



DICTAMEN TÉCNICO IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AEROMETRO FASE I EN LOS MUNICIPIOS DE GUATEMALA Y MIXCO, GUATEMALA. ACTUALIZADO 2019

1. Introducción

A lo largo de la historia y conforme el desarrollo de la urbanización y el crecimiento de las ciudades, se ha generado la necesidad del desplazamiento de un punto a otro según las actividades sociales así lo requieren. Dada esta necesidad y acorde al desarrollo tecnológico, se han diversificado los modos de transportar. En este proceso pasamos de vehículos de tracción animal a vehículos motorizados llegando hasta las actuales tecnologías que han permitido el desarrollo de vehículos automatizados a través de energías sustentables como los vehículos eléctricos.

En esta evolución en los medios de transportes, debemos hacer notar que en donde más se ha diversificado la tipología de vehículos ha sido en el transporte público o masivo. Es aquí en donde encontramos la mayor necesidad de soluciones, probablemente porque es en donde se benefician más personas. En este contexto, encontramos líneas de soluciones o modos de transportes terrestres, ferroviarios y aéreos con distintas características de funcionamiento y costes.

En el área terrestre, tenemos sistemas de Mini Buses, Buses y Buses Articulados que pueden ser de motor a combustible, eléctricos o híbridos. No obstante, no son los vehículos en si la respuesta, sino que el ordenamiento y la organización del uso de los mismos, es por ello que la tendencia americana y más accesible en estos últimos años corresponde al Sistema denominado BRT (Bus Rapid Transit) o Sistema de Buses de Tránsito Rápido, en donde existe todo un esquema de funcionamiento con carriles exclusivos de tránsito, paraderos segregados y específicos, estaciones de transbordo en líneas troncales y alimentadoras, que permiten una integración de las áreas urbanizadas a los centros de concentración de servicios, creando un ordenamiento del uso de las vías.

El problema que se presenta en muchas de las implementaciones de este tipo de solución, tiene que ver con la forma en la cual se aplica el plan y los plazos para el desarrollo de cada etapa que, en muchos de estos casos al ser plazos en años, se ven alcanzados por el crecimiento de la demanda y no logran dar la satisfacción que las



personas y usuarios esperaban de esta solución. Además, que su infraestructura y equipamiento tienen una vida útil relativamente corta en relación a otros modos de transporte.

En el ámbito ferroviario, encontramos un poco más de diversificación en soluciones o tecnologías de transporte público, ya que existen sistemas de trenes livianos y trenes metropolitanos (metro), pero incluso en la categoría de trenes livianos, se encuentran los conocidos tranvías como también sistemas de LRT (Light Rail Train, por sus siglas en inglés) o Trenes Livianos Eléctricos. El porque del uso en cada caso, tiene que ver con las características propias y necesidades operativas como financieras.

En el caso de los trenes livianos o LRT y tranvías, ocurre que, si bien es cierto, en ambos casos existe un tránsito vía rieles, las características técnicas y operativas son distintas, pero en términos de costos o financiación pueden ser muy similares. Las diferencias entre ambos sistemas son las siguientes: Los tranvías, son sistemas sobre rieles empotrados (sin relieve sobre el pavimento) alimentados en forma aérea por medio de una pinza móvil, instalada en el techo del vehículo, conectados a una red de cables aéreos alimentados eléctricamente que se emplazan en las rutas del tranvía soportados en postes. Sus restricciones operativas, son su velocidad de desplazamiento reducida y el riesgo de la convivencia operativa de estos vehículos con el resto de los vehículos particulares que usen la vía, además, tiene una capacidad de transportar personas, similar a las líneas troncales de los BRT. La ventaja sobre otros sistemas ferroviarios es su costo medio y su mayor facilidad y rapidez de implementación, dado que no restringe el uso de la vía en la cual se emplaza en riel, por lo cual, puede convivir físicamente con otros vehículos convencionales.

En cambio, el Sistema de Tren Eléctrico Liviano (LRT) necesita una vía exclusiva y paraderos segregados, en donde la alimentación es por medio de un brazo fijo o alimentación por medio de las mismas vías, lo cual, conlleva considerar terrenos exclusivos para el desarrollo del proyecto, convirtiéndose en un problema para los casos de ciudades ya urbanizadas (que es el caso de la mayoría de las grandes ciudades), disminuyendo la capacidad vial de vías existentes utilizadas por otros medios de transporte, a cambio de ofrecer una mayor seguridad y velocidad de operación de los trenes.

Luego en la categoría ferroviaria encontramos a los trenes metropolitanos eléctricos o Metro, que se pueden dar en figura subterránea como se gestaron en su origen o en viaducto (vía aérea) y tramos mixtos según la necesidad. En este caso, hablamos de sistema de trenes eléctricos largos en rieles ferroviarios similares a los trenes clásicos, con sistema de alimentación por riel electrificado o por alimentación aérea por catenaria. Debido a la operación propia del sistema, requiere de gran infraestructura y equipamientos de elevado costo y en caso de ser subterráneo requiere aun mayor inversión por el tipo de obras civiles vinculadas, lo cual, es una desventaja desde el punto de vista económico, pero en su compensación tiene mayor capacidad de



transporte de pasajeros que pueden llegar a los 32,000 Pax/Hr/Sentido versus los 23,000 Pax/Hr/Sentido de un LRT.

Finalmente, tenemos el modo aéreo representado en los sistemas de cable aéreo, conocidos popularmente como teleféricos, que originalmente cuando se comenzaron a modernizar tuvieron un carácter más turístico (para centros de esquí y zonas de extensiones verdes), hasta que hace un par de años tomaron un giro más masivo en ciudades como La Paz, Medellín y Mérida, en donde se transformaron en parte importante del Sistema de Transporte Público de dichas ciudades.

El teleférico o sistemas de cable aéreo, son sistemas de transporte en donde cabinas de diferentes capacidades y tipos de mecanismo de operación en relación a los motores de impulso, se van desplazando en el aire sobre cables suspendidos a través de pilares o pylonas que son colocadas a lo largo del trazado. Si bien, en un comienzo estos sistemas eran más bien requeridos para la conexión de puntos en donde la geografía es muy irregular, este último tiempo, se ha visto como se han aprovechado las ventajas operativas de estos sistemas para usarlos en zonas urbanas como complementos de sistemas BRT, sin mayor intervención urbana con tecnología de energía renovable y limpia. Una de las mayores ventajas de este sistema de cable aéreo, es que no tiene una infraestructura invasiva, ya que las pylonas no requieren de mucha superficie en su base, por ende, no genera una disminución de capacidad de vías existentes a excepción de las estaciones que normalmente no superan los 20 metros de ancho, por los 40 metros de largo, lo que le hace más fácil de manejar desde el punto de vista urbanístico.

Hoy en día, es la integración de modos de transporte la solución más practicada y exitosa en las grandes ciudades del mundo; ya que de este modo se optimiza el desplazamiento de personas, utilizando lo mejor de cada tecnología para las distintas necesidades de las metrópolis y compensando las debilidades de un tipo de sistema con las ventajas y bondades de los otros. Es por ello que, la incorporación de los sistemas de teleféricos o de transporte por cable aéreo a los sistemas tradicionales de transporte público de pasajeros han sido una apuesta ganada en países de Hispanoamérica, ya que han permitido aprovechar las características geográficas como también la ventaja de la rentabilidad positiva en el análisis de costo-beneficio, que lo hacen hoy en día una de las mejores alternativas para ciudades como Guatemala.

2. Antecedentes

Estos sistemas de transporte por cable aéreo remiten su origen a varios siglos atrás; aunque no lo parezca; ya que nacen como una solución para transportar animales, materiales y personas en lugares montañosos de geografías extremas en países como China, Japón y otros países de la cultura oriental.

En sus orígenes, estos eran por tracción animal e incluso manual en algunos casos, hasta la aparición del funicular (ascensor sobre rieles que usa la compensación de contrapeso



a través de la tensión de las cuerdas; mientras un carro sube el otro baja), en donde se inicia el crecimiento de este tipo de instalaciones. No obstante, dado a lo complicado, en algunos casos, de la geografía para la instalación de los rieles de funiculares se aprovechó la tecnología de tracción por cuerda para avanzar al transporte en carros o cabinas colgadas en los cables, de tal forma, que ya no se desplazaba por riel, sino que sobrevolaba entre un punto y otro a través de pilares que soportaban los cables a lo largo de la trayectoria.

Luego en Europa este sistema por cable aéreo por cabinas circulantes tuvo una fuerte expansión por necesidades militares y civiles (entre 1908 y hasta finales de la primera guerra), para ya en los años 1935 con la aparición del esquí, se generó un giro en el uso de este sistema a través de la aparición de las telesillas que se popularizó rápidamente en Europa.

Luego en los años 1980, en Estados Unidos, Canadá y Holanda se comienza a utilizar una nueva propuesta de teleférico para transporte público, denominado aerobús (ver Imagen 1), con mayor capacidad de pasajeros y desde entonces, se abrió la visión de sistemas de teleféricos como solución de transporte público en ciudad.

Imagen 1. Aerobus Holanda



Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1656247&page=2>.

Pero es en el año 2004 donde se hace una apuesta por el teleférico como Sistema o Red de Transporte Urbano a nivel sudamericano, a través del proyecto MetroCable de Medellín en Colombia, en donde se proyectó como parte de un Mega Plan de Transporte Urbano denominado TransMilenio que tenía como eje estructurante un Sistema BRT.



En donde lo más interesante es que dichos sistemas funcionarían bajo una misma y única modalidad de pago electrónica (sin pago efectivo de dinero) y que comenzó a ser replicado en varios países de Latinoamérica, siendo Bolivia uno de los países en donde ha sido más agresiva su implementación debido a su geografía en la ciudad de La Paz.

3. Clasificación de transporte por cable.

Debido a la diversidad de definiciones confusas que se pueden encontrar hoy en día en diversas fuentes, hemos preferido, para este caso, utilizar como fuente las descripciones de las Directivas Europeas en donde se comenzaron a regular este tipo de tecnologías para presentar una terminología técnica.

Entonces de acuerdo a la Normativa Europa encontramos que:

1. **Teleférico:** Es todo sistema de transporte en el cual los vehículos se encuentran suspendidos en uno o más cables.
2. **Funicular:** Son Sistemas en donde los vehículos se desplazan sobre ruedas o rieles jalados por medio de tracción de uno o más cables.
3. **Telesquí:** Sistema en donde los usuarios pertrechados con el equipo adecuado, son jalados a través de sistema de cuerda.

Luego dentro los teleféricos tenemos las siguientes definiciones técnicas importantes de entender antes de adentrarse a los detalles de este tema, tales como:

4. **Telecabina:** Teleférico de movimiento unidireccional dotado de vehículos cerrados con poca capacidad.
5. **Telebén:** Teleférico de movimiento unidireccional cuyos vehículos son cestas destinadas a transportar uno o más pasajeros de pie.
6. **Telesilla:** Teleférico de movimiento unidireccional cuyos vehículos son sillas. Brazo de suspensión. Estructura metálica articulada que une el carrito con la cabina.
7. **Cabina.** Vehículo destinado para el transporte de personas y/o carga. Los vehículos constan de una pinza (desembragable o fija) para sujetarse al cable que los arrastra. Cuentan con una estructura de enlace, llamado brazo de suspensión, que une la pinza con el cubículo en donde van los pasajeros. Estos vehículos pueden ser cerrados (telecabinas o góndolas) o abiertos (telesillas, cabinas abiertas).
8. **Cables.** Elaborados en acero de alta resistencia, ya sea trenzados alrededor de un alma plástica o ensamblados por medio de alambres con formas especiales alrededor centros igualmente de acero. Este elemento es el encargado de sustentar (portar) y/o jalar los vehículos durante todo el recorrido.
9. **Cable portante.** Se utiliza con el único fin de soportar los vehículos que el sistema debe transportar.
10. **Cable tractor.** Se utiliza con el único fin de dar tracción al vehículo que el sistema debe transportar.



11. **Cadena cinemática.** Conjunto de elementos electromecánicos relacionados entre sí que proveen movimiento al sistema. Un motor acoplado a un reductor de velocidad que a su vez se conecta con la polea motriz constituyen la columna vertebral del sistema. Los frenos involucrados actúan principalmente en dos puntos que son la salida del motor principal y en la polea motriz (esta posee una superficie externa de frenado).
12. **Carretillo.** Estructura con balancines y poleas que permiten el desplazamiento sobre el cable portante. Allí es donde el cable tractor se amordaza para transmitir la tracción al vehículo.
13. **Gálivos.** Distancias determinadas para la libre circulación de las cabinas, bajo el concepto de funcionamiento seguro del sistema.
14. **Operación automática.** La acción de un agente o de los mismos viajeros, se limita a la puesta en marcha de la instalación, sin ninguna intervención posterior. El viaje será supervisado por un sistema automatizado que verificará el buen funcionamiento del sistema durante el recorrido
15. **Operación manual.** La marcha y operación del sistema la realiza un operador situado en la sala de máquinas o bien en los andenes o en las cabinas-telemando. La seguridad del sistema siempre estará bajo el mando de la unidad de control.
16. **Pilonas** (torres de sostenimiento). Estructuras en forma de cilindro o entramado metálico (tipo celosía) que soportan elementos fijos o móviles en donde reposan los cables del sistema.
17. **Sistema bicable.** Su nombre se debe a que posee tanto cable tractor como cable portante. Están dotados de uno o varios cables portantes, que sirven como soporte y guía, y de uno o varios cables tractores.
18. **Sistema de control.** Conjunto de elementos redundantes encargados del monitoreo para un funcionamiento seguro de la instalación. Además, monitorea los sensores especiales de amenazas externas (ambientales, vandálicas entre otras).
19. **Sistema de respaldo.** En el caso de fallas en la cadena cinemática la instalación estará dotada de un motor con su respectivo reductor que tiene la función de regresar las cabinas a la estación, permitiendo evacuar a los usuarios.
20. **Sistema de tensión.** Encargado de mantener la tensión constante del cable que arrastra las cabinas. En la actualidad existe la opción de cilindros hidráulicos o de un sistema mecánico guiado con pesos generalmente de concreto (contrapesos).
21. **Sistema Monocable.** Como su nombre lo indica éste posee solo un tipo de cable que está encargado tanto del soporte como de la traslación de los vehículos.
22. **Sistema tipo vaivén.** La disposición del sistema busca que las cabinas tengan un movimiento de ida y de vuelta por su mismo sistema portante entre las estaciones.
23. **Torón.** El torón de un cable es el enrollamiento helicoidal de un número determinado de alambres alrededor de un elemento central.
24. **Transporte por cable aéreo.** Los sistemas de transporte por cable aéreo son aquellos que se valen de cables ya sean portantes y/o tractores para trasladar vehículos que movilizan carga y/o personas por el medio aéreo. En forma



genérica a las instalaciones de transporte por cable se les denomina “Teleféricos”, pero en el caso de sistemas con varias cabinas en circulación permanente se utiliza también el nombre de “Telecabinas”.

En general, existen tres sistemas de teleféricos distintos que agrupan distintas tecnologías, las cuales, son utilizadas de acuerdo a las características del trazado, capacidad de carga esperada (cantidad de pasajeros por hora), si será de uso rural o urbano, entre otras características asociadas:

- a) Sistemas Reversibles
- b) Sistemas Circulantes
- c) Sistema Cable Rural

De acuerdo con el tipo de movimiento y la demanda, además, de considerarse los sistemas reversibles (vaivén) o sistemas circulantes (telecabinas o telesillas), según el tipo de sujeción de la cabina al cable tractor pueden ser de pinza fija o de pinza desembragable.

A continuación, se enumeran y explican los sistemas señalados:

- a) **Sistemas reversibles.** Consisten en dos cabinas sujetas a un cable sustentador y tiradas por un cable aéreo tractor, funcionando en sentido contrario (vaivén). Este sistema tiene la desventaja de ofrecer una frecuencia demasiado baja y un servicio poco eficiente para mover grandes flujos de pasajeros (por encima de 800 pasajeros/hora) y para trazados largos y su costo es elevado en comparación con otros sistemas.
- b) **Sistemas circulantes.** Funcionan en un circuito cerrado continuo. Pueden ser monocables o bicables y difieren en categoría de acuerdo con el tipo de vehículo y el sistema de sujeción:
 - Pinza desembragable:
 - **Telesilla:** Normalmente se usa para el turismo por su configuración física simple en la cual el pasajero viaja en un compartimiento que no es totalmente cerrado, para alturas muy cortas del terreno (por seguridad) y para mover flujos importantes de pasajeros (cerca de los 1000 pasajeros/hora). El sistema es circulante (ver Imagen 5.), lo cual requiere agilidad del usuario para esperar la telesilla al ingresar e igualmente para



su salida, lo que lo limita para el uso de personas mayores, personas con movilidad reducida y niños.

- **Telecabinas.** El sistema de telecabinas con Góndolas Monocable Desembragable (GMD) consiste en cabinas con capacidad para 6, 8, 10 ó 16 pasajeros cada una, suspendidas de un cable aéreo tractor que está en permanente movimiento, por lo cual las cabinas deben desengancharse del cable al llegar a las estaciones y reducir la velocidad para permitir el embarque y desembarque de pasajeros. Este tipo de sistema es el más recomendado para el uso masivo, por su versatilidad al ser un sistema circulante que permite utilizar un gran número de cabinas y el ascenso y descenso permanente de pasajeros en varias estaciones, aunque el límite óptimo de la relación costo-capacidad de transporte está en capacidades no mayores de 3,600 pasajeros/hora en velocidades de 6m/s para pinzas monocable desembragables.
 - **Otros sistemas circulantes.** Para requerimientos de mayor capacidad horaria existen sistemas bicables que pueden llegar a capacidades de 4,500 pasajeros/hora, como los sistemas Funitel, 2S y 3S, sin embargo, se requieren instalaciones civiles y electromecánicas de gran tamaño y costo.
- **Pinza fija.** El sistema con pinza fija (telesillas o telecabinas) tiene como característica principal que el cable gira con los vehículos enganchados permanentemente a éste, por lo cual, cuando uno está detenido en la estación, los demás permanecen detenidos en el aire, lo cual lo hace poco atractivo. Una variación de este sistema es el de la telecabina pulsada, en la cual se conforman grupos de cabinas (normalmente dos grupos de 2, 3 ó 4 cabinas cada uno, en el cual se reduce la velocidad del sistema cuando los grupos de cabinas llegan a las estaciones.
- c) **Cables rurales.** En los cables rurales se viene trabajando en desarrollos nacionales desde los años noventa y poco a poco se va mejorando su confiabilidad operativa y la seguridad de las instalaciones. Este sistema tiene como característica especial, el movimiento de un pequeño flujo de usuarios y una velocidad de operación por debajo de los 4 m/s.



✓ **Tipos de Estaciones (*):**

En estrecha relación con el diseño arquitectónico se deben definir las dimensiones y características de las estaciones, que pueden ser:

- **Estación motriz.** Es aquella en la cual se encuentra la cadena cinemática que genera el movimiento del sistema: el motor eléctrico, el reductor, elementos de transmisión, motor de emergencia, entre otros y se ubica en ella una de las poleas que genera el movimiento. Esta estación normalmente es de mayor tamaño ya que para coordinar más eficientemente las labores de operación y mantenimiento del sistema, es una buena costumbre ubicar en ésta garaje de cabinas (para los sistemas circulantes), en donde se ubican los cuartos técnicos de apoyo a la operación y al mantenimiento (cuartos para taller de reparaciones, almacén, zonas de lavado, subestación eléctrica principal, etc.).
- **Estación intermedia.** Se usa casi exclusivamente en sistemas circulantes. No tiene equipos motrices, excepto aquellos auxiliares para movimiento de cabinas y equipos electrógenos de suministro de energía.
- **Estación intermedia en ángulo.** Con los últimos desarrollos de esta tecnología se han introducido en los trazados de los cables ángulos no usuales anteriormente, con lo cual esta estación frecuentemente se convierte en estación motriz e incluye una polea de doble garganta que permite la operación de dos bucles de cable.
- **Estación retorno.** En esta estación se ubica la otra polea extrema y el sistema de tensión de la instalación. Eventualmente se tienen equipos electromecánicos del sistema de cable. El sistema de tensión del cable también se puede ubicar en la estación motriz.

✓ **Dispositivo Electromecánicos del Cable (*):**

Los elementos que son parte de los sistemas electromecánicos relevantes a saber son:

- **Estación motriz:** Incluye el suministro de todos los elementos motrices como: motores eléctricos, reductor, motor de socorro, polea motriz, frenos, vías de ingreso de cabinas, armarios eléctricos de potencia y control, sistema de apertura y cierre de puertas y elementos de cubierta, entre otros dispositivos. En general en todas las estaciones debe definirse si se tendrá una cubierta electromecánica o si la cubierta arquitectónica cubre tanto las áreas técnicas como las generales.



- **Estación de retorno:** En forma similar a la estación motriz incluye sistemas para el ingreso de las cabinas y en lugar del sistema motriz se incluye el sistema de tensión.
- **Estación de intermedia** (en sistemas circulantes): Vías de ingreso y salida, armarios eléctricos, estructura portante, sistemas de apertura y cierre de puertas, otros dispositivos.
- **Aparcamiento (garaje) de cabinas** (en sistemas circulantes): rieles para todas las vías de parqueo, motores eléctricos, cambiavías, plataforma de mantenimiento.
- **Equipos de línea:** conformado por las pilonas de sostenimiento con sus accesorios, línea de seguridad, iluminación, anemómetros, sistemas antidescarrilamiento.
- **Grupo de seguridad y control:** Incluye los elementos de supervisión de la operación del sistema, cable multipar, tableros de control de equipos de línea y estaciones.
- **Cables:** Tractores y/o portadores.
- **Cabinas de pasajeros y de inspección:** Conformado baterías (si aplica), pinzas, brazo de suspensión, vitrales sistemas de comunicación entre otras.
- **Repuestos y herramientas:** Conformado por todas aquellas herramientas y repuestos necesarios para realizar cualquier tipo de mantenimiento y/o reparación regular.
- **Equipos y elementos varios:** equipos de salvamento, acompañamiento técnico, estudios.

(*) Referencia: Manual Metodológico para la Formulación y Presentación de Proyectos de Transporte de Pasajeros por Cable Aéreo en Colombia.



4. Ventajas e inconvenientes del sistema por cable.

Como se ha podido desprender de la diversidad de teleféricos expuestos anteriormente, la elección del tipo de sistema, cabina, etc. viene dado por varios factores y objetivos a determinar, no obstante, igualmente podemos definir para todo el conjunto de sistema de Transporte por Cable Aéreo, ventajas y limitaciones que se deben considerar.

En el caso de las ventajas de este tipo de tecnologías, ya adelantado en los Antecedentes:

- ✓ Primeramente, tenemos su versatilidad para zonas geográficas con desniveles acentuados.
- ✓ Regularidad y automatización del transporte.
- ✓ Es un Sistema de energía renovable y limpia (no contamina).
- ✓ No requiere quitar capacidad a la vialidad existente.
- ✓ Es perfectamente compatible y complementario con otros modos de transporte como el Sistema BRT o trenes eléctricos (LRT, Tranvías o Metro)
- ✓ Amortización rápida del Capital Invertido, lo cual, lo hace altamente autosustentable.
- ✓ Es una oportunidad del punto de vista arquitectónico y de identidad turística, ya que el proyecto en sí, se puede transformar en un hito característico de la ciudad como símbolo de modernidad y crecimiento urbano.

Por otra parte, como todo sistema, encontramos algunas limitaciones que igualmente deben ser considerados a la hora de proyectar:

- Inelasticidad de la capacidad del Sistema, ya que es diseñado con una capacidad máxima establecida, por lo cual, no permite si no es a costa del sobredimensionamiento de las instalaciones, solucionar problemas de sobredemanda.
- La rigidez de operación en las estaciones en relación de tiempos y espacios (operación de embarque y desembarque).
- Trazados sustancialmente rectilíneos (aunque permite quiebres puntuales de línea) y limitación de longitud de los tramos.

A pesar de estas limitaciones, es un sistema atractivo de complemento para el transporte público urbano.



5. AeroMetro Guatemala

Este proyecto será ejecutado como un sistema que, en su Fase I, se compone de lo siguiente:

- a) **Eje I: Trébol – Montúfar**, con una distancia estimada de 2.1 km, desde puente El Trébol por Bulevar Liberación hasta 12 calle, entre 5ª y 6ª avenida de la zona 9 en el municipio de Guatemala.
- b) **Eje II: Trébol – Molino de las Flores**, con una distancia estimada de 6.8 km, desde el puente de El Trébol hasta aproximadamente la colonia Molino de las Flores en zona 2 del municipio de Mixco; este eje se divide en dos tramos, siendo el tramo 1 en el municipio de Guatemala con una distancia aproximada de 4.8 km y el tramo 2 en el municipio de Mixco con una distancia aproximada de 2 km.
- c) **Centra Occidente:** La Central de transferencia de Occidente deberá ser ubicada en el municipio de Mixco o al inicio del límite del municipio de Guatemala, el cual será el destino de los buses extraurbanos del occidente y la transferencia de pasajeros al sistema de transporte público por cable aéreo y a otros tipos de transporte, incluyendo la prestación de otros servicios. Esta cuenta con un Programa de necesidades al cual se deberá apegar el interesado o proponente o concesionario y se incluye como parte integrante de los documentos de la presente concesión.
- d) **Transformación de 20,000 metros cuadrados de espacio público**, en los municipios de Guatemala y Mixco dentro del área de influencia del Sistema AeroMetro.

El proyecto de AeroMetro, es detallado en sus diversas características a través de las siguientes fichas:

| | |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título: | CONCESIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO POR CABLE AÉREO TIPO TELEFÉRICO (AeroMetro) FASE I EN LOS MUNICIPIOS DE GUATEMALA Y MIXCO. |
| Nombre: | Sistema AeroMetro Fase I |
| Tipo de Proyecto: | Mejoramiento de la movilidad, desarrollo social, económico y ambiental urbano |
| Entidad ejecutora: | Municipalidad de Guatemala a través de una concesión |
| Sector: | Servicios de transporte público masivo por cable aéreo |
| Actividad principal: | Infraestructura y transporte público urbano |
| Productos: | Sistema de transporte público por cable aéreo – Fase I, que incluye: Ejes I y II, integrados a Transmetro ejes: Corredores Central, |



| | |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <i>Periférico y Sur (Líneas 7, 12 y 13), la Central de Transferencia de Occidente y transformación de 20,000 metros cuadrados de espacio público.</i> |
| Área de intervención estimada: | <i>37,820 m² (área del trayecto); 8.9 kilómetros de longitud (estimados)</i> |
| Plazo de la concesión: | <i>25 años</i> |
| Lugar (aproximado): | <i>Eje I: Desde puente El Trébol por Bulevar Liberación hasta 12 calle, entre 5ª y 6ª avenida de la zona 9 del municipio de Guatemala. Eje II: Desde el puente El Trébol por Calzada Roosevelt del municipio de Guatemala hasta colindancia con la colonia Molino de las Flores, en zona 2 del municipio de Mixco, este eje se divide en dos tramos, siendo el tramo 1 en el municipio de Guatemala con una distancia aproximada de 4.8 km y el tramo 2 en el municipio de Mixco con una distancia aproximada de 2 km; ambos ejes en el departamento de Guatemala; CENTRA OCCIDENTE: deberá ser ubicada en el municipio de Mixco o al inicio del límite del municipio de Guatemala, y será el destino de los buses extraurbanos del occidente y la transferencia de pasajeros al sistema de transporte público por cable aéreo y a otros tipos de transporte, incluyendo la prestación de otros servicios conforme a esta concesión.</i> |
| Coordenadas: | <i>Latitud Norte 14°38'04'', Longitud Oeste 90°29'10'' (referenciales)</i> |
| No. de estaciones: | <i>11 estaciones (previstas, 5 terminales/retorno y 6 de intermedias)</i> |
| No. de góndolas o cabinas: | <i>506 (estimadas; 136 en Eje I y 370 en Eje II)</i> |
| Capacidad de góndolas: | <i>12-16 pasajeros por cabina o góndola</i> |
| Velocidad: | <i>6 metros/segundo (estimada)</i> |
| Cantidad de pasajeros: | <i>5,500-6,000 pasajeros por hora por sentido en cada eje (mínimo)</i> |
| País: | <i>Guatemala.</i> |

Es importante recalcar que las características mínimas establecidas para esta concesión son de una capacidad de 5,500 pasajeros por hora y sentido en cada eje. Asimismo, que las características requeridas pueden variar conforme a la mejor tecnología por cable aéreo disponible en el mercado, siempre y cuando cumpla o sobrepase los requerimientos solicitados y los aspectos de seguridad internacionalmente



reconocidos y requeridos en la concesión del Proyecto AeroMetro, que garanticen un nivel óptimo y satisfactorio de desempeño y seguridad.

A continuación, las especificaciones técnicas estimadas sobre el sistema electromecánico, las cuales podrían variar de acuerdo a la tecnología que finalmente proponga el interesado:

i. Sistema en el Eje I, Trébol-Montúfar

| EJE TRÉBOL-MONTUFAR | |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1. Características | |
| Tipo de instalación | Cabina o góndola desembragable por cable aéreo |
| Oferta de plazas inicial | ≥5,500 pphps (pasajeros por hora por sentido) |
| Número de bucles de cable | 1 |
| Número de estaciones intermedias | 1 |
| Estación Inferior "Plaza España" | Retorno con tensión |
| Estación intermedia "CAMIP" | Motriz fija |
| Estación Superior "El Trébol", integrada/transbordo | Retorno con tensión |
| Garaje | 1 |
| Número de vehículos en la línea para ≥5,500 pas/h/s | 136 góndolas o cabinas aproximadamente |
| Sistemas de Tensión | Hidráulico con tensión constante |
| Número de vehículos de reserva en el garaje | A DEFINIR SEGÚN OFERENTES |
| Tensión Nominal en "Trébol" | A DEFINIR SEGÚN OFERENTES |
| Tensión Nominal en "Plaza España" | A DEFINIR SEGÚN OFERENTES |
| Horas de operación | 18h entre sem., 16h sáb. y 14h dom. – 347 d |
| 2. Geometría de la Línea | |
| Número de Estaciones Intermedias | 1 |
| Nivel de la Plataforma del "Trébol" | 1,535 m s. n. m. |
| Nivel de la Plataforma de "CAMIP" | 1,518 m s. n. m. |
| Nivel de la plataforma de "Plaza España" | 1,507 m s. n. m. |
| Desniveles | 28 m |
| Carga nominal por vehículo | 1,120 Kg. (16 pax -70 Kg/pax) |
| Longitud horizontal del trayecto | 2,110 m según Proyecto preliminar. |
| Longitud según la pendiente | 2,135.85 m según Proyecto preliminar |
| Pendiente media de la línea | -1.12 % |
| Número de pilonas en la línea | 19 aprox. |
| Altura promedio Torres | 19 m. |
| Diámetro torres | 1.2 m. |
| Tamaño promedio fundación torres | 4 x 4 m |
| Ancho de la vía | 17 m |
| Sentido de Ascenso | Derecho |
| 3. Desempeño referencial | |
| Despacho máximo al ascenso | ≥5,500 p/h |
| Despacho máximo al descenso | ≥5,500 p/h |
| Despacho simultáneo ascenso/descenso | 100%/100% |
| Carga nominal por vehículo | 1,120 Kg. (16 pax -70 Kg/pax) |
| Espacio entre vehículos | 58 m |
| Frecuencia | 10 s |
| Duración del trayecto | 10 min 56 s |
| Velocidad estimada | 6 m/s |
| Variación de velocidad promedio entre neumáticos | Menor o igual a 0.125m/s |
| Velocidad de abordaje y desabordo | 0.25 m/s a la pinza |
| Velocidad de evacuación | 1.5 m/s mínimo a verificar según prop. |
| 4. Cable Portador/Tractor | |
| Diámetro nominal | A DEFINIR SEGÚN OFERENTES |



| | |
|---------------------------------|---------------------------------------------|
| Calidad del acero | Galvanizado POR DEFINIR Mpa |
| Naturaleza del Interior | Alma compacta tipo polipropileno |
| Perfil del cable y los cordones | Perfil compacto, antivibratorio y antiruido |

ii. Sistema en el Eje II, Trébol-Molino de las Flores

| EJE TRÉBOL-MOLINO DE LAS FLORES | |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1. Características | |
| Tipo de Instalación | Cabina o góndola desembragable por cable aéreo |
| Oferta de plazas inicial | ≥5,500 pphps |
| Número de bucles de cable | 2 |
| Número de estaciones intermedias | 3 |
| Estación Inferior Trébol (integrada/transbordo) | Retorno con tensión |
| Estaciones intermedias "Eskala" y "Miraflores" | Motriz fija |
| Estación Superior "Molino las Flores" | Retorno con tensión |
| Garaje | 2 |
| Número de vehículos en la línea | 370 cabinas aprox. |
| Sistemas de Tensión | Hidráulico con tensión constante |
| Número de vehículos de reserva en el garaje | integrada/transbordo |
| Tensión Nominal en "Trébol" | A DEFINIR SEGÚN OFERENTES |
| Tensión Nominal en "Pedregal/Molino de las Flores" | A DEFINIR SEGÚN OFERENTES |
| Horas de operación | 18h entre sem., 16h sáb. y 14h dom. - 347 d |
| 2. Geometría de la Línea | |
| Número de Estaciones Intermedias | 3 |
| Nivel de la Plataforma del "Trébol" (ER) | 1,534 m s. n. m. |
| Nivel de la Plataforma de "Hospital" (EI) | 1,531 m s. n. m. |
| Nivel de la Plataforma de "Miraflores" (EM) | 1,541 m s. n. m. |
| Nivel de la Plataforma de "Peri-Roosevelt" (EI) | 1,551 m s. n. m. |
| Nivel de la Plataforma de "Utatlán" (EI) | 1,559 m s. n. m. |
| Nivel de la Plataforma de "Pedregal" (ER) | 1,598 m s. n. m. |
| Nivel de la Plataforma de "Eskala" (EM) | 1,617 m s. n. m. |
| Nivel de la plataforma de "Molino las Flores" | 1,664 m s. n. m. |
| Desniveles | 135 m |
| Carga nominal por vehículo | 1,120 Kg. (16 pax -70 Kg/pax) |
| Longitud horizontal del trayecto | 6,470 m según Proyecto preliminar. |
| Longitud según la pendiente | 2,135.85 m según Proyecto preliminar |
| Pendiente media de la línea | -1.12 % |
| Número de pilonas en la línea | 53 aprox. |
| Altura promedio Torres | 19 m |
| Diámetro torres | 1.2 m |
| Tamaño promedio fundación torres | 4 x 4 m |
| Ancho de la vía | 17 m |
| Sentido de Ascenso | Derecho |
| 3. Desempeño | |
| Despacho máximo al ascenso | ≥5,500 pphps |
| Despacho máximo al descenso | ≥5,500 pphps |
| Despacho simultáneo ascenso/descenso | 100%/100% |
| Carga nominal por vehículo | 1,120 Kg. (16 pax -70 Kg/pax) |
| Espacio entre vehículos | 58 m |
| Frecuencia | 10 s |
| Duración del trayecto | St 1: 12 min 14 s / St 2: 17 min 22 s |
| Velocidad máxima | 6 m/s |
| Variación de velocidad promedio entre | Menor o igual a 0.125m/s |
| Velocidad de abordaje y desabordo | 0.28 m/s a la pinza |
| Velocidad de evacuación | 1.5 m/s mínimo a verificar según prop. |
| 4. Cable Portador/Tractor | |



| | |
|---------------------------------|---------------------------------------------|
| Diámetro nominal | A DEFINIR SEGÚN OFERENTES |
| Calidad del acero | Galvanizado POR DEFINIR Mpa |
| Naturaleza del Interior | Alma compacta tipo polipropileno |
| Perfil del cable y los cordones | Perfil compacto, antivibratorio y antiruido |

Fuente: Consultorías internacionales, sistema electromecánico y modelo económico-financiero, 2016 y 2017.

iii. Aspectos económicos-financieros

En el Proyecto AeroMetro Fase I, también resulta necesaria la valoración de la inversión bajo las condiciones técnicas y económicas de la concesión, para lo cual la MdG ha realizado otros estudios referenciales (2016 y 2017) que dimensionan la magnitud de estos aspectos, para materializar el proyecto y verificar los costos y beneficios de su implementación con el apoyo de consultores internacionales, uno con respecto al Perfil Electromecánico y el modelo de negocio y otra como Auditoría Técnica Independiente para la verificación y mejora técnica.

La evaluación del modelo económico-financiero del proyecto, se ha hecho conforme a criterios que comparan los flujos de beneficios y costos, permitiendo determinar la conveniencia del proyecto y su rentabilidad. El análisis económico-financiero que se realizó permite obtener los tradicionales indicadores de rentabilidad social, como son tasa interna de retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) para proyecto puro y financiado, ello bajo distintos escenarios de implementación del mismo.

Los principales resultados permitieron evaluar la factibilidad económica del proyecto a través de la sensibilización y resultados obtenidos, con lo cual se ha estimado:

- Rentabilidad Privada de Proyecto Puro y Financiado,
- Monto de Inversión,
- Ingresos Percibidos por el Concesionario,
- Pagos al municipio,
- Costos de Operación del Sistema, entre otros.

Asimismo, ha sido posible modelar la sensibilización por capacidad del sistema, características básicas del mismo, tarifa, tipo de cable, forma de amortización de la deuda y forma específica del incremento de la tarifa.

En particular, se simuló un escenario base (más probable), el cual se sensibilizó para distintos escenarios tarifarios, montos de inversión y costos de operación. Adicionalmente, el modelo construido considera la parametrización de muchas de sus variables, lo cual permite otras sensibilizaciones combinando diversas variables que inciden en el desarrollo del negocio en cuestión, como es el caso del crecimiento de la demanda, cambios en las tasas de interés, cambios en las condiciones de mercado y el crecimiento de la economía, entre otras.

El modelo diseñado permite evaluar el proyecto bajo una perspectiva de "Project Finance", donde el financiamiento de las inversiones y la explotación del mismo, se basa en los recursos generados por el propio proyecto. En él se considera que la propiedad



del activo principal reside en el municipio y no en el concesionario, quien únicamente cuenta con el derecho a percibir los flujos que produzca el proyecto, durante el plazo que dure el contrato.

Es importante recalcar que este proyecto se llevará a cabo por medio de una concesión con inversión privada a través del evento respectivo, conforme lo indica la Ley de Contrataciones, su reglamento y el Código Municipal. Las municipalidades tienen la facultad para otorgar a personas individuales o jurídicas, la concesión de prestación de servicios públicos municipales que operen en su circunscripción territorial, mediante contrato de derecho público y a plazo determinado, en el que se fije la naturaleza y condiciones del servicio y las garantías de funcionamiento a las que se refiere el artículo 75 del Código Municipal.

En todo caso, el plazo de la concesión no podrá ser superior de veinticinco (25) años, pudiendo ser prorrogable. El plazo ha sido fijado de acuerdo con la cuantía e importancia de la inversión, tomando en cuenta el interés municipal, y el de los usuarios e inquilinos.

El Concejo Municipal fijará, además, las contribuciones municipales derivadas del contrato que percibirá del concesionario en los documentos del proceso de concesión. Este nuevo ingreso municipal que se generará se podría contemplar para que sea dispuesto en obras de revitalización, mantenimiento y otras inversiones públicas dentro del área de influencia del proyecto AeroMetro, principalmente, entre otras que sean prioritarias y de interés municipal.

Dentro de los supuestos utilizados para la evaluación de este proyecto de concesión están el tipo de cambio, las tasas impositivas, antecedentes económicos, cronograma previsto, crecimiento estimado de la demanda, parámetros de financiamiento, seguros, fianzas, consumo energético, entre otros. Estos fueron estructurados de tal forma que ha permitido obtener sensibilizaciones de los resultados económico-financieros del proyecto.

En los estudios, cabe señalar que el supuesto de crecimiento del costo real de los costos de operación y mantenimiento, se condice con los supuestos de crecimiento de la economía en Guatemala, así como con el incremento real observado de los salarios en los últimos años. Este antecedente fue la base en la estimación del crecimiento real considerado para estimar la tarifa base máxima para el proceso de contratación del AeroMetro.

Por otro lado, los estudios concluyen que es viable la incorporación del pago al municipio por parte del concesionario. Asimismo, se compararon valores similares en otros proyectos concesionados de este tipo y los montos propuestos también resultan totalmente razonables y son consistentes con eventuales mayores gastos que tendrá en el equilibrio fiscal la habilitación del proyecto.



Además, es importante mencionar, que esta compartición se realiza sobre todos los ingresos de la concesión, es decir tanto los percibidos por pago de tarifa por uso del AeroMetro, como por la explotación del sistema en lo cual se contemplan otros servicios a prestar en CENTRA OCCIDENTE, estaciones, entre otros. Por lo cual es fundamental que el registro de dichos ingresos pueda ser fiscalizado y verificado eficiente y oportunamente por el municipio.

Otra conclusión importante de los estudios es que el estándar definido para el proyecto resulta totalmente acorde, e incluso mejorado, respecto de lo que se observa en otras ciudades de Latinoamérica, ya que incluye los avances tecnológicos en este tipo de transporte, los que permiten considerar un sistema electromecánico de capacidad por encima de los 5,500 pasajeros-hora-sentido, aumentando casi al doble de lo implementado hasta hoy en teleféricos de características urbanas.

Por otro lado, cabe recalcar que, desde la perspectiva financiera, de acuerdo al artículo 75 del Código Municipal, también es obligación del concesionario de llevar contabilidad de conformidad con la ley, para su verificación en todo tiempo, por la Contraloría General de Cuentas, al ser requerida a la municipalidad el estado financiero del concesionario. Asimismo, deberá poner a disposición de la municipalidad los libros y documentos de contabilidad y de proporcionarle, en cualquier momento, la información que se le requiera.

6. De las Bases de Concesión

Para el correcto desarrollo de la Concesión de un proyecto de esta envergadura, es necesario establecer claramente en los documentos de concesión, toda la información (especificaciones generales y técnicas, exigencias de diseño y operación, entre otros), expresada de forma muy detallada, de tal manera que no existiesen incertidumbres en el desarrollo de la Concesión.

Los elementos más relevantes que deben ser tratados entre los documentos de la concesión son:

- ✓ Instrucciones, Cronograma, Obligaciones y Limitaciones a cumplir por los Proponentes en la etapa de presentación de las Propuestas.
- ✓ Determinación clara del Perfil de los Proponentes.
- ✓ Definición del contenido de las Propuestas.
- ✓ Definición de la Estructura y Evaluación de Propuestas
- ✓ Definición de las Obligaciones en Etapas de Construcción y Operación de la Concesión.
- ✓ Determinación clara de la Estructura Económica de la Concesión y Estructuración de Tarifas.



Dado a lo anterior, los documentos que conforman este proceso de concesión, con el objeto que los interesados o proponentes preparen y presenten las propuestas son:

- a) Bases de la Concesión
- b) Especificaciones Generales
- c) Especificaciones Técnicas
- d) Disposiciones Especiales
- e) Proyecto de contrato
- f) Modelo de propuesta
- g) Anteproyectos de arquitectura conceptuales*
- h) Anexos

**Debido a que la presente concesión del proyecto AeroMetro Fase I contempla, en el momento posterior a la adjudicación, la realización de los siguientes estudios: Geotécnicos para evaluar los suelos; Verificación de demanda para identificar y confirmar los flujos o tránsito de personas sobre el recorrido de la ruta; arqueológicos para descartar la existencia de patrimonio histórico por la proximidad del proyecto a bienes patrimoniales y complejos arqueológicos; el Estudio de Impacto Ambiental sobre el Proyecto AeroMetro, entre otros solicitados al concesionario para el diseño final de las estaciones y demás obras. Por tal motivo, los anteproyectos de arquitectura conceptuales contenidos como parte de los documentos que conforman el proceso de concesión, constituyen parte de una guía para establecer las condiciones mínimas de diseño de las estaciones y demás obras, entre otros que apliquen. Por todo lo anterior, los requerimientos técnicos del proyecto pueden variar conforme a la propuesta del interesado o proponente, los anteproyectos de arquitectura son únicamente conceptuales y forman parte de los documentos de este proceso de concesión.*

Adicionalmente, en los documentos del proceso de concesión se entrega una serie de anexos, los cuales se integran de estudios conceptuales realizados por las municipalidades de Guatemala y Mixco, para la referencia de Pre-Factibilidad y Factibilidad de este Proyecto, así como otros documentos referenciales y que serán puestos a disposición de los interesados con el fin de permitir la generación de propuestas viables para la ciudad.

Dentro de estos documentos se pueden mencionar los siguientes:

- **Informe Final Estudios Viales Corredor Occidente en municipios de Guatemala y Mixco, diciembre 2016.** Este, además incluye:
 - Estudios de subidas y bajadas en los 10 puntos de las posibles estaciones de AeroMetro.
 - Estudios de ocupación visual y encuestas de origen y destino.
 - Estudios de tiempos de viaje.
 - Matriz de Origen y Destino.
- **Información en planos sobre sistemas de distribución de agua potable y drenajes en la ruta del Proyecto AeroMetro de la Dirección de Planificación y Programación de EMPAGUA, 2016.**
- **Perfil electromecánico para el proyecto AeroMetro, 2016, actualizado 2019.**



- **Certificaciones de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural del Ministerio de Cultura y Deportes, 2016.**
- **Dictamen preliminar de la Dirección General de Aeronáutica Civil, sobre el Sistema de Transporte Público por cable aéreo, tipo teleférico, denominado AeroMetro, 2016.**
- **Sectorización de rutas del sistema de transporte público colectivo urbano, Empresa Municipal de Transporte (EMT) de la Ciudad de Guatemala y sus áreas de influencia urbana. 2016.**
- **Factibilidad y lineamientos técnicos del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, Ministerio de Cultura y Deportes. 2016.**
- **Certificaciones de los Bancos de Marca de la Red Geodésica de Control Vertical más cercanos a la ruta del proyecto AeroMetro, incluyendo las fichas descriptivas por parte del Instituto Geográfico Nacional (IGN), 2016 y 2017.**
- **Estudio de factibilidad y perfil del proyecto AeroMetro, 2017.**
- **Convenio de Cooperación Intermunicipal para el Desarrollo del proyecto sobre el servicio de transporte público por cable aéreo (AeroMetro) en eje II, Trébol-Molino de las Flores, suscrito entre la Municipalidad de Guatemala y la Municipalidad de Mixco, ambas del departamento de Guatemala, 2017.**
- **Resolución 872-2017 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), que incluye Términos de Referencia para el Estudio de Impacto Ambiental sobre el Proyecto AeroMetro.**
- **Dictamen Técnico de la Dirección de Obras de la Municipalidad de Guatemala, 2017.**
- **Resolución COM-1064-2017 del Concejo Municipal de Guatemala sobre la aprobación del Proyecto AeroMetro (Diario Oficial, 20 de junio 2017).**
- **Estudios Prediales sobre ruta del proyecto AeroMetro, por unidades técnicas catastrales de las municipalidades de Guatemala y Mixco. 2017 y 2018.**
- **Ortofotomapas escala 1:3,500 de la ruta del proyecto AeroMetro, con el ejercicio de posible ubicación de pylonas, por la Dirección de Catastro y Administración del IUSI de la Municipalidad de Guatemala. 2017.**
- **Requisitos para obtención de autorización de alturas para el proyecto AeroMetro, por parte de la Dirección General de Aeronáutica Civil, 2017.**
- **Corredor Occidente: Proyecto AeroMetro Fase I, en los municipios de Guatemala y Mixco, que incluye: Diagnóstico urbano e inventario georreferenciado de mobiliario urbano; criterios de ubicación de las estaciones; criterios de diseño arquitectónico de las estaciones; Lineamientos básicos para el tratamiento del espacio público; Programa de necesidades Central de Transferencia Occidente e Inventario Forestal de la ruta del proyecto en ambos municipios, 2018.**



- **Estudios topográficos del área de intervención del proyecto AeroMetro en municipios de Guatemala y Mixco, 2018.**
- **Resolución SA-108-2019, de fecha once (11) de febrero del año dos mil diecinueve (2019), de la Dirección Superior del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MICIVI), correspondiente a la autorización de las municipalidades de Guatemala y Mixco sobre el uso del área de derecho de vía para la implementación de un sistema de transporte público por cable aéreo tipo teleférico denominado AeroMetro, en los ejes Trébol-Montúfar y Trébol-Molino de las Flores, cada una en su jurisdicción como corresponda.**
- **Convenio Interinstitucional sobre el uso del área de derecho de vía para la implementación de un sistema de transporte público por cable aéreo, AeroMetro, en los municipios de Guatemala y Mixco, 2019.**
- **Anteproyectos de arquitectura conceptuales.**
- **Proyecto de Reglamento del Sistema AeroMetro.**
- **Integración Sistema de Recaudo de la Municipalidad de Guatemala.**
- **Otros documentos técnicos de referencia como Anexos**

Con la información contenida en dichos documentos, los interesados o proponentes contarán con una referencia válida para la generación de sus propuestas.

7.-Aspectos a considerar

No obstante, la información señalada en los puntos anteriores respecto a las bondades de iniciar el uso de sistemas de teleféricos o cable aéreo, es importante tener ciertas consideraciones al momento de proyectar:

1. En primera instancia, es necesario tener un buen estudio de demanda que permita una correcta definición de los sistemas, longitud y cantidad e ubicación de estaciones a definir.
2. Se debe proyectar la red general de ejes o líneas de teleférico y como éstas se integran al Sistema de Transporte Público de la Ciudad en sus distintos modos, ya que, de tener el éxito esperado, es altamente probable que exista presión social para el desarrollo de etapas futuras o ampliaciones de la red.
3. Se debe considerar conforme a la operación de estos sistemas (en estaciones, en vía), cuáles pueden ser las problemáticas operativas que se pueden suscitar previa a su puesta en marcha y se deben implementar campañas de comunicación de alto impacto para llevar al mínimo dichas situaciones.
4. Se debe tener gente idónea en la Inspección Municipal del Sistema AeroMetro Fase I o bien que dicho personal tenga el apoyo o soporte de profesionales experimentados en este tipo de Proyectos, mientras generan su propia experiencia, dado que se verán enfrentados a personal experimentado del rubro



de teleféricos, considerando los años de experiencia de las empresas abastecedoras de este tipo de tecnologías.

8. Opiniones técnicas

Los consultores expertos internacionales en ingeniería, temas económico-financieros de proyectos y en obras de infraestructura, contratados mediante el Programa de Desarrollo Municipal (PRODEME), realizaron los estudios a nivel de la etapa de pre-inversión, donde se han revisado distintos aspectos de la factibilidad técnica y económica del Sistema AeroMetro, tales como:

- Arquitectura
- Ingeniería
- Servicios públicos afectados
- Modelo de negocio

En base a lo analizado, se elaboraron los informes donde se concluye que el proyecto de AeroMetro es viable y rentable que, además, contribuye a mejorar el servicio de transporte público de la zona, mediante un modo de transporte seguro, rápido, ambientalmente amigable e innovador. Asimismo, se concluye que *“resulta ser un proyecto eficiente desde el punto de vista del transporte como del ambiente, definido de modo que optimiza la utilización de la infraestructura que provee, genera importantes aportes económicos a los municipios donde se emplaza y, por tanto, se recomienda su concesión.”*

9. Conclusiones

Los documentos elaborados reflejan también los esfuerzos realizados por las municipalidades de Guatemala y Mixco, con respecto a los análisis sobre la factibilidad del proyecto de Transporte Público Masivo por Cable Aéreo, AeroMetro Fase I, para prestar este servicio con nuevas tecnologías, como sistema de transporte complementario a fin de aumentar la capacidad del transporte sin congestionar más las vías existentes.

El Sistema de Transporte por Cable Aéreo es una opción interesante, considerando sus ventajas propias como medio de transporte de energía renovable, limpia y autosustentable. Además, los valores arquitectónicos, sociales y turísticos agregados respecto a los sistemas de transporte por buses. Especialmente, si se consideraba como un modo de transporte complementario al Sistema BRT denominado “TransMetro” y no como una competencia del mismo.

A lo anterior, es importante responder a dudas razonables de por qué escoger este tipo de Proyecto y no apostar por ampliar el sistema actual “TransMetro”, o bien, apostar por otros sistemas modales de transporte como los Sistemas de Trenes Eléctricos Ligeros (LRT). Por lo anteriormente mencionado, fue relevante realizar un análisis en



materia económica y sustentable. Primeramente, al dar una revisión a Costos de Inversión y Operación, es evidente que el Sistema BRT es el más económico al compararlo con otros modos, tales como el Sistema de Transporte por Cable Aéreo o el Sistema de Tren Ligerero, y en este punto merece un análisis más acabado al respecto.

Comparativo de Sistemas de transporte:

| | | Sistema BRT | Sistema LRT | Sistema CA |
|--------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| COSTOS | Mantenimiento Anual | 80 - 400 M US\$ | 1.8 - 2.4 MM US\$ | 1.0 - 1.8 MM US\$ |
| | Infraestructura | 1 - 5 MM US\$ /KM | 10 - 15 MM US\$ /KM | 15 - 25 MM US\$ /KM |
| | Operación Anual | 6.75 MM US\$ / Año | 7.2 MM US\$ / Año | 10.1 MM US\$ / Año |

Fuente: Análisis Comparativo de Tecnologías para Ejes de Transporte Público Masivo” de Andrés Pizarro, Banco Mundial y Datos Elaboración Propia.

Si bien es cierto, el costo de Inversión en Infraestructura (US\$/Km) y el de Mantenimiento Anual es claramente más bajo para el Sistema BRT, es necesario considerar que la vida útil de las infraestructuras son lógicamente proporcionales a sus costos, ya que si bien es cierto el costo es mucho menor, la reinversión en infraestructura (reconstrucción de vías) y Equipos (Renovación Buses) se debe hacer mucho antes que el caso de los Sistemas LRT y CA (Cable Aéreo) que tienen una vida útil de 25 a 30 años. Por otra parte, dadas las referencias internacionales, operacionalmente, el costo asociado a un mismo tramo es muy similar entre los 3 modos de Transporte si consideramos las salvedades tecnológicas de cada sistema y la posibilidad de evasión (de pago tarifa) existente sólo en el caso del BRT.

También es necesario considerar los costos ambientales y la sustentabilidad de cada Sistema analizado, en donde a simple análisis se evidencia la desventaja del Sistema BRT versus los dos sistemas de alimentación con energía renovable y limpia, sin contaminación acústica y sistemas comprobados como autosustentables en su inversión inicial.

Entonces, tenemos un sistema más económico (BRT) pero comprobadamente insuficiente para las necesidades actuales, versus dos sistemas que al menos, en la experiencia internacional, tienen un buen desempeño y son completamente beneficiosos para el medio ambiente, además, de beneficios arquitectónicos y de integración social.

Las necesidades espaciales de un Sistema de Cable Aéreo, cuyo espaciamento solo se exige en los puntos de estaciones y para, este caso en específico, es solucionable. Es claro entonces que, del punto de vista operacional y socialmente rentable, es mejor la elección del Sistema de Cable Aéreo.

Finalmente, y respecto a la forma de implementación de este Proyecto, por medio del Sistema de Concesión Pública, es la forma óptima de desarrollarlo, considerando la envergadura de la inversión, las necesidades técnicas y la importancia estratégica del



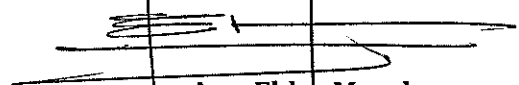
mismo, generando a la administración local la posibilidad de realizar otro tipo inversiones sociales complementarias.

Factibilidad técnica y económica: Por medio de las estimaciones realizadas, se puede señalar que este proyecto es rentable y autosustentable, lo cual lo hace propicio para el sistema de ejecución elegido (Proyecto que se ejecutará con inversión privada a través del régimen de concesión), por lo cual será sin dudas un aporte exitoso al Sistema de Transporte Local, e incluso es preciso señalar que también será un hito social de identidad para la ciudad de Guatemala, generando una mejora en la calidad de transporte y de vida de sus usuarios.

10. Recomendaciones

Con base a lo antes expuesto se emite **DICTAMEN TÉCNICO FAVORABLE** al Proyecto **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO POR CABLE AÉREO TIPO TELEFÉRICO (AEROMETRO) FASE I EN LOS MUNICIPIOS DE GUATEMALA Y MIXCO.**

DADO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA A LOS TRECE DIAS DEL MES DE NOVIEMBRE DEL DOS MIL DIEZ Y NUEVE.


Arq. Elder Morales
NIT: 8507567-1
Planificador - Dirección de Movilidad Urbana
Municipalidad de Guatemala

Municipalidad de Guatemala
 Dirección
Movilidad Urbana