

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

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

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

Jennyfer Tovar Ibarra

Ingeniera Industrial con Especialización en Gerencia Empresarial y Competitividad (en curso), KIA, Barranquilla, Colombia. Correo: [tovarijennyfer@coruniamericana.edu.co](mailto:tovarijennyfer@coruniamericana.edu.co)

Sogny Judith Franco García

Estudiante Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria Americana, Colombia. Correo: [francosogny@coruniamericana.edu.co](mailto:francosogny@coruniamericana.edu.co)

## Cómo citar este artículo:

Tovar Ibarra, J. & Franco García, S. Estimación de tiempos de viaje entre nodos en el problema de ruteo de vehículos con tiempos estocásticos. *Revista ADGNOSIS*, 10(10). p.57-72. <https://doi.org/10.21803/adgnosis.10.10.469>

## 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.

## 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.

## Introducción

Al conocer la información objetivo del análisis, nos propusimos evaluar el tiempo y distancia de la ruta, compuesta por 21 nodos en una jornada habitual, la cual fue establecida en el domingo 18 de octubre de 2020, construimos una matriz de origen destino, en un archivo en Excel, donde para los 5 rangos establecidos de tiempo, 6 am, 7:30 am, 9 am, 10:30 am y 12 medio día, relacionamos tanto la distancia como el tiempo mínimo y tiempo máximo desde el nodo origen a sus 21 nodos destinos, en las diferentes franjas horarias.

Esta actividad la realizamos con el registro de la información en línea de la herramienta Google Maps, herramienta que “definirá una ruta que recorre todas las ubicaciones introducidas (en el orden en el que lo has hecho) y te indica la distancia total y el tiempo necesario para realizar esa ruta” (Sánchez, 2017; Rodríguez et al, 2020), relacionando los datos antes mencionados, de tiempo, hora, origen y destino.

Para consolidar los datos obtenidos, se agruparon los diferentes parámetros en La Matriz Origen-Destino, como herramienta fundamental en el estudio y análisis del transporte ya que nos permite visualizar los tiempos y distancias mínimos y máximos requeridos para viajar entre los diferentes desplazamientos a realizar, por lo tanto se hace indispensable hacer uso de esta herramienta para tomar los datos mencionados y realizar el cálculo de los promedios y las desviaciones estándar de cada viaje por nodo en determinada hora.

En la actualidad existen herramientas que permiten que se realice con una medición muy precisa como la utilizada para el problema presentado, Google Maps, en donde se realizaron las mediciones tomando como día de referencia el domingo 18 de octubre de 2020 a las horas propuestas: 6:00am, 7:30am, 09:00am, 10:30am y 12: 00m.m, así mismo se realizó el cálculo re muestreo por nodos, “operación estadística que permite estimar la precisión de muestras (medianas, varianzas, percentiles) mediante el uso de subconjuntos de datos disponibles o a la toma de datos de forma aleatoria de un conjunto de datos” (Godo, P. 2005).

La captura de estos datos, 9680 registros, tomó un tiempo aproximado de 7 horas, siendo una actividad de suma importancia, pues de allí se desprenden los cálculos matemáticos propuestos.

**Figura 1:** Captura y almacenamiento de distancias por nodos (imagen de referencia)

O-		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		
D	min	max																																										
	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x			
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	2,9	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	12,3	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	18,3	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

**Figura 2:** Captura y almacenamiento de tiempos por nodos (imagen de referencia)

Tiempo (min) - 6:00 a.m.		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21	
O-	D	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma	mi	ma														
0	0	8	12	5	9	7	12	18	8	10	7	10	18	28	16	35	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	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	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	6	12	5	8	3	7	18	28	20	40	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	85	35	80	35	80	35	90	28	70	30	75	24	50	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	8	22	50	22	45	20	40	18	40	10	18	20	65	40	100	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	22	50	26	80	45	120	18	40	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	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	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	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	35	90	24	85		
20	45	100	50	110	45	110	45	100	45	100	45	100	45	100	45	85	45	80	40	75	30	55	30	50	5	6	45	110	50	120	45	100	50	120	45	110	45	90	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	



Figura 4: Cálculo de las promociones de los tiempos por nodo (imagen de referencia)

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

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

O-D	Distance (Km) - Deviation Standard																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0	0	0	0	0	0	0	0	0,63	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
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0,22	0	0	0	0	0	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,33	0	0	0	0	0
4	0	0	0,04	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0,04	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
6	0	0	0	0	0	0	0	0,05	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
8	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
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,49	0	0	0,94	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
12	0	0	0	0,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0,13	0,12	0,04	0,04	0,14	0,09	0,24	0,04	0,18	0,04	0,18	0,09	0	0	0,09	0,14	0,13	0,24	0,04	0,04	0,04	0
14	0	0	0	0	0	0	0,13	0,04	0,09	0,04	0,18	0	0,13	0,09	0,22	0,13	0	0,09	0	0	0	0,09
15	0	0	0,13	0,08	0,09	0	0,13	0,09	0,09	0	0,29	0,18	0,04	0,09	0,18	0	0	0	0	0,22	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0,18	0,22	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
18	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
20	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

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



Al realizar el cálculo de la desviación estándar de los tiempos tomados para los diferentes nodos, se considera una desviación relevante las que superen el 5%, pues son las que generan una variación relevante. Lo cual nos permitiría afirmar que el tiempo de la ruta al nodo destino podría sufrir alteraciones, pues se verá afectada por el tránsito vehicular, el clima, los arreglos en la vía u otros factores, que si bien son los que nos llevan a realizar este análisis con miras a una optimización, generan una incidencia más importante en el nodo donde se presente la variación.

**1.1.1 Cálculos de re muestreo por nodos**

Una vez contamos con los datos almacenados, pasamos a generar el análisis de la información por nodo, donde relacionamos en una base de datos los tiempos por cada nodo en sus 5 diferentes horarios, indicando la estimación del tiempo mínimo y máximo de viaje entre ellos, esta acción la ejecutamos para cada uno de los nodos con sus 5 diferentes horarios de entrega.

Esta información nos permitió simular que el tiempo de viaje entre nodos se comporta de manera uniforme, permitiéndonos generar números aleatorios que tendrán la misma oportunidad de elección, siempre y cuando se encuentren entre el tiempo mínimo y máximo generado por el nodo origen al nodo destino. Este ejercicio lo realizamos para todos los nodos de origen a todos los nodos destino, para finalmente generar el tiempo promedio, gracias a los valores aleatorios generados conforme a los rangos mínimo y máximo.

De esta manera hemos determinado el tiempo promedio de viaje entre nodos y de manera dinámica los datos aleatorios se van generando, siempre dentro de los mínimos y máximos capturados en la información inicial.

**Figura 7:** Determinación de tiempo mínimo y máximo, remuestreo y tiempo promedio (Imagen de referencia)

n/Nodo 0 a:	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																					
Remuestreo	18	5	10	7	14	12	26	8	16	7	14	18	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	48,70	25,70																					

**1.1.2 Replica de los tiempos promedios aleatorios**

Generamos también la réplica de los tiempos promedios aleatorios, para lo cual de manera automática y gracias a la parametrización de una macro en Excel, se generaron

100 iteraciones aleatorias, las cuales se debían mantener dentro del rango.

Con esta información realizamos los cálculos de los intervalos de confianza para cada uno de los nodos, “el cual es un rango de valores, derivado de datos estadísticos de la muestra que incluye el valor de un parámetro de población desconocido” (Soporte Minitab, 2019, párr. 1).

Figura 8: Replica de los tiempos promedio por nodo (imagen de referencia) Y calculamos la información del intervalo de confianza

n\Nodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	13,2 0	7,60 0	12,0 0	15,2 0	12,2 0	9,90 0	27,1 0	27,8 0	24,2 0	25,7 0	22,3 0	33,8 0	57,9 0	10,1 0	31,8 0	12,6 0	23,4 0	7,50 0	22,6 0	71,4 0	26,6 0
2	13,3 0	7,00 0	9,90 0	18,5 0	13,4 0	11,4 0	26,7 0	27,3 0	25,4 0	25,3 0	23,0 0	32,0 0	52,9 0	10,2 0	25,6 0	13,5 0	19,3 0	6,90 0	21,6 0	60,5 0	23,6 0
3	12,1 0	8,20 0	12,7 0	18,8 0	11,7 0	11,8 0	26,6 0	24,4 0	25,0 0	27,1 0	22,7 0	35,4 0	62,6 0	9,60 0	26,9 0	12,7 0	21,4 0	8,30 0	21,8 0	69,5 0	26,6 0
4	11,8 0	7,20 0	11,9 0	17,9 0	10,5 0	9,90 0	26,6 0	27,9 0	26,9 0	23,5 0	23,7 0	39,5 0	54,6 0	10,2 0	25,6 0	12,7 0	20,8 0	6,80 0	19,5 0	71,5 0	28,8 0
5	11,7 0	7,40 0	10,9 0	19,4 0	12,1 0	9,60 0	26,8 0	25,0 0	26,7 0	26,2 0	25,5 0	32,9 0	56,6 0	10,4 0	22,9 0	15,1 0	21,5 0	7,20 0	21,7 0	61,4 0	26,5 0
6	12,1 0	7,70 0	12,2 0	18,6 0	12,2 0	10,9 0	25,0 0	26,7 0	25,2 0	23,4 0	26,9 0	35,1 0	61,3 0	9,00 0	23,8 0	15,0 0	20,3 0	9,30 0	22,0 0	63,2 0	22,7 0
7	14,5 0	6,40 0	12,3 0	21,2 0	11,8 0	10,3 0	30,3 0	23,6 0	24,1 0	24,2 0	24,6 0	33,2 0	63,3 0	10,3 0	27,2 0	12,0 0	17,3 0	8,80 0	24,4 0	58,9 0	24,4 0
8	13,0 0	7,10 0	11,2 0	16,6 0	12,4 0	11,2 0	28,5 0	24,9 0	25,5 0	28,3 0	25,7 0	35,5 0	54,5 0	10,1 0	31,4 0	13,9 0	21,1 0	6,70 0	22,8 0	62,7 0	25,3 0
9	13,7 0	7,90 0	13,1 0	17,8 0	11,4 0	9,90 0	24,1 0	26,1 0	22,8 0	27,8 0	22,6 0	30,7 0	47,9 0	9,90 0	25,2 0	12,0 0	23,3 0	6,50 0	23,6 0	63,9 0	25,6 0
10	13,1 0	7,60 0	10,9 0	17,4 0	13,9 0	10,4 0	25,6 0	26,4 0	27,9 0	25,1 0	23,3 0	31,6 0	50,0 0	10,0 0	30,3 0	15,4 0	20,1 0	7,50 0	22,6 0	53,2 0	26,4 0
11	12,1 0	7,10 0	12,5 0	19,8 0	11,2 0	9,70 0	27,1 0	23,3 0	25,8 0	25,3 0	25,2 0	35,6 0	58,7 0	10,5 0	25,2 0	14,9 0	21,2 0	8,30 0	26,5 0	47,2 0	21,9 0
12	14,7 0	7,60 0	10,9 0	21,1 0	11,4 0	9,20 0	25,4 0	26,1 0	23,0 0	24,4 0	21,6 0	33,6 0	54,7 0	9,80 0	30,9 0	12,8 0	21,5 0	8,40 0	24,5 0	70,8 0	26,6 0
13	13,4 0	7,70 0	9,90 0	20,0 0	11,2 0	11,1 0	28,5 0	25,5 0	28,1 0	28,1 0	21,2 0	34,1 0	67,1 0	10,7 0	27,4 0	15,3 0	20,4 0	8,40 0	21,4 0	56,0 0	27,5 0
14	13,0 0	7,90 0	10,7 0	19,3 0	12,0 0	10,1 0	26,3 0	25,0 0	26,8 0	25,4 0	22,1 0	30,6 0	54,6 0	10,1 0	29,0 0	14,9 0	21,8 0	6,20 0	23,0 0	58,1 0	28,1 0
15	13,2 0	6,30 0	12,2 0	17,7 0	13,3 0	10,2 0	27,6 0	26,7 0	25,2 0	23,5 0	22,8 0	32,0 0	67,2 0	10,5 0	27,7 0	13,4 0	17,7 0	7,20 0	24,4 0	68,6 0	27,3 0
16	11,7 0	7,40 0	12,1 0	19,4 0	11,6 0	11,2 0	24,6 0	25,3 0	25,2 0	27,7 0	22,1 0	37,2 0	53,1 0	11,2 0	28,3 0	13,7 0	20,9 0	6,90 0	29,8 0	64,5 0	23,2 0
17	12,9 0	7,00 0	9,80 0	16,6 0	11,8 0	10,1 0	27,9 0	22,2 0	24,2 0	25,0 0	24,0 0	31,2 0	67,6 0	10,8 0	25,5 0	14,3 0	21,1 0	8,30 0	27,6 0	60,5 0	22,7 0
18	12,7 0	8,10 0	12,3 0	20,2 0	11,9 0	9,90 0	25,0 0	25,8 0	26,4 0	23,7 0	19,3 0	36,9 0	55,7 0	11,1 0	28,5 0	14,5 0	21,7 0	7,50 0	24,1 0	72,0 0	27,9 0
19	12,8 0	7,10 0	13,2 0	19,5 0	11,1 0	10,7 0	27,7 0	27,5 0	23,0 0	23,5 0	20,5 0	34,5 0	67,8 0	10,4 0	21,1 0	12,6 0	22,0 0	7,80 0	24,9 0	55,5 0	22,1 0
20	14,2 0	7,30 0	11,9 0	20,5 0	12,0 0	9,90 0	28,6 0	29,0 0	24,8 0	26,0 0	22,9 0	30,7 0	54,6 0	8,90 0	27,0 0	15,3 0	21,2 0	8,20 0	20,4 0	59,5 0	25,7 0
Continu a	** *	*** *	** *																		
70	13,2 0	8,00 0	13,8 0	21,7 0	12,6 0	10,8 0	27,2 0	25,7 0	26,6 0	25,6 0	20,6 0	30,2 0	56,3 0	10,3 0	31,2 0	11,6 0	22,0 0	7,50 0	25,5 0	74,0 0	23,6 0
71	13,4 0	6,60 0	10,1 0	17,0 0	12,5 0	10,3 0	26,8 0	22,9 0	24,9 0	24,2 0	21,0 0	29,3 0	57,4 0	9,00 0	31,3 0	14,2 0	24,1 0	7,50 0	24,6 0	63,1 0	25,2 0
72	13,3 0	8,30 0	11,0 0	18,8 0	12,1 0	11,2 0	27,5 0	27,3 0	24,1 0	24,7 0	20,4 0	35,1 0	56,5 0	9,30 0	27,4 0	15,3 0	20,8 0	9,90 0	22,8 0	63,4 0	25,2 0
73	13,7 0	6,80 0	11,3 0	20,2 0	13,0 0	10,0 0	26,9 0	23,2 0	25,5 0	23,3 0	20,1 0	32,6 0	50,1 0	9,90 0	28,0 0	12,2 0	19,0 0	8,00 0	24,5 0	64,0 0	24,3 0
74	14,2 0	7,80 0	11,0 0	17,9 0	12,4 0	10,4 0	25,4 0	26,1 0	24,1 0	26,3 0	23,4 0	37,3 0	55,7 0	11,5 0	25,6 0	16,4 0	20,8 0	6,60 0	20,5 0	62,3 0	24,2 0
75	11,8 0	7,10 0	11,6 0	16,0 0	12,6 0	10,8 0	28,8 0	21,4 0	26,0 0	26,9 0	24,0 0	34,9 0	60,4 0	11,4 0	23,6 0	15,1 0	23,5 0	8,70 0	24,5 0	60,0 0	24,6 0
76	12,7 0	7,50 0	13,8 0	20,2 0	12,8 0	10,8 0	26,2 0	26,8 0	29,5 0	25,3 0	23,0 0	33,1 0	54,5 0	10,0 0	27,4 0	14,4 0	19,1 0	7,70 0	27,4 0	71,1 0	25,6 0
77	14,4 0	6,80 0	10,9 0	20,3 0	11,1 0	10,6 0	24,1 0	26,2 0	27,2 0	22,9 0	22,0 0	31,8 0	45,8 0	11,8 0	28,6 0	12,7 0	21,1 0	9,30 0	26,9 0	57,8 0	26,4 0
78	14,6 0	7,20 0	13,0 0	19,7 0	10,7 0	8,80 0	27,6 0	24,4 0	24,3 0	24,1 0	21,4 0	34,5 0	41,9 0	9,10 0	26,2 0	10,0 0	22,0 0	6,20 0	27,1 0	62,7 0	27,1 0
79	12,9 0	6,70 0	11,5 0	20,6 0	12,4 0	10,6 0	26,5 0	26,6 0	25,9 0	26,5 0	19,3 0	33,3 0	55,1 0	10,1 0	24,3 0	15,5 0	21,7 0	8,70 0	23,3 0	75,8 0	23,1 0
80	13,9 0	7,60 0	11,9 0	18,8 0	13,2 0	10,4 0	24,7 0	23,9 0	22,2 0	25,0 0	27,1 0	33,4 0	58,7 0	10,7 0	27,0 0	12,4 0	20,2 0	7,30 0	26,2 0	71,4 0	30,5 0

81	12,9 0	6,50 0	12,5 0	20,0 0	12,0 0	11,1 0	25,0 0	26,5 0	29,2 0	28,2 0	23,2 0	28,7 0	59,7 0	9,80 0	27,9 0	14,3 0	21,8 0	8,70 0	24,0 0	58,1 0	23,0 0
82	12,4 0	8,80 0	10,4 0	17,5 0	10,6 0	9,60 0	28,5 0	24,3 0	24,5 0	22,5 0	25,8 0	33,8 0	57,7 0	9,80 0	26,4 0	15,0 0	19,7 0	9,90 0	26,8 0	63,6 0	24,6 0
83	12,0 0	7,00 0	11,0 0	21,5 0	11,8 0	11,8 0	25,4 0	26,3 0	27,0 0	21,5 0	24,0 0	37,2 0	63,6 0	9,80 0	24,9 0	15,3 0	20,2 0	7,20 0	26,3 0	63,4 0	28,3 0
84	11,8 0	6,70 0	10,8 0	14,5 0	12,1 0	10,4 0	28,7 0	25,6 0	24,5 0	22,8 0	20,3 0	35,2 0	53,2 0	9,30 0	26,4 0	14,2 0	22,5 0	9,00 0	23,6 0	65,6 0	27,7 0
85	11,5 0	7,00 0	10,9 0	19,1 0	10,9 0	10,2 0	26,3 0	26,0 0	29,3 0	25,7 0	23,1 0	34,2 0	50,1 0	10,6 0	25,6 0	16,5 0	21,6 0	8,30 0	21,0 0	62,8 0	25,7 0
86	12,1 0	7,80 0	11,2 0	20,2 0	11,9 0	10,7 0	26,3 0	26,5 0	27,0 0	25,3 0	22,2 0	34,1 0	51,8 0	9,80 0	27,6 0	13,5 0	21,1 0	6,90 0	25,4 0	68,1 0	24,7 0
87	13,8 0	7,90 0	10,0 0	17,8 0	12,0 0	10,0 0	24,5 0	22,0 0	22,8 0	25,8 0	21,5 0	36,6 0	72,1 0	8,40 0	30,2 0	15,1 0	23,0 0	7,50 0	24,4 0	67,0 0	25,0 0
88	13,9 0	6,00 0	11,4 0	19,5 0	13,2 0	8,80 0	27,6 0	25,2 0	27,2 0	22,9 0	18,4 0	33,8 0	61,8 0	9,10 0	30,3 0	16,0 0	18,4 0	7,70 0	24,1 0	57,4 0	24,1 0
89	13,9 0	7,80 0	10,8 0	18,3 0	11,5 0	10,8 0	25,2 0	25,1 0	23,0 0	26,4 0	22,6 0	31,5 0	56,8 0	9,50 0	27,4 0	12,2 0	22,0 0	9,30 0	22,1 0	73,9 0	24,6 0
90	13,5 0	7,50 0	10,9 0	18,8 0	12,3 0	10,6 0	27,5 0	25,3 0	26,8 0	25,7 0	22,0 0	28,8 0	62,7 0	10,8 0	26,7 0	13,4 0	19,5 0	8,30 0	20,7 0	69,7 0	29,0 0
91	12,9 0	7,70 0	12,6 0	19,0 0	11,8 0	11,1 0	27,7 0	25,8 0	25,3 0	27,8 0	20,9 0	27,8 0	55,3 0	10,7 0	30,6 0	13,8 0	20,8 0	7,00 0	26,1 0	77,0 0	26,8 0
92	13,7 0	8,00 0	10,5 0	18,0 0	11,8 0	11,4 0	27,6 0	24,2 0	23,2 0	23,5 0	21,6 0	35,8 0	67,7 0	8,60 0	25,1 0	12,9 0	22,5 0	9,20 0	27,6 0	59,4 0	23,5 0
93	14,5 0	6,50 0	11,8 0	18,4 0	11,9 0	10,3 0	28,7 0	25,5 0	26,7 0	25,2 0	23,0 0	38,6 0	59,3 0	10,4 0	28,5 0	12,8 0	18,9 0	6,50 0	27,8 0	62,4 0	23,0 0
94	12,8 0	7,30 0	9,50 0	18,3 0	12,3 0	11,0 0	29,6 0	24,1 0	26,5 0	26,3 0	24,5 0	33,0 0	61,9 0	8,50 0	28,9 0	16,5 0	22,5 0	8,90 0	25,1 0	69,4 0	25,5 0
95	12,5 0	8,60 0	12,3 0	20,4 0	12,1 0	10,3 0	26,6 0	24,2 0	25,8 0	25,9 0	24,9 0	33,6 0	65,2 0	10,4 0	28,3 0	12,9 0	22,1 0	8,30 0	21,0 0	53,2 0	26,7 0
96	12,8 0	6,60 0	10,9 0	15,7 0	9,80 0	9,70 0	26,2 0	24,8 0	24,8 0	27,3 0	22,3 0	35,1 0	64,7 0	9,60 0	29,4 0	13,3 0	23,0 0	10,0 0	22,3 0	59,2 0	23,6 0
97	11,9 0	7,60 0	12,6 0	19,9 0	11,5 0	10,0 0	25,3 0	28,6 0	29,1 0	23,8 0	24,7 0	34,0 0	49,8 0	10,5 0	23,9 0	12,5 0	22,4 0	7,90 0	24,5 0	66,2 0	24,8 0
98	13,9 0	7,40 0	11,3 0	18,8 0	12,4 0	12,1 0	26,4 0	26,8 0	27,3 0	22,2 0	24,2 0	34,1 0	63,2 0	10,4 0	27,1 0	14,1 0	24,3 0	8,40 0	23,2 0	67,3 0	24,3 0
99	11,7 0	6,40 0	11,1 0	18,0 0	11,9 0	9,60 0	26,1 0	22,0 0	23,5 0	26,7 0	23,2 0	39,0 0	59,2 0	10,4 0	27,3 0	12,2 0	19,8 0	8,80 0	23,3 0	72,3 0	26,7 0
100	11,9 0	8,60 0	10,7 0	17,4 0	11,9 0	10,1 0	23,5 0	23,1 0	26,6 0	23,2 0	22,4 0	35,8 0	56,9 0	10,0 0	27,3 0	12,1 0	20,7 0	8,70 0	25,8 0	52,4 0	20,3 0

Figura 9: Intervalo de confianza (imagen de referencia)

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	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	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	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	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	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	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

Donde indicamos el tiempo promedio del nodo origen a sus 21 nodos destino, la desviación estándar, el tiempo mínimo del recorrido, el tiempo máximo; Alpha: como nivel de significancia el 5%, para lograr un nivel de confianza del 95%, el límite inferior límite superior, tomando en cuenta el número de datos analizados, que para nuestro estudio han sido 10, tiempo mínimo y tiempo máximo por recorrido en los 5 diferentes horarios analizados.

Esta activada la realizamos para los 21 nodos destino, lo cual nos permitió encontrar los siguientes intervalos de confianza:

**Figura 10:** Intervalo de confianza para el nodo 0 (imagen de referencia)

INTERVALO DE CONFIANZA																				
<b>Promedio</b>	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	25,40
<b>Desvest</b>	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	2,01
<b>Min</b>	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	20,30
<b>Max</b>	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	30,50
<b>Alpha</b>	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
<b>Z</b>	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
<b>n</b>	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
<b>L</b>	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	24,16
<b>I</b>	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	26,65
<b>S</b>																				
<b>Amplitud IC</b>		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

**Figura 11:** Tiempo promedio del nodo 0 a nodo 1 (imagen de referencia)



Gracias a esta información logramos determinar el tiempo promedio de viaje del nodo cero (0) al nodo uno (1) es de 12,94 minutos, con un nivel de confianza del 95%. Obteniendo un intervalo de confianza para el tiempo promedio de viaje del nodo cero (0) al nodo (1) entre 12,35 minutos y 13,54 minutos.

**Figura 12:** Intervalo de confianza para el Nodo 1 (imagen de referencia)

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
Desviación estándar	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	33,10	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	68,78	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
Amplicio	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

Hallamos los intervalos de confianza para los 21 nodos y determine los tiempos promedio de viaje de cada nodo a sus 21 destinos.

### 1.1.3 Estimación de tiempos de viaje

Generamos la matriz de estimación de tiempos de viaje, la cual se deriva de la información del límite inferior y límite superior del intervalo de confianza de cada uno de los nodos.

Es con esta información que realizamos los cálculos de costos.

**Figura 13:** Estimación de tiempos de viaje (imagen de referencia)

Tiempo Estimado de Viaje	0		1		Continua	20		21	
	L I	L S	L I	L S		L I	L S	L I	L S
O-D	L I	L S	L I	L S	Continua	L I	L S	L I	L S
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 Matriz de costos

Para realizar este cálculo ha sido importante tomar en cuenta los costos fijos y gastos variables, donde la empresa tiene dos trabajadores que generan horas extras y dominicales, es así que nues-

tros intervalos de confianza por nodo, juegan un papel fundamental, puesto que “es una técnica de estimación utilizada en inferencia estadística que permite acotar un par o varios pares de valores, dentro de los cuales se encontrará la estimación puntual buscada, con una determinada probabilidad” (Marco Sanjuán, (sin fecha), intervalo de confianza), y muestra como fluctúan los tiempos de los recorridos y así mismo lo harán los costos de la empresa.

Es así como nos proponemos encontrar el costo por tramo de recorrido, para hallar esta información tomamos en cuenta el salario diario del trabajador y determinar el valor del minuto, procedemos a calcular el costo teniendo en cuenta el límite inferior y límite superior antes relacionado y así obtenemos el costo promedio del tramo, con nuestros dos trabajadores.

**Figura 15:** Costo por distancia de viaje (Imagen de referencia)

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	\$ -

**Figura 16:** Parámetros de precio costo km recorrido (Imagen de referencia)

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

La información presentada en la matriz nos deja ver cuáles son los costos por distancia de viaje entre cada nodo, lo cual permite afirmar, por ejemplo, que entre el nodo 19 y el nodo 20 el costo por distancia de viaje es de \$4.136,13.

### 1.1.6 Costo global del viaje

El costo global del viaje se obtuvo al tomar del valor del costo por tiempo de viaje el límite inferior sumado al costo por distancia de viaje de cada nodo, así mismo se tomó el valor del límite superior del costo por tiempo de viaje sumado al costo por distancia de viaje por cada nodo respectivamente.

Figura 17: Costo global del viaje (Imagen de referencia)

Costo Global de Viaje	0		1		Continua	20		21	
	O-D	L <sub>I</sub>	LS	LI		LS	L <sub>I</sub>	LS	L <sub>I</sub>
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	\$ -	\$ -

La matriz presentada nos permite ver cuáles son los costos de viaje global entre cada nodo, lo cual nos permite decir por ejemplo, que entre el nodo 10 y el nodo 1 el límite inferior del costo global es de \$10.591,04 y entre el nodo 10 y el nodo 1 el límite superior del costo global es de \$11.536,99.

## Referencias

- 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 auto-transporte nacional de carga, publicación técnica N° 409
- Marco L., (s.f.), Intervalo de confianza, *Economi-  
pedia 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/>