



# Transición hacia la movilidad eléctrica en el transporte público

Experiencias de piloto de buses eléctricos en Costa Rica

Claus Kruse, GIZ | Webinar movilidad eléctrica, CECACIER | 15.07.2021

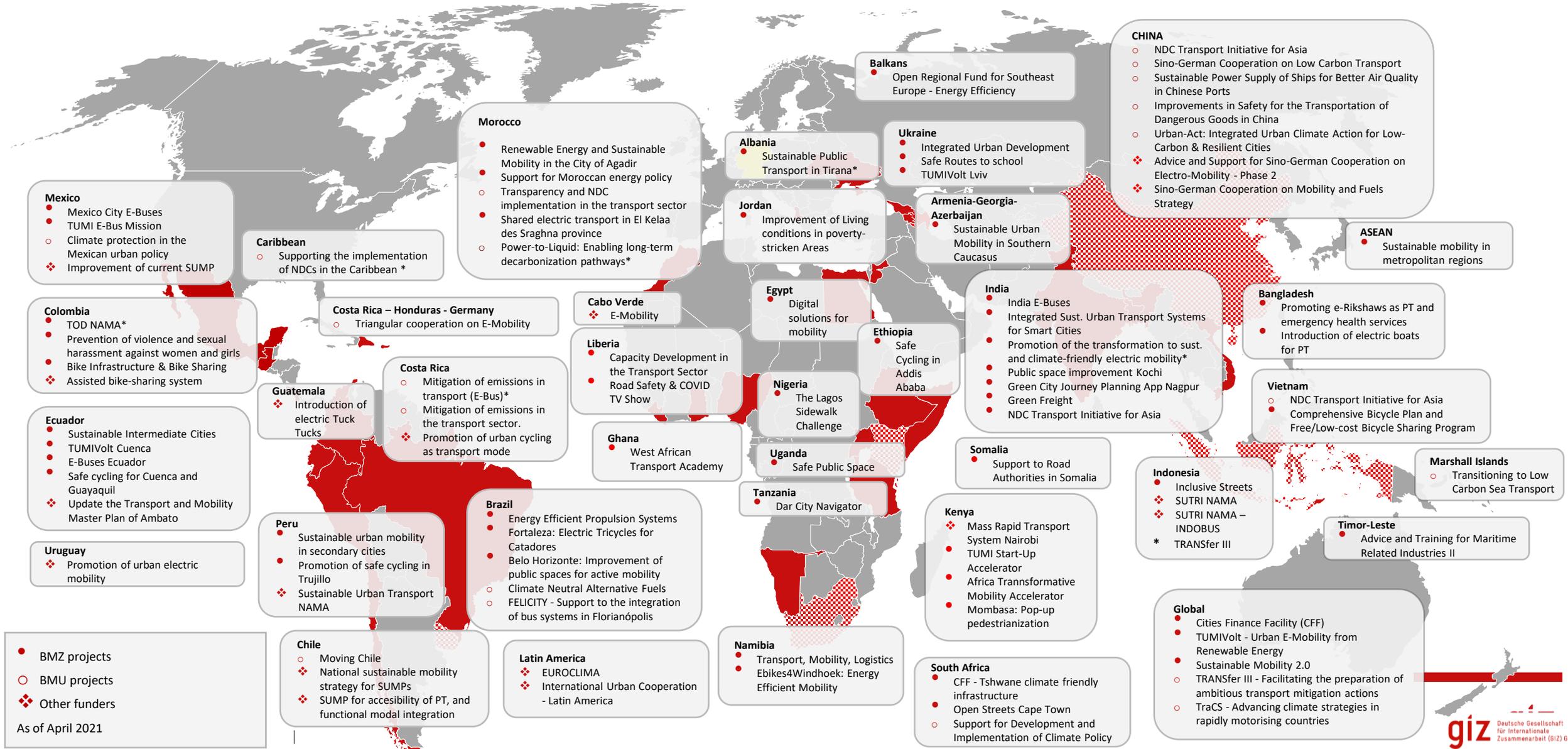
## El perfil de la GIZ

Empresa federal alemana

- Propiedad de la República Federal de Alemania
- Una empresa de derecho privado
- Asiste a los objetivos del Gobierno Federal
- Opera en Alemania y en más de 120 países de todo el mundo
- Volumen de negocios, promedio 2018-2020: 2,7 mil millones de euros
- Alrededor de 20.000 colaboradores y colaboradoras en todo el mundo

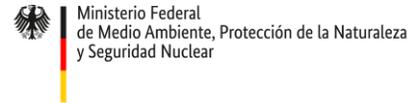
# GIZ Transport Projects

On behalf of German Federal Ministries and further donors, GIZ is active in more than 30 countries, pursuing transport projects, that help - make a difference.



# Proyecto Mitigación de emisiones de GEI en el sector transporte en Costa Rica – “MiTransporte”

Por encargo de:



de la República Federal de Alemania



## Proyecto MiTransporte

# Ficha técnica

<b>Nombre del proyecto:</b>	Mitigación de emisiones en el sector transporte ( <b>MiTransporte</b> )
<b>Inicio:</b>	01.07.2017
<b>Fin:</b>	31.03.2022
<b>Presupuesto total:</b>	€ 6.450.000
<b>Financiamiento:</b>	Iniciativa Internacional de Cambio Climático – IKI
<b>Comitente:</b>	Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU, Alemania)
<b>Contraparte oficial:</b>	Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE, Costa Rica)
<b>Otras contrapartes:</b>	Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), ICE, Municipalidades

# Proyecto MiTransporte

## Costa Rica implementa medidas de reducción de emisiones en transporte

- Dos instrumentos políticos y/o estándares
- Tres medidas de reducción para el mejoramiento del transporte
- Un 30% de usuarios de transporte indican haber tenido un beneficio

### Estándares e instrumentos para la mitigación de emisiones de GEI

- Dos propuestas de estándares o instrumentos de mitigación de emisiones de GEI
- Un concepto nacional de MRV consensuado

### Pilotos para el mejoramiento del transporte urbano con gobiernos locales

- Dos medidas significativas para el mejoramiento de la situación del transporte
- Tres modelos o instrumentos de financiamiento para promoción de transporte urbano

### Condiciones marco y un modelo de operación para la electrificación del transporte de autobuses urbanos

- Sistema de gestión ambiental
- Modelo de operación para autobuses eléctricos

### Involucramiento de opinión pública y actores relevantes, y disseminación de experiencias

- La población ha sido involucrada en 2 soluciones sostenibles en el transporte
- Al menos tres intercambios internacionales en dos países diferentes
- Tres campañas regionales informativas y/o foros de participación ciudadana

## Políticas Nacionales

Plan Nacional de Desarrollo

Plan de Descarbonización

Acuerdo sectorial MINAE/MOPT

Plan Nacional de Transporte Eléctrico (PNTE)

## Áreas de trabajo



**Nacional**



**Local**



**Movilidad  
Eléctrica**



**Comunicación**



## Movilidad eléctrica: buses



Adquisición e introducción de **tres buses eléctricos** e infraestructura de recarga a líneas existentes de transporte público

Apoyar el desarrollo de **condiciones marco** para buses eléctricos (tarifas, capacitación, operación, estándares, financiamiento)

**Gestión ambiental:** segunda vida y reciclaje de baterías; monitoreo de impactos

# Objetivos del proyecto piloto

**Estudiar la viabilidad técnica y financiera**  
de los buses eléctricos

**Familiarizar a la sociedad costarricense**  
con la tecnología para eliminar mitos y temores

**Capacitar a los empresarios operadores**  
de rutas y a sus equipos de trabajo sobre las  
particularidades y diferencias de los buses eléctricos



## Proyecto MiTransporte

**giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

### Componente 3 del proyecto MiTransporte: Buses eléctricos

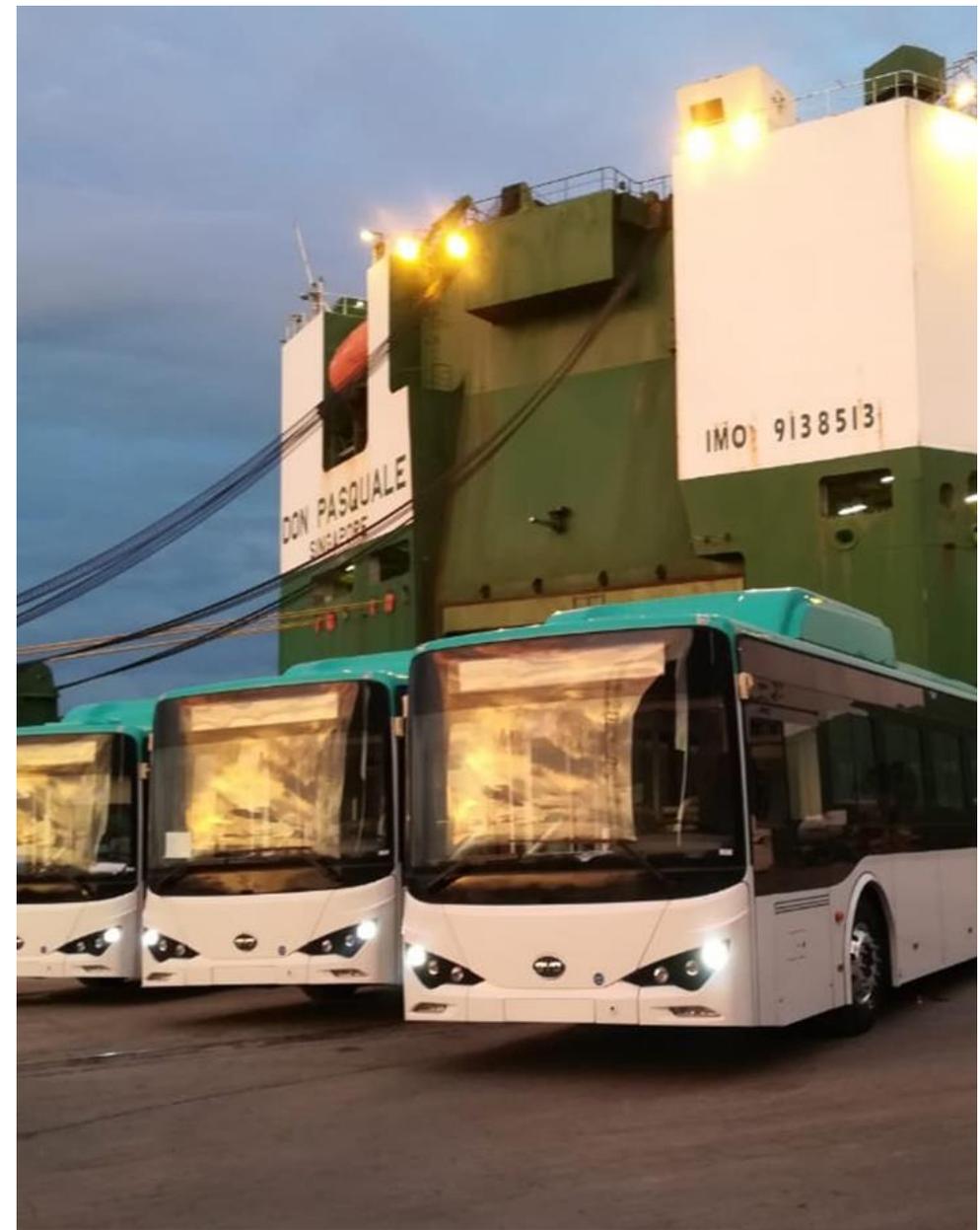
**giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH → 

### Proyecto piloto de buses eléctricos

**giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH +  + 

### Primera ruta del piloto: Ruta 70 Desamparados

**GRUPO AD**  
 Desamparados - Asterri - La Ceja - Los Guiles



# Etapas en la introducción de buses eléctricos – experiencias en el mundo

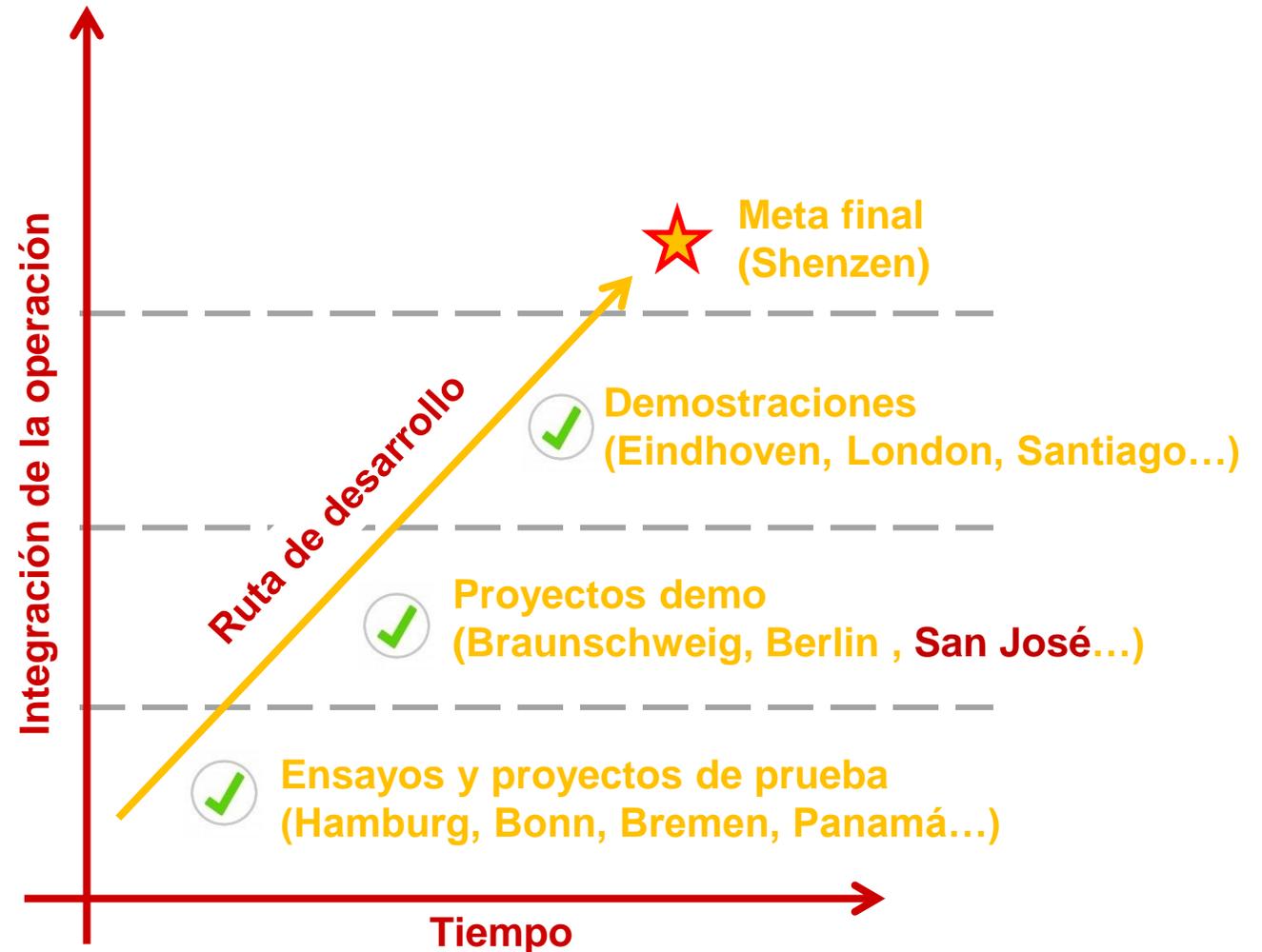
## Modos de operación:

4) Red completa de autobuses eléctricos

3) Operación en una parte de la red de autobuses

2) Operación en una sola línea de autobús (especial / única)

1) Pruebas operacionales (vehículos redundantes)



# Coordinación interinstitucional – roles

**Apoyo a procesos clave en el desarrollo de las condiciones habilitadoras para la puesta en funcionamiento de buses eléctricos**





**MiTransporte**  
COSTA RICA

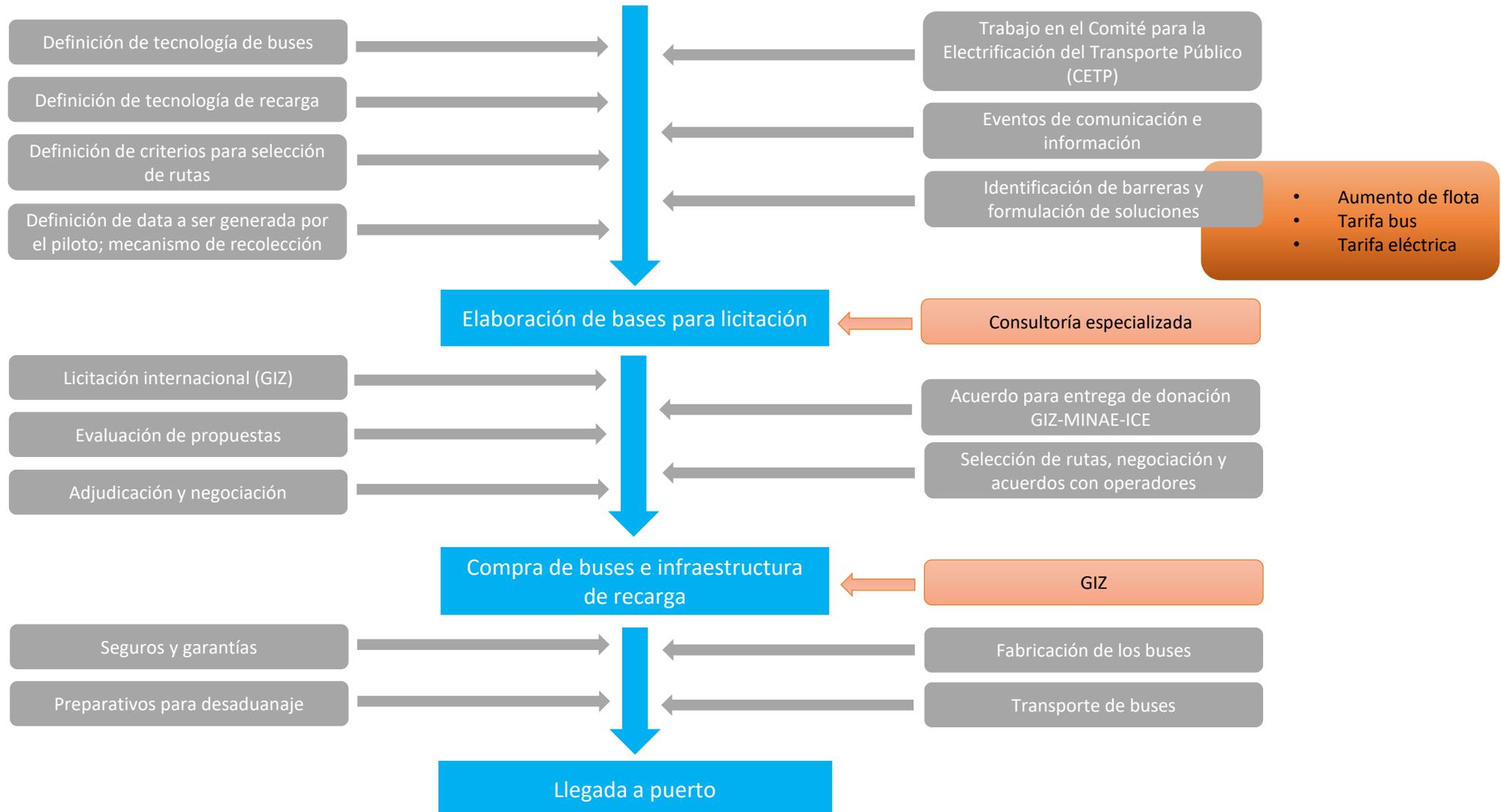
## Comité para la electrificación del transporte público

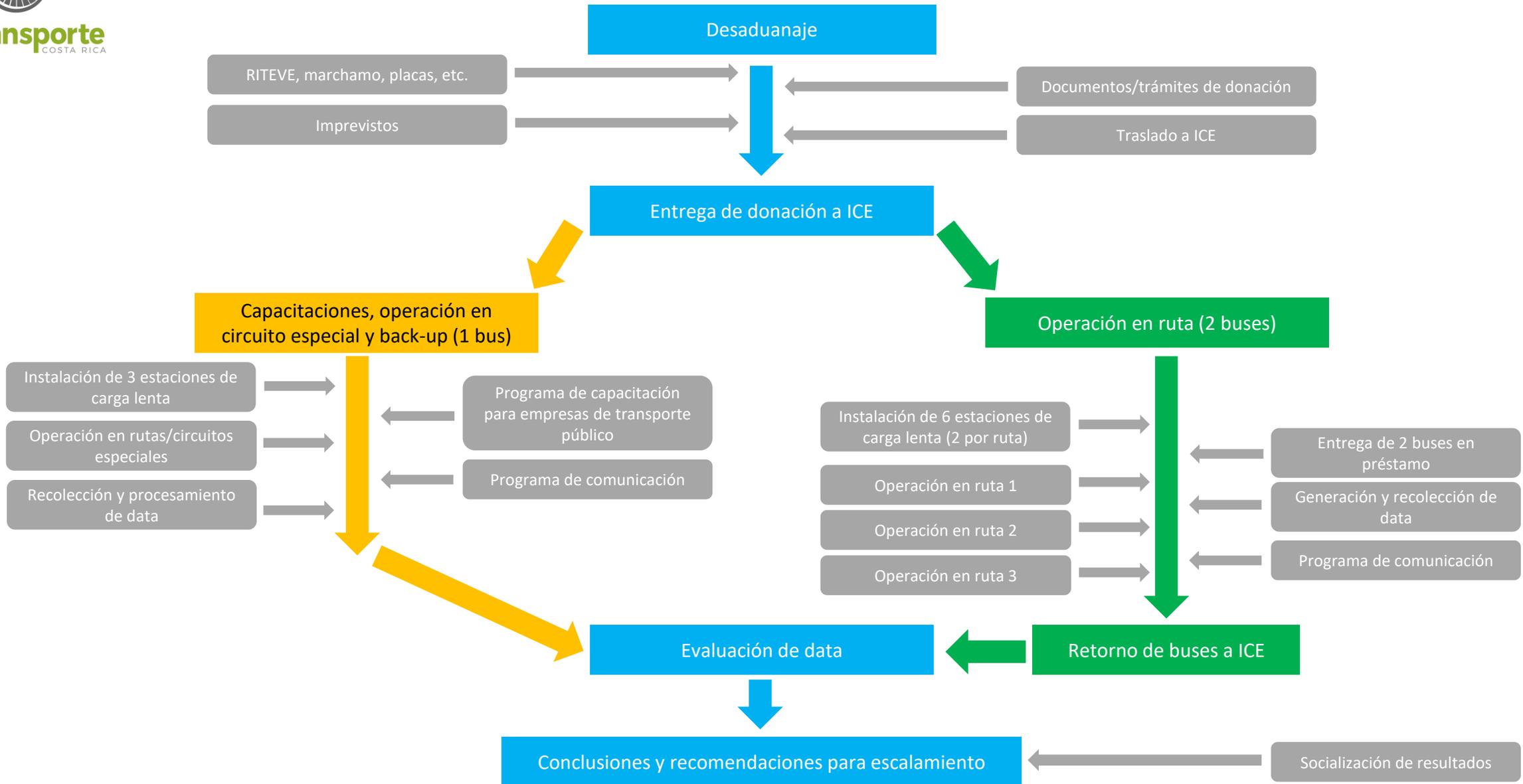
2017	Instalación de Comité
2018	Trabajos preparativos
2019	Licitación para compra de buses y selección de rutas
2020	Producción, traslado, aduanas
2021	Operación del piloto

**giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

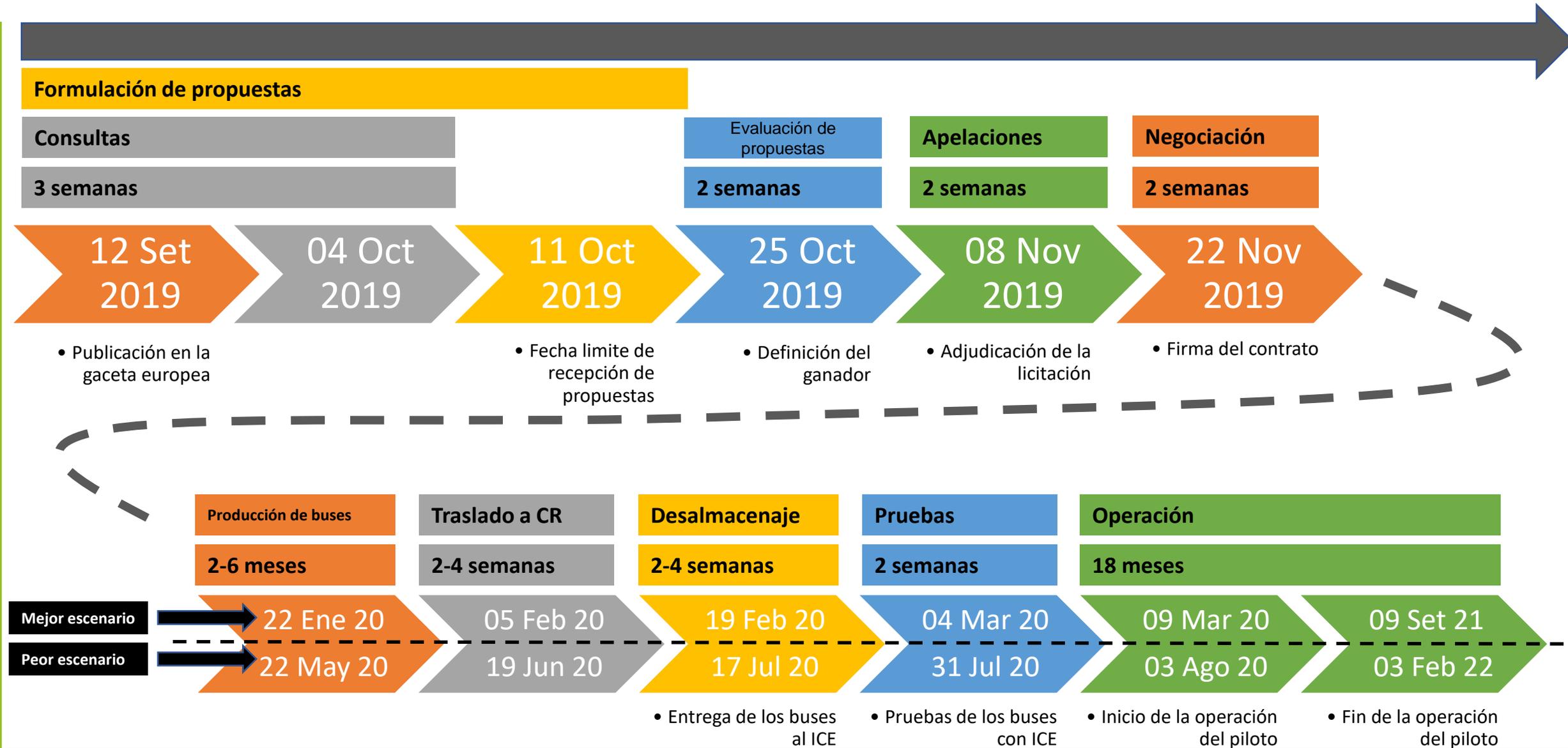


# Estructuración del piloto en Costa Rica





# Licitación internacional para adquisición de 3 buses eléctricos



# Impactos de COVID-19 a la línea de tiempo



# Áreas de trabajo del piloto



Compra de tres buses eléctricos



Selección de rutas



Capacitación



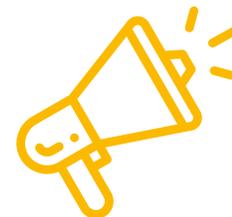
Tarifa eléctrica



Operación del piloto y roles



Recopilación y procesamiento de datos/métrica



Comunicación



Mecanismos de financiamiento

# Proyecto piloto – estrategia de implementación



Compra y puesta en funcionamiento de tres buses eléctricos y su respectiva infraestructura de recarga en la Gran Área Metropolitana de San José



Serán seleccionadas rutas actuales de autobuses con condiciones adecuadas para la tecnología seleccionada



Se operarán dos de los autobuses por un periodo de cuatro meses en cada ruta. El tercer autobús funcionará para capacitación, monitoreo, evaluación con el ICE



Generación de información para contar con datos reales de la operación y diseñar un esquema operativo adecuado para esta tecnología en Costa Rica



Adquisición

# Conceptos de buses eléctricos

- Todos los conceptos utilizan un motor eléctrico para propulsión
- La estrategia de carga hace la diferencia



Carga en el depósito



Pila de combustible

Carga de oportunidad



Catenaria



# Criterios para la selección de buses

## Especificaciones mínimas

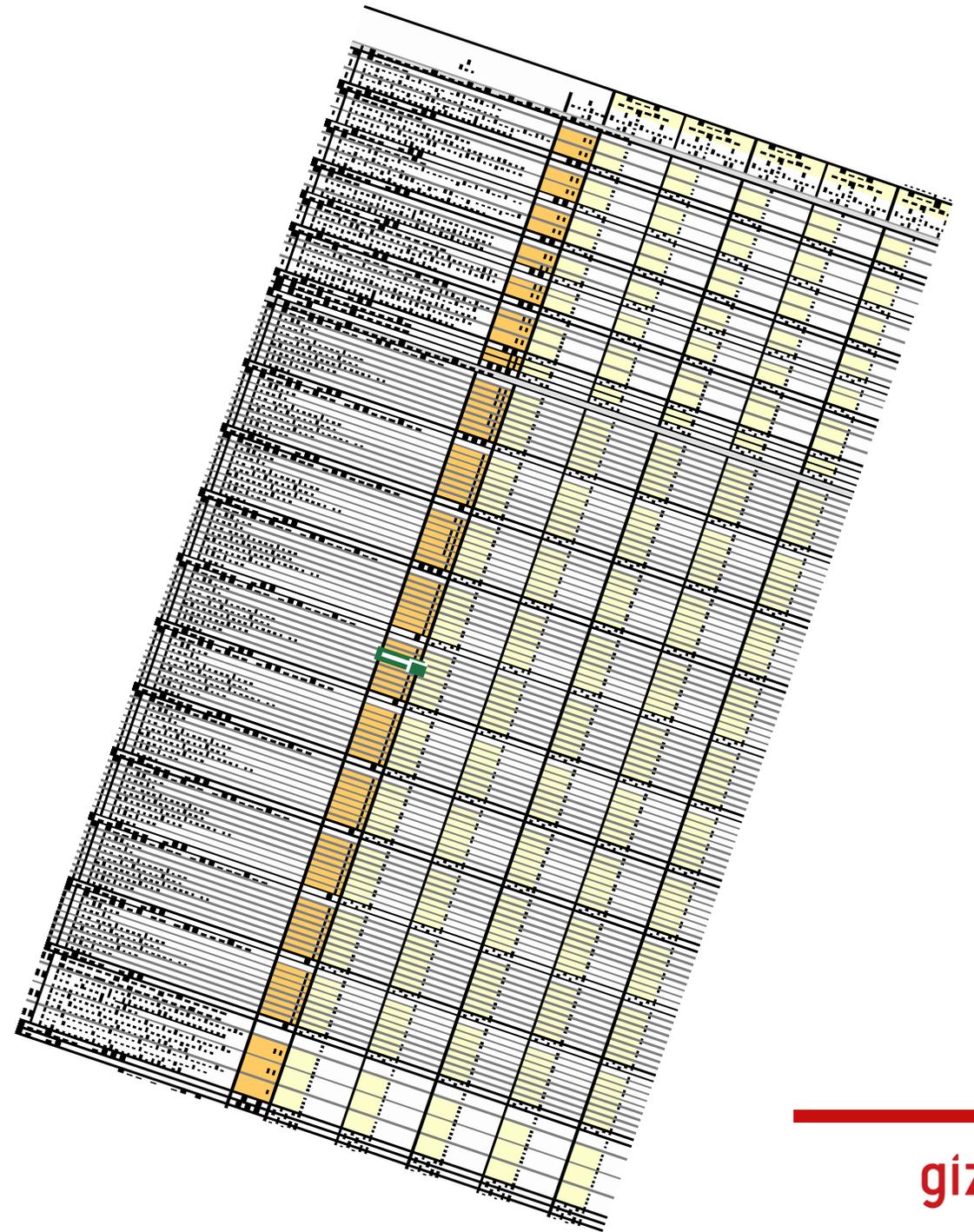
- ✓ Capacidad de la Batería mínimo de 270 kWh
- ✓ El chasis o plataforma del vehículo debe ser de piso bajo total o parcial. No debe haber escalones u obstáculos en el área baja del piso, para permitir la libre circulación para pasajeros con movilidad reducida.
- ✓ El vehículo debe tener un sistema de tracción 100% eléctrico. El sistema de tracción debe incluir uno o más motores, con sistemas de enfriamiento apropiados para operar en áreas urbanas.
- ✓ El sistema de baterías debe ser capaz de tener una capacidad de almacenamiento en kWh que permita una autonomía de 250 km del consumo promedio medido en el ciclo Braunschweig descargando las baterías al 20% de su capacidad nominal. Esta autonomía no debe degradarse en más del 15% durante los primeros 24 meses de operación (SOH = 85%).
- ✓ Una capacidad mínima de 80 pasajeros (mínimo 28 sentados)
- ✓ Una longitud del vehículo entre 11.9 y 13.2 metros

## Criterios de ponderación

- ✓ Precio por los tres buses
- ✓ Precio por las estaciones de carga
- ✓ Experiencia en la fabricación de buses eléctricos
- ✓ Herramientas tecnológicas para el monitoreo y diagnóstico de los equipos
- ✓ Garantía en la correcta operación de todas las baterías y partes del vehículo
- ✓ Garantía de rendimiento de la batería (estado de salud) después de 2 años (SOH en%)
- ✓ Garantía de batería (en años)
- ✓ Garantía sobre el correcto funcionamiento de las estaciones de carga (en años)

# Proceso de licitación

- **Licitación internacional**
- “Reglas de juego” según normatividad de la UE
- **Gestión técnico-administrativa en GIZ Alemania**
- Evaluación de propuestas técnicas por parte de 4 equipos de evaluadores independientes entre sí
- **Selección de propuesta ganadora y negociación con empresa ofertante ganadora**
- Contrato de compra



# Adquisición de buses, cargadores y servicios after sale

## Buses:

- Length of ~12 meters
- Low floor buses
- 100% electric traction system, allowing effective operation in San José, Costa Rica
- Minimum capacity of 80 passengers
- Autonomy of at least 250 km with full battery charge

## Servicios incluidos:

- Transport and insurance of buses and charging stations
- IT tools and diagnostic equipment (e.g. for data monitoring)
- After-sales services (e.g. maintenance for the buses and charging stations) for a period of 24 months from the date of reception of the buses in San José
- Training package for different target groups

# Selección de buses

Una vez evaluadas las propuestas recibidas y habiendo confirmado que cumplían con las especificaciones mínimas establecidas se selecciona la propuesta presentada por BYD con representación de Corimotors en Costa Rica.

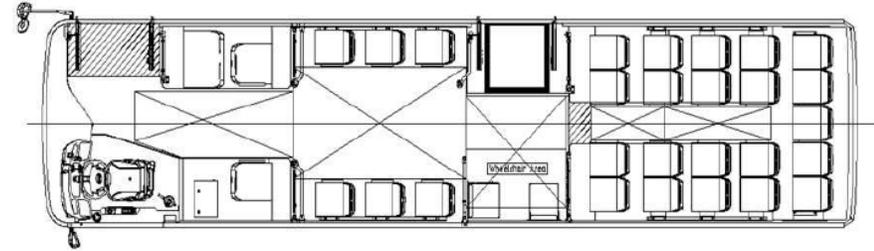
## BYD Modelo Bus K9 – FE



Specification	
Lenght x Width x Heigth	11980 x 2580 x 3450 mm
Approach / Departur Angle	8.5 <sup>0</sup> / 8.5 <sup>0</sup>
Entry Heigth	415 mm / 430 mm
Floor Heigth	450 mm
Door	2
Top Speed	88 km/hr (controlled from factory at 60 km/hr)
Gradability	18%
Turning Radius	<= 12
Range Per Charge (at factory)	≥250km (AC off, harf load, SORT 1)
GVWR	18500kg
Charging Power	40kWx2 AC, EU standart
Charging Time	3-4h
Charger Qty.	2
Charging Voltage&Frequency	480v, 60 hz.
Charger Communication	BYD offered BYD - I/O control monitoring System. By using I/O Controls monitoring system, you can control the charging start and stop of vehicle through cloud server, limit the maximum number of vehicles being charged at once based on available power. Also, the detailed information for each vehicle can be read from the system, including each vehicle's current, charging status, range, total mileage, charging KWH and total KWH.
Seating Capacity	30+2+1 Included one folding seat in wheelchair backrest

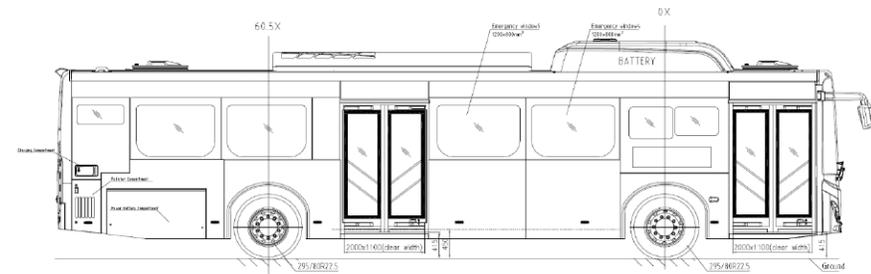


MODEL	PRICE PER UNIT (€ DAP COSTA RICA)	TOTAL VALUE FOR 3 BYD K9FE ELECTRIC BUSES (€ DAP COSTA RICA)
BYD K9FE ELECTRIC BUS	€ 318,780.00	€ 956,340.00
BYD ELECTRIC 80 KW AC CHARGER	€ 6,279.00	€ 18,837.00
BYD MONITORING SYSTEM	€ 24,323.88	€ 72,971.64
<b>TOTAL</b>	<b>€ 349,382.88</b>	<b>€ 1,048,148.64</b>



**K9FE seating drawing**

Total seating passengers 32 (30 seats + 2 folding seats + 1 driver's seat)  
 Total seating+standing capacity = 81 passengers





# Definición de criterios para selección de rutas de transporte público para operación de 3 buses eléctricos

## Criterios de elegibilidad



**Ubicación de la ruta**  
Dentro del Área Metropolitana de San José



**Distancia de la Ruta**  
Ramales de menos de 20 km



**Disponibilidad Trifásica**  
Contar con acometida trifásica



**Flotilla de Empresas**  
Flotilla de más de 10 buses



**Pendiente Máxima**  
Pendiente máxima menor al 15%.

---

## Criterios a ponderar



**Pendiente promedio en Ruta** 25p



**Pasajeros en ruta** 20p



**Cumplimiento obligaciones ARESEP** 15p



**Índice de Pasajeros por Km** 15p



**Dist. Predio - Final de ruta** 15p



**Sectorización** 5p



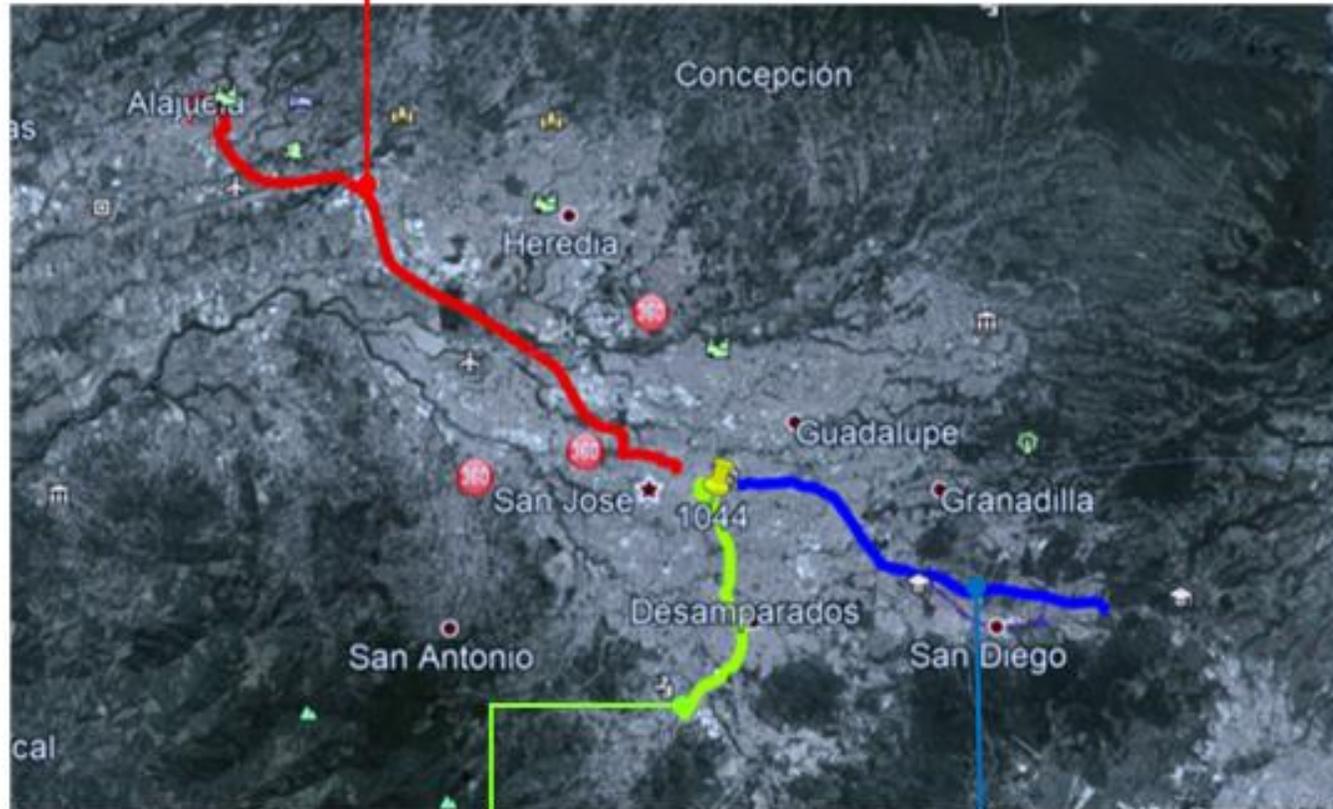
**Compromiso** 5p

# Selección de rutas de transporte público para operación de 3 buses eléctricos



# Selección de rutas para prueba piloto

RUTA 200  
San José – Alajueja por INVU



RUTA 70  
San José – Desamparados San Rafael

RUTA 301  
San José – Tres Ríos



# Información a recolectar en la prueba piloto

Parámetro	Propósito	Metodología y Procedimiento
 1. Uso de energía específico: km / l y km / kWh	Para el análisis financiero y para la determinación de la batería requerida a bordo de los autobuses	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Consumo de diesel registrando la cantidad de combustible en cada tanqueada.</li><li>▪ Consumo de electricidad por cada e-bus registrado en cada carga.</li><li>▪ Kilometraje por mes de cada autobús que opera en las rutas piloto a través de GPS u odómetro.</li></ul>
 2. Kilometraje diario del autobús	Determinar la capacidad de batería requerida del bus y el rango de accionamiento eléctrico requerido	Registros diarios para cada autobús diesel y eléctrico que opera en las rutas piloto. Medido con GPS o cuentakilómetros. Debe incluir kilómetros comerciales y kilómetros en vacío.
 3. Pasajeros diarios transportados.	Evaluar la viabilidad financiera de los servicios con buses eléctricos.	Registros diarios por autobús diesel y eléctrico que operan en las rutas piloto. Medición a través de equipos APC (conteo automático de pasajeros) en cada autobús.
 4. Uso de neumáticos	Componente de costo importante con diferencia potencial entre diesel y autobuses eléctricos.	Registros de cada diesel y e-bus que operan en las rutas piloto. La fecha de reemplazo y la lectura del odómetro se registran cuando se reemplazan los neumáticos. Registro de la cantidad de neumáticos reemplazados por autobús. Esto permite determinar el kilometraje de neumáticos por autobús.
 5. Repuestos usados.	Componente de costos importantes y datos para especificaciones de requisitos de repuestos para sto	Registros de mantenimiento de todos los diesel y autobuses eléctricos que operan en las rutas piloto, incluidos: tipos de repuestos (por ejemplo, pastillas de freno) utilizados para mantenimiento y reparaciones; costo por pieza de repuesto utilizada; disponibilidad de repuestos (en stock o días requeridos hasta que el repuesto esté disponible).

## Parámetro

## Propósito

## Metodología y Procedimiento



- 6. Tasa de disponibilidad de autobuses

●● Indicador de fiabilidad del bus e identificación de los principales problemas relacionados con los buses eléctricos.

●● Registros diarios de todos los diesel y autobuses eléctricos que operan en las rutas piloto de disponibilidad de autobuses. Para cada interrupción de servicio no planificada, se debe registrar la siguiente información: causa de la falla del autobús y la duración del servicio estuvo fuera de servicio en días y horas.



- 7. Mínimo SOC

●● Permite optimizar el juego de baterías en los autobuses.

●● Medición de la tasa SOC cada vez que se carga un autobús nuevamente. Registro diario por bus eléctrico de tarifas SOC. Esto se puede medir con un registrador de datos que registra la tasa de SOC o manualmente con un libro de registro al cargar el bus.



- 8. Uso de energía para Corriente Alterna.

●● Permite optimizar el sistema de Corriente Alterna.

●● Medición de la electricidad utilizada para tracción más sistemas auxiliares y energía utilizada para corriente alterna. El registrador de datos y los medidores de electricidad deben instalarse en el bus que monitorea la electricidad total de la batería y la electricidad total que va al sistema de Corriente Alterna.



- 9. Tasa de disponibilidad de la estación de carga.

●● Indicador de fiabilidad del cargador importante para el diseño del sistema e-bus y las especificaciones del cargador.

●● Registrar para cada cargador la duración de la falla (cuando el cargador no estaba disponible) y el tipo o razón de la falla.



- 10. Patrón de uso de la estación de carga

●● Optimizar el número y la potencia de los cargadores, los números de bus de relación por cargador y para calcular el costo del servicio para las operaciones del cargador

●● Registrar para cada cargador su uso, es decir, el tiempo de inicio / finalización de cada carga, la cantidad de electricidad en kWh entregada y la potencia máxima diaria demandada en kW. Esto permite calcular la utilización del nodo de carga. También permite registrar un patrón diario de uso de cargadores y entrega de energía.



- 11. Mantenimiento y reparaciones de la estación de carga.

●● Especificaciones del cargador y los requisitos de repuestos para el stock.

●● Separar entre reparaciones y mantenimiento regular y no programado. Registrar la razón del mantenimiento o reparación no programada y las piezas de repuesto requeridas.



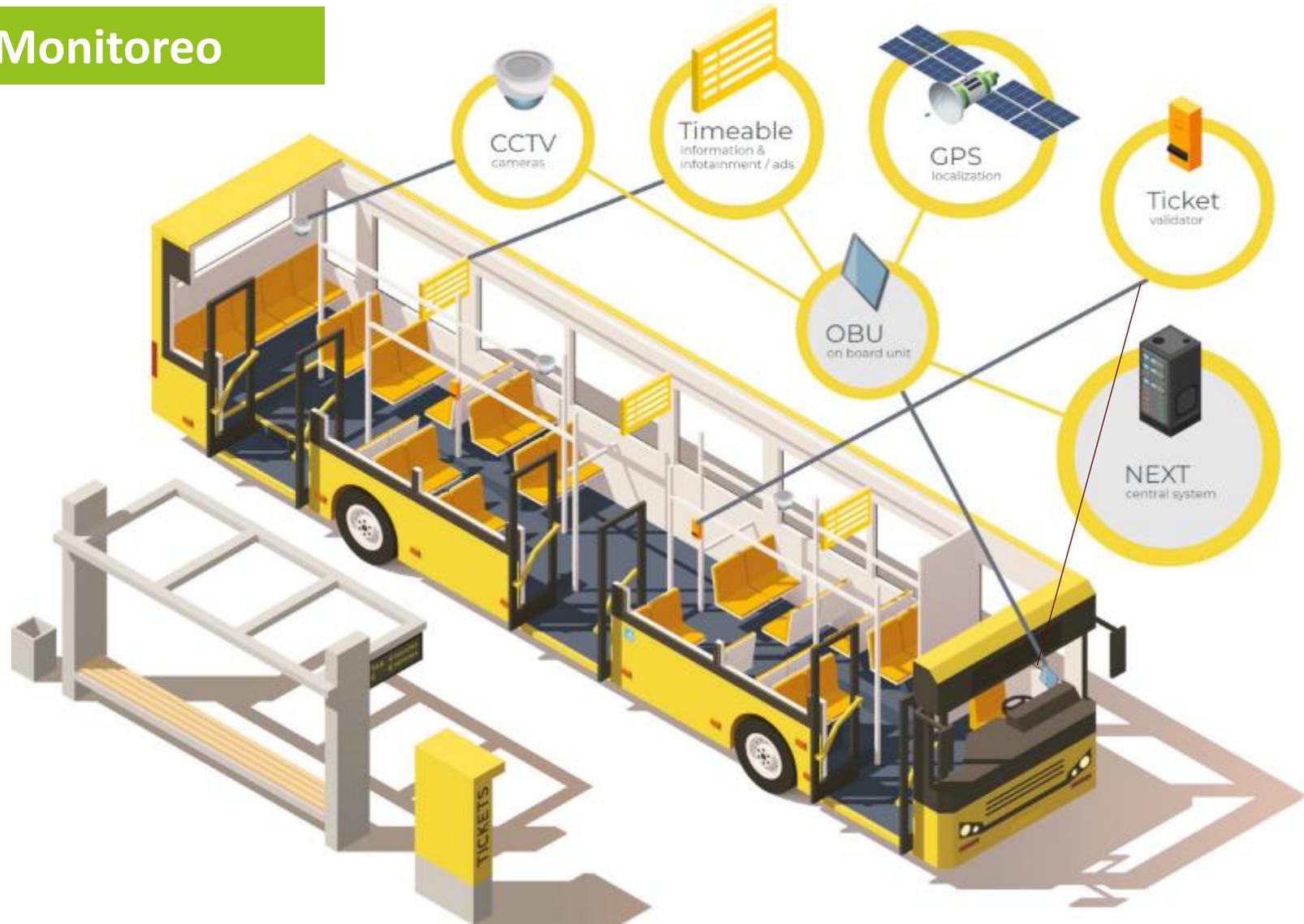
- 12. SOH (estado de salud) de la batería

●● Comparación con la tabla de datos del fabricante

●● Medición cada 6 meses por bus eléctrico con equipo proporcionado por el fabricante. El SOH se mide y registra para cada batería en cada bus eléctrico.

# Sistema de gestión y monitoreo de la operación

## Esquema de Monitoreo



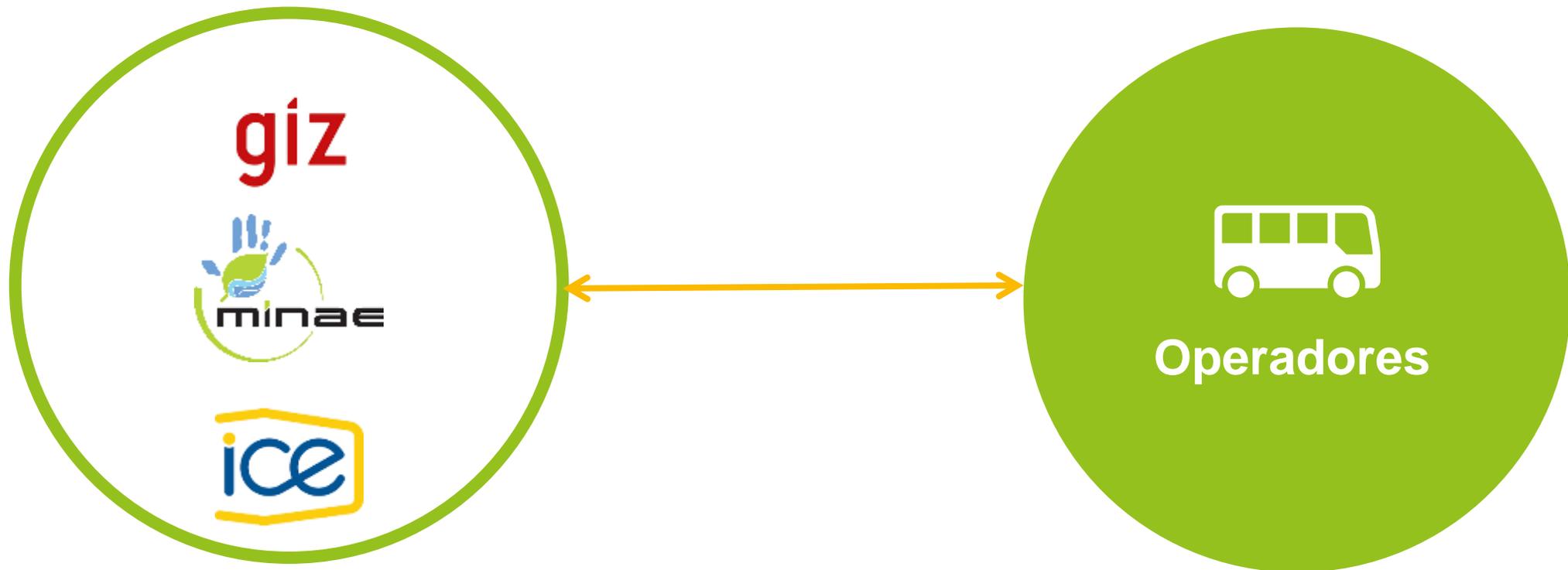


# Realización del piloto por operadores seleccionados



## Operación: Acuerdo con operadores

Consiste en un acuerdo donde el operador se compromete a brindar toda la información que se solicite sobre su operación y seguir las recomendaciones técnicas del proyecto.



## Descripción de las pruebas

- ▶ La logística de las pruebas está coordinada directamente por el equipo HEAT - GIZ – ICE
- ▶ 2 buses están operando en rutas regulares de transporte público: 3 rutas, 4 meses en cada ruta
- ▶ 1 bus permanece con el ICE para:
  - ▶ (1) realizar pruebas específicas de autonomía, carga y descarga de la batería, rutas en terrenos difíciles, etc.
  - ▶ (2) servir para preparación de otros operadores y para fines de capacitación, y
  - ▶ (3) como respaldo por si alguna de las unidades en ruta de transporte público sufre algún contratiempo.





## Implementación de la prueba en la primera ruta (operador: ATD)

- Gracias al tiempo de preparación se realizó de forma exitosa y sin contratiempos.
- El acompañamiento de GIZ, ICE, BYD, INA hicieron que la puesta en marcha fuera sencilla.
- Dada la forma de trabajo esquematizada de ATD el plan operativo se hizo sin mayor complejidad.





## Infraestructura

- Desarrollada por medio de la CNFL, BYD e ICE.
- Gracias a la ubicación del plantel se tuvo acceso a energía trifásica de una forma sencilla.
- Los trabajos se desarrollaron con un estándar alto a nivel de infraestructura eléctrica.
- Los cargadores tuvieron un buen funcionamiento, se reportaron sólo 2 eventos que requirieron atención.



## Confiabilidad de los buses y adaptabilidad de los conductores

- Autobús chino con características a nivel de chasis y carrocería muy superiores al estándar asiático.
- Gracias a la preparación que recibieron los conductores a la hora de conducir los conductores no tuvieron mayor contratiempo.
- Se rompieron mitos de falta de potencia o motores muy lentos respecto a la tecnología eléctrica.



## Percepción de personas usuarias

Comentarios positivos a nivel del autobús:

- Piso bajo.
- Rampa para personas con discapacidad de fácil acceso.
- Menor vibración, calor y sonido.
- Alerta de apertura de puertas.
- Wi-fi y puertos de carga.
- Recorrido más agradable.





**MiTransporte**  
COSTA RICA



# Procesos complementarios

Desarrollo de capacidades	Gestión ambiental de baterías	Mecanismos de financiamiento	Concurso de dibujo
<p>Capacitación de choferes, técnicos y mecánicos</p>  	<p>Actualización de Normativa de Residuos Especiales</p> 	<p>Estudios sobre modalidad “leasing” con experto internacional (GIZ, 2018 + 2019)</p>	<p>Concurso de dibujo para niños: “Buses eléctricos, son nuestros, nos benefician”</p>
<p>Formación de especialistas en temas asociados a buses eléctricos</p> 		<p>Estudio sobre financiamiento vía bonos verdes en la bolsa de valores (GIZ, 2020)</p> <p>Otras propuestas de BM/Deloitte, BID, BCIE, CEPAL</p>	



Als bundeseigenes Unternehmen unterstützt die GIZ die Bundesregierung bei der Erreichung ihrer Ziele auf dem Gebiet der internationalen Zusammenarbeit für eine nachhaltige Entwicklung.

Herausgeber:  
Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sitz der Gesellschaft  
Bonn und Eschborn

Mitigación de emisiones en el sector transporte –  
MiTransporte

Oficina MiTransporte - GIZ en Costa Rica  
Rohrmoser, San José  
T +506 4001 5457  
E [info@giz.de](mailto:info@giz.de)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)



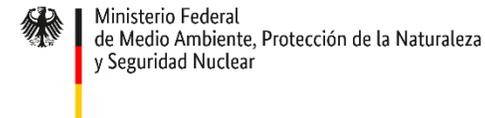
MiTransporteCR

14.07.2021

Verantwortlich  
**Claus Kruse**  
Verfasser  
**Claus Kruse**



Por encargo de:



de la República Federal de Alemania

En cooperación con:



Proyecto MiTransporte