Sunday, October 18, 2020 at the proposed times: 6:00am, 7:30am, 09:00am, 10:30am and 12: 00m.m, likewise the calculation of sampling by nodes, "statistical operation that allows estimating the precision of samples (medians, variances, percentiles) through the use of subsets of available data or randomly taking data from a set of data" (Godo, P. 2005).

The capture of these data, 9,680 records, took approximately 7 hours, an activity of utmost importance, since the proposed mathematical calculations are derived from it.

Figure 1: *Capture and storage of distances per node (reference image)*

Distance (Km) - 6:00 a.m.

O-D	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	0	0	3,9	4,3	2	2,2	3,1	3,3	5,2	5,4	3,4	3,5	3.0	3.1	12,4	12,5	11,5	12,7	10,2	10,4	9,8	9,9	6,2	6,4	11,7	13,1	21,4	22,8	2,6	3,1	8,5	10,7	3,6	4,5	7,2	7,6	2	2,5	7,9	8	22,4	23,8	10,8	12,1
1	3,9	4,4	0	0	6	6,2	6,5	6,8	7,6	8,1	6,3	6,4	6,1	6,6	16,5	23,5	13,3	16,8	14,2	19,9	13,7	19,5	9,4	11,9	14,9	19,3	24,6	29	4,7	5,2	7,9	8,5	5,2	5,4	3,6	3,6	4,3	4,7	9,1	10,2	25,6	30,1	12,6	16,2
2	2	2,4	5,9	6,2	0	0	1,3	1,6	3,9	4	2,8	3,1	2,5	2,7	10,5	12,5	12,2	13,7	8,3	8,6	7,8	8,1	4,2	4,7	11,1	11,4	19,4	20,8	3,6	3,7	9,7	10,3	4,7	5,1	9,3	10	3,1	3,3	6,3	6,6	21,9	27,6	11,9	13
3	3,5	3,6	6,7	7,1	2,1	2,3	0	0	2,7	3,1	1,7	2,5	1,6	1,9	11,8	11,8	14,3	14,9	8,9	9,5	8,4	9	3,2	3,6	9	12,4	19	22,1	2,7	3,3	11,4	16,6	6,4	6,5	10	10,9	2,7	3,1	5,1	5,3	20	26,2	13,7	14,3
4	4,9	5,1	7,5	7,7	4	4,5	3,1	3,4	0	0	2,6	2,8	2,7	2,8	12,9	19,5	16	22,7	9,2	12,4	8,8	11,9	3	3,3	8,5	13	19,3	22,7	3,2	3,7	13,1	24,3	8,1	9,6	10,8	12,2	3,7	4,3	2,7	3,4	20,3	23,7	15,4	22
5	3,5	3,6	6,9	7,7	2,7	3	1,7	2,1	1,9	2	0	0	1	1,1	12,5	16,9	14,5	15,7	9	9,7	8,5	9,2	3,2	3,4	8,6	9,3	19	24,5	2,2	2,6	11,6	11,9	6,6	6,7	11	12,3	2,7	3	4,4	4,7	20,1	25,6	13,9	15
6	3,2	3,4	6,8	8,1	2,6	3	1,6	1,7	2,2	2,6	0,45	0,45	0	0	12,5	12,6	14	15,6	8,8	9,8	8,4	9,3	3,3	3,8	8,9	9,4	18,9	24,7	2	2,3	11,2	11,7	6,1	6,6	10,2	11,6	2,3	2,9	4,8	6,2	19,9	25,7	13,4	15
7	12,4	12,5	16,5	22,3	10,6	10,6	11	13	13	19,4	12,8	12,8	12,3	14,1	0	0	10,5	10,5	11,8	15,5	11,3	14,9	11,1	15,7	10,4	10,4	18,2	24,3	14,4	14,8	18,7	20,8	14,1	15,2	19,8	21,8	12,9	15,3	13,4	19,5	19,2	25,3	9,6	9,6
8	10,9	10,9	12,3	15,8	11,9	12,2	13	13,9	15,9	16,5	13	13,9	13,3	14,5	9	9	0	0	14,7	22,6	14,2	22,1	14,2	22,9	17,6	18,1	25,3	31,6	13	14,8	12,2	14	7,3	7,3	15,3	16,1	12,3	14,3	16,5	26,7	24,7	31	4,4	4,4
9	8,5	8,6	12,6	18,1	6,6	6,8	7	9,1	9,1	12,8	8,8	9,3	8,4	8,9	9,9	9,9	13	13	0	0	10,6	13,3	7	8,7	8,1	8,7	17,8	17,8	9,5	15,5	14,7	16,9	10,1	11,3	15,8	18,5	9	9,3	9,5	10,5	18,7	18,7	15	19
10	8	8,1	12,1	17,9	6,1	6,5	6,5	8,3	8,6	12,4	8,3	8,9	7,9	8,4	9,5	9,5	12,6	12,6	0,45	0,45	0	0	6,5	8,2	7,6	8,3	17,3	17,3	9,9	15,2	14,3	16,4	9,7	10,8	15,4	18	8,5	8,8	9,2	10,6	18,3	18,3	14,6	18,5
11	7,1	7,2	10,4	12,4	5,4	5,8	4,5	4,5	4,1	4,5	4,4	5,9	4,5	4,6	11,7	13,2	16,3	23,1	6	7,1	5,5	6,6	0	0	5,4	6,6	16,3	16,3	6,5	8,6	15,2	18	10,4	13,2	13,7	21,1	6,4	7,3	9	14	17,2	17,2	15,7	23
12	13,4	14,1	17,5	23,3	11,6	12,3	11,5	13,5	9,5	12,2	9,8	11,8	9,8	13,3	12,3	14,9	17,8	18	7,7	9,3	7,2	8,8	6,9	9,6	0	0	11,2	11,2	13,2	14,8	19,7	24,2	15,1	16,2	22,8	31,9	13,3	15,4	9,8	13,4	12,3	12,3	17,4	17,7
13	21,7	22,7	25	33	19,9	20,8	19	21	19,9	23,4	20	23	19,2	22,5	20	24	25,6	27,2	16	17	15	16,4	17	18	12	12,9	0	0	21	26	28,4	36,1	24	32	30	34,5	21	23	19,9	21	1	2	26	27
14	3,1	3,2	5,6	6,1	3,9	4,1	3	3,3	3	3,3	1,6	1,7	1,5	1,9	14	17	14,2	16,8	9,9	11	9,4	10,4	4	4,8	10,3	15,8	20	26	0	0	10,3	12,6	6,3	8,5	8,9	10,2	1,7	2,2	5,5	6,4	21	27	13,6	16,2
15	8,7	9,1	7,5	8,4	10,3	14,2	12	16	13,2	18,2	11	12	11	11,8	19	24	13,8	14,8	16	17	16,5	17,8	14	16	20,1	29,8	30	36	10,4	12,4	0	0	7	10	6	7	10	12	15	22	31	36	13	14
16	3,6	3,9	5	5,7	4,7	4,9	5,5	6	8,3	8,7	6,5	6,7	5,9	6,3	14	15	7	8	11	13	11	12	8,8	11	14	16	24	26	6,7	6,8	6,2	9,7	0	0	8,2	8,4	5	5,4	11	17	25	27	7	7,2
17	7,3	8,6	3	4	9	10	10	11	11	13	9	11	9	10	23	24	16	17	18	22	17	22	13	17	18	23	28	33	8	10,5	5	8	8	9	0	0	7	9	12	14	29	34	16	17
18	2	2,1	4,5	5	3	3,1	2	2,3	3,6	4,2	2,2	2,3	1,8	2,2	13	20	13	14	10	11	9	10	5,1	5,4	11	13	20	23	2	2,2	9	9,1	5,2	5,5	7,8	9,1	0	0	6,2	6,6	21	30	12	13
19	7,7	7,9	9,1	9,1	6,3	6,6	5,1	5,3	2,7	3,5	4,6	4,7	4,8	5	13,4	19,5	16,4	26,6	9,5	10,5	9,1	10	9,1	10,7	9,7	13,4	19,8	21	5,5	6,3	14,7	22,3	11	16,6	12,4	14,4	7,2	7,2	0	0	21,2	22,3	16	27
20	22,3	23,8	25,6	30,1	21,8	27,5	20	26,2	20,3	23,7	20,1	25,6	19,9	25,7	19,2	25,4	26,3	28,3	18,8	18,8	18,3	18,3	12,7	12,7	12,2	12,2	1,4	1,4	21	26,5	30,6	35,7	24,9	31,8	31,3	33,9	21,3	27,1	20,3	21,2	0	0	26,7	27,9
21	10,8	12	12,6	16,2	11,5	13	13,6	14,2	15,3	16	13,9	15	13,4	15	10,4	10,4	0,6	0,9	12,4	12,4	12	12	16,9	18,3	17,3	17,7	18,9	20	13,6	16,2	7,2	7,2	15,8	16,6	12,5	13,6	12,5	13,6	17,2	19,6	26,9	27,9	0	0

Figure 2: *Capture and storage of times per node (reference image)*

Tempo (min) - 6:00 a.m.

O-D	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	0	0	8	12	5	9	7	12	12	18	8	10	7	10	18	28	16	35	16	30	16	30	12	26	20	50	40	90	6	10	14	35	7	16	14	22	4	8	14	35	45	100	16	35
1	10	16	0	0	14	22	12	24	12	30	12	22	12	22	24	55	20	40	22	65	20	65	16	40	26	70	45	110	9	16	12	28	12	18	6	10	8	16	14	40	50	110	18	40
2	5	9	14	20	0	0	4	7	8	16	8	12	7	10	14	30	16	35	12	24	10	24	8	22	16	40	40	85	8	12	16	35	9	16	18	28	7	12	12	26	45	110	16	35
3	8	12	12	22	5	9	0	0	6	12	5	8	3	7	18	28	20	40	14	30	14	30	8	18	18	45	40	85	5	12	16	40	14	20	18	35	5	10	10	22	45	100	18	35
4	12	16	12	24	8	16	7	14	0	0	6	9	7	12	20	60	22	60	16	45	14	45	6	12	16	55	40	110	8	12	20	70	18	30	18	40	8	14	5	12	45	110	20	60
5	10	12	14	24	6	10	4	9	5	9	0	0	4	4	18	45	20	40	16	35	16	35	6	14	16	45	40	110	5	9	20	40	14	20	20	35	6	10	9	18	45	110	20	40
6	8	12	12	22	6	10	4	9	5	10	2	2	0	0	18	30	20	40	18	35	16	35	7	14	16	45	40	100	5	8	18	40	14	22	18	30	5	9	8	22	45	100	20	40
7	18	28	22	45	14	22	14	30	20	60	20	30	18	35	0	0	26	35	16	50	14	50	16	60	22	35	40	80	22	35	22	55	16	35	26	50	18	35	20	70	45	85	24	35
8	16	24	18	30	18	26	18	35	24	45	18	35	22	35	18	22	0	0	18	45	16	65	20	75	22	50	40	100	20	40	14	35	9	14	18	40	20	35	24	85	40	100	9	16
9	14	24	20	40	10	20	10	26	16	45	16	35	14	30	14	20	16	30	0	0	18	35	12	28	14	35	35	75	16	55	18	50	12	35	22	45	14	26	14	40	40	80	18	85
10	14	22	18	35	9	18	9	26	16	45	14	30	14	28	14	18	14	30	2	2	0	0	10	26	12	30	35	75	16	50	16	45	12	28	20	45	14	24	14	35	40	80	16	50
11	16	24	20	40	12	18	10	16	8	14	10	18	10	16	16	28	18	80	10	20	8	16	0	0	9	28	35	70	14	26	20	50	16	35	24	45	12	22	3,9	4,2	40	75	18	45
12	20	60	24	60	14	55	16	45	16	40	18	50	18	50	18	40	20	60	12	35	10	30	12	45	0	0	26	50	22	55	22	80	18	40	26	85	20	50	16	55	30	50	20	60
13	35	100	40	110	30	90	35	80	35	90	35	90	35	85	35	80	35	90	28	70	26	70	30	75	24	50	0	0	35	100	35	110	35	100	45	120	35	90	30	85	5	6	35	90
14	8	14	10	24	10	16	7	16	8	14	4	8	4	8	22	50	22	45	20	40	18	40	10	18	20	65	40	100	0	0	16	40	14	28	16	35	5	10	10	26	45	110	22	45
15	14	35	12	28	18	40	20	45	22	50	20	45	18	40	24	70	16	40	20	50	20	50	22	50	26	80	45	120	18	40	0	0	12	30	12	22	16	35	22	65	50	120	16	40
16	7	12	10	18	9	16	12	20	18	28	14	20	12	20	18	40	10	22	14	35	12	35	16	35	18	50	40	90	12	24	10	28	0	0	14	24	10	16	16	55	45	100	9	20
17	14	22	6	12	16	28	18	35	18	40	16	35	16	35	26	55	20	40	24	75	22	70	22	50	28	75	45	110	14	30	12	22	14	26	0	0	14	28	18	45	50	120	18	40
18	4	7	8	16	6	12	4	9	9	16	4	8	3	9	20	50	20	40	16	35	14	35	8	24	18	50	40	90	5	9	12	26	10	18	12	26	0	0	10	26	45	100	20	35
19	14	30	14	35	10	26	10	22	5	12	8	16	8	18	20	70	22	85	28	40	28	35	26	40	30	55	35	85	10	24	22	65	16	55	18	45	10	22	0	0	35	90	24	85
20	45	100	50	110	45	110	45	100	45	100	45	100	45	100	45	85	45	85	40	80	40	75	30	55	30	50	5	6	45	110	50	120	45	100	50	120	45	110	45	90	0	0	45	90
21	16	35	18	40	16	35	18	35	18	35	20	40	20	40	24	35	3	4	14	30	12	28	18	60	20	60	22	60	22	45	16	40	9	20	18	40	20	35	22	55	40	90	0	0

Figure 3: *Calculation of averages of distances per node (reference image)*

Distance (Km) - P remedies

O-D	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	0	0	3,9	4,3	2	2,2	3,1	3,3	5,2	5,4	3,4	3,5	3	3,1	12,4	12,8	11,5	12,7	10,2	10,4	9,8	9,9	6,2	6,4	11,7	13,1	21,4	22,8	2,6	3,1	8,5	10,7	3,6	4,5	7,2	7,6	2	2,5	7,9	8	22,4	23,8	10,8	12,1
1	3,98	4,4	0	0	6	6,2	6,5	6,8	7,6	8,1	6,3	6,4	6,1	6,6	16,5	23,5	13,3	16,8	14,2	19,9	13,7	19,5	9,4	11,9	14,9	19,3	24,6	29	4,7	5,2	7,9	8,5	5,2	5,4	3,6	3,6	4,3	4,7	9,1	10,2	25,6	30,1	12,6	16,2
2	2	2,4	5,9	6,2	0	0	1,3	1,6	3,9	4	2,8	3,1	2,5	2,7	10,5	12,5	12,2	13,7	8,3	8,6	7,8	8,1	4,2	4,7	11,1	11,4	19,4	20,8	3,6	3,7	9,7	10,3	4,7	5,1	9,3	10	3,1	3,3	6,3	6,6	21,9	27,6	11,9	13
3	3,5	3,76	6,7	7,1	2,1	2,3	0	0	2,7	3,1	1,7	2,5	1,6	1,9	14,3	11,8	14,3	14,9	8,9	9,5	8,4	9	3,2	3,6	9	12,4	19	22,1	2,7	3,3	11,4	16,6	6,46	6,86	10	10,9	2,7	3,1	5,1	5,3	20	26,2	13,7	14,3
4	4,9	5,1	7,5	7,7	4	4,48	3,1	3,4	0	0	2,6	2,8	2,7	2,82	12,9	19,5	16	22,7	9,2	12,4	8,8	11,9	3	3,28	8,5	13	19,3	22,7	3,2	3,7	13,1	24,3	8,1	9,6	10,8	12,2	3,7	4,3	2,7	3,4	20,3	23,7	15,4	22
5	3,5	3,6	6,9	7,7	2,7	3	1,7	2,1	1,9	2	0	0	1	1,1	12,5	16,9	14,5	15,7	9	9,7	8,5	9,2	3,2	3,4	8,6	9,3	19	24,5	2,2	2,6	11,6	11,9	6,6	6,7	11	12,3	2,7	3	4,4	4,7	20,1	25,6	13,9	15
6	3,2	3,4	6,8	8,1	2,6	3	1,6	1,7	2,2	2,6	0,45	0,45	0	0	12,5	12,7	14	15,6	8,8	9,8	8,4	9,3	3,3	3,8	8,9	9,4	18,9	24,7	2	2,3	11,2	11,7	6,1	6,6	10,2	11,6	2,3	2,9	4,8	6,2	19,9	25,7	13,4	15
7	12,4	13,7	16,5	22,3	10,6	10,6	11	13	13	19,4	12,8	12,8	12,3	14,1	0	0	10,5	10,5	11,8	15,5	11,3	14,9	11,1	15,7	10,4	10,4	18,2	24,3	14,4	14,8	18,7	20,8	14,1	15,2	19,8	21,8	12,9	15,3	13,4	19,5	19,2	25,3	9,6	9,6
8	10,9	10,9	12,3	15,8	11,9	12,2	13	13,9	15,9	16,5	13	13,9	13,3	14,5	9	9	0	0	14,7	22,6	14,2	22,1	14,2	22,9	17,6	18,1	25,3	31,6	13	14,8	12,2	14	7,3	7,3	15,3	16,1	12,3	14,3	16,5	26,7	24,7	31	4,4	4,4
9	8,5	8,6	12,6	18,1	6,6	6,8	7	9,1	9,1	12,8	8,8	9,3	8,4	8,9	9,9	9,9	13	13	0	0	10,6	13,3	7	8,7	8,1	8,7	17,8	17,8	9,5	15,5	14,7	16,9	10,1	11,3	15,8	18,5	9	9,3	9,5	10,5	18,7	18,7	15	22,7
10	8	8,1	12,1	17,9	6,1	6,5	6,5	8,3	8,6	12,4	8,3	8,9	7,9	8,4	9,5	9,5	12,6	12,6	0,45	0,45	0	0	6,5	8,2	7,6	8,3	17,3	17,3	9,9	15,2	14,3	16,4	9,7	10,6	15,4	18	8,5	9,22	9,2	10,6	18,3	18,3	14,6	18,5
11	7,1	7,2	10,4	12,4	5,4	5,8	4,5	4,5	4,1	4,5	4,4	5,9	4,5	4,6	11,7	13,2	16,3	23,1	6	7,1	5,5	6,6	0	0	5,4	6,6	16,3	16,3	6,5	8,6	15,2	18	10,4	13,2	13,7	21,1	6,4	7,3	9	14	17,2	17,2	15,7	23
12	13,4	14,1	17,5	23,3	11,6	11,9	11,5	13,5	9,5	12,2	9,8	11,8	9,8	13,3	12,3	14,9	17,8	18	7,7	9,3	7,2	8,8	6,9	9,6	0	0	11,2	11,2	13,2	14,8	19,7	24,2	15,1	16,2	22,8	31,9	13,3	15,4	9,8	13,4	12,3	12,3	17,4	17,7
13	21,9	22,9	25	32,9	20	21	19	21	20	23,1	19,9	23	19	22,9	20	24	25,9	27	16	17	15	16,1	17	18	12	12,9	0	0	21	26	28,1	36	24,1	31,9	30	34,9	21	23	20	21	1	2	26	27
14	3,1	3,2	5,6	6,1	3,9	4,1	3	3,3	3	3,3	1,6	1,7	1,5	1,9	13,9	17	14	17	9,9	11	9,4	10,1	4	4,8	10,1	16	20	25,9	0	0	10,1	12,9	6,3	8,5	8,9	10	1,7	2,2	5,5	6,4	21	26,9	13,9	16
15	8,7	9,1	7,5	8,4	10,1	14	11,9	16	13	18	11	12	11	12	19,1	24	14	15	16	17	16,9	18	14,1	16,1	20	30	29,9	36	10,1	12,1	0	0	7	10	6	7	10	11,9	15	22	31	36	13	14
16	3,6	3,9	5	5,7	4,7	4,9	5,5	6	8,3	8,7	6,5	6,7	5,9	6,3	13,9	14,9	7	8	11	13	11	12	8,8	11	14	16	24	26	6,7	6,8	6,2	9,7	0	0	8,2	8,4	5	5,4	11	17	25	27	7	7,2
17	7,3	8,6	3	4	9	10	10	11	11	13	9	11	9	10	23	24	16	17	18	22	17	22	13	17	18	23	28	33	8	10,5	5	8	8	9	0	0	7	9	12	14	29	34	16	17
18	2	2,1	4,5	5	3	3,1	2	2,3	3,6	4,2	2,2	2,3	1,8	2,2	13	20	13	14	10	11	9	10	5,1	5,4	11	13	20	23	2	2,2	9	9,1	5,2	5,5	7,8	9,1	0	0	6,2	6,6	21	30	12	13
19	7,7	7,9	9,1	9,1	6,3	6,6	5,1	5,3	2,7	3,5	4,6	4,7	4,8	5	13,4	19,5	16,4	26,6	9,5	10,5	9,1	10	9,1	10,7	9,7	13,4	19,8	21	5,5	6,3	14,7	22,3	11	16,6	12,4	14,4	7,2	7,2	0	0	21,2	22,3	16	27
20	22,3	23,8	25,6	30,1	21,8	27,5	20	26,2	20,3	23,7	20,1	25,6	19,9	25,7	19,2	25,4	26,3	28,3	18,8	18,8	18,3	18,3	12,7	12,7	12,2	12,2	1,4	1,4	21	26,5	30,6	35,7	24,9	31,8	31,3	33,9	21,3	27,1	20,3	21,2	0	0	26,7	27,9
21	10,8	12	12,6	16,2	11,5	13	13,6	14,2	15,3	16	13,9	15	13,4	15	10,4	10,4	0,6	0,9	12,4	12,4	12	12	16,9	18,3	17,3	17,7	18,9	20	13,6	16,2	7,2	7,2	15,8	16,6	12,5	13,6	12,5	13,6	17,2	19,6	26,9	27,9	0	0

Figure 4: *Calculation of time promotions per node (reference image)*

Tempo (min) - P remedies

O-D	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	0	0	9	15,2	5	9,4	7	14	12	21,6	8	14	7	12,8	18	33,6	16,8	33,6	16,4	31,6	16	29,8	12,4	29	18,4	42	28,6	60	6	12,4	14,8	38	7,8	17,2	15,2	25,6	4,4	9,8	13,2	29,4	33	66	16	30,6
1	9,8	17,6	0	0	14	24,4	13,2	30	13,2	33,6	11,6	28,2	12,8	26,4	25,6	51	20	39	24,4	55	22,4	55	17,2	43	24,4	58	33	76	9,6	20	14	34,6	12,4	20,8	6,8	11,2	9	19,2	13,6	36	40	79	18,8	38
2	5	9,4	14	24	0	0	4,2	7,6	8,2	18	8	14,4	6,4	10,6	14	29,2	16,8	34	12,4	24	11,6	23,2	7,8	22,8	14,4	33	25,6	54	8	15,2	18,4	42	9,4	19,2	19,2	38,6	7	13,2	11,6	25,2	31,4	73	16	32,6
3	7,6	15,2	13,2	29,6	5	10,6	0	0	6	13,6	4,2	10,2	3	8,4	16,4	35,2	19,2	42	14,4	29,6	13,2	28,8	7,8	18,4	14,8	36	25,6	55	5	14,8	18,4	47	14	27	18,8	40	5	13,6	8,8	20,8	31,4	67	18	41
4	11,2	20,4	13,2	32,4	8,8	20,4	7	16,4	0	0	6	11	6,4	12,4	18,8	45	22	50	16,4	38	14	37	6	15,6	14,4	36,6	25,1	56,5	7,2	13,2	19,4	51,9	17,6	35	19,2	40	8	15,2	4,4	12,4	31,4	65	20	49
5	8,6	14,4	14	29,6	6,2	13,6	4	11	4,2	8,4	0	0	3,6	3,8	18	43	20	42	16,4	35	14,4	33	6	16,8	14,4	36	25,6	63	5	10,8	21,6	49	14,4	25,2	20	39	5,6	12	7,4	16,4	31,4	66	19,6	41
6	8,2	14,4	13,2	25,6	6	13,6	4	9,2	5	11,2	2	3	0	0	18	33	20	42	16,8	32,6	14,8	31,6	6,6	16,8	14,4	37	26,4	61	4,6	8,8	20	47	14,4	25,2	18,8	37	5,4	11,4	7,2	19,6	31,4	65	19,6	41
7	19,2	34,4	25,6	53	14,8	26,4	15,2	35	20,4	48	19,6	37	18,8	39	0	0	18	25,8	16,4	39,8	14	38,8	16,4	48	16,8	28,4	24,8	53	22,4	46	23,2	66	17,6	44	27,2	62	19,2	43	20	53	30,6	56	15,2	24,2
8	16,8	31,4	18,8	38	18	32,2	18	35	23,2	47	18	38	22,4	41	13,6	18	0	0	18,4	48	16	51	19,2	61	19,6	42	28,8	83	21,6	47	14,8	45	9,2	16,8	18,8	47	20,4	42	22,4	62	28,8	84	6,6	11,4
9	15,6	28,4	21,2	47	10,8	22,8	11,6	28,4	16	38	16	38	14,8	35	13,6	20,4	16	26,8	0	0	19,6	40	11,6	27,2	10,8	24,2	21,4	42	16	45	18,8	59	13,2	39	22,8	56	15,6	32,2	12,4	36	25,6	47	16,4	53
10	14	26,4	20,4	43	9	20,4	9,6	28,4	14,4	35	14	34	13,2	33,6	12,4	18	14	25,2	2	2	0	0	9,6	24,8	9,6	20,8	20,6	41,2	16,8	42	16,8	57	12	32,4	20,8	54	14	31,4	12	37	24,8	47	15,6	39
11	15,6	30	20,8	45	11,6	23,2	10	21,6	8,2	16,8	10	21,6	9,8	20,4	16	28,8	18	53	10	20,4	7,6	18,4	0	0	8	19,2	19,8	40,6	12,8	27,6	20,8	60	16	39	24,8	53	12	26,4	7,58	13,6	24	46	16,4	45
12	20	59	26	60	15,6	45	16	44	16	43	18	50	17,2	50	16	33,6	19,6	45,2	12,4	29,8	10	27,4	12	40,2	0	0	14,8	28,2	20,8	55	23,2	77	18	48	27,2	71	20	52	14,4	41,2	20,4	31,2	18	42
13	32,2	83	40	97	28,2	76	29,2	70	30,6	72	31	76	30,6	74	28,8	64	33,2	72	25,4	55	22,4	53,6	26,6	65	20,4	42,8	0	0	33,2	84	35	102	31,4	76	41	104	31,4	79	27	72	5,2	6,2	31	69
14	7,4	16	11,2	25,6	9	17,6	7,4	16,4	7,2	15,2	3,4	7,8	3,8	8,4	21,2	46	22,8	46	18,8	36	16,4	35	9,4	21,2	17,2	45	27,6	62	0	0	17,2	48	13,6	32,6	16,8	36	4,6	11,2	9,2	20,8	33	66	21,6	44
15	16,4	38	13,2	32,6	20	45	21,2	50	22,8	52	20,8	50	20,4	48	23,6	50	16	45	22	59	20	57	22	61	24	72	33	90	18,8	46	0	0	13,2	37	13,6	24,8	17,2	44	22,8	55	38	95	16	42
16	7,6	14,8	11,2	21,2	9,8	19,2	12,8	24,4	18,8	34,2	14,8	25,6	13,6	24,8	16,4	29,2	9,2	16,8	14,4	40	12,8	38	15,2	39	16,4	50	27,2	64	13,2	29	11,2	34,6	0	0	15,2	30	11,6	21,6	17,2	43	33	69	8,2	15,2
17	15,2	26,4	6,8	12	18,4	34,6	19,2	39	19,2	42	17,2	39	18,4	39	27,2	47	20,8	46	25,6	61	23,6	60	23,6	53	27,2	67	37	83	15,2	35	12,8	25,6	15,6	30,4	0	0	15,2	31,2	19,2	43	42	89	19,6	44
18	4	8,6	9	20,4	6	13,2	4,6	10	8,8	17,2	4,2	10,2	3,6	9,2	19,2	46	20,4	39	16,4	34	14,8	33	8,8	24,8	16	40	27,2	57	5	10,4	14,4	35,2	10,8	20,4	14,8	31,8	0	0	10	21,2	32,6	73	20	37
19	13,6	26	13,6	29	11,2	24	8,8	23,2	4,2	12	7,2	15,6	7,2	18,4	20	53	22	67	15,2	36	14,8	33	16,4	36	17,2	41	28	71	9,2	20	22,8	55	17,2	43	19,2	43	10	22	0	0	35	90	24	85
20	45	100	50	110	45	110	45	100	45	100	45	100	45	100	45	85	45	85	40	80	40	75	30	55	30	50	5,4	6,4	45	110	50	120	45	100	50	120	45	110	43	90	0	0	45	90
21	16	35	18	40	16	35	18	35	18	35	20	40	20	40	24	35	3	4	14	30	12	28	18	60	20	60	22	60	22	45	16	40	9	20	18	40	20	35	22	55	40	90	0	0

Figure 5: *Calculation of the standard deviation of the distances per node (reference image)*

Distance (Km) - Deviation Standard

O-D	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,06
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,49	0	0	0	0,94	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0,13	0,13	0,04	0,22	0,04	0,09	0,04	0,04	0,04	0,18	0,13	0,04	0,09	0,22	0,04	0,04	0,18	0,09	0	0,04	0	0,18	0,09	0,09	0	0	0	0	0,09	0,09	0,18	0,04	0,13	0,13	0	0,22	0,04	0,04	0,04	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,04	0,09	0,09	0	0,04	0	0,18	0	0	0,13	0,09	0	0,22	0	0	0,13	0,18	0	0	0	0,09	0	0	0	0	0,22	0,18	0,09	
15	0	0	0	0	0,13	0,09	0,18	0,04	0,09	0,09	0	0	0	0,09	0,13	0,09	0,09	0,09	0	0	0,22	0,09	0,18	0,18	0,04	0,09	0,18	0,09	0,18	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0,22	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,18	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 5: *Cálculo de la desviación estándar de las distancias por nodo (imagen de referencia)*

Figure 5: *Calculation of the standard deviation of the time distances per node (reference image)*

Tempo (min) - Deviation Standard

O-D	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	0	0	0,71	2,28	0	0,55	0	2	0	2,97	0	2,45	0	1,79	0	3,13	1,1	3,13	0,89	3,21	0	3,35	0,89	3,74	0,89	4,47	6,39	17	0	1,67	1,1	2,74	0,45	2,28	1,1	2,61	0,55	1,48	1,1	3,44	6,71	19,2	0	2,61
1	0,45	1,67	0	0	0	2,61	1,1	5,05	1,1	4,72	0,89	4,82	1,1	3,29	1,67	4,18	0	2,24	1,67	6,12	1,67	6,12	1,1	2,74	0,89	7,58	6,71	19,2	0,55	3,16	1,41	4,28	0,89	2,28	0,45	1,1	1	2,28	0,89	4,18	6,12	17,5	1,1	2,74
2	0	0,55	0	3,16	0	0	1,64	0,89	0,45	2,45	0	2,19	0,55	1,34	0	1,1	1,1	2,24	0,89	2,45	0,89	2,28	0,45	2,28	0,89	4,47	8,05	17,5	0	2,28	1,67	5,7	0,55	3,03	1,1	7,23	0	1,1	0,89	2,28	7,6	21,1	0	3,36
3	0,55	3,63	1,1	5,68	0	1,34	0	0	0	2,97	0,45	1,79	0	1,14	0,89	6,57	1,1	2,74	0,89	0,89	1,1	1,79	0,45	1,67	1,79	5,48	8,05	17,3	0	2,68	1,67	5,7	0	5,74	1,1	5	0	2,19	0,84	1,79	7,6	19,6	0	4,18
4	1,1	2,61	1,1	6,35	0,45	2,61	0	1,67	0	0	0	1,41	0,55	0,89	1,1	8,66	0	7,07	0,89	4,47	0	4,47	0	3,29	0,89	10,7	8,43	32,3	0,45	1,1	3,67	17,1	0,89	3,54	1,1	3,54	0	1,1	0,55	0,89	7,6	25,5	0	6,52
5	0,89	1,67	0	5,5	0,45	2,19	0	1,41	0,45	0,55	0	0	0,55	0,45	0	2,74	0	2,74	0,89	3,54	0,89	2,74	0	2,68	0,89	5,48	8,05	26,8	0	2,17	2,19	6,52	0,89	4,15	0	4,18	0,55	2	0,89	1,67	7,6	25,3	0,89	2,24
6	0,45	1,67	1,1	2,61	0	2,19	0	0,84	0	1,1	0	1	0	0	0	2,74	0	2,74	1,1	3,36	1,1	3,21	0,55	2,68	0,89	4,47	7,67	22,5	0,55	1,1	2	5,7	0,89	3,03	1,1	4,47	0,55	1,95	0,45	1,67	7,6	20,3	0,89	2,24
7	1,1	8,56	2,61	5,7	1,1	3,29	1,1	3,54	0,89	7,58	0,89	4,47	1,1	2,24	0	0	5,1	6,72	0,89	12	0	11,7	0,89	13	4,6	9,61	9,01	16	0,89	6,52	1,1	6,52	0,89	5,48	1,1	9,08	1,1	4,47	0	14	8,59	17,8	5,22	7,43
8	1,1	5,13	1,1	4,47	0	4,09	0	0	1,1	2,74	0	2,74	0,89	5,48	2,61	2,45	0	0	0,89	12	0	12,9	1,1	15,2	1,67	7,58	6,57	9,75	1,67	4,47	1,1	6,12	0,45	2,28	1,1	4,47	0,89	4,47	0,89	17,9	6,57	8,94	1,34	2,79
9	0,89	2,61	1,1	4,47	1,1	2,28	0,89	1,67	0	4,47	0	2,74	1,1	3,54	0,89	0,89	0	2,28	0	0	0,89	3,54	0,89	1,1	1,79	6,1	7,6	19,6	0	7,07	1,1	6,52	1,1	2,24	1,1	6,52	0,89	4,09	0,89	2,24	8,05	19,6	0,89	20,2
10	0	2,61	1,67	5,7	0	1,67	0,55	1,67	0,89	6,12	0	2,24	1,1	3,13	0,89	0	0	2,68	0	0	0	0	0,55	1,1	1,34	5,22	8,11	20,2	1,1	5,7	1,1	7,58	0	6,35	1,1	6,52	0	5,13	1,41	4,47	8,56	19,6	0,89	8,22
11	0,89	4,85	1,1	5	0,89	3,35	0	3,58	0,45	2,28	0	2,97	0,45	2,97	0	1,1	0	17,5	1,22	0,89	0,55	1,67	0	0	0,71	5,02	8,5	17,8	1,1	1,67	1,1	7,91	0	2,24	1,1	7,58	0	2,97	2,12	5,46	8,94	17,5	0,89	9,35
12	0	7,42	2	0	0,89	11,7	0	7,42	0	6,71	0	7,91	1,1	7,91	2	5,9	0,89	9,76	0,89	7,26	0	6,54	0	9,63	0	0	6,26	14,1	1,1	7,91	1,1	4,47	0	4,47	1,1	8,94	0	5,7	0,89	11,6	5,37	13,1	1,41	11
13	5,22	19,9	6,12	18,6	4,6	17,8	5,54	17	6,99	18,9	6,56	17,8	6,99	17,8	6,06	17,8	5,17	18,9	6,47	17	5,73	17,1	6,07	17	5,73	12,9	0	0	5,17	18,2	6,12	13	6,07	21,6	6,52	18,2	6,07	20,7	5,57	18,9	0,45	0,45	6,56	18,5
14	0,55	2	1,1	3,29	0,71	1,67	0,55	1,67	0,45	1,79	0,55	1,3	0,45	0,55	1,1	2,24	1,1	2,24	1,1	4,18	0,89	3,54	0,55	3,03	1,79	11,7	6,99	22,5	0	0	1,79	5,7	0,89	3,36	1,1	4,18	0,55	1,1	0,45	3,03	6,71	25,3	0,89	2,24
15	1,67	2,74	1,1	3,36	2	5	1,1	5	1,1	2,74	1,1	5	1,67	5,7	0,89	12,2	0	5	1,41	6,52	0	5,7	0	8,94	1,41	5,7	6,71	17	1,1	4,18	0	0	1,1	4,47	0,89	2,28	1,1	6,52	1,1	6,12	6,71	14,1	0	2,74
16	0,55	1,79	1,1	2,28	0,45	3,03	1,1	4,1	1,1	6,02	1,1	3,85	0,89	3,63	0,89	6,1	0,45	3,03	0,89	3,54	1,1	2,74	1,1	4,18	0,89	3,54	7,16	14,7	1,1	4,24	1,1	5,55	0	0	1,1	5,05	0,89	3,85	1,1	6,71	6,71	17,5	0,45	2,68
17	1,1	3,29	0,45	0	1,67	4,28	1,1	4,18	1,1	2,74	1,1	4,18	1,67	4,18	1,1	4,47	1,1	4,18	0,89	8,22	0,89	6,12	0,89	4,47	1,1	5,7	4,47	15,2	1,1	5	1,1	2,61	0,89	4,28	0	0	1,1	3,56	1,1	2,74	4,47	17,5	0,89	4,18
18	0	1,14	1	4,1	0	1,1	0,55	1,22	0,45	2,28	0,45	1,79	0,55	0,84	1,1	2,24	0,89	2,24	0,89	2,24	1,1	2,74	0,84	2,28	1,41	6,12	7,16	18,9	0	1,52	1,67	5,72	1,1	2,61	1,79	4,44	0	0	0	2,68	6,99	15,2	0	2,74
19	0,89	2,45	0,89	3,46	1,1	1,41	0,84	1,1	0,45	0	0,45	0,89	0,45	1,67	0	14	0	17,5	7,16	2,24	7,43	2,74	5,37	2,24	7,16	11,4	6,6	19,5	0,45	2,45	1,1	6,12	1,1	6,71	1,1	2,74	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,55	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,47	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

When calculating the standard deviation of the times taken for the different non-doubles, a relevant deviation is considered to be those that exceed 5%, since these are the ones that generate a relevant variation. This would allow us to affirm that the time of the route to the destination node could suffer alterations, since it will be affected by vehicular traffic, weather, road arrangements or other factors, which, although they are the ones that lead us to perform this analysis with a view to optimization, generate a more important incidence in the node where the variation is present.

1.1.1 Node resampling calculations

Once we have the data stored, we proceed to generate the analysis of the information by node, where we relate in a database the times for each node in its 5 different schedules, indicating the estimated minimum and maximum travel time between them, this action is executed for each of the nodes with their 5 different delivery schedules.

This information allowed us to simulate that the travel time between nodes behaves uniformly, allowing us to generate random numbers that will have the same opportunity of choice, as long as they are between the minimum and maximum time generated by the origin node to the destination node. We perform this exercise for all the nodes from origin to all the destination nodes, to finally generate the average time, thanks to the random values generated according to the minimum and maximum ranges.

In this way we have determined the average travel time between nodes and dynamically the random data are generated, always within the minimum and maximum captured in the initial information.

Figure 7: *Determination of minimum and maximum time, resampling and averaging time (Reference image)*

nNodo 0 a:	1 Min, Max		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21 Min Max
Remuestreo	18	5	10	7	16	12	26	8	16	7	14	18	35	16	35	16	35	16	35	12	35	18	50	25	90	6	14	14	40	7	20	14	28	4	12	12	35	30	100	16	35	40
	9	16	8	10	13	12	15	20	14	9	8	12	23	24	31	35	29	27	30	29	29	26	47	18	56	74	13	7	31	28	10	12	19	20	10	10	33	26	91	53	24	20
	16	18	7	8	8	13	19	18	9	14	13	7	27	25	17	16	17	34	35	20	22	22	33	47	87	38	9	14	24	23	7	19	19	22	11	7	12	14	97	51	23	26
	8	17	10	10	12	12	23	14	16	8	13	11	18	29	22	18	24	29	34	30	31	15	50	33	42	56	12	10	29	14	19	16	20	19	6	12	21	28	72	35	27	16
	8	8	7	6	8	10	26	25	14	13	7	12	20	26	35	19	34	20	17	24	14	15	38	18	25	28	9	13	24	14	17	17	17	25	7	7	24	28	52	46	33	29
	11	15	7	7	15	8	12	13	14	8	10	7	32	32	18	35	25	32	16	26	30	23	43	31	61	29	9	8	33	28	14	19	17	18	4	11	33	20	90	100	30	
	29																																									
Promedio	12,60		8,00		11,10		18,50		11,90		10,00		25,60		24,60		27,10		26,10		22,70		35,80		49,60		10,40		24,80		15,00		19,60		8,50		23,90		68,70		25,70	

1.1.2 Replication of random averaging times

We also generated the replication of the random average times, for which we automatically and thanks to the parameterization of a macro in Excel, we generated

100 random iterations, which had to be kept within the range.

With this information we performed confidence interval calculations for each of the nodes, "which is a range of values, derived from sample statistical data that includes the value of an unknown population parameter" (Minitab Support, 2019, para. 1).

Figure 8: *Replication of the average times per node (reference image) And we calculate the confidence interval information*

n\Nodo a:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	13,20	7,60	12,00	15,20	12,20	9,90	27,10	27,80	24,20	25,70	22,30	33,80	57,90	10,10	31,80	12,60	23,40	7,50	22,60	71,40	26,60
2	13,30	7,00	9,90	18,50	13,40	11,40	26,70	27,30	25,40	25,30	23,00	32,00	52,90	10,20	25,60	13,50	19,30	6,90	21,60	60,50	23,60
3	12,10	8,20	12,70	18,80	11,70	11,80	26,60	24,40	25,00	27,10	22,70	35,40	62,60	9,60	26,90	12,70	21,40	8,30	21,80	69,50	26,60
4	11,80	7,20	11,90	17,90	10,50	9,90	26,60	27,90	26,90	23,50	23,70	39,50	54,60	10,20	25,60	12,70	20,80	6,80	19,50	71,50	28,80
5	11,70	7,40	10,90	19,40	12,10	9,60	26,80	25,00	26,70	26,20	25,50	32,90	56,60	10,40	22,90	15,10	21,50	7,20	21,70	61,40	26,50
6	12,10	7,70	12,20	18,60	12,20	10,90	25,00	26,70	25,20	23,40	26,90	35,10	61,30	9,00	23,80	15,00	20,30	9,30	22,00	63,20	22,70
7	14,50	6,40	12,30	21,20	11,80	10,30	30,30	23,60	24,10	24,20	24,60	33,20	63,30	10,30	27,20	12,00	17,30	8,80	24,40	58,90	24,40
8	13,00	7,10	11,20	16,60	12,40	11,20	28,50	24,90	25,50	28,30	25,70	35,50	54,50	10,10	31,40	13,90	21,10	6,70	22,80	62,70	25,30
9	13,70	7,90	13,10	17,80	11,40	9,90	24,10	26,10	22,80	27,80	22,60	30,70	47,90	9,90	25,20	12,00	23,30	6,50	23,60	63,90	25,60
10	13,10	7,60	10,90	17,40	13,90	10,40	25,60	26,40	27,90	25,10	23,30	31,60	50,00	10,00	30,30	15,40	20,10	7,50	22,60	53,20	26,40
11	12,10	7,10	12,50	19,80	11,20	9,70	27,10	23,30	25,80	25,30	25,20	35,60	58,70	10,50	25,20	14,90	21,20	8,30	26,50	47,20	21,90
12	14,70	7,60	10,90	21,10	11,40	9,20	25,40	26,10	23,00	24,40	21,60	33,60	54,70	9,80	30,90	12,80	21,50	8,40	24,50	70,80	26,60
13	13,40	7,70	9,90	20,00	11,20	11,10	28,50	25,50	28,10	28,10	21,20	34,10	67,10	10,70	27,40	15,30	20,40	8,40	21,40	56,00	27,50
14	13,00	7,90	10,70	19,30	12,00	10,10	26,30	25,00	26,80	25,40	22,10	30,60	54,60	10,10	29,00	14,90	21,80	6,20	23,00	58,10	28,10
15	13,20	6,30	12,20	17,70	13,30	10,20	27,60	26,70	25,20	23,50	22,80	32,00	67,20	10,50	27,70	13,40	17,70	7,20	24,40	68,60	27,30
16	11,70	7,40	12,10	19,40	11,60	11,20	24,60	25,30	25,20	27,70	22,10	37,20	53,10	11,20	28,30	13,70	20,90	6,90	29,80	64,50	23,20
17	12,90	7,00	9,80	16,60	11,80	10,10	27,90	22,20	24,20	25,00	24,00	31,20	67,60	10,80	25,50	14,30	21,10	8,30	27,60	60,50	22,70
18	12,70	8,10	12,30	20,20	11,90	9,90	25,00	25,80	26,40	23,70	19,30	36,90	55,70	11,10	28,50	14,50	21,70	7,50	24,10	72,00	27,90
19	12,80	7,10	13,20	19,50	11,10	10,70	27,70	27,50	23,00	23,50	20,50	34,50	67,80	10,40	21,10	12,60	22,00	7,80	24,90	55,50	22,10
20	14,20	7,30	11,90	20,50	12,00	9,90	28,60	29,00	24,80	26,00	22,90	30,70	54,60	8,90	27,00	15,30	21,20	8,20	20,40	59,50	25,70
Continua	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
70	13,20	8,00	13,80	21,70	12,60	10,80	27,20	25,70	26,60	25,60	20,60	30,20	56,30	10,30	31,20	11,60	22,00	7,50	25,50	74,00	23,60
71	13,40	6,60	10,10	17,00	12,50	10,30	26,80	22,90	24,90	24,20	21,00	29,30	57,40	9,00	31,30	14,20	24,10	7,50	24,60	63,10	25,20
72	13,30	8,30	11,00	18,80	12,10	11,20	27,50	27,30	24,10	24,70	20,40	35,10	56,50	9,30	27,40	15,30	20,80	9,90	22,80	63,40	25,20
73	13,70	6,80	11,30	20,20	13,00	10,00	26,90	23,20	25,50	23,30	20,10	32,60	50,10	9,90	28,00	12,20	19,00	8,00	24,50	64,00	24,30
74	14,20	7,80	11,00	17,90	12,40	10,40	25,40	26,10	24,10	26,30	23,40	37,30	55,70	11,50	25,60	16,40	20,80	6,60	20,50	62,30	24,20
75	11,80	7,10	11,60	16,00	12,60	10,80	28,80	21,40	26,00	26,90	24,00	34,90	60,40	11,40	23,60	15,10	23,50	8,70	24,50	60,00	24,60
76	12,70	7,50	13,80	20,20	12,80	10,80	26,20	26,80	29,50	25,30	23,00	33,10	54,50	10,00	27,40	14,40	19,10	7,70	27,40	71,10	25,60
77	14,40	6,80	10,90	20,30	11,10	10,60	24,10	26,20	27,20	22,90	22,00	31,80	45,80	11,80	28,60	12,70	21,10	9,30	26,90	57,80	26,40
78	14,60	7,20	13,00	19,70	10,70	8,80	27,60	24,40	24,30	24,10	21,40	34,50	41,90	9,10	26,20	10,00	22,00	6,20	27,10	62,70	27,10
79	12,90	6,70	11,50	20,60	12,40	10,60	26,50	26,60	25,90	26,50	19,30	33,30	55,10	10,10	24,30	15,50	21,70	8,70	23,30	75,80	23,10
80	13,90	7,60	11,90	18,80	13,20	10,40	24,70	23,90	22,20	25,00	27,10	33,40	58,70	10,70	27,00	12,40	20,20	7,30	26,20	71,40	30,50

81	12,90	6,50	12,50	20,00	12,00	11,10	25,00	26,50	29,20	28,20	23,20	28,70	59,70	9,80	27,90	14,30	21,80	8,70	24,00	58,10	23,00
82	12,40	8,80	10,40	17,50	10,60	9,60	28,50	24,30	24,50	22,50	25,80	33,80	57,70	9,80	26,40	15,00	19,70	9,90	26,80	63,60	24,60
83	12,00	7,00	11,00	21,50	11,80	11,80	25,40	26,30	27,00	21,50	24,00	37,20	63,60	9,80	24,90	15,30	20,20	7,20	26,30	63,40	28,30
84	11,80	6,70	10,80	14,50	12,10	10,40	28,70	25,60	24,50	22,80	20,30	35,20	53,20	9,30	26,40	14,20	22,50	9,00	23,60	65,60	27,70
85	11,50	7,00	10,90	19,10	10,90	10,20	26,30	26,00	29,30	25,70	23,10	34,20	50,10	10,60	25,60	16,50	21,60	8,30	21,00	62,80	25,70
86	12,10	7,80	11,20	20,20	11,90	10,70	26,30	26,50	27,00	25,30	22,20	34,10	51,80	9,80	27,60	13,50	21,10	6,90	25,40	68,10	24,70
87	13,80	7,90	10,00	17,80	12,00	10,00	24,50	22,00	22,80	25,80	21,50	36,60	72,10	8,40	30,20	15,10	23,00	7,50	24,40	67,00	25,00
88	13,90	6,00	11,40	19,50	13,20	8,80	27,60	25,20	27,20	22,90	18,40	33,80	61,80	9,10	30,30	16,00	18,40	7,70	24,10	57,40	24,10
89	13,90	7,80	10,80	18,30	11,50	10,80	25,20	25,10	23,00	26,40	22,60	31,50	56,80	9,50	27,40	12,20	22,00	9,30	22,10	73,90	24,60
90	13,50	7,50	10,90	18,80	12,30	10,60	27,50	25,30	26,80	25,70	22,00	28,80	62,70	10,80	26,70	13,40	19,50	8,30	20,70	69,70	29,00
91	12,90	7,70	12,60	19,00	11,80	11,10	27,70	25,80	25,30	27,80	20,90	27,80	55,30	10,70	30,60	13,80	20,80	7,00	26,10	77,00	26,80
92	13,70	8,00	10,50	18,00	11,80	11,40	27,60	24,20	23,20	23,50	21,60	35,80	67,70	8,60	25,10	12,90	22,50	9,20	27,60	59,40	23,50
93	14,50	6,50	11,80	18,40	11,90	10,30	28,70	25,50	26,70	25,20	23,00	38,60	59,30	10,40	28,50	12,80	18,90	6,50	27,80	62,40	23,00
94	12,80	7,30	9,50	18,30	12,30	11,00	29,60	24,10	26,50	26,30	24,50	33,00	61,90	8,50	28,90	16,50	22,50	8,90	25,10	69,40	25,50
95	12,50	8,60	12,30	20,40	12,10	10,30	26,60	24,20	25,80	25,90	24,90	33,60	65,20	10,40	28,30	12,90	22,10	8,30	21,00	53,20	26,70
96	12,80	6,60	10,90	15,70	9,80	9,70	26,20	24,80	24,80	27,30	22,30	35,10	64,70	9,60	29,40	13,30	23,00	10,00	22,30	59,20	23,60
97	11,90	7,60	12,60	19,90	11,50	10,00	25,30	28,60	29,10	23,80	24,70	34,00	49,80	10,50	23,90	12,50	22,40	7,90	24,50	66,20	24,80
98	13,90	7,40	11,30	18,80	12,40	12,10	26,40	26,80	27,30	22,20	24,20	34,10	63,20	10,40	27,10	14,10	24,30	8,40	23,20	67,30	24,30
99	11,70	6,40	11,10	18,00	11,90	9,60	26,10	22,00	23,50	26,70	23,20	39,00	59,20	10,40	27,30	12,20	19,80	8,80	23,30	72,30	26,70
100	11,90	8,60	10,70	17,40	11,90	10,10	23,50	23,10	26,60	23,20	22,40	35,80	56,90	10,00	27,30	12,10	20,70	8,70	25,80	52,40	20,30

Figure 9: *Confidence interval (reference image)*

INTERVALO DE CONFIANZA																					
Promedio	12,94	7,42	11,38	18,87	11,97	10,46	26,35	25,49	25,77	25,47	23,10	34,12	57,25	10,00	27,08	13,63		7,94	23,88	65,11	21,24
Desvest	0,96	0,59	0,97	1,42	0,73	0,70	1,42	1,58	1,78	1,77	2,17	2,97	6,32	0,89	2,44	1,44		0,83	2,19	6,29	1,41
Min	10,20	5,70	8,90	14,50	9,80	8,80	23,40	21,40	21,40	21,50	18,10	25,10	41,90	7,80	20,30	10,00		6,10	19,50	47,20	17,30
Max	14,80	8,80	14,30	21,70	13,90	12,10	30,30	29,80	30,80	30,00	29,20	42,40	72,10	11,90	32,90	18,20		10,00	29,80	80,40	24,60
Alpha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		0,05	0,05	0,05	0,05
Z	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96		1,96	1,96	1,96	1,96
n	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
LIMITS	12,35	7,06	10,78	17,98	11,51	10,03	25,46	24,51	24,67	24,37	21,75	32,28	53,34	9,45	25,57	12,73		7,43	22,52	61,21	20,37
	13,54	7,78	11,98	19,75	12,42	10,90	27,23	26,47	26,88	26,57	24,44	35,95	61,17	10,56	28,59	14,52		8,46	25,23	69,01	22,11
Amplitud IC	1,19	0,73	1,20	1,77	0,90	0,86	1,76	1,96	2,21	2,19	2,69	3,68	7,83	1,11	3,02	1,79	1,74	1,03	2,71	7,80	2,49

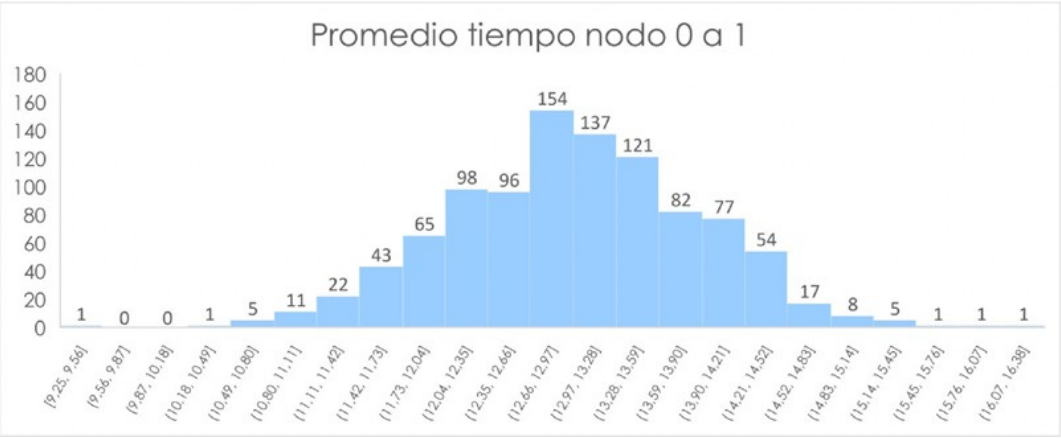
Where we indicate the average time from the origin node to its 21 destination nodes, the standard deviation, the minimum travel time, the maximum time; Alpha: as a significance level of 5%, to achieve a confidence level of 95%, the lower limit, the upper limit, taking into account the number of data analyzed, which for our study were 10, minimum time and maximum time per trip in the 5 different schedules analyzed.

We performed this activation for the 21 target nodes, which allowed us to find the following confidence intervals:

Figure 10: *Confidence interval for node 0 (reference image)*

		INTERVALO DE CONFIANZA																						
Promedio	12,94	7,42	11,38	18,87	11,97	10,46	26,35	25,49	25,77	25,47	23,10	34,12	57,25	10,00	27,08	13,63	7,94	23,88	65,11	21,24			25,40	
Desvest	0,96	0,59	0,97	1,42	0,73	0,70	1,42	1,58	1,78	1,77	2,17	2,97	6,32	0,89	2,44	1,44	0,83	2,19	6,29	1,41			2,01	
Min	10,20	5,70	8,90	14,50	9,80	8,80	23,40	21,40	21,40	21,50	18,10	25,10	41,90	7,80	20,30	10,00	6,10	19,50	47,20	17,30			20,30	
Max	14,80	8,80	14,30	21,70	13,90	12,10	30,30	29,80	30,80	30,00	29,20	42,40	72,10	11,90	32,90	18,20	10,00	29,80	80,40	24,60			30,50	
Alpha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05				
Z	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96				
n	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00				
L I L S	12,35	7,06	10,78	17,98	11,51	10,03	25,46	24,51	24,67	24,37	21,75	32,28	53,34	9,45	25,57	12,73	7,43	22,52	61,21	20,37			24,16	
	13,54	7,78	11,98	19,75	12,42	10,90	27,23	26,47	26,88	26,57	24,44	35,95	61,17	10,56	28,59	14,52	8,46	25,23	69,01	22,11			26,65	
Amplitud IC		1,19	0,73	1,20	1,77	0,90	0,86	1,76	1,96	2,21	2,19	2,69	3,68	7,83	1,11	3,02	1,79	1,74	1,03	2,71	7,80	2,49		

Figure 11: *Average time from node 0 to node 1 (reference image)*



Thanks to this information we were able to determine the average travel time from node zero (0) to node one (1) is 12.94 minutes, with a confidence level of 95%. Obtaining a confidence interval for the average travel time from node zero (0) to node one (1) between 12.35 minutes and 13.54 minutes.

Figure 12: *Confidence interval for Node 1 (reference image)*

INTERVALO DE CONFIANZA																					
Promedio	14,44	21,01	23,61	25,69	22,35	20,86	39,20	29,94	43,30	41,72	30,74	46,51	70,41	16,52	26,39	17,90	8,94	15,03	25,64	72,91	28,93
Desv est	1,09	1,35	2,46	2,65	2,44	1,58	2,73	1,75	4,42	4,70	2,69	3,95	6,42	1,35	2,92	1,10	0,60	1,45	2,48	6,66	1,87
Min	12,20	17,10	18,10	18,20	16,20	16,90	32,80	25,40	3310	26,70	23,00	35,00	54,30	13,10	19,30	15,40	7,60	11,00	19,50	57,30	24,50
Max	17,00	24,30	32,40	31,90	29,30	25,00	45,40	34,20	56,10	52,90	35,50	57,90	85,50	19,70	33,50	20,10	10,10	18,30	32,10	86,30	33,70
LI	13,76	20,18	22,08	24,05	20,84	19,88	37,51	28,85	40,56	38,81	29,08	44,06	66,43	15,69	24,58	17,22	8,56	14,13	24,11	6878	27,77
LS	15,11	21,85	25,13	27,34	23,86	21,84	40,90	31,02	46,04	44,63	32,41	48,96	74,39	17,36	28,20	18,58	9,31	15,93	27,18	77,04	30,08
Amp .IC	1,35	1,67	3,05	3,29	3,02	1,96	3,38	2,17	5,48	5,82	3,33	4,90	7,95	1,68	3,62	1,37	0,75	1,80	3,07	8,26	2,31

We find the confidence intervals for the 21 nodes and determine the average travel times from each node to its 21 destinations.

1.1.3 Travel time estimation

We generate the travel time estimation matrix, which is derived from the lower bound and upper bound information of the confidence interval for each of the nodes.

It is with this information that we perform the cost calculations.

Figure 13: *Travel time estimation (reference image)*

Tiempo Estimado de Viaje	0		1		Continua	20		21	
O-D	LI	LS	LI	LS	Continua	LI	LS	LI	LS
0	0	0	12,35	13,54	***	61,21	69,01	24,16	26,65
1	13,76	15,11	0	0	***	68,78	77,04	27,77	30,08
2	7,16	7,82	20,06	22,04	***	64,36	74,52	24,51	26,98
3	12,71	14,29	21,95	24,40	***	60,07	68,18	30,24	33,24
4	15,50	16,83	24,05	27,45	***	64,45	73,79	37,84	42,36
5	11,44	12,60	23,29	25,51	***	64,74	74,78	29,56	32,79
6	11,49	12,44	18,66	20,58	***	58,99	67,66	29,64	32,94
7	29,59	32,69	38,76	43,66	***	50,44	57,21	22,07	24,33
8	24,32	26,50	27,69	30,32	***	57,73	66,28	10,38	11,68
9	21,05	22,76	33,25	36,83	***	49,12	55,29	47,60	55,25
10	20,03	21,63	31,64	35,50	***	46,71	53,51	29,53	33,89
11	22,95	25,47	33,28	36,27	***	44,23	50,83	35,01	40,57
12	42,40	48,00	39,91	43,87	***	31,97	35,85	35,70	40,65
13	58,97	68,18	68,12	77,34	***	5,81	6,10	52,74	59,87
14	12,01	13,21	18,74	21,33	***	64,66	73,80	31,02	33,81
15	25,54	28,38	22,01	24,95	***	73,39	83,38	28,41	31,97
16	10,80	11,94	16,13	17,85	***	61,03	68,69	13,46	15,06
17	20,89	22,91	8,67	9,45	***	74,42	83,87	31,92	35,69
18	6,66	7,39	15,29	17,19	***	58,50	66,91	28,84	31,18
19	19,97	21,88	22,08	24,90	***	58,96	64,91	50,56	57,95
20	69,10	75,14	76,83	83,75	***	0	0	65,11	70,51
21	24,35	26,67	27,82	30,32	***	61,17	67,18	0	0

1.1.4 Cost matrix

To make this calculation it has been important to take into account the fixed costs and variable expenses, where the company has two workers who generate overtime and Sunday working hours, so our company has two workers who generate overtime and Sunday working hours.

The confidence intervals per node play a fundamental role, since "it is an estimation technique used in statistical inference that allows to delimit a pair or several pairs of values, within which the desired point estimate will be found, with a certain probability" (Marco Sanjuán, (undated), confidence interval), and shows how travel times fluctuate and so will the company's costs.

In order to find this information we take into account the daily salary of the worker and determine the value of the minute, we proceed to calculate the cost taking into account the lower limit and upper limit previously mentioned and thus we obtain the average cost of the stretch, with our two workers.

Figure 15: *Cost per travel distance (Reference image)*

Costo x Distancia de viaje	0	1	Continua	20	21
O-D			Continua		
0	$ -	$ 779,68	***	$ 4.392,85	$ 2.177,41
1	$ 796,80	$ -	***	$ 5.296,14	$ 2.738,40
2	$ 418,37	$ 1.150,51	***	$ 4.706,63	$ 2.367,58
3	$ 690,31	$ 1.312,15	***	$ 4.392,85	$ 2.662,33
4	$ 950,83	$ 1.445,27	***	$ 4.183,67	$ 3.556,12
5	$ 675,09	$ 1.388,22	***	$ 4.345,31	$ 2.747,91
6	$ 627,55	$ 1.416,74	***	$ 4.335,80	$ 2.700,37
7	$ 2.481,68	$ 3.689,23	***	$ 4.231,21	$ 1.825,60
8	$ 2.072,82	$ 2.671,84	***	$ 5.296,14	$ 836,73
9	$ 1.625,93	$ 2.919,06	***	$ 3.556,12	$ 3.582,74
10	$ 1.530,84	$ 2.852,50	***	$ 3.480,05	$ 3.147,26
11	$ 1.359,69	$ 2.167,90	***	$ 3.270,87	$ 3.679,73
12	$ 2.614,79	$ 3.879,40	***	$ 2.339,05	$ 3.337,43
13	$ 4.267,34	$ 5.503,42	***	$ 285,25	$ 5.039,42
14	$ 599,03	$ 1.112,48	***	$ 4.554,49	$ 2.848,70
15	$ 1.692,48	$ 1.511,83	***	$ 6.370,58	$ 2.567,25
16	$ 713,13	$ 1.017,39	***	$ 4.944,33	$ 1.350,18
17	$ 1.511,83	$ 665,58	***	$ 5.990,25	$ 3.137,75
18	$ 389,84	$ 903,29	***	$ 4.849,25	$ 2.377,08
19	$ 1.483,30	$ 1.730,52	***	$ **4.136,13**	$ 4.088,58
20	$ 4.383,34	$ 5.296,14	***	$ -	$ 5.191,55
21	$ 2.167,90	$ 2.738,40	***	$ 5.210,57	$ -

Figure 16: *Price parameters cost km traveled (Reference image)*

Parámetros	
SHP + Recargo (75%)	$ 7.338,04
Rendimiento (km/gal)	42
Precio Gasolina MC ($/gal)	$ 7.987,00
Costo km recorrido	$ 190,17

The information presented in the matrix shows the costs per travel distance between each node, which allows us to state, for example, that between node 19 and node 20 the cost per travel distance is $4,136.13.

1.1.6 Overall travel cost

The overall travel cost was obtained by taking the lower limit of the travel time cost value added to the travel distance cost for each node, and the upper limit of the travel time cost value added to the travel distance cost for each node, respectively.

Figure 17: *Overall cost of the trip (Reference image)*

Costo Global de Viaje	0		1		Continua	20		21	
O-D	LI	LS	LI	LS	Continua	LI	LS	LI	LS
0	$ -	$ -	$ 3.799,89	$ 4.091,72	***	$ 19.365,51	$ 21.273,16	$ 8.086,70	$ 8.695,33
1	$ 4.163,07	$ 4.492,17	$ -	$ -	***	$ 22.120,60	$ 24.140,43	$ 9.530,76	$ 10.096,72
2	$ 2.169,16	$ 2.331,21	$ 6.057,41	$ 6.541,32	***	$ 20.450,07	$ 22.933,42	$ 8.363,32	$ 8.966,84
3	$ 3.799,56	$ 4.186,27	$ 6.680,70	$ 7.280,39	***	$ 19.086,38	$ 21.068,96	$ 10.059,95	$ 10.792,50
4	$ 4.742,13	$ 5.067,50	$ 7.327,44	$ 8.159,09	***	$ 19.948,18	$ 22.232,84	$ 12.812,29	$ 13.917,95
5	$ 3.472,19	$ 3.756,25	$ 7.084,78	$ 7.627,71	***	$ 20.180,12	$ 22.637,28	$ 9.978,12	$ 10.769,08
6	$ 3.438,21	$ 3.669,71	$ 5.980,47	$ 6.450,68	***	$ 18.765,66	$ 20.885,68	$ 9.950,31	$ 10.756,60
7	$ 9.718,27	$ 10.477,88	$ 13.170,93	$ 14.369,54	***	$ 16.568,89	$ 18.223,89	$ 7.224,12	$ 7.776,09
8	$ 8.020,32	$ 8.555,96	$ 9.444,99	$ 10.089,00	***	$ 19.416,98	$ 21.507,83	$ 3.375,57	$ 3.693,80
9	$ 6.775,07	$ 7.193,25	$ 11.053,00	$ 11.928,74	***	$ 15.570,11	$ 17.079,49	$ 15.226,74	$ 17.096,48
10	$ 6.429,30	$ 6.821,50	$ 10.591,04	$ 11.536,99	***	$ 14.905,50	$ 16.569,04	$ 10.369,60	$ 11.437,54
11	$ 6.974,49	$ 7.588,50	$ 10.307,04	$ 11.039,32	***	$ 14.089,90	$ 15.703,64	$ 12.243,94	$ 13.602,97
12	$ 12.985,95	$ 14.355,11	$ 13.642,13	$ 14.609,38	***	$ 10.158,80	$ 11.109,14	$ 12.070,74	$ 13.279,91
13	$ 18.691,44	$ 20.945,29	$ 22.165,22	$ 24.421,83	***	$ 1.705,28	$ 1.777,45	$ 17.940,76	$ 19.682,64
14	$ 3.537,90	$ 3.829,00	$ 5.697,22	$ 6.328,90	***	$ 20.369,59	$ 22.606,90	$ 10.436,42	$ 11.118,00
15	$ 7.940,42	$ 8.635,41	$ 6.894,35	$ 7.613,82	***	$ 24.321,37	$ 26.765,47	$ 9.516,23	$ 10.387,80
16	$ 3.355,60	$ 3.634,84	$ 4.962,88	$ 5.384,44	***	$ 19.872,73	$ 21.747,10	$ 4.642,24	$ 5.032,69
17	$ 6.621,65	$ 7.116,03	$ 2.785,27	$ 2.977,09	***	$ 24.194,28	$ 26.504,18	$ 10.944,70	$ 11.868,30
18	$ 2.018,16	$ 2.197,68	$ 4.643,54	$ 5.107,21	***	$ 19.159,01	$ 21.215,44	$ 9.432,36	$ 10.003,76
19	$ 6.368,54	$ 6.836,09	$ 7.130,26	$ 7.820,19	***	$ 18.557,62	$ 20.012,91	$ 16.456,73	$ 18.263,11
20	$ 21.284,84	$ 22.762,65	$ 24.087,78	$ 25.782,59	***	$ -	$ -	$ 21.116,48	$ 22.437,99
21	$ 8.124,13	$ 8.690,26	$ 9.543,52	$ 10.155,39	***	$ 20.174,01	$ 21.643,18	$ -	$ -

The matrix presented allows us to see what the overall travel costs are between each node, which allows us to say for example, that between node 10 and node 1 the lower limit of the overall cost is $10,591.04 and between node 10 and node 1 the upper limit of the overall cost is $11,536.99.

References

González J. R., (2004), Reglas básicas para planificar las rutas de transporte, ponencia ofrecida durante el seminario "Cómo gestionar la logística de la distribución física para controlar costes y evitar devoluciones y demoras"."

Good, P. (2005) Introduction to Statistics Through Resampling Methods and R/S-PLUS. Wiley. ISBN 0-471-71575-1

Marco L. Dorado et al., (2014), Matrices origen-destino (O-D) multiproducto para el autotransporte nacional de carga, publicación técnica N° 409

Marco L., (s.f.), Intervalo de confianza, Economipedia haciendo fácil la economía

Reza Vargas C. J., (2016). Optimización de rutas de distribución de una empresa productora de jugos, (tesis pregrado). Atizapán de Zaragoza, Edo. De Méx.

Rodríguez, R. ., Landazury Villalba, L. F., Lugo Arias, E. R. ., Sandoval Reyes, R. ., & Jiménez Celín, Y. P. . (2020). Descripción de la situación actual del sistema logístico en la región caribe colombiana. Revista ADGNOSIS, 9(9), 83–95. https://doi.org/10.21803/adgnosis.9.9.439

Sánchez, A. (2017), 6 Razones para usar Google Maps, Mis 6 Razones para usar Google Maps al planificar tus rutas.

Soporte de Minitab., (2019) ¿Qué es un intervalo de confianza? https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how- to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-confidence-interval/