**3. Diseño de una propuesta de configuración para Ecobici**

**3.1 Configuración actual del sistema**

Para un usuario de Ecobici es importante tomar en cuenta la distancia que debe recorrer para poder tomar una bicicleta y así realizar un viaje con normalidad, por esta razón es necesario señalar que al no encontrar el servicio alguna estación, la acción más lógica es buscarlo nuevamente ahora en otras estaciones que aún no ha visitado; sin embargo, de acuerdo con el criterio de cada persona, existe un número máximo de visitas realizadas antes de tomar la decisión de cambiar de transporte. Debido a esto, la distancia que existe entre estaciones pertenecientes al sistema es un factor relevante tanto para los usuarios como para los encargados de la solución de problemas.

La National Association of City Transportation Officials (NATCO) es una asociación que tiene como misión hacer las ciudades más agradables para las personas aportando información o estrategias necesarias para mejorar los sistemas de transportes y la movilidad en general **[ ]**. Esta asociación publicó un artículo sobre la relevancia de la distancia que un peatón debe recorrer para solicitar una unidad del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Nueva York; en este artículo se información resultante de una investigación sobre los hábitos de los usuarios de este servicio, los cuales tienden a caminar un aproximado de 1,000 pies (300 m) o un tiempo de 5 min **[ ]**.

Como se mencionó previamente, el sistema de bicicletas compartidas terminó el año 2017 con 452 estaciones y una cobertura de 35 km2 principalmente en la zona centro de la ciudad. Sin embargo, es importante tener clara de la distancia existente entre todas las estaciones para poder hacer un registro de las estaciones que tienen posibilidad de perder un usuario por tener una separación mayor a los 300 m que señala NATCO.

Fue necesario generar una matriz para conocer la distancia de cada estación con el resto, para ello se utilizó la ubicación en el mapa con latitud y longitud de cada punto presente en Ecobici; al generar esta matriz de distancias entre las estaciones, se utilizó la forma euclidiana para calcular la distancia entre dos puntos; es decir, se calculó la longitud de la recta más corta que une estos a dos estaciones en el mapa. Para tener claras las estaciones que están más cerca entre sí, se realizó la cuenta de las estaciones que tienen alguna otra cerca de acuerdo con una escala de 100 m y se organizaron desde la de menor hasta la de mayor distancia.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Distancia | Total | Porcentaje |
| 100 m | 79 | 17.5% |
| 200 m | 253 | 56.0% |
| 300 m | 432 | 95.6% |
| 400 m | 451 | 99.8% |
| 500 m | 452 | 100.0% |

Tabla cantidades cercanas

En la Tabla 3-1 se tiene la cantidad de estaciones que tienen al menos a una estación a una distancia de 100, 200, 300, 400 y 500 m respectivamente. Estos resultados reflejan que la configuración del sistema que actualmente opera cumple en su mayoría; no obstante, la distancia que se necesita para evitar perder usuarios; sin embargo, al tener en cuenta que estos números son reflejo del cálculo de distancias euclidianas, es importante tener en cuenta que existe una posibilidad muy alta de que el camino que realmente transiten los usuarios para cambiar de estación sea de mayor longitud.

Para identificar en el mapa las estaciones con mayor demanda se realizó una clasificación en clusters de acuerdo con el porcentaje que representan de todos los viajes registrados. Esto ayudó a plantear otra alternativa a la principal, que es mantener las características de las estaciones con poca demanda, pero dividir el resto de tal forma que, al ser más solicitadas, puedan cubrir los viajes que se solicitan constantemente.

**3.2 Propuesta de nueva configuración**

Debido a las características que presenta la configuración actual, es necesario tener en cuenta la posibilidad de realizar una propuesta en la que se disminuya en mayor medida la distancia entre las estaciones propuestas como nueva configuración. Al tener como idea principal generar estaciones más cercanas entre sí, se piensa como primera opción dividir las estaciones actuales para que tengan una menor capacidad pero que, al juntar las resultantes de una división, se tengan las mismas unidades y espacios que tiene Ecobici.

Después de establecer la cualidad principal que tendrá la configuración propuesta, se procedió a establecer las divisiones de acuerdo con las dos opciones que se plantearon; para realizar la división se siguió el criterio repartir las estaciones de tal forma que todas las estaciones resultantes tuvieran la capacidad de estacionar únicamente tres bicicletas pero que estuvieran cerca para no tener problemas por falta de servicio. La forma en que se dividieron fue tomar aleatoriamente ubicaciones que se generaran entre 100 y 300 m de la ubicación de la estación original y se generaron hacia el mismo cuadrante correspondiente a cada estación, con la intención de que al generarlas se tuviera menos probabilidad que empalmarlas unas con otras; además, era importante que en el punto donde anteriormente había estado una antes de esta división, permaneciera una estación generada.

Para que esta propuesta tuviera validez, se tomó el supuesto de que las llegadas que tiene cada estación en el modelo original se tenían que repartir de tal forma que cada estación generada tuviera la misma cantidad de llegadas. Esto se cumple porque la cantidad de llegadas en unidad de tiempo de cada estación tiene una distribución Poisson; al tener “n” estaciones generadas por la original, también resultan tener una distribución Poisson que indica el número de llegadas que tendrán.

Cuando se realizó la primera propuesta de configuración, se tomó en cuenta el sistema completo ya que con este se podía realizar una mejor comparación con el sistema actual; el modelo propuesto resultó como un sistema con 4075 estaciones, cada una con un total de tres espacios, pero todas cerca una de la otra y, al realizar la misma prueba de distancia entre estaciones, resultó que un 97% de las estaciones estaba ubicada a no más de los 300 m que se tienen establecidos. Al comparar esta proporción con la que arrojaba el modelo original, se puede notar una mejoría lo cual puede representar una mejora en la calidad del servicio proporcionado por Ecobici. En cambio, en la segunda propuesta de división, no refleja una mejora tan significativa como en el primero; esto es porque las estaciones con alta demanda registrada están ubicadas en zonas céntricas de la ciudad y no necesitan estar más cercanas entre ellas.

Aunque se presente una mejora al comparar las propuestas con lo original, no es suficiente para aceptarla como una mejor alternativa; a este modelo se le aplicaron pruebas en las que se definió qué configuración responde mejor a las condiciones del sistema. Para realizar estas pruebas, se utilizó un modelo de simulación discreta en el que se representa el comportamiento completo del sistema real de Ecobici; con las estadísticas resultantes de esta simulación se podrá hacer una mejor comparación y con base en esto se decida la propuesta que mejor se comportaría dentro del sistema en la vida real.