



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA

Tecnología Superior en Electromecánica

Análisis energético para un centro de cargas de autobuses eléctricos en el terminal terrestre norte de la ciudad de Quito

Autor: Amaguaña Cola, Kevin Jonás

Tutor: Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

Latacunga, 24 de Noviembre del 2022

CÓDIGO: GDI.3.1.004

VERSIÓN: 1.0



Tema de Investigación

Análisis Energético para un Centro de Cargas de Autobuses Eléctricos en el Terminal Terrestre Norte de la Ciudad de Quito



Antecedentes

Origen



Evolución

De acuerdo a la Ley de Eficiencia Energética que entró en vigencia el 19 de marzo de 2019, los motores de los buses funcionarán con energía eléctrica a partir del 2025 en Ecuador. (El Comercio, 2021).

Actualidad



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Problemática

Contaminación
ambiental y auditiva

Mayor costo en
mantenimiento y
operatividad

Gran riesgo
económico por la
inversión que se
requiere

Pocas estrategias
para impulsar y
promover el uso de
vehículos eléctricos



Justificación



No generan contaminación del aire y del ruido, debido a que los buses usan energía renovable para ser impulsadas, sin embargo, requieren una recarga periódica de sus baterías.



Es necesario determinar la demanda energética que consume la electrolinera para poder implementarlo en un área donde el suministro de energía a los autobuses eléctricos sea accesible.



En cuanto al dimensionamiento de la infraestructura eléctrica del centro de carga, conviene precisar dos aspectos:

- El sistema de carga
- La descripción de la instalación eléctrica.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis energético para un centro de cargas de buses eléctricos en el terminal terrestre norte de la ciudad de Quito.

Objetivos específicos

Determinar la potencia disponible en el terminal terrestre norte de la ciudad de Quito.

Obtener datos de la demanda máxima de energía que se consume en el lugar seleccionado para el centro de carga.

Establecer si es necesario la implementación de un centro de transformación

Realizar el diseño del diagrama unifilar eléctrico de la electrolinera.

Obtener el costo-beneficio que genera el centro de carga



Buses Eléctricos



**Grupo mavesa
(skywell)**



BYD (K9G)



**Golden Dragon
XML6125CLE**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Centro de carga eléctrica



- Cargadores
- Conectores
- Elementos de la instalación



- Una o varias tomas de corriente que suministran energía eléctrica a los autobuses.
- Indicadores luminosos de señalización: punto de carga OK, carga aplazada, etc.
- Botones de inicio y detección de carga inmediatos.
- Regulador electrónico de carga del autobús.



Cargadores



Pie de poste



Pantógrafo



De inducción



Conectores

	Norte América	Japón	Europa	China	Tesla (exclusivo de la marca)
AC	 J1772 (Type 1)	 J1772 (Type 1)	 Mennekes (Type 2)	 GB/T	
DC	 CCS1	 CHAdeMO	 CCS2	 GB/T	 Tesla



Baterías

Ion-Litio



Baterías		Energía [Wh-kg]		Potencia [Wh-kg]		Rendimiento [%]	Ciclo de Vida [H]	
		Min.	Max.	Min.	Max.		Min.	Max.
Plomo ácido	Pb-ácido	35	50	150	400	80	300	500
Níquel Cadmio	Ni-Cd	30	50	100	150	75	1000	2000
Níquel Hidruro metálico	Ni-MH	60	80	200	300	70	1000	2000
Aluminio aire	Al-aire	200	300	100	100	<50	-	-
Níquel cloruro de sodio	ZEBRA	150	240	230		85	1000	
Polímero de litio	Li-Po	150	200	230		-	500	
Ion de litio	Li-Ion	80	130	200	300	>95	1000	
Litio Ferro fosfato	LFP	200		250	270	85	-	

Nota. Aquí se detalla las características de las baterías como energía específica, rendimiento, ciclo de vida y potencia específica.

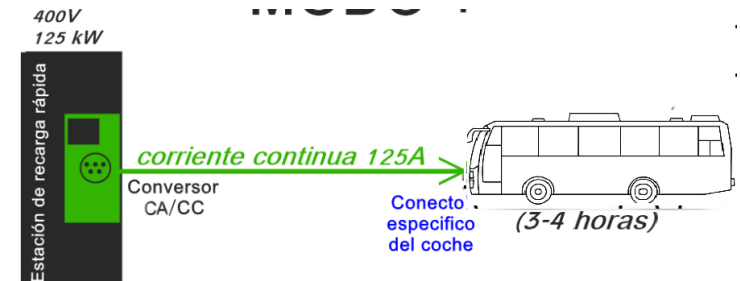
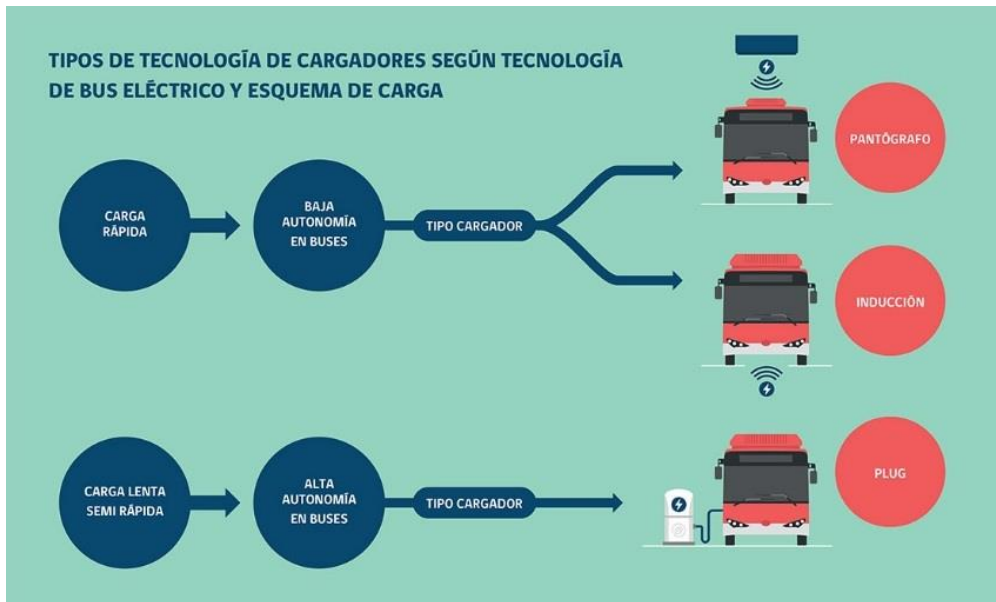
LITIO FERRO FOSFATO



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

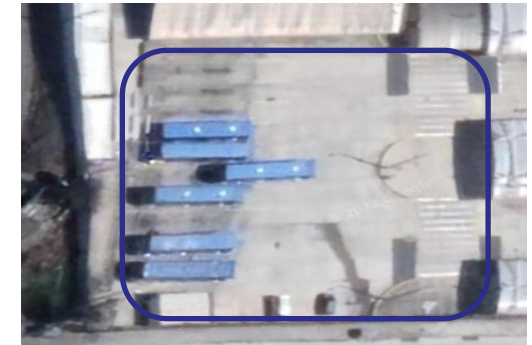
TIPOS DE CARGA

Actualmente en la región, la mayoría de los buses eléctricos se recargan por el método de carga semi rápida, a través de un tomacorriente AC a 440V y 60Hz, con una capacidad de carga de 40kW por cada conector, en un lapso de 4 a 5 horas.



MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA DE LA ELECTROLINERA

Condiciones actuales del terminal Carcelén



La terminal de transporte municipal de Carcelén, está ubicada al norte de Quito en la av. Eloy Alfaro y calle Capri, cerca del barrio del mismo nombre.

Esta área tiene una dimensión de 2106 m² (39m x 54m) y se pretende destinar para la adecuación de la infraestructura de carga



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Rutas existentes en el Terminal Carcelén

Las rutas alimentadoras son:

- Carcelén – Alborada –Bellavista
- Carcelén – Calderón – Cabuyal
- Carcelén – Calderón – Oyacoto
- Carcelén – Colinas del Valle



Estas cooperativas de transportes son “San Juan” y “Calderón”, las mismas comparten 4 rutas que recorren el nororiente de Quito y sus exteriores,



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Rutas alimentadoras del Terminal Carcelén

RUTA: CA47-T. Carcelén – Calderón – <u>Cabuya</u>					
Distancia recorrida por cada viaje (km)	Tiempo de recorrido por viaje (ida y retorno)	Intervalo (minutos)	Numero de vueltas/viajes	Flota autorizada	Promedio Velocidad (km/h)
45.3km	2h:10min	15 minutos	7	9 unidades	40km/h
RUTA: CA48-T. Carcelén – Colinas del Valle					
Distancia recorrida por cada viaje (km)	Tiempo de recorrido por viaje	Intervalo (minutos)	Numero de vueltas/viajes	Flota autorizada	Promedio Velocidad (km/h)
36.52km	1h:40min	35 minutos	9	3 unidades	35km/h
RUTA: CA50-T. Carcelén – Alborada – Bellavista					
Distancia recorrida por cada viaje (km)	Tiempo de recorrido por viaje	Intervalo (minutos)	Numero de vueltas/viajes	Flota autorizada	Promedio Velocidad (km/h)
56.01km	2h:15min	12 minutos	6-7	11 unidades	40km/h
RUTA: CA52-T. Carcelén – Calderón – <u>Oyacoto</u>					
Distancia recorrida por cada viaje (km)	Tiempo de recorrido por viaje	Intervalo (minutos)	Numero de vueltas/viajes	Flota autorizada	Promedio Velocidad (km/h)
40km	1h45min	50 minutos	8-9	2 unidades	37km/h

Nota. Para estos datos no se tomó en cuenta los horarios de feriados ni de fines de semana

(sábados y domingos).



RUTA: CA47-T. Carcelén – Calderón – Cabuyal				
Servicio Horas Unidad/día	Recorrido total Unidad/día (km)	Recorrido total Flota/día (km)	Consumo bus eléctrico (kWh/día)	Consumo Flota (kWh/día)
15h57min	317.10km	2853.9km	294.9	2654.13
RUTA: CA48-T. Carcelén – Colinas del Valle				
Servicio Horas Unidad/día	Recorrido total Unidad/día (km)	Recorrido total Flota/día (km)	Consumo bus eléctrico (kWh/día)	Consumo Flota (kWh/día)
15h55min	328.68km	1007.25km	312.246	936.73
RUTA: CA50-T. Carcelén – Alborada – Bellavista				
Servicio Horas Unidad/día	Recorrido total Unidad/día (km)	Recorrido total Flota/día (km)	Consumo bus eléctrico (kWh/día)	Consumo Flota (kWh/día)
16h10min	336.06km	3696.66km	312.54	3437.89
RUTA: CA52-T. Carcelén – Calderón – Oyacoto				
Servicio Horas Unidad/día	Recorrido total Unidad/día (km)	Recorrido total Flota/día (km)	Consumo bus eléctrico (kWh/día)	Consumo Flota (kWh/día)
16h30min	340km	680km	316.2	632.4
TOTAL (kWh/día)			1235.886	7661.15

RUTA: CA47-T. Carcelén – Calderón – Cabuyal

$$\text{Consumo bus electrico} = \frac{317.1 \text{ km}}{\text{día}} \cdot \frac{0.93 \text{ kWh}}{\text{km}}$$

$$\text{Consumo bus electrico} = 294.9 \text{ kWh/día}$$

$$\text{Consumo de la Flota} = \frac{294.9 \text{ kWh}}{\text{día}} \cdot 9 \text{ buses}$$

$$\text{Consumo de la Flota} = 2654.13 \text{ kWh/día}$$

La tabla se muestra el valor obtenido del consumo en kWh/día para cada unidad y de toda la flota de 25 buses.

Se multiplica la ruta total recorrida del día en km por el consumo que es 0.93 kWh/km (de acuerdo a la especificación del fabricante) del autobús marca BYD.



Resultados del consumo de cada ruta

Se determina que la flota total de 25 buses que opera en el terminal Carcelén consume 7661.15 kWh al día, siendo un valor en donde es factible implementar un centro de transformación ya que excede la capacidad nominal del lugar.

El consumo máximo que requiere la batería de un bus para cada una de las rutas no sobrepasa los $324kWh/día$. (Siendo la ruta CA52 la más alta consumiendo $316.2kWh$ al día).

El recorrido más largo en un día, que hace la unidad es en la ruta CA52-T, recorriendo 340km. Esto no significa que sea la ruta más larga, sino que al no poseer tantas unidades habilitadas para este recorrido se fuerza mucho las que se encuentran disponibles.

Según las especificaciones el modelo del bus K9G, tiene una autonomía de +250km, y acorde al kilometraje total que recorre una unidad al día (340km), significa que para que las unidades eléctricas puedan operar sin ningún riesgo de desabasto eléctrico se necesita realizar algunos cambios en la gestión de transporte en este terminal.



Consideraciones para la eficiencia del bus

Considerando que al final de cada jornada laboral se debe realizar la recarga respectiva del autobús eléctrico en un horario nocturno de 8 horas, esta se lo puede hacer desde las 22:00pm hasta las 8:00am, además que en ese horario el costo del kW/h oscila en los 8ctvs para carga específicamente de buses eléctricos.

Se debe tener un uso moderado del aire acondicionado debido a que este utiliza energía de la batería para su funcionamiento y por ende desfavorece el rendimiento de la misma durante la ruta.

La demanda energética para un autobús eléctrico también depende mucho de la velocidad, distancia de la ruta, número de pasajeros, temperatura, topografía, calidad de la vía y comportamiento del conductor.



Infraestructura eléctrica del terminal

La potencia disponible de este lugar se determina de acuerdo al transformador existente, que es de 125 kVa. Como se trata de un predio municipal y representa varias áreas comerciales entonces su factor de potencia también es para uso comercial 0.85, acorde a la normativa de distribución de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ). Siendo así la potencia real del lugar en kilovatios es de 106.25kW aproximadamente.

Se trata de un transformador trifásico tipo poste, con relación 22 kV - 220/127 V, conexión Estrella - Estrella



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Elección del cargador

El cargador que se escoge es el modelo EVA080K1/01 del tipo AC de carga semirápida (ver figura 41), esta cumple con el estándar europeo TIPO 2 o MENNEKES, suministrando energía eléctrica a una potencia de un poco más 80kw por medio de dos pistolas de alimentación de 43kw cada una que pueden ser conectadas al bus de manera individual o simultánea, depende la estimación de recarga requerida (para ambas pistolas en simultaneo 4h).



Características Técnicas Manual BYD

Voltaje Nominal	400 VAC 3-phase
Corriente de entrada	≤126 [A]
Potencia de entrada	≤80 [kW]
Frecuencia	50-60 [Hz]
Voltaje de salida	400 VAC 3-phase
Corriente de salida	≤126 [A]
Potencia de salida	≤80 [kW]
Tipo de conector de carga	GB/T 20234-2012

Nota. Tomado de Mecánica En Acción. (2022, 17 marzo).



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Dimensionamiento del Transformador eléctrico

Potencia nominal del centro de carga

Cálculo de la demanda de potencia del centro de carga

Punto de Carga	Tensión (V)	Potencia (kW)	Potencia (kVA)	Factor Potencia	Cantidad	Potencia Total (kW)	Potencia Total (kVA)
Cargador	400	80	84.21	0.95	6	480	505.26

Nota. El valor del factor de potencia de los cargadores se destina a 0.95 de acuerdo a la normativa vigente para sistemas de distribución de le EEQ.

CARGA TOTAL DEMANDADA (KW) = 480KW

POTENCIA NOMINAL DEMANDADA (KVA) = 505.26KVA

Ante la limitada área disponible en donde se pretende implementar la electrolinera, se considera más factible utilizar 2 transformadores tipo pedestal de 300kVA cada uno, con una potencia activa 285kW cada uno.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Previsión de cargas para el centro de carga

Demanda máxima diversificada (DMD)

- ESTRATO A
- 15,06kW y 21.09kW

Demanda de Diseño (DD)

- Para las cargas de un transformador: 16.032 kW
- Para las cargas totales de la electrolinera: 22.422 kW

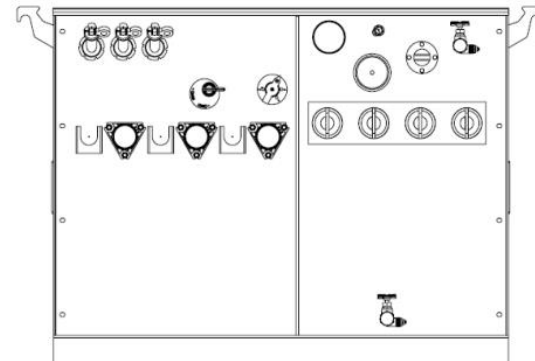
Demanda máxima Unitaria (DMU)

- $480kW = 505.26 kVA$
- Factor de Demanda =1



Instalación en media tensión

Selección del Transformador



Características y dimensiones del transformador

POTENCIA <u>kVA</u>	Dimensiones aproximadas			Voltaje Primario <u>(kV)</u>	Voltaje Secundario <u>(V)</u>	Frecuencia <u>(Hz)</u>	Peso (Kg)
	L(mm)	P(mm)	H (mm)				
300 <u>kVA</u>	1500	1250	1325	13.2	400	60	1580



Cálculos del transformador

Corriente del transformador

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p}$$
$$I_p = \frac{300kVA}{\sqrt{3} \cdot 13.2kV} = 13.12A$$

$$I_s = \frac{S}{V_s}$$
$$I_s = \frac{300kVA}{\sqrt{3} \cdot 0.40kV} = 433.01A$$

Relación de Transformación

$$K = \frac{V_p}{V_s} = \frac{13200V}{400V} = 33$$

Corriente de corto circuito

$$I_n = \frac{\text{Capacidad kVA}}{\sqrt{3} \cdot V_p}$$
$$I_{cc} = \frac{I_n}{Z}$$

$$I_n = \frac{300kVA}{\sqrt{3} \cdot 0.40kV} = 433.01A$$
$$I_{cc} = \frac{433.01A}{\frac{4.5}{100}} = 96.22kA$$



Protecciones del transformador

Interruptor general

Para determinar la protección del IG se debe seguir la siguiente relación:

$I_{conductor}$ = Es la corriente que admite el conductor, según la *tabla 15* este mismo soporta 455A en instalaciones aéreas

$$I_p < I_{Int.General} < I_{conductor}$$

$$13.12A < I_{Int.General} < 455A$$

Además, esta debe tener un factor de seguridad del 25% (1.25)

Fusibles

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR (KVA)	FUSIBLE BAY-O-NET DUAL SENSING	FUSIBLE LIMITADOR (ELSP) [=] A
30	C03	30
45	C03	30
75	1 - C05 2 - C05	1 - 30 2 - 40
112.5	1 - C05 2 - C05 3 - C08 4 - C08	1 - 30 2 - 40 3 - 80 4 - 100
150	1 - C08 2 - C08	1 - 80 2 - 100
225	1 - C08 2 - C08 3 - C10 4 - C10	1 - 80 2 - 100 3 - 80 4 - 100
300	1 - C08 2 - C08 3 - C10 4 - C10	1 - 80 2 - 100 3 - 80 4 - 100
400	1 - C10 2 - C10 3 - C12 4 - C12	1 - 100 2 - 125 3 - 125 4 - 150
500	1 - C10 2 - C10 3 - C12 4 - C12	1 - 100 2 - 125 3 - 125 4 - 150

Selección de fusibles en transformadores pedestal trifásicos con conexión primaria en delta y tensión primaria 13200 Voltios.



Celda de medida de corriente y tensión



Celda SM6-24 GBC-A

Celda de protección con interruptor y seccionador de aislamiento

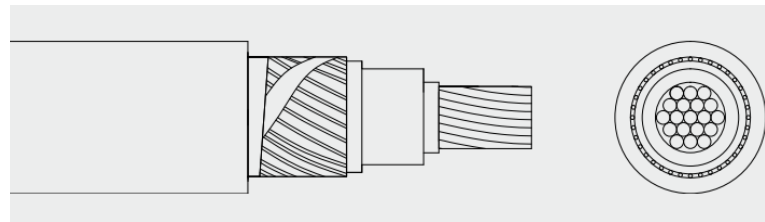


SM6 IM



Conductores en MT

X-VOLT RHZ1 de Aluminio (12/20kV), este cable tiene aislamiento tipo XLPE, libre de halógenos.



Especificaciones técnicas de los conductores de media tensión

Sección transversal (mm ²)	Dimensiones			Peso (kg / km)	Datos Eléctricos		Intensidades máximas	
	Ø Cond. (mm)	Ø Ais. (mm)	Ø Ext. (mm)		X (Ω/km a 50Hz)	C (μF/km a 50Hz)	Al aire (40°) (A)	Enterrados (25°) (A)
240 (1)	18	30.4	39.5	1618	0.109	0.290	455	345
70 (2)	9.8	22.2	30.7	910	0.131	0.191	210	170

- (1) Conductor aislado de aluminio, clase 12/20kv 3x240 mm² + 1x240 mm²: CO-RHZ1-3x240 (240).
- (2) Conductor aislado de aluminio, clase 12/20kv 3x70 mm² + 1x70 mm²: CO- RHZ1-3x70 (70).



INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

Conductores de baja tensión

Para las líneas en BT se usarán conductores de cobre TTU de aislamiento con Polietileno reticulado (XLPE) y un nivel de tensión de 2kV

Características de los cables TTU tensión 2kV para BT

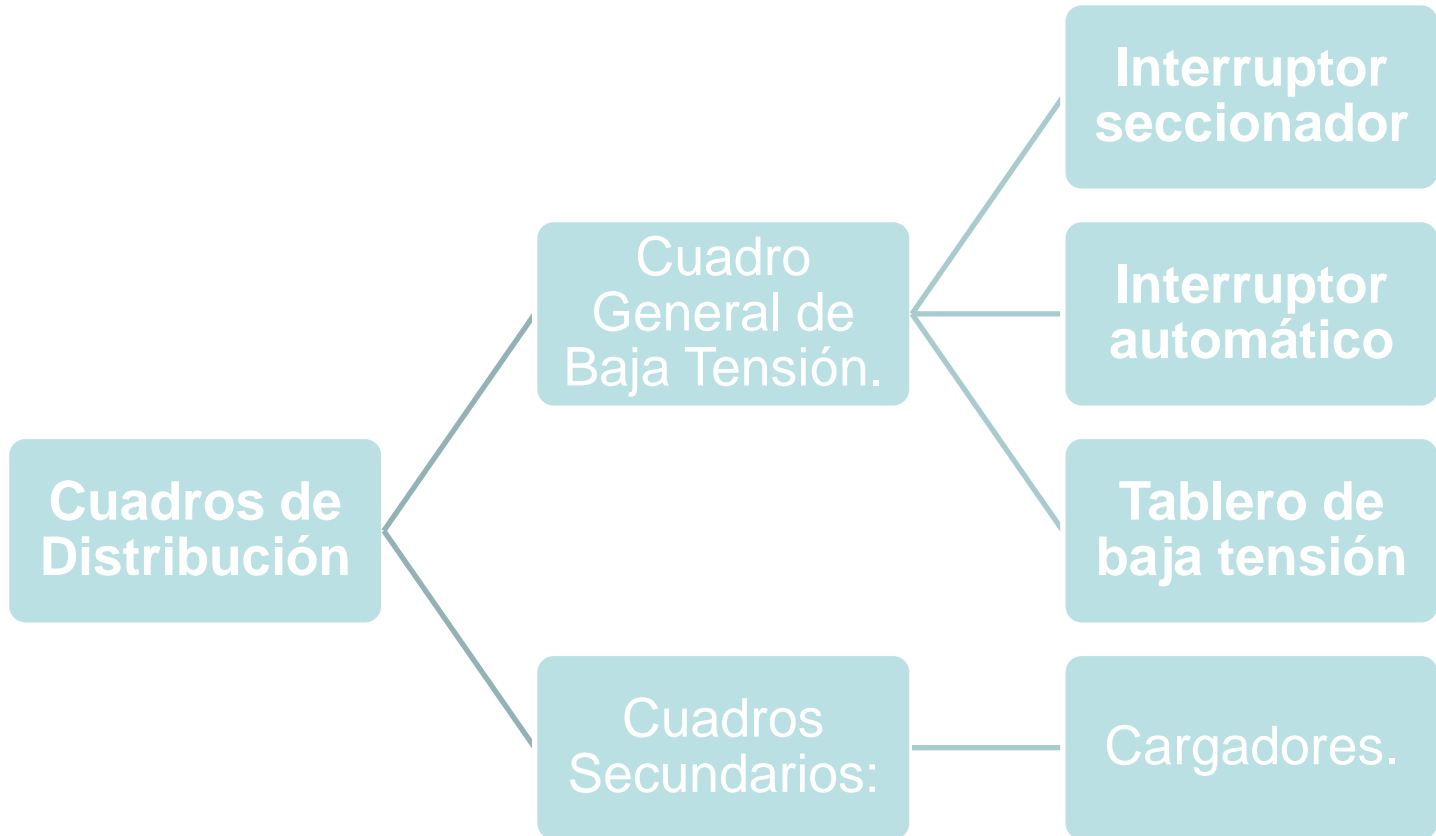
Calibre	Sección n	Espesor aislación	Espesor chaquet a	Diámetro exterior	Peso total	Res. Max. a 20°C	Capacidad corriente A
							Ducto enterrado/al aire libre
AWG	mm ²	mm	mm	mm	Kg/km	CCΩ/km	Temp. 30°C
1/0 (1)	53.5	1.65	1.14	14.8	600	0.329	170
2/0 (2)	67.4	1.65	1.14	15.8	737	0.261	195



- (1) Conductor de aislación XLP, clase 2kV, 53.5mm 1/0: CO-TTU-3X/1(1/0)
- (2) Conductor de aislación XLP, clase 2kV, 67.4mm 2/0: CO-TTU-3X/2(2/0)



Cuadros de Distribución



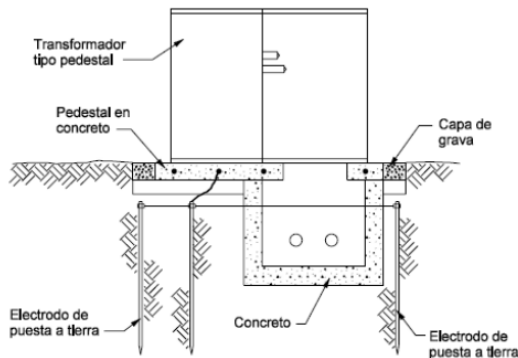
Protecciones de baja tensión

Cuadro general de Distribución

Se asigna una tensión trifásica de 400 VAC, a frecuencia de 60 Hz

Puesta a tierra

Los valores que se deben obtener para las instalaciones subterráneas son 5 ohmios. Para la puesta a tierra se recomienda usar varillas de copperweld de 1.8m - 2.4m con suelda exotéri



Protección de cargadores

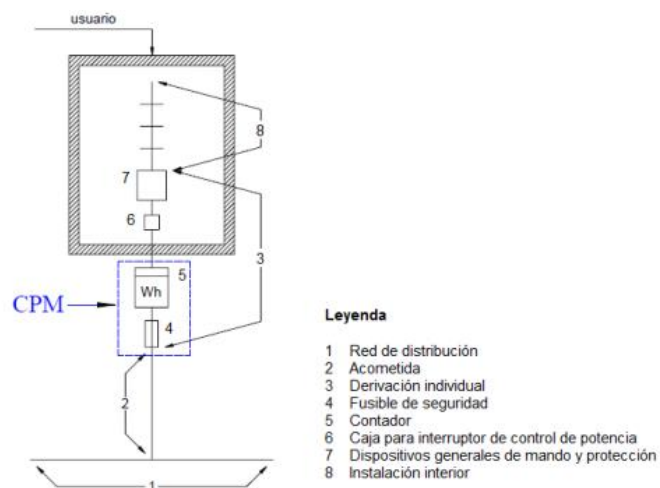
Interruptor seccionador: Corte de carga a 300 A, 400 V, 60 Hz, 3 polos más neutro.

Protección de conductores

Interruptor automático: 4 polos, corriente asignada 160 A, sensibilidad 30mA



Contador principal



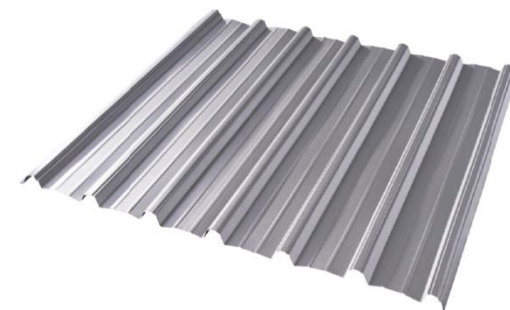
Armario homologado en el que se coloca un medidor electrónico con puerto para gestión de medición remota

Poste de Hormigón



Hormigón Armado tipo circular de 14m.

Infraestructura Metálica



Super Techo Cubierta de Acero 0.30 mm



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Presupuesto para la implementación

Costo de las celdas de seccionamiento

Equipos	Detalles	No. Unidades	Costo V/U (\$)	Herramientas V/U (\$)	Subtotal (\$)
Seccionador 3 Ø	SM6-24 GBC-A	2	700	60	1570
	SM6-IM	2			
Puestas a tierra (cable de 50mm ²)	Varillas <u>copperweld</u>	2	700	60	820
Zanja	Tipo 1	30 metros	40	-	1200
TOTAL			1365	240	5980



Infraestructura en MT y BT

Equipos	Detalles	No. Unidades	Costo V/U (\$)	Herramientas/ Inst. (V/U) (\$)	Subtotal (\$)
Transformador 3 Ø	Tipo pedestal 300kVA	2	34000	6000	80000
Pozo de revisión	Tipo B	3	200	20	660
Poste de Hormigón	Tipo circular 14m (800kg)	2	1000	350	2700
Tablero de Distribución	Armario Metálico, Protecciones	2	1000	45	2090
Puesta a tierra	Varillas Copperweld	2	1700	120	3520
Cables en MT	RHZ1, Aluminio, XLPE, (70 mm ²)	20 metros	8.08\$/metro	-	161.6
Acometida MT 13.2KV	RHZ1, Aluminio, XLPE, (240 mm ²)	50 metros	11.7\$/metro	-	585
Cables en BT 2KV	TTU, AWG 1/0 (53.5mm ²)	100 metros	7.46\$/metro	-	746
	TTU, AWG 2/0 (67.4mm ²)	50 metros	9.69\$/metro	-	484.5
TOTAL					90947.1



Instalación del centro de carga

Equipos	Modelo	No. Unidades	Costo V/U (\$)	Instalación (\$)	Subtotal (\$)
Cargadores eléctricos	EVA080K1 Tipo AC	6	6500	3500	60000
Cuadro secundario	Protecciones	2	1740	40	1780
Estructura metálica	Pórticos de acero A36	6	35	20	330
	Cubierta	-	40	-	40
TOTAL					62150

Costo total de la electrolinera

INFRESTRUCTURA	Costo Total (\$)
CELDAS DE SECCIONAMIENTO	5980
INFRAESTRUCTURA EN MT Y BT	90947.1
CENTRO DE CARGA	62150
TOTAL	159071.1



Comparativa técnica de buses eléctricos y a diésel

Características	Bus a diésel	Bus eléctrico (K9G)
Costo Unidad (\$)	125000	400000
Potencia (HP)	220 – 240	402
Longitud (mm)	12000	12540
Capacidad de pasajeros	De pie:	De pie:
	Sentados:	Sentados:
	45	49
	35 + chofer	31 + 1 chofer
Tipo de freno	Freno neumático doble circuito, tambor	Freno de disco, freno neumático
Tipo de transmisión	Manual	Automática
Numero de marchas	6 adelante - marcha atrás	3, delante, neutro y retro
Aire acondicionado	La mayoría no dispone	SI
Eficiencia	9 km/galón	0.93km/kwh
Costo (\$/km)	0.44	0.10
Costo (\$/día)	40	12.96
Costo (\$/mes)	1280	388.8
Emanación CO2	SI	NO
Características	Bus a diésel	Bus eléctrico (K9G)
Capacidad de depósito	300 <u>lts.</u>	324kw
Tiempo de suministro (min)	10	210 (Carga rápida)
		420 (Carga lenta)
Cambio de pastillas en los frenos	Cada 150000 km	Cada 40000 km
Vida útil	10 años	15 años



Proyección de ganancias a largo tiempo

COSTO DE OPERACION DEL BUS AL MES			
Bus a diésel	Costo (\$)	Bus eléctrico	Costo (\$)
Electricidad	0.00\$	Electricidad	780\$
Pago al ayudante	300\$	Pago al ayudante	300\$
Pago al operador	450\$	Pago al operador	450\$
Combustible (Diésel)	1982.2\$	Combustible (Diésel)	0.00\$

MANTENIMIENTO DEL BUS AL MES			
<i>Bus a diésel</i>		<i>Bus eléctrico</i>	
Costo mantenimiento	1280\$	Costo mantenimiento	555\$
Costos de operación y mantenimiento total al mes (\$)	4012.2\$	Costos de operación y mantenimiento total al mes (\$)	2085\$
Costos de operación y mantenimiento al día (\$)	133.74\$	Costos de operación y mantenimiento al día (\$)	69.5\$



Bus eléctrico

Bus a diesel

“A diario, en promedio, un bus transporta 850 pasajeros y de estos el 20% son escolares”, (El Comercio, 2014). Según estos datos, con el valor de 0.35 ctvs., la tarifa del pasaje, se consideraría un ingreso de total de un bus al día es 267.75\$.

INGRESOS DE OPERACION		GASTOS DE OPERACION	
Al día	Al mes	Al día	Al mes
267.75 (\$)	8032.5 (\$)	69.5\$	2085\$

INGRESOS DE OPERACION		GASTOS DE OPERACION	
Al día	Al mes	Al día	Al mes
267.75 (\$)	8032.5 (\$)	133.74\$	4012.2\$

GANANCIA REMANENTE BUS ELECTRICO

Porcentaje		Dinero	
Al día/mes	Al día	Al mes	Al año
+74.04%	198.25 (\$)	5947.5 (\$)	71370 (\$)

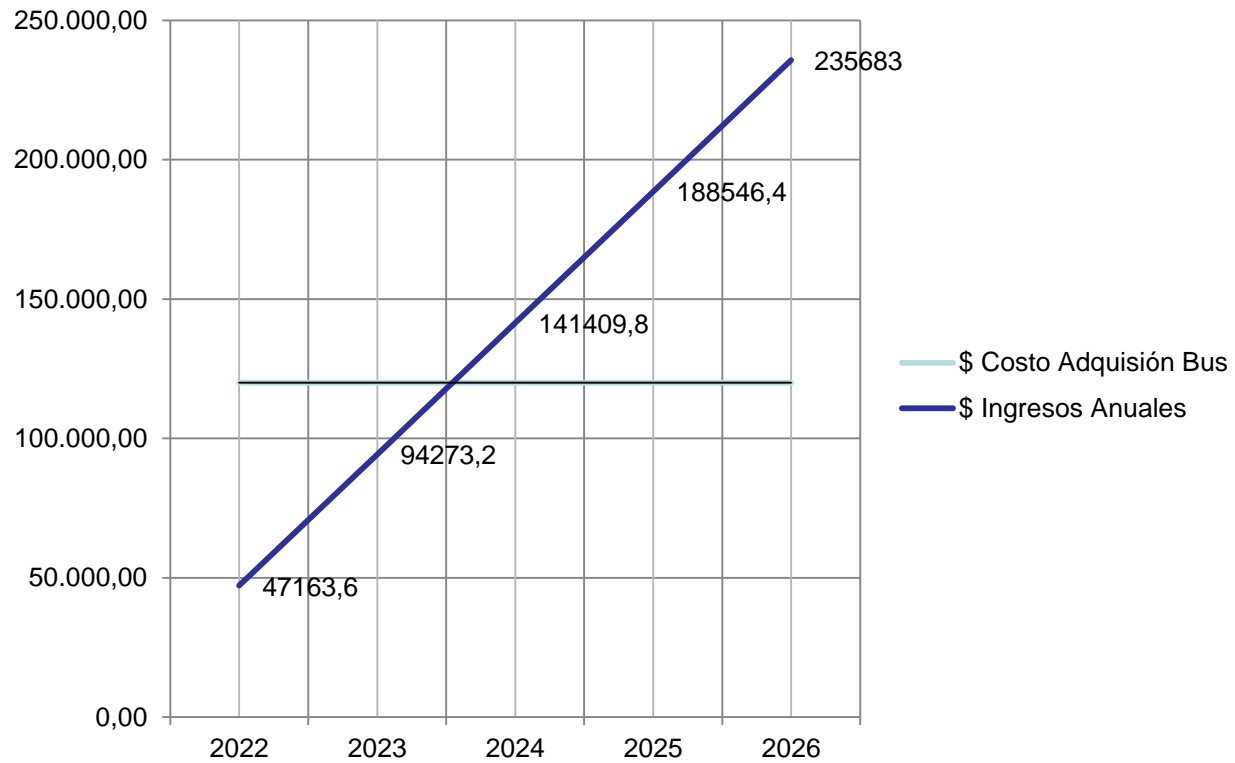
GANANCIA REMANENTE BUS A DIESEL

Porcentaje		Dinero	
Al día/mes	Al día	Al mes	Al año
+49.9%	134.01 (\$)	3930.3 (\$)	47163.6 (\$)

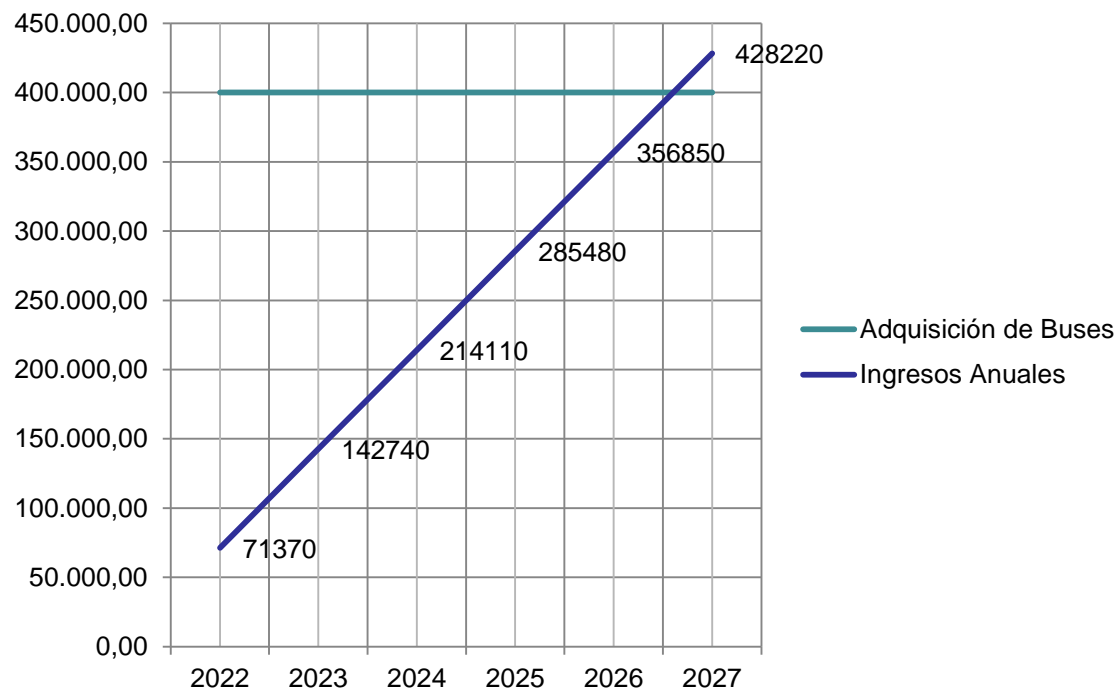


Recuperación de la inversión

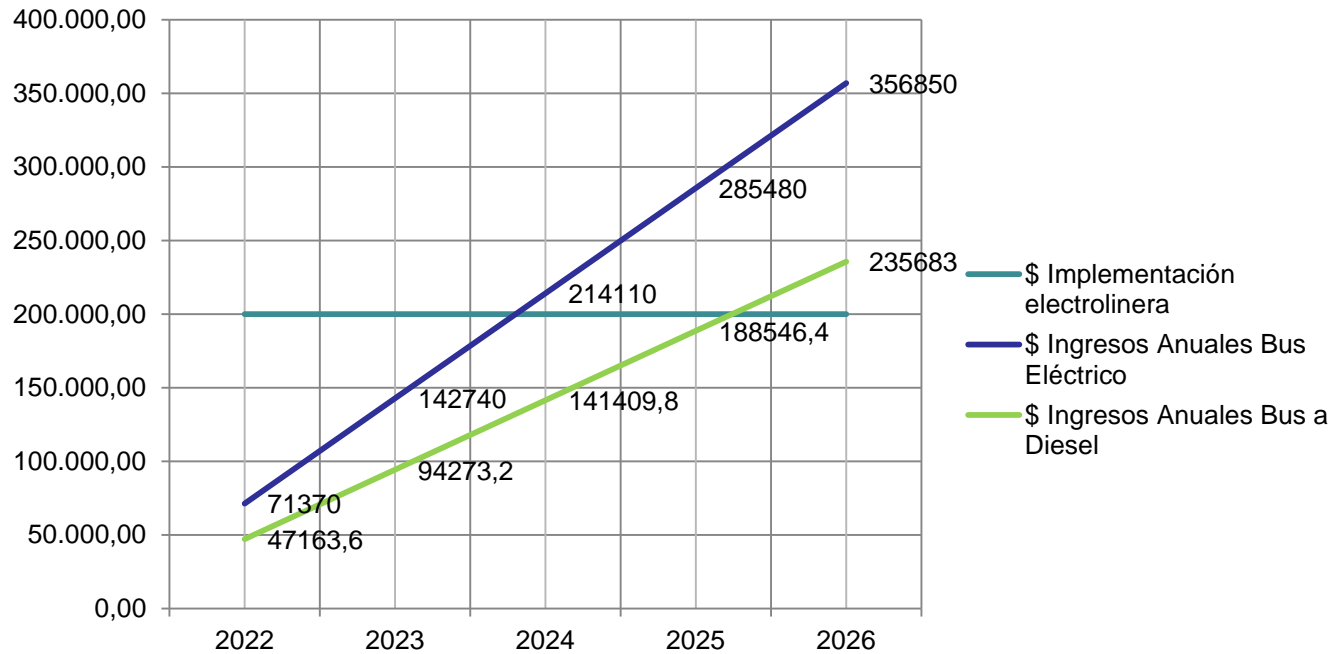
Proyección de recuperación de la inversión para un bus a diésel



Proyección de recuperación de la inversión para un bus eléctrico



Inversión en el centro de carga



CONCLUSIONES

De acuerdo al plan de rutas que tienen las empresas de buses en el terminal, el recorrido más largo en Km al día efectuada por un bus es de 340km, demandando 316.2 kWh/día y gastando el 97% de la capacidad de su batería, lo que hace factible la operación del autobús eléctrico para dicha ruta, teniendo en consideración la recarga nocturna del mismo en un tiempo máximo de 8 horas.

Considerando que el terminal tiene disponibilidad para operar 25 buses al día, y el centro de carga tiene una capacidad máxima de 12 buses, para lograr la operatividad de las unidades eléctricas se propone una nueva gestión en el estructuramiento de rutas, en donde los turnos y frecuencias de los buses sean despachadas alternadamente (buses eléctricos/buses a diésel), para que así los 12 buses eléctricos no tengan demasiada demanda energética y además se puedan cargar correctamente al mismo tiempo.

Mediante este estudio se identificó varias ventajas para el uso del transporte eléctrico, una de ellas se plasma en el costo de operación y mantenimiento de las unidades, ya que estas se reducen hasta un 74% (según la tabla 26) frente a la tecnología diésel de los buses tradicionales.

Según el estudio de factibilidad realizado, el tiempo para reponer el costo de la compra de un autobús eléctrico es mayor con respecto a uno a diésel (4 años y medio), ya que la inversión demanda mucho dinero, sin embargo, es factible debido a que el tiempo de vida útil del bus eléctrico es de 15 años.

Para la recuperación del capital invertido en la implementación de la electrolinera se tomará aproximadamente 2 años 9 meses; será en menor tiempo que un bus a diésel, debido al bajo costo de operatividad y mantenimiento que este tiene, de acuerdo a la gráfica de la figura 60 y la tabla 24



RECOMENDACIONES

Con respecto a la carga de los buses se recomienda cargar el bus a unos 80kw y 100kw, debido a que la regeneración de las baterías aumenta al usar mucha potencia en su carga, aminorando el tiempo de vida útil.

Se debe inculcar a los conductores de buenas técnicas de manejo para los buses eléctricos, ya que es primordial la autonomía que estos automotores llegan a tener de acuerdo a la conducción de los choferes.

Es trascendental que las autoridades escojan o definan un estándar nacional ecuatoriano de cargadores (CHAdeMO, CCS, Supercharger, GB/T), ya que es más fácil que las empresas instalen las electrolineras en todo el país con la normalización de un solo tipo de cargador.



**MUCHAS GRACIAS
POR VUESTRA
ATENCIÓN.**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA