

PROPUESTA DE LOGÍSTICA DE TRANSPORTE DE RUTAS ALIMENTADORAS PARA LA UNIVERSIDAD DE AMÉRICA SEDE CERROS EN BOGOTÁ, COLOMBIA

Oscar Daniel Avellaneda Chaparro, Ingeniería Industrial. Juan Camilo Monje Suarez, Ingeniería Industrial, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia.

Resumen – La Fundación Universidad de América es una institución educativa de carácter superior, gran parte de los miembros de la comunidad universitaria debe realizar recorridos que toman alrededor de 15 minutos tanto para llegar a sus instalaciones como para dejar la institución, esto genera diferentes problemáticas para las personas que realizan los recorridos como lo son problemas climáticos, costos adicionales, inseguridad y tiempos de recorrido largos. Se plantea a la Universidad de América una propuesta con el fin de solventar los problemas mencionados anteriormente. La propuesta en mención es de una logística de transporte de rutas alimentadoras para todos los miembros de la universidad. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se realizó una encuesta a diferentes miembros de la comunidad educativa para conocer su percepción con respecto a sus necesidades de movilidad. Con los resultados obtenidos se creó una simulación para proyectar la operación de las rutas alimentadoras, posteriormente se eligió al proveedor óptimo para prestar el servicio. Por último, se plantearon indicadores de desempeño con el fin de monitorear la operación del servicio. Con la propuesta se pretende generar un valor agregado para el servicio educativo aumentando así el bienestar de las personas pertenecientes a la universidad.

Palabras claves— Logística, Servicio, Rutas alimentadoras, Bienestar, Movilidad, Proveedores

Abstract — The “Fundación Universidad de América” its a higher educational institution, most of the community members must take a walk that lasts around 15 minutes both to arrive to the facilities and to leave them, this creates different problematics for the people that make that walk such as weather problems, additional costs, insecurity and long walk times. Is posed to the Universidad de América a proposal with a solution to the problems mentioned before as the final purpose. The proposal is a feeder route transport logistics for all the university community. Taking into account the aforementioned a survey was made to different university members due to know their perception regarding their mobility needs. With the results obtained a simulation was created to project the feeding routes operation and subsequently the optimal supplier was chosen. Lastly performance indicators were set in order to monitor the service operation. The intention of this proposal is to create value added for the educational service that the University offers raising the university wellness.

I. INTRODUCCIÓN

El concepto de Bienestar Universitario está conectado con toda la comunidad universitaria, no solo toma a consideración a los estudiantes, sino que se toma a todos sus miembros como una pequeña sociedad de ciudadanos, en la cual estudiantes, docentes, directivos, personal administrativo y de apoyo cuentan con ciertas necesidades comunes [1]. Cuando se juntan los cinco grupos previamente mencionados se puede empezar a hablar de una pequeña sociedad de ciudadanos la cual necesita varios puntos en común para poder funcionar de manera adecuada y lograr cumplir de la mejor forma su rol en esta sociedad. Por lo que el ofrecimiento de herramientas que faciliten su tiempo dentro de la institución y logren un desenvolvimiento adecuado es de carácter primordial. Con espacios para la salud, el deporte, la recreación, desarrollo psicológico y afectivo, desarrollo de la cultura y el arte, espiritualidad [2].

La Fundación Universidad de América Sede Cerros, es una institución de educación superior ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia, la cual ofrece diferentes servicios que buscan mejorar el bienestar de toda la comunidad educativa. Las políticas de bienestar universitario de la Universidad de América, radican en intervenir en el desarrollo integral de la comunidad universitaria, donde los beneficios que se le brindan a los miembros están enfocados en la mejora de la calidad de vida y el desarrollo de sus habilidades mediante un trabajo interdisciplinario [3].

La Universidad de América se encuentra en un sector que no beneficia a varios de los miembros de la comunidad educativa, como consecuencia de esto, se generan desplazamientos relacionados al recorrido que tienen que realizar los miembros de la institución a la hora de desplazarse desde la universidad a sus hogares y viceversa, ya que la mayoría de las personas; en especial los estudiantes, deben realizar un recorrido de aproximadamente 950 metros; con una inclinación promedio de 3,85%, distancia que existe entre las estaciones más cercanas del transporte público Transmilenio y las instalaciones de la universidad. Ver Fig. 1[4].



Fig. 1 Diagrama de árbol de problema

Otro de los problemas que se evidencian a la hora de desplazarse desde la universidad hasta las estaciones de servicio público es la inseguridad que hay en la zona, especialmente en las horas de la noche, ya que se han reportado varios casos de robos y atracos a estudiantes que acaban sus clases y se dirigen a sus lugares de residencia [5].

Para evitar los problemas anteriormente mencionados, los miembros de la comunidad educativa pueden optar por diferentes alternativas de transporte público en las que se encuentran opciones tales como: el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) que cuenta con una tarifa de \$2.300 COP [6], Servicio de Taxi convencional con una tarifa aproximada que ronda entre \$5.800 y \$6.500 COP [7] y las aplicaciones móviles de transporte urbano cuya tarifa se encuentra en el rango de los \$6.200 y \$7.200 COP [8]. Los servicios anteriormente mencionados demoran en promedio ocho minutos de recorrido total, reduciendo en un 47% el tiempo del trayecto total en comparación al desplazamiento a pie [9].

El servicio que se quiere proponer se ha trabajado en la Universidad Externado de Colombia, el cual funciona en distintas franjas horarias establecidas en varios puntos de las zonas aledañas a las estaciones de Transmilenio y paraderos del servicio público de transporte SITP donde los miembros de la comunidad externadista son recogidos por camionetas, así mismo, los horarios y frecuencias varían de acuerdo a la programación académica semestral. Cada punto cuenta con un monitor encargado de verificar que el carné de la universidad esté vigente para autorizar su acceso siendo este el único documento válido para acceder al servicio [10].

Al realizar un análisis con base en las falencias relacionadas al acceso de los miembros de la comunidad educativa a la universidad, se concluye que el problema radica en la difícil accesibilidad a las instalaciones para los miembros de la fundación universidad de américa sede cerros en la ciudad de Bogotá, Colombia. Por ende, se plantea trabajar en un modelo logístico de transporte de personas que beneficie a la comunidad universitaria.

Los objetivos que se pretenden alcanzar son los siguientes: diagnosticar las necesidades de la comunidad universitaria en términos de transporte, definir las estrategias para la operación del sistema, planear la operación de las rutas alimentadoras, y, por último, evaluar el posible impacto de la propuesta con respecto al beneficio de la comunidad universitaria

Al encontrar el problema anteriormente enunciado, se plantea la siguiente hipótesis: la implementación de las rutas alimentadoras disminuirá el tiempo de recorrido desde las estaciones de TransMilenio cercanas a las universidades hasta sus instalaciones en un 50%, lo que puede incidir positivamente en la calidad de vida de la comunidad uniamericana.

II. METODOLOGIA

La investigación realizada es de tipo descriptiva, debido a que por medio del trabajo propuesto se quieren identificar las diferentes variables con las que se puede plantear una propuesta sólida con respecto a un sistema de rutas alimentadoras, por lo tanto, se quiere encontrar cuales son las principales causas del problema y cuál es la manera óptima con la que se le puede dar solución.

Para la realización de la investigación se usarán fuentes

mixtas, motivo por el cual la utilización de fuentes primarias tales como la realización de encuestas para tener claro las necesidades de la población estudiada serán de vital importancia. Por otro lado, también se recurrirá al uso de fuentes secundarias para encontrar soluciones y alternativas que ya se han publicado, sobre problemáticas semejantes a la abordada en este trabajo.

Para el desarrollo del presente proyecto se plantean diferentes fases que conlleven al cumplimiento de los objetivos.

La primera fase será la explorativa, en la cual se realizará una búsqueda de información con fuentes primarias y secundarias (encuesta) para poder contextualizar las necesidades de transporte en la comunidad educativa. Adicionalmente se profundizará en el tema de selección de proveedores para determinar cuáles son las variables que influyen en su estudio.

La segunda fase del proyecto será la descriptiva, en la cual se identificarán los principales factores que intervienen en el modelo logístico de transporte de personas, así como las principales variables que se deben tener en cuenta para seleccionar un proveedor. En esta fase se analizarán los datos recolectados en la fase exploratoria.

La fase de diseño se realizará por medio de los métodos que intervienen en la operación de las rutas alimentadoras teniendo en cuenta los criterios de las fases exploratorias y descriptivas. Se realizará una simulación con ayuda del software FlexSim con la finalidad de obtener resultados confiables. Se plantearán alternativas de los pronósticos cualitativos según la demanda proyectada y a su vez se crearán indicadores de desempeño que permitan dar un seguimiento al proyecto.

Por último, se analizarán los diferentes resultados obtenidos en las anteriores fases con el fin de seleccionar las mejores alternativas para realizar la propuesta. Se evaluará a los proveedores potenciales por medio del método AHP difuso.

III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Para sustentar la investigación se expondrán conceptos fundamentales que logren abarcar la temática investigada y de tal forma conocer y profundizar aquellos términos que se consideran relevantes.

A. *Movilidad urbana*

Después de estudiar el término de movilidad urbana de varios autores destacados [11] [12] [13], la definieron como el aprovechamiento de los distintos medios de transporte disponibles creando así un sistema ordenado y planificado capaz de satisfacer diferentes necesidades económicas, ambientales y sociales. El caso de estudio pretende ofrecer a la universidad una alternativa que logre mejorar el bienestar de los miembros de la

comunidad.

B. *Indicador de desempeño*

De acuerdo a las definiciones dadas por los autores [14] [15] [16], definieron el indicador de desempeño como una unidad de medida realizada con dos o más variables, es comparable con comportamientos pasados para poder realizar seguimiento y evaluación de factores claves de una organización. Aplicado al caso de estudio los indicadores permiten gestionar los comportamientos generados en la implementación del proyecto y de esta forma puedan ser evaluados y analizados para toma de decisiones.

C. *Rutas alimentadoras*

Tomando en cuenta las definiciones de los autores [17] [18] [19], la definen como, vehículos de capacidad mediana ubicados en puntos estratégicos que tienen como función transportar personas para permitir el acceso a un área alejada sin aumentar la tarifa de transporte, haciendo más eficiente los desplazamientos. Esta definición abarca la finalidad de la propuesta que se pretende presentar a la universidad e identifica el concepto y la idea que se quiere proyectar para el transporte de los miembros de la universidad.

D. *Pronósticos de demanda*

Según los autores [20] [21] [22], Los pronósticos de demanda determinan acciones claves para el proceso operacional los cuales son abarcados mediante sistemas de planeación que buscan analizar un horizonte de la demanda proyectada definida de manera periódica. Esto se plantea con el fin de encontrar la demanda estimada de pasajeros que permita la planeación del itinerario de transporte y los posibles picos de demanda que se presenten en ciertas jornadas del día.

E. *Sistema de tránsito*

Al indagar sobre los sistemas de transporte se encuentra el término de sistema de tránsito, el cual se define como un servicio de pasajeros que provee una organización local o regional usando vehículos de ocupación múltiple como pueden ser vans, buses, rutas o camionetas [20].

IV. RESULTADOS

A. *Diagnóstico de las necesidades en términos de transporte*

Para el desarrollo del proyecto se diseñó una encuesta que permitió conocer las necesidades en términos de transporte de la comunidad educativa. La encuesta fue realizada tomando en cuenta el censo de la universidad

a comienzos del año 2021 sobre sus estudiantes, y colaboradores. Se realizó un muestro no probabilístico de conveniencia a una población total de 3.380 personas con un nivel de confiabilidad del 95% y un error de estimación del 8%. Ver Anexo 1. El cuál dio como resultado que la muestra requerida era de 143 personas. Por medio de la cual se encontró lo siguiente. Ver anexo 2.



Fig. 2 Vinculación con la universidad

Como se muestra en la Fig. 2, el 95% de la encuesta fue contestada por estudiantes de pregrado; correspondiente a 140 personas, el 5% restante es de los colaboradores correspondiente a 7 personas. Esta distribución es acorde a la población total que tiene la universidad debido a que la comunidad educativa está conformada por un 88% de estudiantes y un 12% de colaboradores.

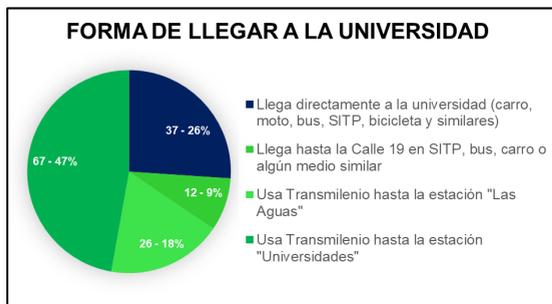


Fig. 3 Forma de llegar a la universidad

En la Fig. 3 se observa la forma en que las personas llegan a la universidad, el 74% de las personas encuestadas se desplazan desde las estaciones de TransMilenio y la Calle 19 (Color verde), mientras que el 26% restante no incurrir en un desplazamiento adicional, por lo tanto, de cada cuatro personas, tres de ellas realizan un recorrido complementario. Por lo mencionado anteriormente, la implementación de un modelo de rutas alimentadoras ofrece una alternativa para $\frac{3}{4}$ de la comunidad.

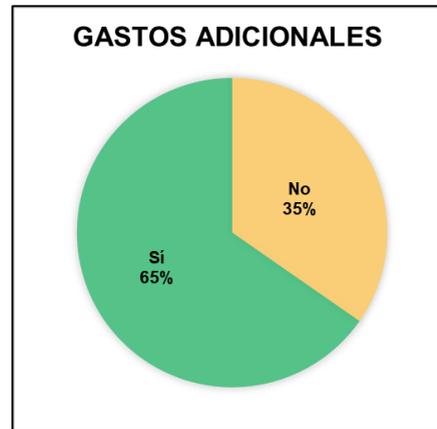


Fig. 4 Gastos adicionales

Según las respuestas obtenidas en la muestra poblacional, un 65% de las personas han incurrido en gastos adicionales para desplazarse bien sea tomando un taxi o pagando un pasaje adicional del SITP, como se ve en la Fig. 4. Se puede observar una necesidad con respecto a los desplazamientos hacia la universidad que es el costo del mismo.

El gráfico de la Fig. 5 representa los tiempos que tardan los encuestados en desplazarse hasta la universidad, la mayor parte de los encuestados considera que el desplazamiento desde las zonas cercanas de las estaciones de TransMilenio hasta la universidad demora de 10 a 15 minutos. Se realizó un promedio ponderado de los resultados arrojando como resultado un tiempo de desplazamiento promedio de 14,3 minutos.

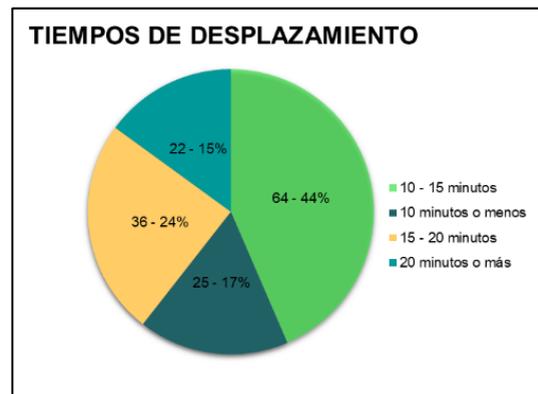


Fig. 5 Tiempos de desplazamiento

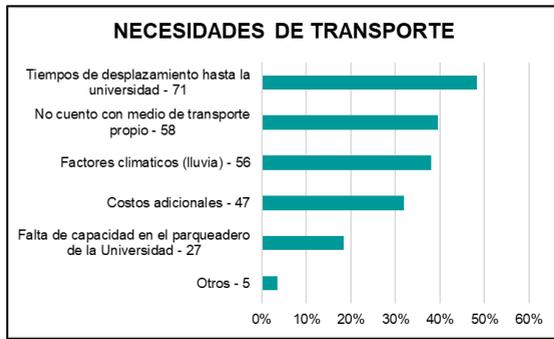


Fig. 6 Necesidades de transporte

Para definir las principales necesidades de transporte que tiene la comunidad universitaria se plantearon cinco posibilidades arrojando como resultado que los tiempos de desplazamiento hasta la universidad es la necesidad con mayor porcentaje (48%) seguida de la falta de medio de transporte propio (39%), factores climáticos (38%) y costos adicionales (32%) siendo estas las características más relevantes como se evidencia en la Fig. 6. Los factores climáticos juegan un papel importante ya que la pendiente existente entre las estaciones de Transmilenio y la universidad generan condiciones desfavorables (formación de corrientes y estancamientos de agua), lo cual puede ocasionar lesiones debido a caídas o problemas de salud derivados de la vestimenta mojada.



Fig. 8 Uso de rutas alimentadoras para ir a almorzar

Se planteó la posibilidad a los miembros de la comunidad universitaria del uso hipotético del servicio de rutas alimentadoras para desplazarse a City U y las zonas aledañas en la hora del almuerzo. El 63% de los encuestados haría uso del servicio para desplazarse a almorzar. Ver Fig. 8. Aprovechando que en la actualidad la universidad cuenta con un convenio con el edificio de residencias City U, se quiere generar la facilidad para los miembros de la comunidad de desplazarse hacia ese lugar, ofreciendo así diferentes alternativas variadas a la hora del almuerzo.

B. Definir las estrategias para la operación del sistema



Fig. 7 Personas que estarían dispuestas a usar las rutas alimentadoras

A los participantes del estudio se les planteó la pregunta “En el caso hipotético de que la universidad ofreciera el servicio de rutas alimentadoras ¿Usted haría uso de él?”. Donde un 94%; mostrado en la Fig. 7, haría uso del servicio de rutas para llegar a la universidad y tan solo un 6% se mostró negativo a la pregunta. La comunidad haría uso de este servicio debido a que se han encontrado diferentes necesidades con respecto al desplazamiento, tiempos, costos adicionales, seguridad y bienestar.

Para la operación de las rutas alimentadoras se realizó una proyección de demanda con los resultados obtenidos en la encuesta realizada previamente proyectando los resultados a la población total. Ver Anexo 3. Esta proyección fue realizada teniendo en cuenta la población total de 3.380 para el año 2020.

La proyección realizada anteriormente será utilizada para estimar la demanda inicial, por lo tanto, se tomaron los datos de la encuesta en la que de la población total (3.380) el 73% realiza un desplazamiento desde las estaciones Las Aguas y Universidades del sistema de transporte Transmilenio, por lo tanto, la población que realiza el recorrido desde las estaciones de Transmilenio es de 2.467 personas. Adicional a esto, un 6% de la población aseguró que no utilizaría el sistema de rutas alimentadoras por lo que se tiene un total de 2.322 personas que utilizarían el servicio.

Para realizar la estimación de la demanda de personas que usarían el servicio se proyecta el resultado de las encuestas con respecto a las franjas horarias establecidas. ver Anexo 3.

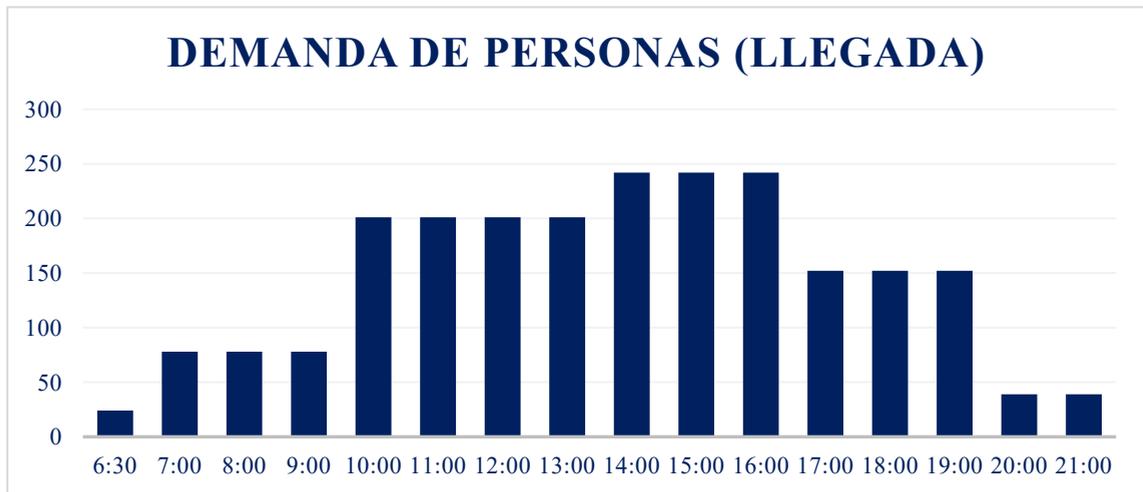


Fig. 9 Demanda de personas en la llegada

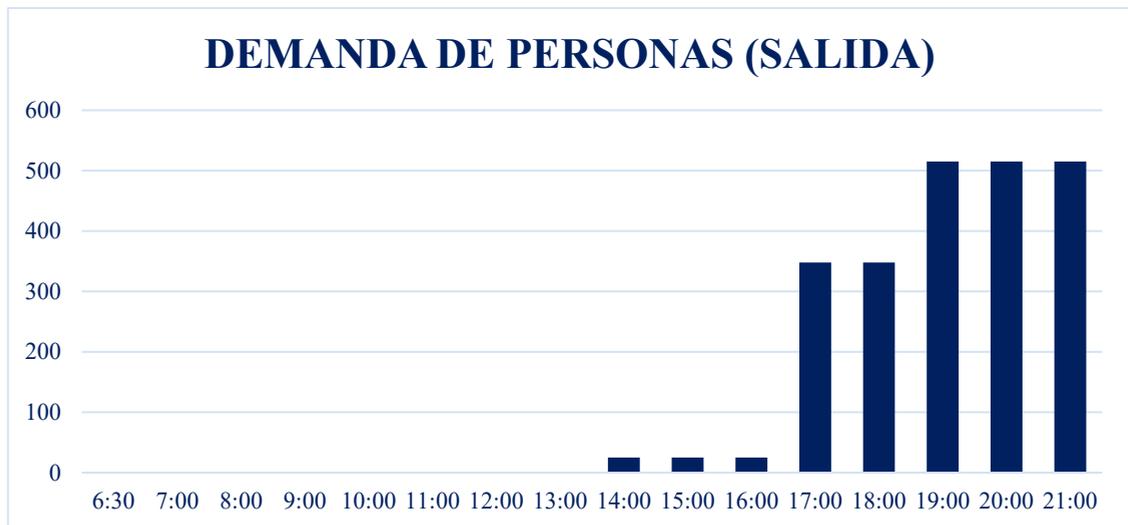


Fig. 10 Demanda de personas en la salida

La proyección de demanda mostrada evidencia que los tiempos de llegada presentan una tendencia normal a lo largo del día, mientras que, en las horas de la tarde/noche se presenta una distribución de probabilidad con asimetría negativa lo cual evidencia que el servicio de rutas alimentadoras está en constante operación partiendo desde el paradero establecido en las residencias City U hasta el paradero ubicado en la Universidad de América, sin embargo, la operación de las rutas para transportar a las personas desde la Universidad de América hasta las estaciones de Transmilenio son utilizadas a partir de las dos de la tarde ver Fig. 9 y Fig. 10. Se le propone a la Universidad de América el monitoreo de la demanda de pasajeros llevado a cabo en los días hábiles de operación (lunes a viernes) Los datos obtenidos en ese estudio deben ser analizados bajo diferentes métodos de pronóstico en los cuales se encuentran; pero no se limitan a los siguientes:

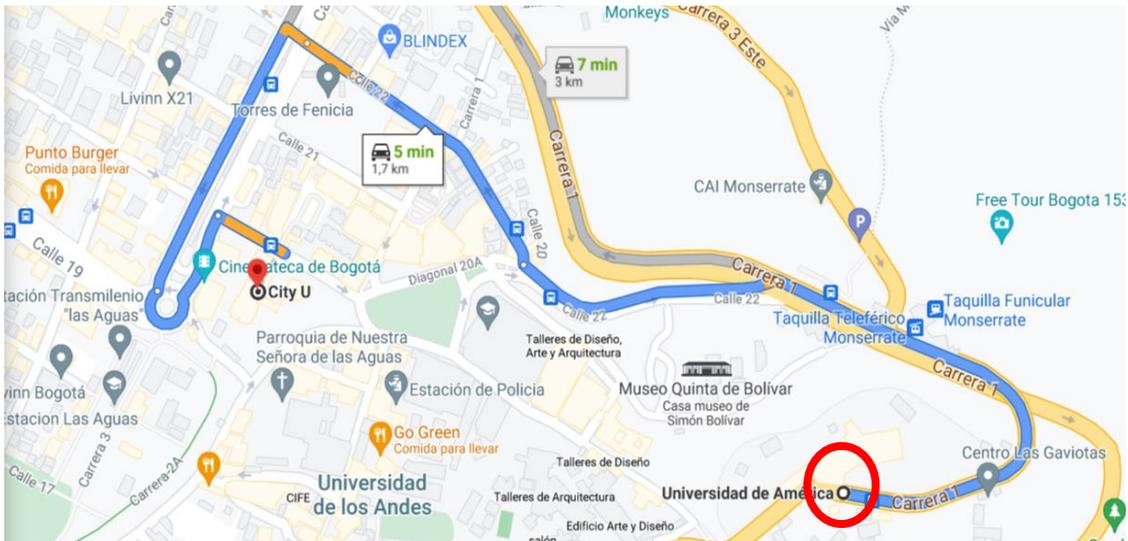
- ✓ Promedio móvil simple
- ✓ Promedio móvil doble
- ✓ Promedio móvil ponderado

- ✓ Suavizamiento exponencial simple
- ✓ Suavizamiento exponencial doble
- ✓ Holt
- ✓ Holt - Winters

Luego de realizar los pronósticos se analizará cual presenta el menor porcentaje de error y de esta forma aproximar la demanda con el pronóstico más adecuado.

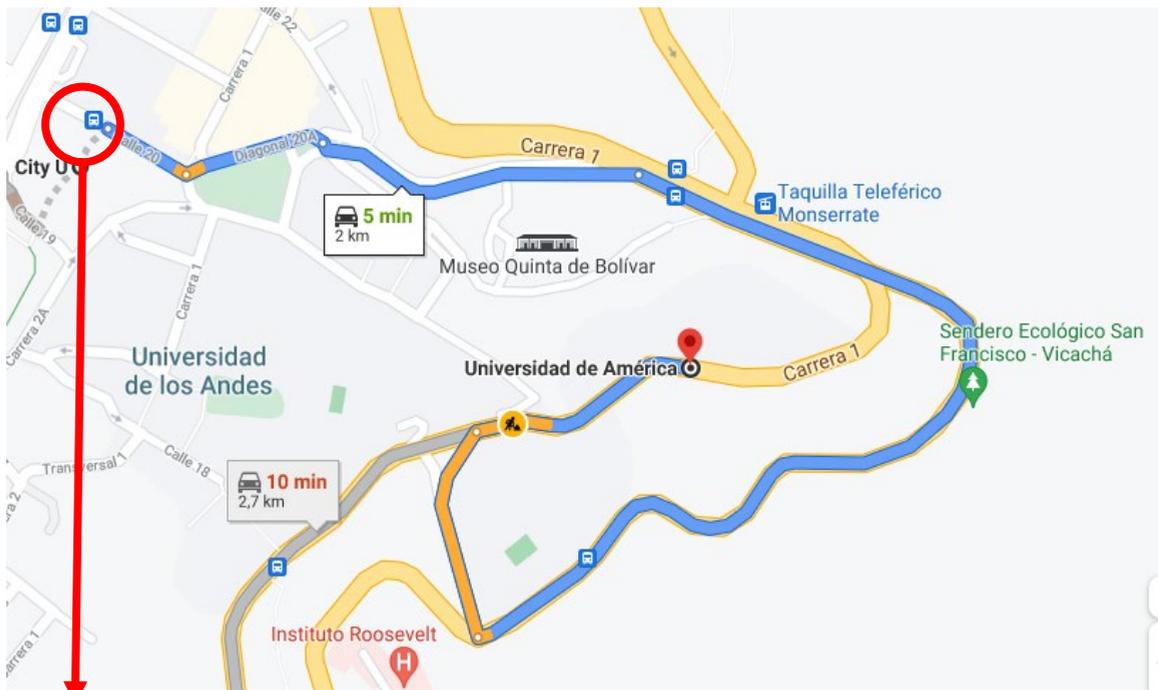
C. Planear la operación de las rutas alimentadoras

Para plantear la operación del sistema de transporte de rutas alimentadoras se utilizó el software FlexSim en el cual se establecieron los paraderos en puntos estratégicos, que se encuentran ubicados en la Calle 20 #3; al frente de las residencias City U, y en la Carrera 1 #20-53 sobre la avenida circunvalar al frente de la Universidad de América. El escenario se lleva a cabo con la utilización de dos vehículos de transporte los cuales tardan en recorrer de City U a la Universidad de América de cinco a seis minutos. Ver Fig. 11 y Fig. 12.



PARADERO (PUNTO DE PARTIDA)

Fig. 11 Trayecto Universidad de América – City U



PARADERO (PUNTO DE PARTIDA)

Fig. 12 Trayecto de City U – Universidad de América

FRANJA HORARIA	TIEMPO DE ESPERA MAX DESDE EL PARADERO (CITY U)	TIEMPO DE ESPERA MAX DESDE EL PARADERO (UNIVERSIDAD)
6:30 am - 9:59 am	5 min	2:30 min
10:00 am - 1:00 pm	4 min	2:30 min
2:00 pm - 4:59 pm	4 min	3 min
5:00 pm - 7:59 pm	3 min	5 min
8:00 pm - 10:00 pm	2:30 min	5 min

Fig. 13 Tiempos de espera máximos

Se plantearon ciertas condiciones con las que el conductor pone en marcha el trayecto. Según las recomendaciones realizadas por los diferentes proveedores del servicio dependiendo de la demanda necesitada para cada franja horaria se deben plantear tiempos de espera máximos en caso de que el vehículo no cuente con su capacidad máxima; esto con el fin de no afectar los tiempos de las personas que actualmente se encuentran en el servicio. Con base en esto se planteó la primera condición basada en que si el vehículo se encuentra en su máxima capacidad debe iniciar el trayecto, la segunda se determinó según los datos obtenidos en la encuesta y para ello se plantearon tiempos de espera máximos con base en la demanda en ciertas jornadas horarias ver Fig. 15.

Se realizó una estimación basada en que cada pasajero tarda seis segundos en subirse y bajarse del vehículo ya que por temas logísticos y sanitarios no fue posible hacer un estudio de tiempos y movimientos, sin embargo, al inicio de la operación del servicio se debe realizar un estudio de tiempos y movimientos que permita ajustar los valores usados en el software FlexSim. Ver Anexo 4.

Al tener en cuenta las condiciones y tiempos de operación además de una capacidad de flota de 15 personas se planea el siguiente flujograma el cual queda plasmado en el ProcessFlow de FlexSim, el punto A simboliza el paradero establecido en la zona aledaña a la Universidad de América y el punto B hace referencia al paradero ubicado al frente de las residencias de City U ver Fig. 14.

Para calcular cuantas personas utilizarían el servicio; teniendo en cuenta la capacidad y los tiempos mencionados anteriormente, se realizó un flujograma en el cual se define un tiempo de espera máximo de 20 minutos en la cola, este valor se definió en consenso con los proveedores del servicio que ya cuentan con experiencia en este tipo de servicios ver Fig. 15.

Las constantes requeridas para el desarrollo de la simulación se determinaron de la siguiente manera. La velocidad de los vehículos se estableció en 20km/h; datos obtenidos por medio de Google Maps.

La distancia que deben recorrer los vehículos desde el paradero ubicado en las residencias City U y la Universidad de América es de 2 km, mientras que, la distancia que deben recorrer los vehículos desde la

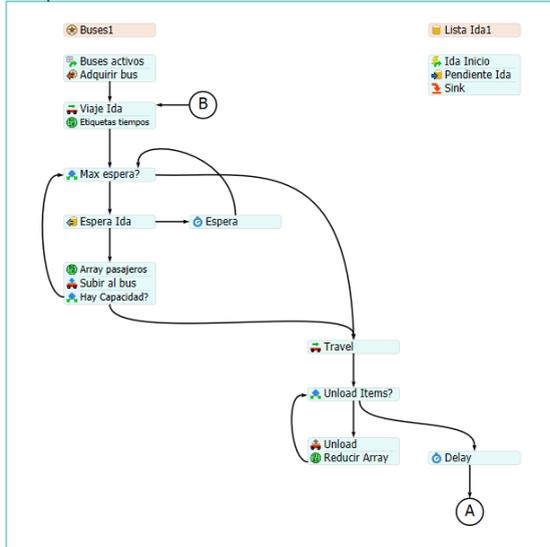
Universidad de América hasta el paradero ubicado en City U es de 1.7 km. El tiempo total del recorrido desde el paradero ubicado en las residencias City U hasta la Universidad de América es de 6 minutos, por otro lado, el tiempo total del recorrido desde la Universidad de América hasta el paradero ubicado en City U es de 5:30 minuto. La ejecución en el simulador de FlexSim está diseñada bajo un modelo a escala. La velocidad de los vehículos está determinada en 3.6 km/h mientras que la distancia entre paraderos está establecida alrededor de 300 a 400 metros, por consiguiente, el valor de las distancias es 5 veces menor que la teórica, debido a esto, la escala equivale a un valor aproximado de 1/5 relacionado a la distancia del recorrido y a la velocidad del vehículo. Con este análisis se concluye que la velocidad utilizada en la simulación se obtiene de la multiplicación de 3.6 km/h por 5.15, la cual nos da como resultado de 20 km/h; velocidad utilizada por los vehículos en la simulación.

En el transcurso de la jornada se realizan 98 trayectos totales, el trayecto se cuenta como el recorrido que hace la ruta desde ir hasta volver al mismo paradero. De acuerdo a lo mencionado anteriormente se concluye que la capacidad total diaria es de 1.960 personas por trayecto. Al alimentar la simulación con los datos mencionados anteriormente se encuentra que se puede atender un 60% de la demanda total de pasajeros, mientras que, en el trayecto hasta el paradero ubicado en la zona aledaña a City U se atiende un 24% con respecto a la demanda total de pasajeros.

Dada la condición de espera máxima por un pasajero, se obtuvo por medio de la simulación que el tiempo de espera máximo por una persona que utilizó el servicio es de 17 minutos en ambos paraderos, sin embargo, el tiempo promedio de espera para el paradero ubicado en la Universidad de América es de 10 minutos, por el contrario, el tiempo promedio de espera en el paradero ubicado en las residencias de City U es de 8 minutos.

Para encontrar cuanto tiempo tarda en llegar cada persona se usó una distribución exponencial teniendo en cuenta las personas que llegan en cada franja horaria.

Transporte Ida



Transporte Regreso

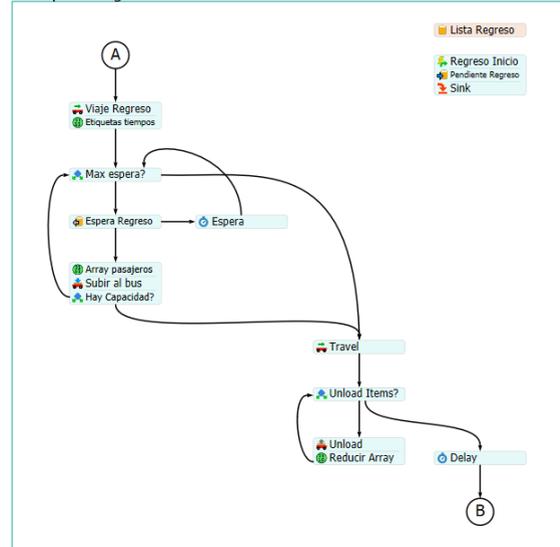


Fig. 14 Flujogramas de operación

Maxima espera

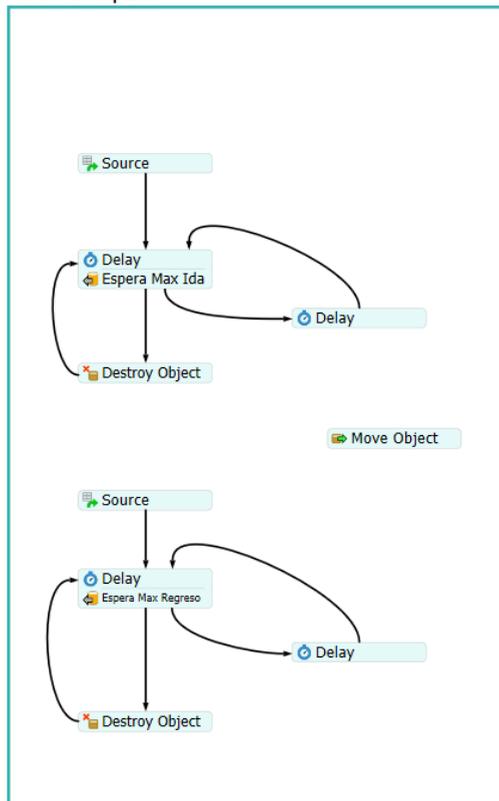


Fig. 15 Flujograma tiempo de espera máximo

RUTAS ALIMENTADORAS UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		CANTIDAD DE BUSES	DEMANDA SATISFECHA		NÚMERO DE PERSONAS EN EL SISTEMA	TIEMPO PROMEDIO EN EL SISTEMA (min)	TIEMPO MÁXIMO DE ESPERA EN COLA (min)		TIEMPO PROMEDIO ESPERADO EN COLA (min)		TASA DE RECHAZO DE LA RED		COSTO TOTAL DEL SERVICIO
			CITY U	U AMÉRICA			CITY U	U AMÉRICA	CITY U	U AMÉRICA	CITY U	U AMÉRICA	
JORNADA CONTINUA	ESCENARIO 1	1	33%	15%	1195	22	20	20	18	16	67%	85%	\$ 6.850.000
	ESCENARIO 2	2	56%	24%	1940	14	17	17	8	10	44%	76%	\$ 13.700.000,00
	ESCENARIO 3	3	60%	26%	2115	13	20	19	7	9	40%	74%	\$ 20.550.000,00
	ESCENARIO 4	4	65%	26%	2258	12	19	20	6	8	35%	74%	\$ 27.400.000,00
JORNADA POR FRANJAS	ESCENARIO 5	1	19%	9%	700	24,5	20	20	19	20	81%	91%	\$ 3.425.000,00
	ESCENARIO 6	2	30%	14%	1158	15	19	20	8	12	70%	86%	\$ 6.850.000,00
	ESCENARIO 7	3	35%	17%	1271	13,5	19	20	6	11	65%	83%	\$ 10.275.000,00
	ESCENARIO 8	4	37%	19%	1365	13	19	19	6	10	63%	81%	\$ 13.700.000,00

Fig. 16 Escenarios Rutas Alimentadoras

Para encontrar una solución óptima al planteamiento de las rutas, en donde predomine la calidad del servicio y el costo del mismo, se plantearon 8 escenarios en los cuales se evidencia que la mitad de ellos son realizados en jornada continua, mientras que los 4 restantes fueron planteados en franjas horarias; 7:00 am - 9:00 am, 11:00 am - 2:00 pm, 6:00 pm - 9:30 pm, para cada uno de los horarios se analizaron escenarios con 1,2,3 y 4 rutas. Ver Fig. 16.

El escenario elegido es el segundo el cuál se determinaron los costos del servicio por medio del proveedor seleccionado en el método AHP difuso; en este caso fue NUEVOS ANDES TOURS TRANSPORTE ESPECIAL S.A.S. En la tabla se presentan los siguientes indicadores definidos en ambos paraderos, la demanda satisfecha, el número de personas en el sistema, tiempo promedio en el sistema, tiempo máximo de espera en cola, tiempo promedio esperado en cola, tasa de rechazo de la red y por último el costo total del servicio otorgado por el proveedor. Cabe aclarar que con más rutas se puede suplir la demanda en mayor medida, pero la cantidad de personas movilizadas no justifica el costo de añadir otro vehículo al sistema. Ver Fig. 16.



Fig. 17 Simulación paraderos FlexSim

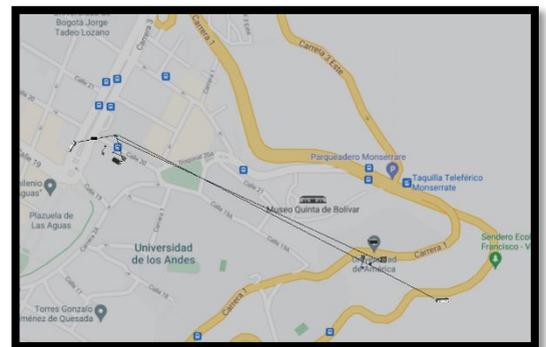


Fig. 18 Panorámica simulación FlexSim

	COSTO	CALIDAD DE SERVICIO	FLOTA	EXPERIENCIA DE SERVICIO	TOTAL
TRANSRUBIO S.A.S	0,25	0,11	0,58	0,54	0,2810
SCHOOL TOURING SERVICE S.A.S	0,36	0,31	0,31	0,30	0,3281
NUEVOS ANDES TOURS TRANSPORTE ESPECIAL S.A.S	0,39	0,58	0,11	0,16	0,3903
PONDERACIÓN	0,41	0,35	0,17	0,07	

Fig. 19 Matriz selección de proveedores

Al momento de la selección de proveedores, se requirieron los siguientes puntos:

Jornadas:

Dos Jornadas (lunes a viernes)

1. Jornada de la mañana - 6:30 am - 2:00 pm
2. Jornada de la tarde - 2:00 pm - 9:00 pm

Punto de partida

1. Punto de partida: Calle 20 #3, Bogotá, Cundinamarca (Al frente de City U).
2. Punto de llegada: Ak. 1 ##20-53, Bogotá, Cundinamarca.

Flota de transporte requerida:

Dos rutas (Capacidad de 15 a 20 personas)

Personal:

Dos conductores, uno para cada ruta.

Todos los proveedores cuentan con conductores calificados y una persona que actúa como monitor de la ruta, esto con la finalidad de llevar un mejor control en la operación y poder tener una trazabilidad clara de los procesos internos del servicio.

Para el desarrollo del método AHP Difuso se tienen en cuenta factores relacionados a la imprecisión o la subjetividad del juicio humano y con múltiples criterios, El modelo se lleva a cabo por medio de la toma de decisiones establecidas en los juicios emitidos por agentes encargados de la toma de decisiones y con base en ello se plantean alternativas y criterios los cuales pueden ser convertidos en números difusos.

La elaboración del modelo requiere de la búsqueda de proveedores encargados del transporte de pasajeros, por tal motivo, se establecieron relaciones con miembros de las distintas empresas contactadas para definir una cotización pertinente al servicio de transporte. Para la evaluación del método AHP difuso

se definieron las características más relevantes al momento de seleccionar un proveedor, estas fueron: el costo, la calidad del servicio prestado; con respecto a normas y acreditaciones vigentes, flota y experiencia por parte de los usuarios según el servicio prestado. Ver Anexo 5.

Uno de los factores relevantes en la selección de proveedores es el costo. Las cotizaciones realizadas fueron las siguientes, TRANSRUBIO S.A.S; una empresa con más de 25 años de experiencia, cuenta con una tarifa de \$21'320.000 COP, con una capacidad de 19 puestos y vehículos modelo 2020 en adelante. Ver Anexo 6. SCHOOL TOURING SERVICE S.A.S; una empresa con 17 años de experiencia en el mercado, cuenta con una tarifa de \$15'000.000 COP, con una capacidad de 40 pasajeros, sin embargo, la capacidad puede disminuirse debido a que la empresa posee una flota de transporte de vehículos desde 11 pasajeros hasta 42. Ver Anexo 7.

NUEVOS ANDES TOURS TRANSPORTE ESPECIAL S.A.S; una empresa de transporte de 12 años de experiencia en el mercado, cuenta con una tarifa de \$13'700.000 COP, con una capacidad de los vehículos de 15 a 25 pasajeros. Ver Anexo 8.

Para la construcción del modelo se diseñó una matriz por cada factor evaluado y de esta manera fue comparado subjetivamente con respecto a la información obtenida. Cabe resaltar que si bien, el criterio más determinante era el costo por la prestación del servicio; esto debido a la situación actual de la Universidad en plena coyuntura sanitaria a raíz del COVID-19, no era el único factor a tener en cuenta, por esta razón, se plantearon los demás criterios resaltando la calidad del servicio por medio de las normas, acreditaciones y certificaciones otorgadas por entidades especializadas en esa labor.

Como resultado del modelo de selección de proveedores AHP difuso la empresa transportadora

NUEVOS ANDES TOURS TRANSPORTE ESPECIAL S.A.S es la alternativa recomendada debido al resultado obtenido por la matriz, representado en un 39% en relación a los criterios definidos y evaluados por la subjetividad del juicio humano ver Fig. 16.

Para mantener monitoreada la operación del servicio de rutas alimentadoras, se plantean 3 indicadores que permiten analizar aspectos claves de la propuesta, los cuales se explicarán a continuación:

- Pasajeros diarios: Este indicador tiene como objetivo determinar el número promedio de pasajeros movilizados por día a la semana. Planteado con el fin de determinar picos de demanda a cuenta periodos de tiempo como las semanas de parciales. Ver Anexo 9.

$$\text{Pasajeros diarios} = \frac{\sum \text{pasajeros diarios}}{\text{días de operación en la semana}}$$

- Capacidad Utilizada: Este indicador es propuesto para determinar el porcentaje de utilización que tendrían los vehículos usados en la operación, la utilización permite saber cuál es la capacidad potencial de los vehículos, con el objetivo de acomodar los horarios de diferentes materias, para obtener un rendimiento óptimo de las rutas. Ver Anexo 9.

$$\text{Capacidad utilizada} = \frac{\text{Pasajeros movilizados diariamente}}{\text{Trayectos diarios} \cdot \text{capacidad del vehículo}}$$

- Costo Pasaje: El último indicador tiene como finalidad conocer cuál es el costo que tiene cada trayecto por pasajero. Planteado para identificar como se está distribuyendo el dinero pagado al proveedor del servicio, adicional a esto se usa para que las directivas de la universidad analicen si la operación es apropiada al costo de la misma. Ver Anexo 9.

$$\text{Costo Pasaje} = \frac{\text{Costo mensual del servicio}}{\text{Número de pasajeros transportados en el mes}}$$

V. CONCLUSIONES

El planteamiento de una logística de transporte de rutas alimentadoras para la Universidad de América permite solucionar las diferentes problemáticas abordadas por medio de un servicio continuo durante la jornada académica, el servicio no beneficia únicamente a los estudiantes de la universidad, ya que también favorecerá tanto a profesores como colaboradores.

La implementación de las rutas alimentadoras reduciría los tiempos de desplazamiento en un más de un 50% lo que beneficiaría en primera instancia a más de 1.300 miembros de la comunidad uniamericana, lo cual

mejora el bienestar universitario y genera un valor agregado para las personas vinculadas con la institución.

Por temas sanitarios; debido a la coyuntura producida por el COVID-19, se realizaron los estudios con una población a conveniencia, por lo tanto, los datos plasmados pueden variar a lo largo de la implementación. Esta variación no afectará la operación del sistema ya que el sistema permite alimentar la simulación para ajustar la demanda real.

Para la posterior operación se recomienda realizar diferentes modelos de pronósticos de demanda con el fin de optimizar la operación de las rutas, creando acuerdos con el proveedor de servicio que ayuden a reducir los costos y mejoren el nivel de servicio prestado.

Se le propone a la Fundación Universidad de América la operación de rutas alimentadoras con dos vehículos, cada uno con conductor y monitor. Este servicio será proveído por la empresa NUEVOS ANDES TOURS TRANSPORTE ESPECIAL S.A.S con un costo mensual de \$13'700.000. Se genera una simulación la cual queda libre para realizar diferentes ajustes, como tiempos, capacidades y vehículos. Se entrega el planteamiento de tres indicadores de desempeño para el monitoreo del servicio, de esta manera se movilizarían 1940 personas al día.

REFERENCIAS

- [1] L.J. González Álvarez, E.R. Aguilar Bustamante, G. Pezzano de Vengoechea, (2012), reflexiones sobre el bienestar universitario. Una mirada desde la educación a distancia y la jornada nocturna. [En línea]. Disponible en: https://www.fumc.edu.co/wp-content/uploads/resoluciones/arc_913.pdf [Acceso: Sept. 16,2020].
- [2] ASCUN, "Políticas nacionales de bienestar universitario acogidas mediante acuerdo 5 de 2003 del consejo nacional de rectores de ASCUN". Asociación Colombiana de Universidades, [En Línea]. Disponible en: <https://www.ascun.org.co/uploads/default/publications/9828b7e417cd387745fd08b179d37ff1.pdf> [Acceso: Sept.16, 2020].
- [3] Fundación Universidad de América, "Bienestar universitario". [En línea]. Disponible en: <https://www.uamerica.edu.co/bienestar-universitario/bienestar-contacto/> [Acceso: Sept.16, 2020].
- [4] Google maps, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/maps/dir/Kr+3+-+Cl+21,+Bogot%C3%A1/Universidad+de+Am%C3%A9rica,+Ak.+1+%23%2320-53,+Bogot%C3%A1,+Cundinamarca/@4.6031772,-74.0666206,17z/data=!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x8e3>

f99a2ea43be1b:0x1b23da341faed8c6!2m2!1d-74.0668842!2d4.605149!1m5!1m1!1s0x8e3f99bc998ce37b:0x50bee0b0aa03ea03!2m2!1d-74.0617352!2d4.6014464!3e2

[5] Secretaría de Seguridad, Convivencia y Justicia, “BOLETÍN MENSUAL DE INDICADORES DE SEGURIDAD Y CONVIVENCIA”, 2020, [En línea], Disponible en: https://scj.gov.co/sites/default/files/documentos_oaiee/Reporte_candelaria_2020_03.pdf, [Acceso: Sept.15, 2020].

[6] Transmilenio S.A, “Tarifas”. [En línea]. Disponible en: <https://www.transmilenio.gov.co/preguntas-frecuentes/96/tarifas/> [Acceso: nov.15, 2020].

[7] Cabify, 7.51.0. [Aplicación Móvil]. Madrid, España, Maxi Mobility S.L., 2011

[8] Uber, 4.342.10002. [Aplicación Móvil]. San Francisco, California, Uber Technologies, Inc. 2010

[9] Google maps, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/maps/dir/Kr+3+-+Cl+21,+Bogot%C3%A1/Universidad+de+Am%C3%A9rica,+Ak.+1+%23%2320-53,+Bogot%C3%A1,+Cundinamarca/@4.6042316,-74.0692403,16z/data=!3m1!4b1!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x8e3f99a2ea43be1b:0x1b23da341faed8c6!2m2!1d-74.0668842!2d4.605149!1m5!1m1!1s0x8e3f99bc998ce37b:0x50bee0b0aa03ea03!2m2!1d-74.0617352!2d4.6014464!3e0>

[10] Universidad Externado de Colombia, “Tu Ruta: Servicio de transporte para la comunidad externadista”. [En línea]. Disponible en: <https://www.uexternado.edu.co/bienestar-universitario/ruta-servicio-transporte-la-comunidad-externadista/> [Acceso: Sept.16, 2020].

[11] Comisión de las Comunidades Europeas. “LIBRO VERDE Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana”. [En línea]. Disponible en: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0526435.pdf> [Acceso: nov.16, 2020].

[12] Lizárraga Mollinedo, C., “Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo XXI”. Rev. Economía, Sociedad y Territorio, vol. VI, núm. 22, pp. 283-321, 2006. Disponible en:

<https://biblat.unam.mx/hevila/Economiasociedadytterritorio/2006/vol6/no22/1.pdf> [Acceso: nov.16, 2020].

[13] Velásquez M. C.V., Espacio público y movilidad urbana Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM), Tesis Doctoral. Facultad de Belles Arts, Universitat de Barcelona, Barcelona, España, 2015.

[14] Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas AECA. (2000). “Indicadores de Gestión para las Entidades Públicas”

[15] Ministerio de Economía y Finanzas de Perú. (2010). “Instructivo para la formulación de indicadores de desempeño”

[16] Introducción al diseño, construcción e interpretación de indicadores, Dirección de Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Bogotá D.C, Colombia., 2012.

[17] Transmilenio S.A, “Servicios Alimentadores”. [En línea]. Disponible en: https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/146193/servicios_alimentadores/ [Acceso: nov.16, 2020].

[18] Transmetro, “Rutas alimentadoras”. [En línea]. Disponible en: <https://www.transmetro.gov.co/rutas-alimentadoras/> [Acceso: nov.16, 2020].

[19] Área Metropolitana Valle de Aburrá, “Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá”. [En línea]. Disponible en: <https://www.metropol.gov.co/lamovilidad/transporte-p%C3%BAblico/sitva> [Acceso: nov.16, 2020].

[20] J. Rodrigue, C. Comtois, B. Slack. The Geography of Transport Systems, 3 Edición, Estados Unidos: Routledge, 2013.