



**Proyecto de Mejoramiento
Tecnológico en Buses del
Sistema de Transporte
Público de Santiago
(Transantiago)**



Embajada Británica
Santiago



**SISTEMAS
SUSTENTABLES**
medioambiente, energía e innovación



Introducción

Esta publicación se enmarca dentro del plan de difusión de los resultados del proyecto de Mejoramiento Tecnológico en Buses del Sistema de Transporte Público de Santiago (Transantiago). El objetivo de este proyecto es entregar recomendaciones para facilitar la inclusión de buses de cero y baja emisión (ZLEV, por sus siglas en inglés) en las próximas instancias de renovación de flota y licitaciones de uso de vías proyectadas para los años 2015 a 2022, con el fin de mejorar el servicio prestado a los usuarios y, al mismo tiempo, reducir indicadores de emisiones contaminantes y consumo de combustible para los 6.500 buses que componen el sistema de transporte público.

El proceso de desarrollo del proyecto convocó a diferentes actores involucrados en la regulación y operación de Transantiago. Se consultó a representantes del gobierno y del sector privado, tanto para la elaboración de una propuesta inicial como para la validación de resultados.

Como resultado el proyecto recomienda estrategias para remover las barreras identificadas, generando: (i) información real de operación de este tipo de vehículos a través de la implementación de un programa piloto, (ii) una propuesta para la coordinación de políticas públicas que se encuentran radicadas en diferentes ministerios, pero que son transversales en materia de transporte sustentable, como por ejemplo las metas de eficiencia energética y reducción de contaminación, y (iii) levantamiento de alternativas de modelos de negocio eficientes.

Esta publicación incluye una presentación del proyecto, su motivación, la metodología de trabajo, los principales resultados y las recomendaciones para la incorporación exitosa de buses ZLEV a la flota de Transantiago.



Contexto y Oportunidades

El proyecto de Mejoramiento Tecnológico para Buses del Sistema de Transporte Público de Santiago (Transantiago) fue co-financiado por la Embajada Británica en Santiago de Chile¹ y el Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, y llevado a cabo por la consultora Sistemas Sustentables.

El objetivo del proyecto fue entregar recomendaciones para facilitar la inclusión y acelerar la inversión en buses de tecnologías ZLEV en los procesos de renovación de flota proyectados para el periodo 2015–2022, con la visión de lograr un sistema de transporte público más limpio y eficiente.

Los resultados del proyecto confirmaron que la incorporación de buses ZLEV es una oportunidad para reducir emisiones contaminantes y aumentar la eficiencia energética del transporte público en

Chile. De acuerdo a antecedentes internacionales, la disminución en el consumo de combustible diesel de los buses híbridos sería de al menos un 30% en condiciones de operación normales, aunque de acuerdo a lo reportado por Express del Futuro –empresa operadora de Transmilenio y el SITP de Bogotá, Colombia–, invitada al Workshop realizado en Agosto de este año, se estarían logrando ahorros en consumo de combustible de hasta un 40%. Otras tecnologías ZLEV tienen potencial de lograr

beneficios equivalentes o superiores.

Los resultados se tornan interesantes al explorar el potencial para Transantiago tomando la experiencia internacional en ahorro de combustible. Así por ejemplo, con tan solo una incorporación de 10% de buses híbridos a la flota, para un kilometraje promedio anual recorrido de 90.000 km/año por bus, se lograrían ahorros del orden de 30% de consumo de combustible equivalente a USD 9 MM en costos operacionales (ver Tabla 1).

Tabla 1 Estimación del potencial de ahorro en consumo de combustible por la introducción de un 10% de flota ZLEV a Transantiago

Flota Transantiago (aprox) ²	6.500
Porcentaje estimado de flota ZLEV	10%
Flota buses ZLEV	650
Kilometraje recorrido anual por bus (promedio)	90.000 Km/año
Estimación % ahorro en consumo de combustible	30%
Ahorro en costo combustible Diesel por mes/bus ³	USD 1.172
Ahorro anual por bus	USD 14.063
Ahorro anual Flota ZLEV (10%)	USD 9.140.625



¹A través del Fondo de Prosperidad, perteneciente al Foreign & Commonwealth Office (FCO) y liderado por la Embajada Británica. El fondo se centra en la promoción del crecimiento global sostenible <http://goo.gl/pMJM7j> ²Flota Transantiago incluía 6.493 buses a Diciembre de 2013.

³Valores utilizados y respaldados en la evaluación económica del presente estudio. Asume un rendimiento promedio de 2,4 km/litro de buses convencionales y un valor del Diesel de 1,25 UDS/litro.

Aspectos Metodológicos

El proyecto se desarrolló con participación de los actores involucrados en el sistema Transantiago. Se consultó a los actores tanto para la elaboración de una propuesta inicial como para la validación de resultados. La experiencia con los contratos vigentes demuestra que los incentivos considerados no han sido suficientes para estimu-

lar cambios tecnológicos importantes en la flota, es por ello que el enfoque metodológico estuvo basado en la participación y validación con integrantes relevantes del sector a fin de encontrar soluciones viables, facilitar la implementación y avanzar en la agenda de transparencia y participación.

Las etapas del trabajo (ver Figura 1) incluyeron el levantamiento de información sobre el acceso a la tecnología de buses ZLEV en el escenario

nacional, la recopilación de antecedentes internacionales y la generación de una propuesta de mejoras al actual esquema de incentivos de los contratos de Transantiago. Los resultados iniciales, así como la experiencia internacional, fueron presentados en un Workshop donde participaron actores del sector público y privado: autoridades del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Ministerio de Energía y Ministerio de Medio Ambiente; re-

presentantes de las siete empresas operadoras de Transantiago y de las cinco actuales empresas proveedoras de tecnologías ZLEV en Chile, empresas proveedoras de energía y dos representantes de casos de éxito a nivel internacional. Las conclusiones del Workshop fueron analizadas, contrastadas con las experiencias internacionales y validadas en un proceso de entrevistas bilaterales, que dieron lugar a las recomendaciones finales.

Metodología Propuesta al Programa de Incentivos



Figura 1: Etapas de Trabajo

El levantamiento de información se realizó por medio de una consulta a los actores nacionales involucrados en la planificación, gestión y operación de Transantiago. El proceso consistió en entrevistas con el objetivo de recabar una visión a nivel estratégico, considerando los factores más relevantes y la relación entre éstos. Además, se analizaron los actuales contratos de concesión y sus mecanismos para promover el uso de mejores tecnologías. Se realizó también una estimación de beneficios económicos producto de la utilización de buses ZLEV, suponiendo un escenario que generara economías de escala. Se seleccionaron tres experiencias internacionales exitosas en la incorporación de buses con tecnología ZLEV con el propósito de comprender los procesos de implementación, la motivación de las

autoridades, los incentivos usados, la regulación, el uso y desempeño de estas tecnologías, que permitirían conformar un contexto para diseñar las propuestas a implementar en Transantiago.

Las experiencias internacionales estudiadas fueron (i) el sistema de transporte público de la ciudad de Londres, Reino Unido (administrado por Transport for London, TfL), por tratarse de una introducción exitosa de distintas tecnologías ZLEV (buses híbridos y buses eléctricos); (ii) URBS, el sistema de transporte público de Curitiba, Brasil, debido a que este sistema ha hecho pruebas con buses híbridos desde Octubre de 2012 y ha incorporado con éxito buses operados con biodiesel desde 2009 en parte de su flota; y (iii) Transmilenio, el sistema de transporte público en corredores segre-

gados de Bogotá, Colombia, por su reciente incorporación de buses híbridos y la nueva regulación que restringe las emisiones en algunos servicios de buses. Para cada caso se hicieron entrevistas a personeros encargados de la implementación y operadores, a fin de obtener una visión detallada y completa de los procesos de introducción de buses ZLEV en cada una de estas flotas de transporte público.

El análisis del levantamiento y la experiencia internacional permitió identificar los factores críticos que actúan como desincentivos a la adopción de tecnologías ZLEV. Se elaboró una lista jerarquizada de incentivos y factores críticos y una propuesta de rediseño, que se usaron como base para la discusión en el Workshop.

El objetivo del Workshop fue desarrollar

una actividad participativa con los principales actores del Sistema de Transporte Público. Se analizó en conjunto la propuesta a los actuales incentivos, presentando además antecedentes de experiencias internacionales, oferta de tecnologías disponibles en Santiago y condiciones para la realización de un proyecto piloto en las condiciones de operación habitual de Santiago. El Workshop tuvo como resultado una comunidad de actores informada, donde cada representante pudo manifestar su perspectiva respecto de los factores críticos para la incorporación exitosa de tecnologías ZLEV en Transantiago. Los resultados del Workshop fueron validados, consolidados y promovidos en un segundo ciclo de entrevistas con la mayor parte de los actores relevantes.

Resultados

Análisis de Experiencias Internacionales

La experiencia internacional está registrada en detalle en los reportes del proyecto que incluye descripciones de cada caso. Esta sección resume las lecciones agregadas de la experiencia internacional que fueron importantes referencias en la elaboración de las recomendaciones finales y la ponderación de los factores críticos: (a) liderazgo en la dirección del proyecto de implementación, (b) generación y uso de información de la operación real en base a programas piloto, (c) seguimiento activo del proceso de implementación y (d) alta visibilidad del proyecto.

Liderazgo

La introducción exitosa de buses con tecnologías ZLEV ha ido acompañada de una política impulsada desde las autoridades del gobierno. Los proyectos exitosos

se han caracterizado por una gestión con un liderazgo claro y fuerte que ha permitido imponer el proyecto como prioritario en la agenda pública. En los casos de Bogotá y Londres el líder del proyecto fue el alcalde de la ciudad.

Certezas de las condiciones de operación

Un proyecto piloto puede contribuir a reducir la incertidumbre de la operación y proveer información para el diseño de modelos de negocios alineados con las condiciones de funcionamiento del proyecto en terreno. Tener datos reales de la operación y, consecuentemente, modelos que puedan funcionar en la práctica, aumenta las posibilidades de lograr las metas de las políticas públicas.

Transport for London (TfL) generó una instancia de prueba de dos años, en donde 56 buses ZLEV fueron medidos, incorporando a cuatro proveedores (Wrightbus, ADL,

Optare, y Volvo). Cabe destacar que, de las cuatro tecnologías probadas en el piloto, dos se convirtieron en las marcas líderes del mercado de buses ZLEV, lo que entrega un antecedente relevante a las empresas fabricantes de vehículos. Con respecto a los resultados iniciales en emisiones de CO₂, TfL declara una disminución de aproximadamente 30%, cifra significativa en términos de cambio climático y costos de operación.

En el caso de Curitiba, la introducción de tecnologías ZLEV, en específico buses híbridos y combustible biodiesel, se enmarcó dentro de una política de generar una imagen sustentable al transporte público. Sin embargo, la introducción de buses no se realizó frente a un plan estructurado, por lo que no ha sido posible determinar el real impacto de buses ZLEV en el sistema y, por consiguiente, no es posible determinar medidas de largo plazo para incentivar

o desestimar estos buses de la flota. Este antecedente resalta la relevancia de un programa piloto con una metodología y estructura de seguimiento formal.

En el caso de Bogotá el proyecto piloto no se realizó. Transmilenio exigió que un 10% de la flota correspondiera a tecnologías ZLEV, y las pruebas fueron realizadas con los buses en funcionamiento. Los operadores colombianos han manifestado que habría sido conveniente tener información de un programa piloto para disminuir la incertidumbre tecnológica.

Implementación

La implementación exitosa de casos internacionales se ha dado en procesos con estrecho seguimiento para ir evaluando resultados y haciendo mejoras. Así por ejemplo, en Transmilenio se exige un protocolo de prueba con la participación del operador, fabricante y socio tecnológico, con

el fin de comprometer en las soluciones a todos los actores y generar información de mayor credibilidad. El nivel de éxito del programa es medido mediante etapas de monitoreo de indicadores de desempeño y de costos.

Visibilidad

Las experiencias exitosas han promovido sus programas de mejora tecnológica y les han dado visibilidad aprovechando coyunturas favorables. Cabe destacar que las instancias deportivas han sido utilizadas en Londres y Curitiba para promover y posicio-

nar la imagen del sistema de transporte público. Los Juegos Olímpicos del 2012 en Londres fueron el escenario que utilizó TfL para posicionar el transporte público como líder en innovación a nivel internacional. Asimismo, en el contexto del Mundial de Fútbol del presente año, Curitiba diseñó rutas con buses híbridos para turistas, generando también una imagen a nivel internacional.

Chile es anfitrión de la Copa América el 2015, ésta podría ser una oportunidad para posicionar a Transantiago como

un sistema innovador, sustentable y ecológico, a nivel nacional y dentro de la región.

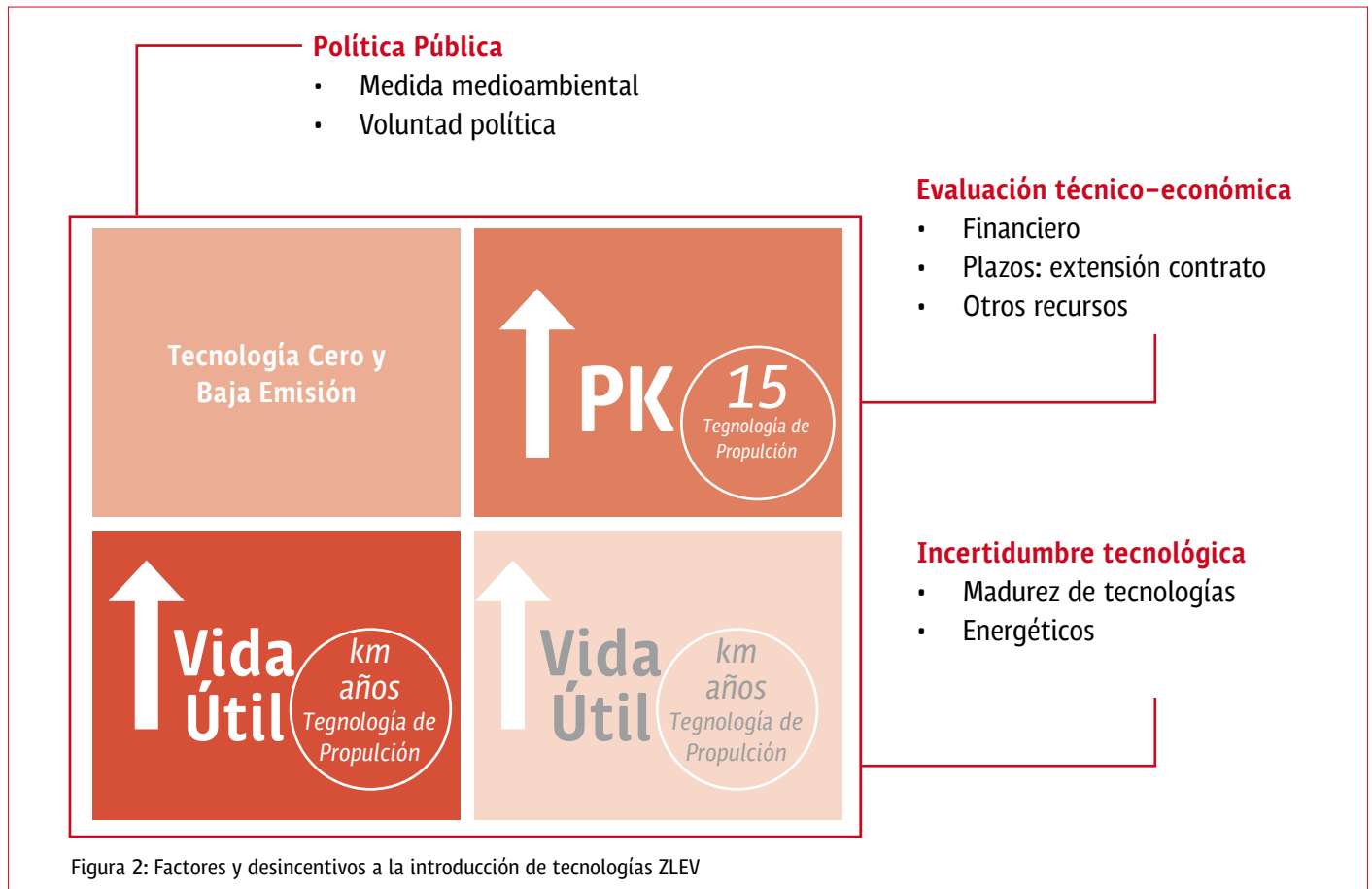
Factores Críticos

Los factores críticos en el marco de este estudio son aquellos desincentivos que explican la no incorporación de flota ZLEV en Transantiago. De acuerdo a los hallazgos del estudio, el principal desincentivo está asociado a la incertidumbre tecnológica, esto es, la confiabilidad respecto del desempeño de los buses en operación real. En segundo lugar se encuentran los

desincentivos relacionados a las políticas públicas y, finalmente, la evaluación técnico-económica.

El trabajo de identificación de factores críticos se caracterizó por generar consensos amplios, en los cuales todos los actores pudieron aportar con su punto de vista. La naturaleza participativa del proceso implicó una alta visibilidad del tema por parte de los actores, que están a la expectativa de los lineamientos que pueda dar la autoridad en pos de avanzar con mayor prioridad en la incorporación de tecnologías ZLEV.

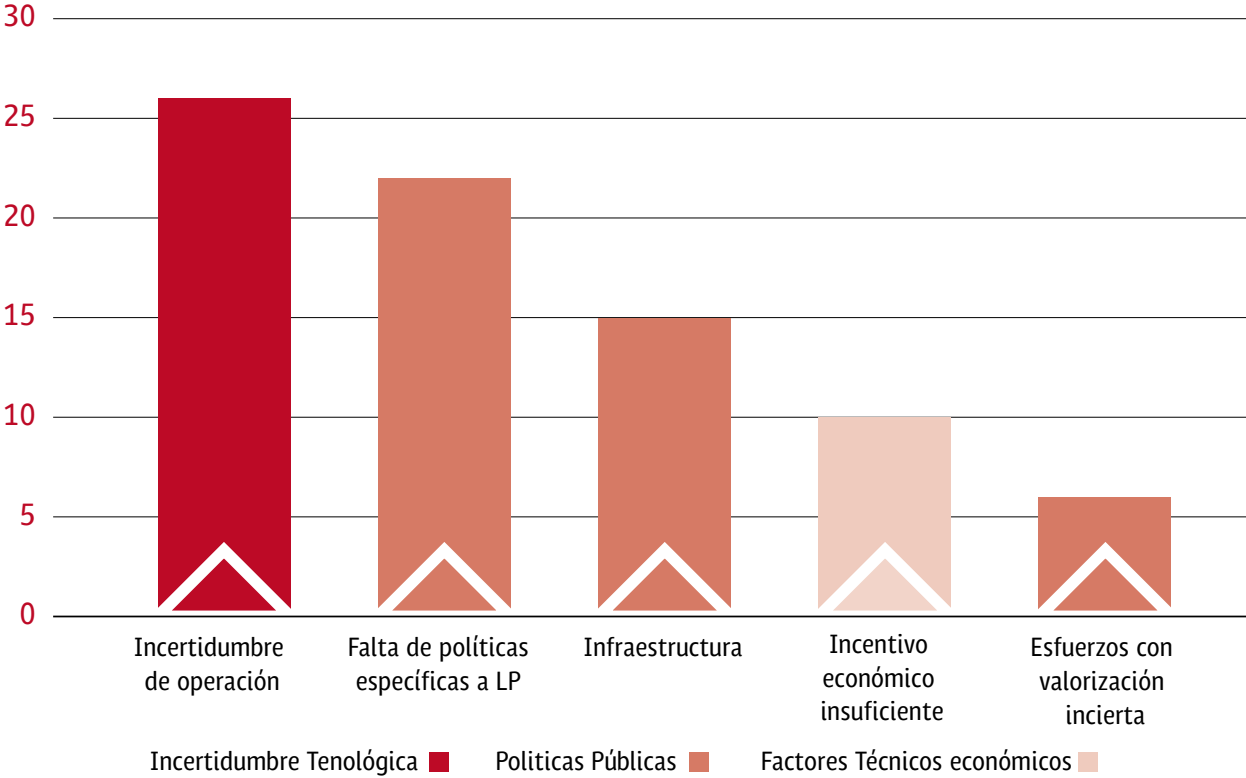
Factores Críticos





Los desincentivos asociados a estos factores críticos fueron presentados y priorizados por los participantes del Workshop. Los resultados se presentan en el Gráfico 1.

Gráfico 1: Desincentivos a la introducción de buses ZLEV priorizados en Workshop



Los ámbitos más críticos corresponden a la incertidumbre operacional de los buses, la falta de políticas públicas y la valoración otorgada al esfuerzo de introducción de buses ZLEV. En términos de evaluación técnico económica se menciona la percepción de un incentivo económico insuficiente. El resumen de factores críticos reconocidos para la introducción de buses ZLEV a Transantiago, junto con los desincentivos asociados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Resumen de Factores Críticos

Factor	Subfactor	Desincentivos asociados
Incertidumbre Tecnológica	Incertidumbre de mercado	Inquietud respecto a capacidad de respuesta de proveedores a la demanda para la operación de Transantiago
		Incertidumbre respecto de tiempos de respuesta para atender mantenimiento
	Incertidumbre de operación	Desconocimiento del desempeño de los buses ZLEV en las condiciones de operación locales
		Las condiciones técnicas presentadas por los proveedores no dan certeza
Disponibilidad de energéticos	Abastecimiento a largo plazo de combustibles para buses ZLEV	
Evaluación Técnico Económica: factibilidad de la implementación	Evaluación financiera	Percepción de que el aumento de tarifas no cubriría la inversión en buses ZLEV
		El negocio es atractivo en las condiciones actuales
		No hay financiamiento de la banca nacional
		Desconocimiento de la oferta de buses ZLEV y del servicio post-venta
	Evaluación plazo de contrato	Los contratos actuales no generan plazos suficientes para el retorno de la inversión en buses ZLEV
		Alta inversión respecto de la flota convencional para considerar extensión de contratos
	Otros recursos adicionales	Alta inversión en infraestructura
Requiere de profesionales especializados, más caros y que no existen en el mercado nacional		
Política Pública	Desconocimiento de efectos en emisiones contaminantes	Sin evidencia para los principales contaminantes medidos en Santiago es difícil promover políticas de largo plazo
	Solución indirecta a problemas de salud	Prioridad para medidas con efectos más directos e inmediatos sobre problemas de salud
	Riesgo operacional podría afectar la imagen del Gobierno	Costo político de promover medidas que no funcionen en la realidad local



Recomendaciones

El resultado del trabajo realizado se consolidó en recomendaciones ligadas a tres áreas de desarrollo: (i) realización de un proyecto piloto, (ii) alineación de políticas públicas y (iii) evaluación del modelo de negocio. Estas recomendaciones están dirigidas a superar los desincentivos asociados a cada área. La Tabla 3 resume las recomendaciones que se desarrollan en los puntos siguientes.

Tabla 3: Medidas Recomendadas

Medida Recomendada	Descripción	Desincentivos Asociados
Piloto	Desarrollo de un piloto representativo de la operación real	Incertidumbre de operación
Políticas públicas claras y a largo plazo	Alinear a distintos ministerios en la definición de políticas claras y a largo plazo	Falta de políticas específicas a largo plazo
		Incertidumbre de infraestructura
		Esfuerzos con valorización incierta
Evaluación de modelos de negocio	Evaluar modelos de negocio para incorporación de buses ZLEV	Percepción de incentivo económico insuficiente



Piloto

La recomendación para superar la incertidumbre respecto del comportamiento de los buses ZLEV en la operación real es realizar un piloto que debiera cumplir con, al menos, las siguientes características:

- Que se realice en condiciones representativas de la operación en Santiago.
- Que la información que genere el piloto sea registrada y analizada por un organismo independiente que no tenga intereses dentro de la industria del transporte público, como por ejemplo universidades, entidades promotoras de la eficiencia energética u otros relacionados. El objetivo es que la información sea creíble, confiable y conocida por todos los actores.

Un piloto puede entregar información clave para las definiciones de política pública y el modelo de negocio, por lo que es importante que se realice en el corto plazo. Considerando que los próximos procesos de licitación y renovación de contratos de Transantiago serán entre 2015 y 2022, el piloto debiese tener lugar idealmente durante el 2015 para dar tiempo suficiente

a la incorporación de incentivos en dichos procesos, y para que los proveedores puedan adaptar sus tecnologías a los requerimientos de Transantiago (como por ejemplo: disponibilidad, homologaciones, negociaciones comerciales, preparación de servicios requeridos, etc.).

La metodología recomendada para la ejecución del piloto, descrita en el reporte final del proyecto, se ajusta a condiciones técnicas y protocolos metodológicos que aseguran resultados significativos y resguardan la credibilidad de la información a levantar. Los parámetros principales a considerar son: consumo y carga de combustible, insumos y costos de mantenimiento, eventual requerimiento adicional de infraestructura en patios, emisiones, ruido e incidencias operativas.

Políticas Públicas

En relación a las políticas públicas, uno de los mayores desincentivos identificados por los actores para la introducción de buses ZLEV al Transantiago fue el desconocimiento de políticas relacionadas de mediano y largo plazo, lo que produce incertidumbre y dificulta la toma de decisiones por parte del sector privado. En este contexto,

la incorporación exitosa de buses ZLEV necesita políticas claras fruto de un liderazgo alineado con los objetivos estratégicos del país, de manera que se aumente la probabilidad de éxito de la incorporación de estas tecnologías al transporte público local.

La mejora del servicio de transporte público, la eficiencia energética y la reducción de contaminantes son objetivos de política pública declarados y comprometidos tanto en acuerdos internacionales como en el programa de gobierno. En concreto, la introducción de buses ZLEV está alineado y representa un aporte a los objetivos estratégicos de los Ministerios de Transportes y Telecomunicaciones, Energía y Medio Ambiente, pues representa una oportunidad para:

- El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, en su estrategia de fortalecimiento del transporte público, en particular para el eje de transporte público sustentable.
- El Ministerio de Energía, en su Agenda Energética, en particular para la meta de disminución de consumo energético del país al 2025.
- El Ministerio de Medio Ambiente, dentro de su compromiso ante las

Naciones Unidas, en específico aportando a la meta de reducción de gases de efecto invernadero al 2020. Además, contribuyendo a la futura actualización del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA RM) del 2016 como una medida que aporta a la reducción de MP2,5.

Por lo anterior, los Ministerios de Transportes y Telecomunicaciones, Energía y Medio Ambiente, agrupados en el Comité Interministerial de Eficiencia Energética, tienen metas que están directamente alineadas con los objetivos del proyecto de Mejoramiento Tecnológico de Buses de Transantiago, por lo que está en el quehacer de estos ministerios asumir su compromiso y liderazgo. Se recomienda que dicho Comité Interministerial de Eficiencia Energética, u otra instancia interministerial de coordinación regular y sistemática, se encargue de dar dirección y seguimiento al proceso de implementación del proyecto, constituyéndose en el referente de política pública para los actores del sistema.

Modelos de Negocio

La presente recomendación busca apoyar la definición de modelos de negocio que hagan factible la incorporación de buses ZLEV en las empresas operadoras de Transantiago, de modo que no sea necesario recurrir a recursos adicionales a los que posee actualmente dicho sistema. El modelo sugerido se representa en la Figura 3 y es detallado en los párrafos siguientes.

Figura 3: Modelo de Negocio recomendado para buses ZLEV en Transantiago



Con todos los antecedentes internacionales recopilados, la recomendación es que el modelo de negocio a adoptar sea a través de un leasing operativo, con buses ZLEV como bienes afectos a la concesión, al igual que la infraestructura de patios dedicada y/o especializada para las tecnologías en particular, por ejemplo, cargadores eléctricos para buses. Este modelo compromete al proveedor en la mantención y disponibilidad de los buses. Al considerarse los buses como un bien afecto a la concesión, se resguarda la definición de un periodo base que garantice la disponibilidad de éstos, optimizando su inversión, vida útil y reducción de los costos operacionales. Para que la valorización de

los buses ZLEV esté alineada al desempeño que tienen en la operación, se recomienda que la negociación del valor de éstos entre privados cuente con los resultados operativos de los buses (a partir del piloto) para garantizar el fiel cumplimiento de las exigencias en operación dentro del sistema Transantiago, contando con antecedentes fehacientes a utilizar en las evaluaciones económicas (vida útil, características de mantenimiento, servicio post-venta, entre otros).

El o los modelos de negocio a adoptar serán aquellos que mejor contribuyan al logro de las políticas públicas y que generen incentivos suficientes para alinear a los distintos actores, lo que debería

traducirse eventualmente en actualizaciones a los contratos de concesión vigentes. Los incentivos actuales y los periodos remanentes de concesión, hacen más atractivas tecnologías que involucran inversiones de orden mucho menor en comparación a tecnologías ZLEV y que sólo apuntan a reducción de contaminantes locales o regulados (MP10, MP2,5, NOX, etc.), como por ejemplo los filtros de partículas. El cumplimiento de las metas ambientales del país, en particular las metas relacionadas con el transporte público, debe incentivar de manera más clara aquellas tecnologías que no sólo buscan la reducción de contaminantes locales, sino que también la reducción de Gases de

Efecto Invernadero (GEI) y aumento de la eficiencia energética. En esta línea, tecnologías ZLEV como las híbridas y eléctricas, reducen las emisiones de todos los contaminantes: globales y locales.

Los actuales mecanismos de incentivos que incorporan los contratos de concesión vigentes no han sido suficientes para que las empresas operadoras de Transantiago generen cambios hacia tecnologías ZLEV, por lo cual se ha llevado a cabo este estudio de carácter participativo, con el objetivo de identificar oportunidades aplicables en los próximos procesos de licitación y renovación de flota, y que estén alineados a los desafíos energéticos y medioambientales declarados por el país.





Embajada Británica
Santiago



**SISTEMAS
SUSTENTABLES**
medioambiente, energía e innovación

