

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA



UCSC

Modelación de Flujo Estocástico para buses eléctricos en electrolinerías Lipigas S.A.

Diego Jesús Sánchez Henríquez

Informe de Habilitación Profesional para optar al título de:
Ingeniero Civil Eléctrico

Profesor Guía:
Dr. Eduardo Wladimir Arriagada Carrasco

Concepción, Julio (2018)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
Facultad de Ingeniería
Departamento de Medio Ambiente y Energía

Profesor Patrocinante:
Dr. Eduardo W. Arriagada C.

Modelación de Flujo Estocástico para buses eléctricos en electrolinerías Lipigas S.A.

Diego Jesús Sánchez Henríquez

Informe de Habilitación Profesional
para optar al Título de

Ingeniero Civil Eléctrico

Julio 2018

Resumen

En los últimos años, Chile ha tenido como meta el convertirse en un actor relevante de la electromovilidad, teniendo como ejemplo España y Noruega, potencias mundiales en vehículos eléctricos, realidad hace años en ambos países. Chile busca dar los primeros pasos introduciendo buses eléctricos que logren descontaminar las ciudades con altos niveles de gases contaminantes. Los buses eléctricos tienen un sistema de carga que en 5 horas permite una capacidad y autonomía de 250 km. Para que estos buses puedan operar se requiere una infraestructura eléctrica necesaria para proveerlos de energía, estos puntos de carga son escasos en Chile, por lo cual Lipigas S.A busca posicionarse y dar pie a una iniciativa a la cual ofrece alimentar electrolinerías a través de un grupo electrógeno a gas licuado petróleo, sujeta a aspectos legislativos de acuerdo al Decreto de ley N°4/2018 de 2006, la cual señala que la carga de vehículos eléctricos deben cumplir con la normativa internacional IEC 611851-1.

Esta tesis propone una metodología que permita la toma de decisiones de factibilidad técnico - económica en base al número proyectado de buses eléctricos capturados en un año a través de una modelación de flujo estocástico, logrando una rentabilidad con sustento en el precio de venta del kW.

A los alumnos del pasado, presente y futuro de la carrera de Ingeniería Civil Eléctrica de la U.C.S.C.

Agradecimientos

A lo largo de este hermoso camino, a punto de finalizar una etapa de mi vida y un gran logro personal, me gustaría empezar agradeciendo a mi abuelita Eliana Reyes por esos abrazos llenos de energía y amor, por su contagiosa alegría y apoyo en cada paso que voy dando hacia mi futuro.

Además, agradecer a mi familia y queridos padres Claudia Henríquez y Charles Sánchez, quienes desde pequeño me han dado más del alcance de su mano para ir formando mis estudios académicos, su apoyo es fundamental en cada paso de mi vida y nunca dejaré de agradecerles.

A mi hermanito Martín por tener esa complicidad tan especial, que hace de mis días solo risas, por él nunca me rindo, sé que algún día seguirá los mismos pasos y estaré ahí para sostenerlo desde abajo.

Quisiera reconocer también a una persona especial, Pía Ortiz, por ser el más grande apoyo en mis años de universitario, estar presente en las malas y buscar una solución, sacarme de los más grandes apuros y cuidarme cuando estoy enfermo.

Agradezco también a mi Tía Ani y Tío Lalo por adoptarme durante 6 años de carrera, nunca faltarme un plato de comida y una buena conversación.

No puedo dejar de mencionar a mis amigos, grandes personas que me acompañaron en este largo camino, Sebastián Ramos, Mauricio Díaz, Gabriel Freire y Hugo Muñoz, sin duda hicieron que estos años pasaran rápido, entre risas, amistad y cervezas, porque nunca existió competitividad y siempre estuvo la ayuda sin pedir nada a cambio, sería un agrado tenerlos como amigos el resto de mi vida.

A mi profesor guía Eduardo W. Arriagada por sus conocimientos, necesarios para lograr los resultados de la tesis, su disponibilidad en cualquier momento del día incluso en sus vacaciones.

A Nicolás Hidalgo, jefe GNL de Lipigas, por confiar en mi capacidad como profesional y llevar a cabo este difícil proyecto, el cual me abre puertas al mundo laboral.

Decirles a todos que esto no termina aquí, que siguen nuevos desafíos en el área eléctrica, y que no importa el momento ni el lugar, siempre estaré con ustedes, porque la amistad para mi es lo más valioso.

Tabla de contenido

NOMENCLATURA	7
ABREVIACIONES	8
LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE FIGURAS	10
1.INTRODUCCIÓN	11
1.1 ESTADO DEL ARTE	12
1.2 SITUACIÓN ACTUAL CHILE.....	21
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	25
2.MODELACIÓN DE FLUJO DE LA ESTACIÓN DE CARGA	29
3.CALCULO DE LA INSTALACIÓN	34
3.1 SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES.....	36
3.2.PROTECCIONES.....	39
4. FLUJO DE CAJA	42
4.1 OBTENCIÓN DE RESULTADOS	43
4.2 RESULTADOS FLUJO DE CAJA	45
5. RESULTADOS	51
5.1 RESULTADOS MODELO.....	51
5.2 ANÁLISIS ESTOCÁSTICO	56
5.3 RESULTADOS ESPECÍFICOS	71
6. CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXO A GENERADOR GLP	77
<i>Ficha Técnica Generador GLP DG88</i>	77
ANEXO B COSTO GLP Y KW LIPIGAS	80
ANEXO C TABLAS SECCIÓN DEL CONDUCTOR	84
ANEXO D CÓDIGO MATLAB	86

Nomenclatura

Nomenclatura de programación para seguir el código matlab, anexo D.

Matrices

V_1	: matriz de parámetros de dimensión $2 \cdot n$.
V_E	: matriz de parámetros de dimensión $4 \cdot n$.
CV_E	: matriz de parámetros de dimensión $2 \cdot n$.
$CVEL_1$: matriz de parámetros de dimensión $4 \cdot n$.
$CVEL_2$: matriz de parámetros de dimensión $4 \cdot n$.
$CargaVE_1$: matriz de parámetros de dimensión $2 \cdot n$.
$dcargab_1$: matriz de parámetros de dimensión $4 \cdot n$.
$dcargab_2$: matriz de parámetros de dimensión $4 \cdot n$.
$tcargam$: matriz de parámetros de dimensión $2 \cdot n$.
$tcargal$: matriz de parámetros de dimensión $2 \cdot n$.
$tcargap$: matriz de parámetros de dimensión $2 \cdot n$.

Vectores

VEL_1	: vector de n variables de estados, $\mathbf{VEL1} = [VEL1_1 \ VEL1_2 \ \dots \ VEL1_n]^T$
VEL_2	: vector de n variables de estados, $\mathbf{VEL2} = [VEL2_1 \ VEL2_2 \ \dots \ VEL2_n]^T$
Cb_1	: vector de n variables de estados, $\mathbf{Cb1} = [Cb1_1 \ Cb1_2 \ \dots \ Cb1_n]^T$
Cb_2	: vector de n variables de estados, $\mathbf{Cb2} = [Cb2_1 \ Cb2_2 \ \dots \ Cb2_n]^T$
MCb_1	: vector de n variables de estados, $\mathbf{MCb1} = [MCb1_1 \ MCb1_2 \ \dots \ MCb1_n]^T$
MCb_2	: vector de n variables de estados, $\mathbf{MCb2} = [MCb2_1 \ MCb2_2 \ \dots \ MCb2_n]^T$
Xb_1	: vector de n variables de estados, $\mathbf{Xb1} = [Xb1_1 \ Xb1_2 \ \dots \ Xb1_n]^T$
Xb_2	: vector de n variables de estados, $\mathbf{Xb2} = [Xb2_1 \ Xb2_2 \ \dots \ Xb2_n]^T$
Zb_1	: vector de n variables de estados, $\mathbf{Zb1} = [Zb1_1 \ Zb1_2 \ \dots \ Zb1_n]^T$
Zb_2	: vector de n variables de estados, $\mathbf{Zb2} = [Zb2_1 \ Zb2_2 \ \dots \ Zb2_n]^T$
$Carga_VE_1$: vector de n variables de estados, $\mathbf{CargaVE1} = [Carga_VE1_1 \ Carga_VE1_2 \ \dots \ Carga_VE1_n]^T$
$Carga_VE_2$: vector de n variables de estados, $\mathbf{CargaVE2} = [Carga_VE2_1 \ Carga_VE2_2 \ \dots \ Carga_VE2_n]^T$
$dcarga_1$: vector de n variables de estados, $\mathbf{dcarga1} = [dcarga1_1 \ dcarga1_2 \ \dots \ dcarga1_n]^T$
$dcarga_2$: vector de n variables de estados, $\mathbf{dcarga2} = [dcarga2_1 \ dcarga2_2 \ \dots \ dcarga2_n]^T$
$tcarga_{1m}$: vector de n variables de estados, $\mathbf{tcarga1m} = [tcarga1m_1 \ tcarga1m_2 \ \dots \ tcarga1m_n]^T$
$tcarga_{2m}$: vector de n variables de estados, $\mathbf{tcarga2m} = [tcarga2m_1 \ tcarga2m_2 \ \dots \ tcarga2m_n]^T$
$tcarga_{1l}$: vector de n variables de estados, $\mathbf{tcarga1l} = [tcarga1l_1 \ tcarga1l_2 \ \dots \ tcarga1l_n]^T$
$tcarga_{2l}$: vector de n variables de estados, $\mathbf{tcarga2l} = [tcarga2l_1 \ tcarga2l_2 \ \dots \ tcarga2l_n]^T$
$tcarga_{1p}$: vector de n variables de estados, $\mathbf{tcarga1p} = [tcarga1p_1 \ tcarga1p_2 \ \dots \ tcarga1p_n]^T$
$tcarga_{2p}$: vector de n variables de estados, $\mathbf{tcarga2p} = [tcarga2p_1 \ tcarga2p_2 \ \dots \ tcarga2p_n]^T$

Abreviaciones

Mayúsculas

G.L.P.	: Gas licuado petróleo.
V.E.	: Vehículo eléctrico.
R.M.	: Región Metropolitana.
C.C.	: Corriente Continua.
U.V.	: Ultravioleta.
I.E.C	: Comisión Electrotécnica Internacional
CO ₂ .	: Dióxido de Carbono.
M.	: Millones.
A.CH.S.	: Asociación Chilena de Seguridad.

Lista de Tablas

Tabla 1.1 Ubicación Electrolineas.....	23
Tabla 3.1 Factor de Corrección por variación de temperatura ambiente.....	40
Tabla 3.2 Factor de Corrección por cantidad de conductores en la tubería.....	41
Tabla 4.1 Tabla Organizadora.....	45
Tabla 4.2 Tabla Organizadora 4 electrolineas.....	46
Tabla 4.3 Tabla Organizadora 5 electrolineas.....	46
Tabla 4.4 Tabla Organizadora 6 electrolineas.....	47
Tabla 4.5 Tabla Organizadora 7 electrolineas.....	47
Tabla 4.6 Tabla Organizadora 8 electrolineas.....	48
Tabla 4.7 Tabla Organizadora 9 electrolineas.....	48
Tabla 4.8 Tabla Organizadora 10 electrolineas.....	49
Tabla 4.9 Inversión Inicial.....	50
Tabla 5.1 Tabla Frecuencias	58
Tabla 5.2 Análisis Estadístico.....	59
Tabla 5.3 Tabla Frecuencias	63
Tabla 5.4 Análisis Estadístico	64
Tabla 5.5 Tabla Frecuencias	66
Tabla 5.6 Análisis Estadístico.....	67
Tabla 5.7 Tabla Frecuencias	69
Tabla 5.8 Análisis Estadístico.....	70
Tabla 8.2.1 Precio de Venta kW.....	71

Lista de Figuras

Fig 1.1 Mapa electrolinerías Santiago (Chile).....	14
Fig 1.2 Enchufe Schuko.....	15
Fig 1.3 Conector SAE J1772.....	15
Fig 1.4 Conector Mennekes.....	16
Fig 1.5 Conector Único Combinado o CCS	16
Fig 1.6 Conector CHAdeMO.....	16
Fig 1.7 Electrolinería alimentada a base de glp.....	26
Fig 1.8 Diagrama de flujo de la Metodología utilizada.....	28
Fig 2.1 Elección del chofer de una electrolinería.....	29
Fig 3.1 Puntos de Referencia.....	35
Fig 4.1 Flujo de Caja.....	44
Fig 5.1 Diagrama de flujo de un proceso de carga	56
Fig 5.2 Carga de entrada de un bus eléctrico	57
Fig 5.3 Carga de entrada Porcentual.....	59
Fig 5.4 Porcentaje de carga en electrolinería.....	60
Fig 5.5 Carga de salida de un bus eléctrico	61
Fig 5.6 Tiempo de carga de un bus eléctrico	62
Fig 5.7 Tiempo de carga	64
Fig 5.8 Litros gas licuado petróleo utilizados	65
Fig 5.9 Litros glp utilizados.....	67
Fig 5.10 kW generados para carga de buses eléctricos	68
Fig 5.11 kW generados.....	70

1. Introducción

Las estaciones de carga eléctrica o electrolinerías son un lugar que provee energía para la recarga rápida de las baterías de los vehículos eléctricos o híbridos.

Actualmente existen en el mundo dos tipos de electrolinerías: a) Las de recarga, que consiste en que los vehículos eléctricos se conectan directamente a un enchufe que proporcionan la carga a las baterías. b) La electrolinería de intercambio de baterías, son más rápidas, ya que las baterías descargadas del vehículo simplemente son cambiadas. En Chile, existen 27 electrolinerías pertenecientes a la empresa ENEL de las cuales 24 están ubicadas en la región metropolitana, 2 en la ciudad de Viña del Mar y 1 en Concepción [1].

Inicialmente, un vehículo eléctrico demoraba 30 minutos en lograr una carga al 100%. Con las nuevas tecnologías en la configuración de carga de baterías, este tiempo se ha reducido a solo 10 minutos [2]. A medida que una electrolinería pueda entregar mayor potencia, los tiempos de carga serán menores [1].

En el año 2016, Metbus puso en circulación un bus eléctrico cuya eficiencia en relación a los costos de combustible es 3 veces mayor a la de los buses convencionales a Diésel utilizados actualmente por Transantiago, bus libre de contaminantes y que cuenta con cero emisiones de ruido.

Con esta nueva tendencia del uso de energías limpias y reducción del factor de emisiones, Lipigas S.A busca posicionarse en la conversión de gas a electricidad utilizando como aplicación las electrolinerías.

1.1 Estado del Arte

En este capítulo, se presentan varios artículos relacionados con la tendencia de los vehículos eléctricos y la instalación de electrolineras. Además, se consideran variadas tecnologías con patente internacional que permiten demostrar los distintos esfuerzos para mejorar los puntos de cargas, con el objetivo de incentivar el uso de los vehículos eléctricos. Se analiza la situación actual internacional y de Chile que consideran la norma técnica.

Trabajos Previos

Brandon Vermont, en el año 1831- 1834 inventó el motor eléctrico logrando así construir en el año 1835 el primer vehículo eléctrico del mundo. En el año 1837 logra patentar esta tecnología [4]. En 1859 el físico francés Gastón Planté impulsó el coche eléctrico con la invención de las baterías de plomo-ácido. En 1894 se diseñó el primer coche eléctrico por el ingeniero Henry Morris y el químico Pedro Salom [4]. A fines del siglo XIX, los primeros vehículos a motor eran eléctricos, donde se impusieron a los de gasolina por lo difícil de obtener combustible en esos años [4].

En el siglo XX Ford creó cadenas de producción mecanizadas para vehículos con gasolina. El combustible pasó a ser más económico y la autonomía se volvió crucial debido que en autos a combustible era mayor que en vehículos eléctricos [4]. Las baterías seguían siendo de plomo o de níquel y no eran lo suficientemente potentes para competir con los coches de gasolina. Los fabricantes comenzaron a investigar nuevas opciones, como las pilas de combustible basadas en el hidrógeno. Mientras tanto, llegaron las baterías de litio, más estables, seguras y sin efecto memoria (que provoca que después de varios ciclos de carga una batería no tenga la misma capacidad de almacenamiento de energía que al principio de su vida útil) y han logrado ampliar la autonomía de los coches en un rango entre 150 y 300 kilómetros [4].

En el siglo XXI, los vehículos eléctricos llegan a nuestro país para quedarse, tomando cada vez más posicionamiento en las calles. Sin embargo, la información es escasa, debido a la competencia entre empresas, por ende, esta información debe ser confidencial quedando al descubierto solo algunos trabajos y noticias que se utilizarán como guía principal para obtener información.

A continuación, se dará a conocer un listado de trabajos previos al tema:

Electrolineras

- ♣ S. Errasti, V. Fernández, G. Gutiérrez y N. Rodríguez. “Sistema de recarga de vehículos eléctricos,” ESC, Electric Safety Car, 2010-2011. [5]

El modelo de negocio para la instalación de electrolineras que surge en España en el año 2009 se encuentra de igual forma que Chile en relación con la inseguridad del modelo propuesto para el sector privado, doméstico y comercial, haciendo énfasis en detalles como proveedores, definiéndolos en tres grandes grupos:

Suministro eléctrico.

a)

Sistemas de recarga inteligente.

b)

Intercambio de baterías.

c)

Futuras tecnologías como los Pantógrafos, tecnología distinta a través de la recarga eléctrica inalámbrica también llamada transferencia inductiva de energías que permite cargar vehículos eléctricos sin necesidad de enchufes, solo siendo aparcados a una plataforma con transmisor de carga ubicada en el suelo.

- ♣ J. Salmerón Ozores. “Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera,” Universidad Carlos III, Departamento Ingeniería Eléctrica, 2012. [6]

Tesis abarcada en los métodos de recarga actuales existentes para vehículos eléctricos, haciendo énfasis en la “recarga rápida”, que puede lograr una carga del 70% en 15 minutos, con una demanda entre 44 a 60 Kw de potencia, siendo la más utilizada en la actualidad y necesaria para hacer más eficaz la estación de carga. La normativa vigente en España sigue los estándares de la norma Internacional IEC 61851-1. En Chile según el Decreto fuerza de ley N° 4/20.018 de 2006, Ministerio de economía, fomento y reconstrucción, ley general de servicios eléctricos de Chile, señala que los equipos destinados a la carga de baterías de vehículos eléctricos deben cumplir con la norma internacional mencionada anteriormente.

- ♣ Wu, F., & Sioshansi, R. (2017). A stochastic flow-capturing model to optimize the location of fast-charging stations with uncertain electric vehicle flows. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 53, 354-376. [7]

Describe un modelo de localización, desarrollado para optimizar la ubicación de estaciones públicas de carga rápida para vehículos eléctricos. Se utiliza un modelo de ubicación de captura de flujo estocástico el cual muestra un método de aproximación, teniendo como objetivo maximizar el número esperado de vehículos eléctricos que pueden ser capturados por una estación de carga, determinando los escenarios modelados que representan diferentes volúmenes posibles de flujos de vehículos bajo un umbral de ansiedad.

- ♣ ENEL, “Mapa electrolineras”, Movilidad eléctrica, 2017. [1]

Sitio web, presentado por ENEL, indicando la localización de las distintas electrolineras habilitadas para carga de vehículos eléctricos en la región metropolitana (RM).

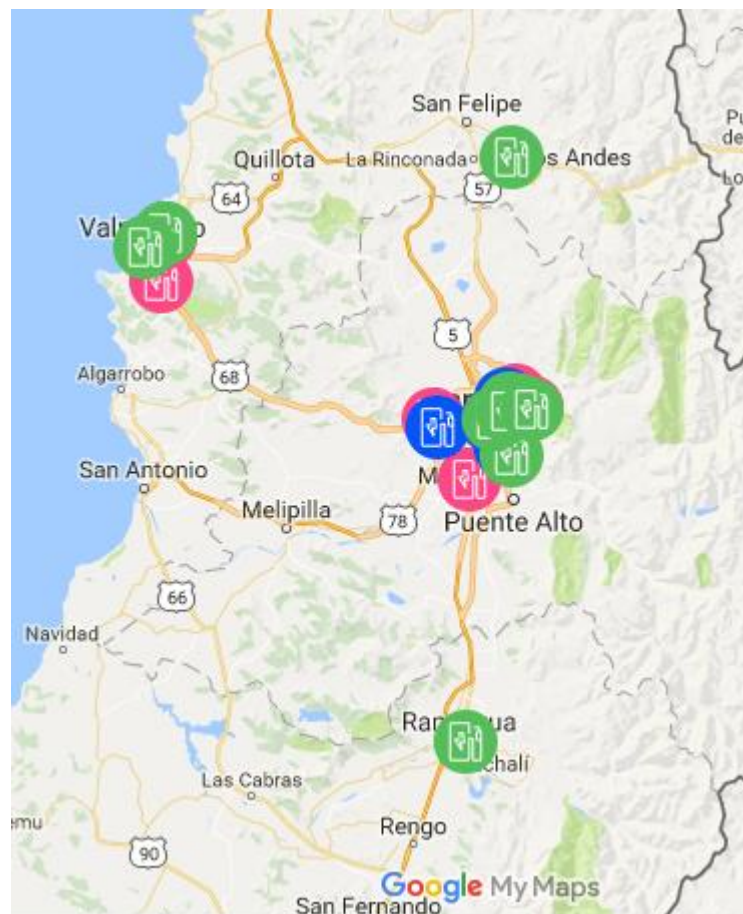


Fig 1.1. Mapa Electrolineras Santiago (Chile).

Las electrolineras rosadas equivalen a las de 50 [kW] cuyo tiempo de carga es entre 25 a 35 minutos, azules entre 20 y 50 [kW] con tiempo de carga de 60 a 90 minutos, y verdes son las electrolineras menores de 20 [kW] cuyo tiempo de carga son de 7 [kW] es de 3 a 4 horas y si la electrolinera es de 3.5 [kW] con espera de 6 a 8 horas, datos para autos eléctricos [1].

Legislación y Normativa

- ♣ Recarga de vehículos eléctricos, “Tipos de recarga para vehículos eléctricos”, IEC: 62196, 2016. [9]

Existen tres factores importantes en la recarga de vehículos eléctricos:

a) Tipos de conectores: Enchufes utilizados para la conexión de recarga del vehículo eléctrico, con distintas configuraciones y características técnicas, dependiendo de la marca.

- Enchufe Schuko.



Fig 1.2 Enchufe Schuko.

- Conector SAEJ1772 (Tipo 1).



Fig 1.3 Conector SAEJ1772.

- Conector Mennekes (Tipos 2).



Fig 1.4 Conector Mennekes.

- Conector único combinado o CCS.



Fig 1.5 Conector Único Combinado.

- Conector CHAdeMO (Tipos4).



Fig 1.6 Conector CHAdeMO.

b) Tipos de recargas

- Recarga súper-lenta.
 - Autos de capacidad entre 22 a 24 kW.
 - Carga de 10 a 12 hrs.
 - Corriente Alterna.

- Recarga lenta o convencional.
 - Principalmente domiciliario, utilizados para carga nocturna.
 - Demanda 3,6 kW de Potencia.
 - 7 hrs de carga.
 - Corriente Alterna.

- Recarga semi-rápida.
 - Demanda 7,3 kW de Potencia.
 - 4 horas de carga aproximadamente.
 - Corriente Alterna.

- Recarga rápida.
 - Demanda entre 44 y 60 kW de Potencia, siendo la más utilizada en la actualidad.
 - La carga al 70% toma 15 minutos aproximadamente.
 - Corriente Continua.

c) Modos de recarga: Dependen del nivel de comunicación entre el vehículo eléctrico, la infraestructura de recarga y el control que se puede tener del proceso de carga.

- Modo 1: No tiene comunicación a la red.
- Modo 2: Comunicación con la red baja.
- Modo 3: Grado elevado de comunicación a la red.
- Modo 4: Grado elevado de comunicación a la red con alta potencia.

- ♣ División de ingeniería de electricidad. “Pliego Técnico Normativo: RTIC N°11”, Decreto con fuerza de ley N° 4/20.018 de 2006, del Ministerio de economía, fomento y reconstrucción, ley general de servicios eléctricos de Chile.2006. [12]

En base a la normativa chilena en el pliego técnico normativo RTIC N°11, destinado a instalaciones, tipos de cargadores de baterías aplicables y su clasificación, queda estipulado que se admiten sólo 2 modos de carga:

- a) Modo 3: Conexión a la red doméstica a través de una base con toma de corrientes especiales que se alimentan desde un circuito dedicado.
- b) Modo 4: Encontrados en estaciones de carga donde la conexión del vehículo eléctrico a la red eléctrica se realiza en corriente continua, el cargador se encuentra fijo y tiene funciones de monitoreo y protección.

Además, establece que se deben proteger los componentes de la electrolinera por influencias externas tales como: Presencia de agua, presencia de cuerpos extraños sólidos, impacto y protección UV. La protección básica del equipo debe integrar un interruptor diferencial tipo A con una corriente residual de funcionamiento que no exceda los 30mA, cuya función será desconectar todos los conductores activos, incluido el neutro.

Patentes

Se propone buscar métodos de carga a través de la página internacional de patentes “patentscope.wipo.int”, con el objetivo de alcanzar nuevas tecnologías encontradas y patentadas.

- ♣ ELECTRIC VEHICLE CHARGE PORT [13].

Puertos de carga móviles para vehículos eléctricos capaz de acoplarse y recibir energía eléctrica desde una estación de carga. El puerto de carga puede fijarse de forma móvil en una posición oculta y configurado para moverse desde esta posición a una expuesta, permitiendo que el puerto de carga se acople con la estación de carga. El vehículo puede incluir un motor configurado para mover el puerto de carga desde la posición oculta hasta la posición expuesta y circuitos de procesamiento configurados para ordenar al motor que mueva el puerto de carga. El puerto de carga puede estar expuesto automáticamente en respuesta a la detección de la presencia de una estación de carga cercana.

♣ INDUCTIVE CHARGING SYSTEM FOR A VEHICLE, AND USE [14].

Sistema de carga inductivo para un vehículo que tiene una unidad de almacenamiento eléctrico. Contiene un primer dispositivo de bobina para una estación de carga y un segundo dispositivo de bobina para el montaje del vehículo. El segundo dispositivo está diseñado preferiblemente para interactuar magnéticamente con el primero. Además, tiene una primera unidad de posicionamiento, que soporta de manera móvil el primer dispositivo de bobina, en el que el sistema está diseñado para producir una fuerza magnética atractiva entre el primer dispositivo de bobina y el segundo.

♣ MEDIATOR DEVICE FOR SMART ELECTRIC VEHICLE CHARGING [15].

Métodos, sistemas, aparatos y programas informáticos codificados en un medio de almacenamiento informático, incluyendo un dispositivo mediador para la carga inteligente de vehículos. En un aspecto, un método incluye recibir una señal, en un primer conector, indicativa de una capacidad de carga de una estación de carga, y proporcionar una señal de una segunda capacidad de carga en un segundo conector a un vehículo eléctrico, basándose en datos de optimización recibidos de un servicio de optimización.

Discusión

El proyecto de Tesis se encargará de ver que tan rentable es para Lipigas implementar electrolinerías alimentadas por un generador de 60 [kW] a GLP para buses del Transantiago. El primer paso es obtener información a través del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, el cual derivó a la empresa Metbus generando una reunión de trabajo con el Director donde se recabó información sobre los primeros buses eléctricos en Chile de marca ByD, con 0 emisiones de CO_2 y bajo costo de mantención. A diferencia de los buses tradicionales, las piezas utilizadas son de menor costo. Estos buses no necesitan combustible para funcionar, ya que a través del frenado pueden recargar sus baterías y aumentar su autonomía, logrando un ahorro de materia prima limitada como lo es el petróleo. Por otra parte, las electrolinerías generan una desventaja referente al costo de inversión y la poca información sobre cotizaciones debido a la confidencialidad existente aún en el mercado. A fines del 2017 en Santiago existían 14 puntos de recarga o electrolinerías y a mediados del 2018 estas aumentaron a 27. A pesar de que aun no es rentable obtener un vehículo eléctrico, la tecnología va avanzando.

La legislación y normativa abarcan los tipos de conectores para los buses eléctricos ByD [19], el modo de carga [11] según la norma internacional IEC 62196 que detalla el uso de conectores eléctricos y los modos de recarga para vehículos eléctricos utilizada en Chile.

1.2 Situación Actual Chile

Al año 2017 existen 2 buses eléctricos en funcionamiento [8], cuya propiedad pertenece a la empresa Metbus. El Director de Metbus Don Héctor Moya y el Ingeniero en Control de Gestión Andrés Vilches, señalaron la necesidad de incorporar 98 nuevos buses para la próxima licitación, además de la incorporación de 80 nuevos buses pertenecientes a la empresa Alsacia y 20 de la empresa Subus, creando un total de 200 nuevos buses eléctricos.

La ex ministra de Transportes y Telecomunicaciones Paola Tapia en su visita a China, optó por traer a Chile los primeros dos buses eléctricos construidos por la empresa ByD. Estos buses que cuentan con 0 emisiones contaminantes a diferencias de los actuales, los cuales generaron en el 2010 un 57% en Material Particulado (MP) y 41% en Óxidos de Nitrógeno (NO) [16], además de disminuir los niveles de ruido, generando un gran paso para el Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana (PPDA) [16].

Características Bus ByD ebus K9.

Un bus completamente eléctrico, administrado por METBUS, consta de 1.2 km/kWh de rendimiento y un costo tres veces menor que el de un bus convencional, un 70% debido a la reducción de aceites y piezas [19].

El bus con una autonomía de 250km, logra una carga total en 5,4 horas [19]. El bus tiene un costo de 400.000 dólares, muy por arriba del valor de un bus convencional, aún así logra grandes ventajas dentro de los 10 años de vida útil [8].

Las ventajas del bus ByD con respecto a un convencional son:

- a) Cero contaminaciones atmosféricas.
- b) Nula contaminación ambiental.
- c) Mantenimiento económico

Por otro lado, las desventajas básicamente son:

- a) Las baterías de litio no están preparadas para grandes recorridos (sobre 250km), debido a que la cantidad de baterías situadas en el bus es limitada.
- b) La carga del bus en una electrolinera dura varias horas, en las cuales el bus no está operando.

Características bus ByD k9[19]:

➤ Batería ByD k9

- 250km de autonomía a carga completa.
- Tipo Fe Batería
- Capacidad 324 [kWh]/600 [Ah] (200 [Ah] x 3)
- Cuenta con más de 4000 ciclos de carga en su vida útil.

➤ Motor

- Tipo AC Motor síncrono (motor eléctrico sin escobillas) BYDTYC90A
- Máxima potencia 180 [kW] (90 [kW] x 2)
- Potencia nominal 150 [kW] (75 [kW] x2)
- Máximo Torque 700 [Nm] (350 [Nm] x2)

➤ Carga

- Potencia de 60 [kW] (30 [kW] x2, 380 [V], 3 phase, AC)
- Tiempo de carga 5 horas.

Electrolineras Santiago

A continuación, se detalla la ubicación de las electrolineras dispuestas por la empresa ENEL hasta mediados del 2018 [1].

TABLA 1.1 UBICACIÓN ELECTROLINERAS.

N°	Lugar	Dirección	Comuna	Potencia	Puntos de carga simultáneos
1	Edificio Enel	San Isidro #85	Santiago	50 kW	1
2	Petrobras Vitacura Vespucio	Av. Américo Vespucio #1665	Vitacura	50 kW	1
3	Shell Los Dominicos	Av. Patagonia #75	Las Condes	50 kW	1
4	Copec Costanera Norte, Vitacura	Costanera Norte KM. 8	Vitacura	50 kW	1
5	Copec Costanera Norte, Pudahuel	Costanera Norte KM. 34	Pudahuel	50 kW	1
6	Copec Av. Libertad	Av Libertad #501	Viña del Mar	50 kW	1
7	Shell Autopista Central	Km 16, Ruta 5 Sur	San Bernardo	50 kW	1
8	Shell Ruta 68	Ruta 68 dirección Stgo km 98	Valparaíso	50 kW	1
9	Ómnium	Apoquindo #4900	Las Condes	22 kW	2
10	Smarticity, Ciudad Empresarial	Av. del Parque #4980	Huechuraba	22 kW	2
11	Mac Iver, Santiago Centro	Mac Iver #424, esquina Merced	Santiago	22 kW	2
12	Bodegas San Francisco	Puerto Madero #9710	Pudahuel	22 kW	2
13	Moneda - Teatinos, Santiago Centro	Moneda #1326, esquina Teatinos	Santiago	22 kW	1
14	Duoc UC	Av. Vicuña Mackenna #4917	San Joaquín	22 kW	2
15	Plaza España, Concepción	Barros Arana #13	Concepción	22 kW	2
16	SABA Plaza de Armas	21 de Mayo #576, Piso -1	Santiago	7 kW	2
17	Costanera Center	Nueva Tobalaba #12, Piso -1	Providencia	7 kW	2
18	Oficinas Chilquinta	Av. Argentina #1	Valparaíso	7 kW	2
19	Mall Plaza Vespucio	Av. Vicuña Mackenna #7110	La Florida	7 kW	2
20	Mall Plaza Los	Av. Padre Hurtado Sur	Las Condes	7 kW	4

	Domínicos	#875, Piso -2			
21	Centro Parque Araucano	Presidente Riesco #5330	Las Condes	7 kW	7
22	Parque Arauco	Entrada Cerro Colorado, nivel 2	Las Condes	7 kW	2
23	Municipalidad de Vitacura	Bicentenario #3800	Vitacura	7 kW	4
24	Mall Marina	15 Norte #635, Piso -1	Viña del Mar	7 kW	2
25	Boulevard Marina	13 Norte #853, Piso -1	Viña del Mar	7 kW	2
26	CGE Rancagua	El Trébol #617	Rancagua	7 kW	2
27	Chilquinta Los Andes	Santa Rosa #457	Los Andes	3,5 kW	1

1.3 Definición del Problema

Introducción

Se propone un modelo y una metodología para simular un flujo de carga en electrolinerías de tipo estocástico. Se presenta un caso real, creado en Matlab en la cual se lleva a cabo una factibilidad técnico-económica a través del proyecto “implementación electrolinerías para Lipigas”, el cual consta en alimentar una estación de carga para buses eléctricos a través de generadores a gas licuado petróleo.

Como variables de entrada tenemos el número de buses eléctricos que se mantienen en su secuencia de viaje y pasan por la estación de carga en un periodo de un año. También, tenemos el número de electrolinerías dentro de la estación de carga, porcentaje de carga y decisión de la elección de la electrolinería. Variables de salida son el porcentaje de uso de la electrolinería en kW, combustible utilizado en un año, los ingresos monetarios y el costo en kW para el bus eléctrico.

El modelo representa el ingreso de un bus eléctrico a la estación de carga, donde existe una decisión sobre cual electrolinería posicionarse. El bus eléctrico ingresa con una carga aleatoria y se retira con una carga mayor que la inicial, sujeto a la restricción que la carga con la que se retire no sea menor al 80% (para que pueda completar sin inconvenientes su ruta), el propósito del programa es obtener la cantidad de kW utilizados y cuánto será el costo equivalente en pesos chilenos del gas utilizado. Además, el ingreso monetario generado que dejan las electrolinerías en 1 año de funcionamiento será llevado a un flujo de caja en un periodo de 10 años, agregando costos operacionales (mantenimiento, costo de gas) y la inversión necesaria, con el fin de ver la rentabilidad del proyecto y el periodo de recuperación (payback).

En la figura 1.3.1 se visualiza el bosquejo que instruye a una idea principal por Lipigas S.A, el cual consta de un estanque de gas licuado petróleo, que proporcionará de combustible a un electrógeno a base de este gas (glp), el electrógeno o generador eléctrico alimentará una electrolinería de 60 [kW], utilizando un enchufe tipo Mennekes (Tipo 2), modo 4, que entregará una carga rápida destinada a buses eléctricos de la flota del Transantiago.

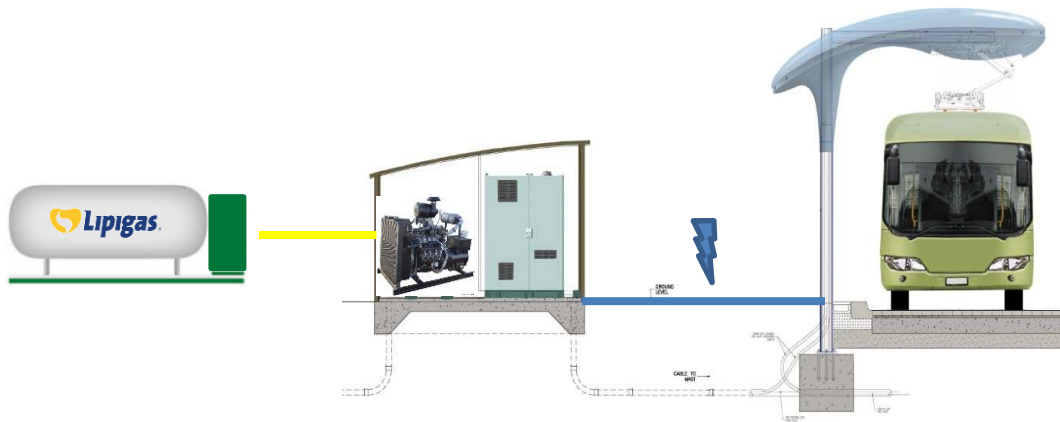


Fig 1.7 Electrolinería alimentada a base de GLP.

Hipótesis de Trabajo

A través de indicadores estadísticos es posible determinar la factibilidad técnica y económica en la instalación de electrolinerías alimentadas por generadores a gas licuado petróleo por la empresa Lipigas S.A.

Objetivo General

Proponer una metodología que permita evaluar la factibilidad técnica y económica de indicadores de factibilidad técnica y económica de la instalación de electrolinerías en Santiago, basado en el flujo estocástico de una proyección de buses eléctricos que en un año pasan por fuera de la electrolinería.

Objetivos Específicos

- Determinar variables relevantes al estudio de instalación de electrolinerías por la empresa Lipigas S.A.
- Cuantificar el número de electrolinerías que otorguen rentabilidad al proyecto.
- Estimar la cantidad de litros gas licuado petróleo a utilizar.
- Determinar el periodo de recuperación de la inversión.
- Evaluar el proyecto de inversión.

Alcances y Limitaciones

El alcance del proyecto implica la modelación y simulación del flujo estocástico de vehículos eléctricos o híbridos en circulación en un área seleccionada para una la instalación de estaciones de carga.

Las condiciones iniciales comprenden: a) el número de buses que circulan en un área seleccionada como punto de carga, b) el funcionamiento de la electrolinera es de 24 horas, c) tiempo de carga de un bus eléctrico, d) falla de una electrolinera, e) disponibilidad y e) cobro en $\frac{\$}{kW}$.

Metodología

El método de Montecarlo permite generar escenarios que involucran variables aleatorias, permitiendo el estudio de sus resultados a través de indicadores estadísticos, funciones de probabilidad, herramientas descriptivas, clúster, entre otros. Lo anterior, ayuda a la toma de decisiones en la formulación y evaluación de proyectos bajo incertidumbre.

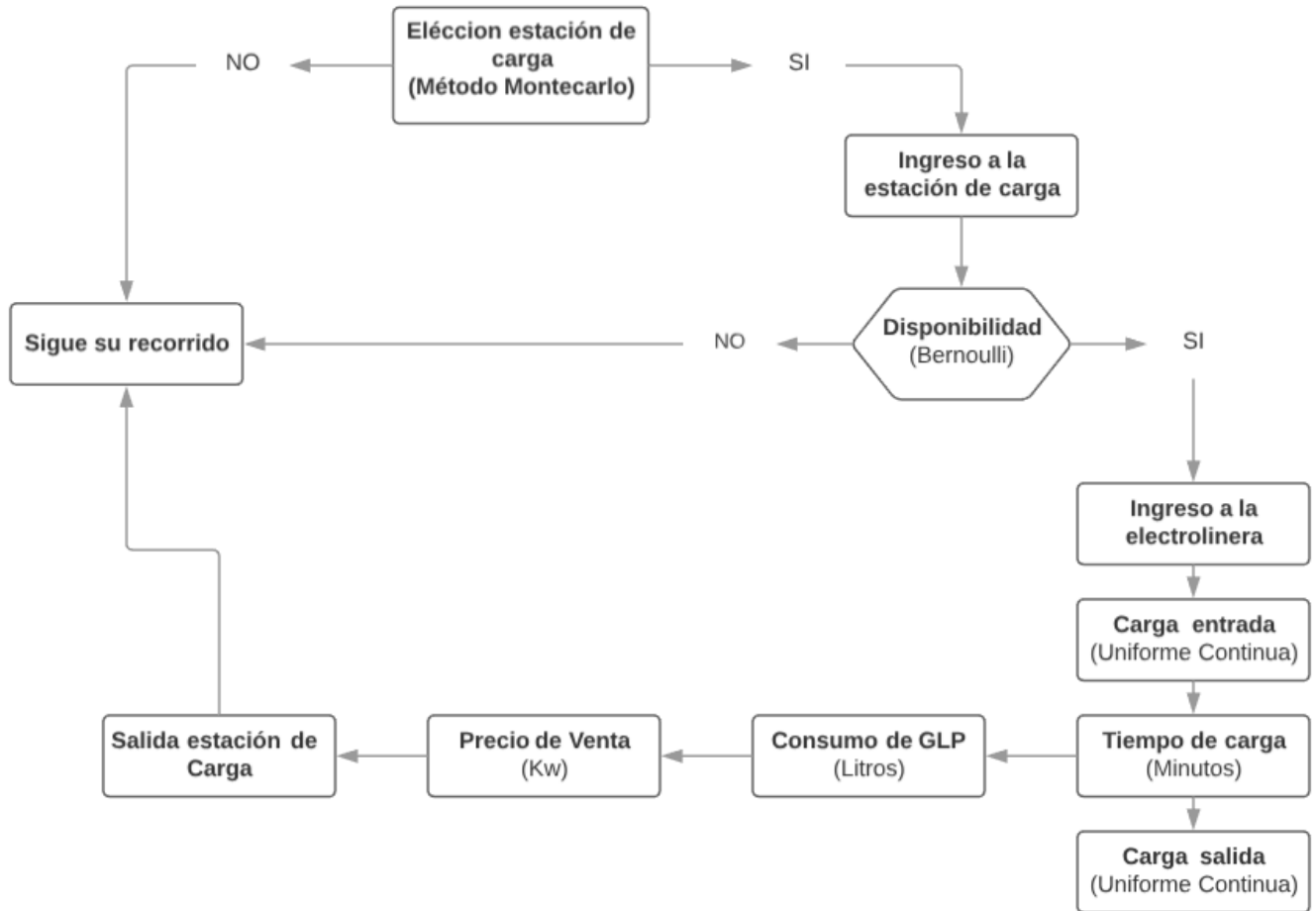


Fig. 1.8 Diagrama de Flujo de la metodología utilizada para el modelo.

Es decisión del chofer la elección de ingresar a la estación de carga. Si decide ingresar dependerá de la disponibilidad de la electrolinera, que no esté en falla, que no esté siendo utilizada y que tenga combustible para funcionar, si la electrolinera está disponible el bus puede hacer ingreso, cargar y volver a su ruta de viaje, el pago para esta carga queda asociado a Metbus de forma mensual, dependiendo de los kWh cargados en ese periodo de tiempo.

2. Modelación de flujo de la estación de carga

La propuesta metodológica implementada como un algoritmo en Matlab debe considerar como punto inicial un recorrido base de los buses a simular, considerando electrolineras en esa ruta. Cuando un bus eléctrico debe recargar sus baterías, el chofer tiene la posibilidad de elegir la electrolinera en base a las prioridades de ese momento. Por esta razón, esas prioridades desde el punto de vista del modelo (la elección del chofer) es considerada aleatoria.

Como ejemplo, se consideran dos electrolineras en una ruta, donde la electrolinera L_1 esta con color verde y la electrolinera L_2 esta con color rojo, y las líneas blancas indican las entradas de las electrolineras como se muestra en la Figura 2.1.

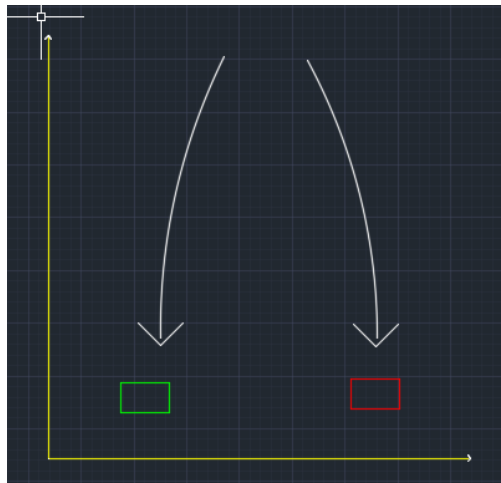


Fig 2.1 Elección del chofer de una electrolinera

El número de buses o vehículos eléctricos son representados por el vector $V_E = [0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \dots n]$, Supongamos que existen n buses en circulación, la decisión de entrar a una electrolinera es representada el valor binario b_i .

Paso 1: Elección de servicentro de electrolinera.

La decisión de un vehículo de ingresar a la electrolinera depende de la probabilidad de distribución tipo Bernoulli, donde p es una variable aleatoria entre 0 y 1, y corresponde a:

$$b_i = \begin{cases} 0, & \text{con probabilidad } p \leq 0.5. \\ 1, & \text{con probabilidad } p \geq 0.5. \end{cases} \quad (2.1)$$

Con $i = \{1, 2\}$.

Donde b_i , es una variable binaria aleatoria. Cuando b_i toma el valor de uno, el vehículo decide cargar en una electrolinera. Cuando el valor es cero, pasa por fuera de electrolinera.

Paso 2: Disponibilidad de la electrolinera.

Los buses eléctricos al entrar a la estación de servicio pueden decidir en qué electrolinera recargar, siendo una elección aleatoria, también basado en la disponibilidad presente.

Supongamos que el vector L_1 y L_2 , indican electrolinera disponible. Entonces se puede asumir que también puede tomar valores cero. Entonces, el vector de la disponibilidad de la electrolinera puede estar funcionando o disponible para un vehículo o en falla, o bien está siendo utilizada. Para los casos anteriores, el vector tomaría un valor cero. Existen tres casos que pueden ser cero:

- 1) La electrolinera puede estar en falla, (variable aleatoria)
- 2) Que esté siendo usada (variable aleatoria), depende de la decisión del uso del vehículo.
- 3) No disponibilidad de combustible o gas (depende del estanque de gas).

$$L_i = \begin{cases} 0, & \text{con probabilidad } p \leq 0.5. \\ 1, & \text{con probabilidad } p \geq 0.5. \end{cases} \quad (2.2)$$

0, cuando la estación de carga no está disponible.

1, cuando está disponible.

Con $i = \{1, 2\}$.

Paso 3: Carga disponible en el vehículo.

La carga con la que entrará el bus eléctrico a posicionarse en cualquier electrolinera queda dada por $Cb_i(x)$, donde x es un vector de “n” datos que representa la carga con la que ingresan a la electrolinera los buses eléctricos. Estos toman valores entre 5% y 90%, suponemos ese rango debido al umbral de ansiedad de rango [7] y a lo expresado en reuniones por el directorio de Metbus señalando que un bus eléctrico no puede ingresar a la electrolinera descargado, y tampoco es necesario que entre un bus con 100% de carga.

La carga de un vehículo al ingresar a la electrolinera depende de la probabilidad de distribución tipo uniforme continua, donde x es una variable aleatoria entre 0.05 y 0.90, que corresponde a:

$$Cb_i(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{con probabilidad } a \leq x \leq b. \\ 0, & \text{con probabilidad } x > b. \\ 0, & \text{con probabilidad } x < a. \end{cases} \quad (2.3)$$

Con $i = \{1,2\}$; $a = 0.05$; $b = 0.90$.

Paso 4: Porcentaje de carga a comprar en la estación.

El porcentaje de carga también sigue el mismo funcionamiento que el paso 3, pero con unos pasos matemáticos agregados. Esto debido que el porcentaje de carga con la cual se retira el bus eléctrico debe ser mayor al vector creado en el paso 3, por lo que se replica un aleatorio de n datos que sigue una distribución uniforme continua llamado Xb_i , el cual se representa:

$$Xb_i(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{con probabilidad } a \leq x \leq b. \\ 0, & \text{con probabilidad } x > b. \\ 0, & \text{con probabilidad } x < a. \end{cases} \quad (2.4)$$

Con $i = \{1,2\}$; $a = 0.05$; $b = 0.90$.

Este vector es sumado al vector del paso 3, bajo las siguientes restricciones:

$$Zb_i(x) = Xb_i(x) + Cb_i(x)$$

Con $i = \{1,2\}$.

$$Zb_i(x) = \begin{cases} x, & \text{con probabilidad } x \geq 0.8. \\ x, & \text{con probabilidad } x \leq 1. \end{cases} \quad (2.5)$$

La carga mínima con la que un bus eléctrico se puede retirar es el 80%, y la carga no puede superar el 100%.

El delta generado por la diferencia entre la carga inicial y la final con restricciones corresponde a la carga realizada.

Paso 5: Tiempo de carga

Para cargar los 324[kW] de capacidad de la batería con una potencia de 60[kW] es necesario que el bus eléctrico se encuentre 5,4 horas en la estación de carga para cargar del 0 al 100%. Es por esto que a través de una linealidad el paso 4 puede ser llevado a minutos.

Paso 6: Consumo de gas

Para calcular la cantidad de galones por hora a utilizar, es necesario conocer la potencia en KWh y la eficiencia que nos entrega el generador, con el fin de calcular la Potencia Térmica del motor. Se detalla con los siguientes pasos:

1. Potencia Térmica del motor = $\left[\frac{\text{Potencia (Energía)}}{\text{Eficiencia}} \right] [kWh]$.
2. Convertir la potencia térmica de $[kWh]$ a $\left[\frac{kcal}{h} \right]$, donde 1 $\left[\frac{kWh}{h} \right]$ equivale a 0.001163 $\left[\frac{kcal}{h} \right]$.
3. Consumo en GLP en $\left[\frac{kg}{h} \right]$, obtenida de $\left[\frac{\text{Potencia Térmica}}{PCS\ GLP} \right]$, donde PCS GLP (Poder Calorífico) tiene un valor 11964.294 $\left[\frac{kcal}{kg} \right]$.
4. Convertir el consumo en GLP a $\left[\frac{L}{h} \right]$, obtenida de $\left[\frac{\text{Consumo GLP}}{\text{Densidad GLP}} \right]$, donde la densidad GLP tiene un valor de 0.515 $\left[\frac{kg}{L} \right]$.
5. Convertir el consumo en GLP a $\left[\frac{gal}{h} \right]$, obtenida de $\left[\frac{\text{Consumo GLP}}{[Gal/L]} \right]$, donde 1 Galón equivale a 3.7854 litros.
6. Convertir el consumo en GLP a $\left[\frac{L}{min} \right]$, donde 951019.38446961 $\left[\frac{gal}{h} \right]$ son 60000 $\left[\frac{L}{min} \right]$.
7. Bajo esta conversión es que transformamos los 7.99 $\left[\frac{gal}{h} \right]$ a $\left[\frac{L}{min} \right]$, lo cual da 0.504 $\left[\frac{L}{min} \right]$. Dato que parametriza los litros de GLP utilizados cada minuto.

Paso 7: Costo del kw.

El costo de gas para Lipigas varía cada semana. Es por esto que se realizó un estudio de 4 años, abarcando desde el 2015 a la fecha sobre la variación de este precio.

Para saber cuál es el costo de GLP, es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Visitar la página principal de ENAP, (<https://www.enap.cl/>).
2. Seleccionar Informe de precios de Gasolina.
3. Ir a la pestaña “Tabla de precios de paridad”, en esta página se señala la variación semanal en $\frac{\text{US\$}}{\text{TON}}$ del gas licuado petróleo.
4. Visitar la página del SII, en el apartado “Dólar Observado” (http://www.sii.cl/valores_y_fechas/dolar/dolar2018.htm), y buscar el precio del dólar del día anterior al de la “Tabla de precios de paridad” vista en el punto 3, donde la multiplicación de estos dos factores dividida en 1000, nos entregará el precio en clp por cada kilo de GLP.
5. La densidad del GLP es $0,515 \left[\frac{\text{kg}}{\text{L}} \right]$, la multiplicación de lo obtenido en el punto 4, por esta densidad, tendremos el valor del litro del GLP en clp.
6. En el paso 7, del punto 5.6, se obtuvo el consumo en litro por minuto de GLP, lo que se puede traducir a lo necesario para generar 1 kW. La multiplicación de ese factor ($0.504 \left[\frac{\text{L}}{\text{min}} \right]$) con lo obtenido en el anterior punto 5 entrega el costo en pesos para cada kW.

Paso 8: Venta o pago por la carga.

El precio de venta queda dado por:

$$P_{VE} = \text{Costo de generar} \frac{\$}{\text{kW}} + \text{Fee} \frac{\$}{\text{kW}} \quad (2.6)$$

Donde el costo de generar varía todas las semanas bajo los parámetros del punto 5.7, y el $\text{Fee} \left[\frac{\$}{\text{kW}} \right]$ es un precio fijo necesario para pagar las inversiones, costos fijos y variables.

Para poder obtener este valor, se decide utilizar el menor costo de generación obtenido del estudio en los 4 años [Anexo B], sumado a un valor fijo de manera que el flujo de caja y la rentabilidad del proyecto sea positiva. Se definen una serie de 9 *Fee* por escenario. Cabe destacar que los escenarios son desde 4 electrolineras, hasta 10.

3. Cálculo de la Instalación

Introducción

En esta sección se desarrollan los estudios técnicos de la instalación de una electrolinera, basándose en el estándar 8.1.2 regulado por la Nch Elect. 4/2003 [20], sobre especificaciones y condiciones de uso de los conductores.

Los estudios técnicos deben involucrar:

a) Sección del conductor.

La sección de un conductor se puede calcular en función de la corriente máxima que puede soportar en servicio continuo sin que esta supere la temperatura máxima soportada por el aislante [23].

b) Tipo de protección magneto térmico.

Aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales, así como de soportar durante un tiempo y cortar corrientes de cortocircuito [24].

La figura 3.1 presenta puntos de referencia que expresan la metodología propuesta.

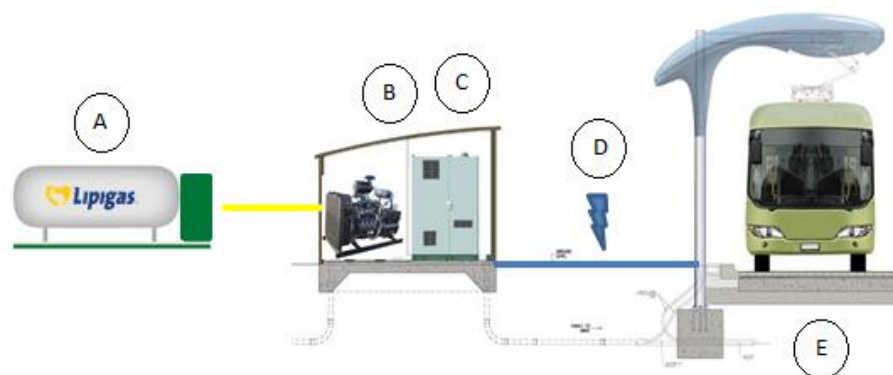


Fig 3.1 Puntos de Referencia.

- | | | | |
|-----------|---------------------------------------|-----------|---|
| A. | Estanco de GLP Lipigas. | B. | Generador de gas licuado petróleo. |
| C. | Cabina de Protecciones. | D. | Conector de carga tipo mennekes |
| E. | Centro de Carga Electrolinera. | | |

- Desde el punto A – B, no corresponde al proyecto de tesis, dado que los estancos y conductos que llevan al generador serán otorgados por Lipigas S.A.
- Desde el punto B – C, es necesario el cálculo de la sección del conductor que pueda soportar la corriente necesaria que produce el generador a GLP y llegue hasta el punto E, que será protegido por un interruptor magneto térmico ubicado en la cabina de protecciones, punto C.
- Desde el punto C – D, se encuentra el conector necesario para realizar la carga desde la electrolinera al bus eléctrico.
- Punto E, ubicado en el centro de carga con las electrolineras ya protegidas y alimentadas por gas licuado petróleo.

3.1 Sección de los conductores.

El generador DG88, alimentado a gas licuado petróleo (GLP) produce la potencia necesaria para alimentar la electrolinera. Cuenta con una alimentación de 400 [V] a la entrada [Anexo A], haciendo que la determinación de sección del conductor se realice bajo los parámetros de baja tensión.

Intensidad máxima admisible por los cables.

La intensidad máxima admisible se considera aquella en que pueda circular por un conductor eléctrico sin que este sufra daño.

La intensidad viene definida por la ecuación, (3.1)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \emptyset} \quad (3.1)$$

Siendo,

I = Intensidad nominal máxima de la red.

P = Potencia activa en [kW].

V = Tensión de la alimentación en [V].

$\cos \emptyset$ = Factor de potencia.

Bajo los parámetros del generador DG88 de 65 [kW] - 400 [V] [Anexo A], la intensidad máxima admisible:

$$I = \frac{65[\text{KW}]}{\sqrt{3} * 400[\text{V}] * 0,8} = 117,2742[\text{A}]$$

Con una instalación con conductores aislados en tubos, empotrados en obra, trifásico la sección de conductor [Anexo C] es de 35 mm^2 .

Caída de Tensión.

La sección de los conductores de los alimentadores DG88 será tal que la caída de tensión provocada por la corriente máxima que circula por ellos determinada de acuerdo con 7.2.1.1 de la Nch 4/2003[21], no exceda del 3% de la tensión nominal de la alimentación, siempre que la caída de tensión total en el punto más desfavorable de la instalación no exceda del 5% de dicha tensión.

- Derivaciones trifásicas.

La sección de una derivación trifásica viene definida por la ecuación 3.2.

$$S = \frac{P \cdot L}{C \cdot e \cdot V} \quad (3.2)$$

Donde,

P = Potencia activa en [kW].

L = Longitud de la línea en [m].

C = Resistividad del material.

e = Caída de tensión máxima.

V = Tensión de la alimentación en [V].

S = Sección del conductor en [mm^2].

- Resistividad del cobre a temperatura de 90°.

La condición más desfavorable es a 90°C de temperatura (máximo que resiste un conductor).

$$\rho = \rho_{20}(1 + \alpha(T - 20)) \quad (3.3)$$

Donde,

ρ_{20} = Resistividad del cobre a 20° C = 0,0018.

α = Coeficiente de temperatura en valor = 0,00392.

T = Temperatura máxima del conductor.

$$\rho = 0,0018(1 + 0,00392(90 - 20))$$

$$\rho = 0,023 \left[\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \right]$$

Valor necesario para obtener la resistividad del material,

$$C = \frac{1}{\rho} \quad (3.4)$$

$$C = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,023 \left[\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \right]} = 43,59 \left[\frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2} \right]$$

La caída de tensión viene dada por:

$$e = \frac{P * L}{C * S * V} \text{ [V]}$$

Donde,

P = Potencia activa en [kW] = 65 [KW].

L = Longitud de la línea en [m] = 10 [m].

C = Resistividad del material = 43,59 $\left[\frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2} \right]$.

e = Caída de tensión máxima [V].

V = Tensión de la alimentación en [V] = 400 [V].

S = Sección del conductor en [mm²] = 35 mm².

Reemplazando,

$$e = \frac{65000 * 10}{43,59 * 35 * 400} = 1,06 \text{ [V]}.$$

Donde 1,06 no excede del 3% de la tensión nominal de la alimentación, siempre que la caída de tensión total en el punto más desfavorable de la instalación no exceda del 5% de dicha tensión.

Por lo que el cálculo de la sección del conductor está bien realizado.

3.2. Protecciones.

Fusibles.

El dimensionamiento de los fusibles viene establecido por la siguiente restricción de operación.

$$\bullet \quad I_b < I_n < I_z \quad (3.5)$$

Donde,

I_b = Intensidad nominal de la instalación = 117.2742 [A].

I_n = Intensidad admisible por el conductor.

I_z = Intensidad nominal del fusible.

$$\bullet \quad I_2 = 1.6 \times I_n \quad (3.6)$$

$$\bullet \quad I_2 < 1.45 \times I_n \quad (3.7)$$

Donde I_2 es la condición para que el fusible proteja correctamente la instalación.

En 35 mm^2 la intensidad máxima que admite el conductor es $I_{adm} = 190[A]$ [Anexo C], un total de 3 conductores por fase, $I_{adm} = 3 \times 190[A] = 570[A]$.

El Factor de Corrección es aquel por el cual se corrige la lectura en función de normas técnicas establecidas para el correcto cálculo de consumos, las cuales varían de acuerdo con el cuadro de medición del suministro [25].

Las condiciones de instalación siguen factores de corrección necesarias para la aplicación:

- **Temperatura igual a 30° C, factor de corrección = 1.**

La temperatura ambiente alta influye desfavorablemente en la conducción de electricidad debido a que aumenta la resistencia eléctrica. Por el contrario, a menor temperatura se conduce mejor la electricidad [26].

La tabla 3.1 Presenta el factor de corrección necesaria para cada temperatura ambiente.

TABLA 3.1 FACTOR DE CORRECCIÓN DE CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE CORRIENTE POR VARIACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE. SECCIONES MÉTRICA.

Temperatura ambiente [°C]	Factor de corrección F_t
10	1,22
15	1,17
20	1,12
25	1,07
30	1,00
35	0,93
40	0,87
45	0,79
50	0,71
55	0,61
60	0,50
65	-

* Tabla N° 8.9 de la Nch. Elect 4/2003[20].

- **Instalación bajo tubo (subterránea), factor de corrección = 0,8.**

Quando se introducen varios conductores en una tubería (sobre todo metálica) se presentan fenómenos de inducción hacia las mismas ya sea de calor y de inductancia (algo similar en sus efectos a la resistencia óhmica). En estos casos debe considerarse una disminución de la corriente eléctrica que soporta cualquier conducto [27].

El proyecto transportará los conductores por tuberías apartes, un factor de corrección de capacidad de corriente a utilizar es de 0.8, se consideran 3 conductores de fase más el neutro, total 4 conductores por electrolinera.

La tabla 3.2 Presenta el factor de corrección necesaria por cantidad de conductores.

TABLA 3.2 FACTOR DE CORRECCIÓN DE CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE CORRIENTE POR CANTIDAD DE CONDUCTORES EN TUBERÍA.

Cantidad de conductores	Factor de corrección F_n
4 a 6	0,8
7 a 24	0,7
25 a 42	0,6
Sobre 42	0,5

* Tabla N° 8.8 de la Nch. Elect 4/2003[20].

La corriente de servicio para cada conductor está fijada por norma [20] con la expresión.

$$I_s = I_t \times f_t \times f_n \quad (3.8)$$

Siendo,

I_s = Corriente de servicio.

I_t = Corriente de tabla = 570 [A].

f_t = Factor de corrección de temperatura = 1.

f_n = Factor de corrección cantidad de conductores = 0.8

$$I_s = 570 [A] \times 1 \times 0.8 = 456[A]$$

La restricción de operación (3.5),

$$117.2742 [A] < I_n < 456[A]$$

Con $I_n = 250 [A]$, se dimensionan los interruptores magneto térmico.

Utilizando la ecuación (3.6) y (3.7) se puede validar la correcta elección del amperaje del interruptor magneto térmica.

- $I_2 = 1.6 \times 250 [A] = 400 [A]$.
- $400 [A] < 1.45 \times 451.44 [A] = 654.58 [A]$.

La instalación estará protegida por un interruptor magneto térmico de 250 [A], curva B (para generadores), y una protección diferencial de 250[A] de clase A.

4. Flujo de caja

El objetivo del proyecto es la obtención del periodo de recuperación o payback. Un buen payback será entre los primeros 5 o 6 años de iniciado el proyecto. Las inversiones requeridas para la iniciación del proyecto serán:

- Compra de equipo: Electrolineras, Generadores GLP.
- Instalación del proyecto.
- Estudio de Ingeniería.

Los costos operacionales serán los costos de compra de GLP, mantenimiento de electrolineras y grupo electrógeno.

Para un periodo de 10 años con distintos ingresos y costos operacionales obtenidos desde Matlab, se calcula el valor actual neto del proyecto (VAN):

$$VAN = \sum \frac{FE_t}{(1+i)^t} \quad (4.1)$$

Donde, VAN: Valor actual neto del proyecto; FE: flujo de efectivo o total actualizado en el periodo t; i: Tasa de interés o costo de oportunidad; t: periodo. [18].

El VAN equivale al valor de la moneda en el periodo requerido llevado al presente. Si la actualización es negativa, el proyecto aún no es rentable, cuando la actualización es positiva, el proyecto pasa a ser rentable en ese periodo, llamado también payback.

4.1 Obtención de Resultados

Señalado anteriormente, un bus eléctrico se demora 5,4 horas en tener carga completa, por lo que la rentabilidad del proyecto depende de dos factores:

- a) Electrolinerías Instaladas.
- b) Cantidad de buses capturados.

Un flujo de caja ordena los ingresos y egresos de efectivo que tiene una empresa para evaluar un proyecto, los pasos son:

- a) Ingresos: El consumo de ventas en kW genera los ingresos de ventas.
- b) Egresos: Los costos operacionales vienen dados por la suma del costo del gas (GLP), fallas en las protecciones y mantenimiento del grupo electrógeno.
- c) EBITDA: La diferencia entre los ingresos de venta y los costos operacionales, también llamada, deducibilidad de los gastos financieros EBITDA (Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization).
- d) Depreciación financiera: Reparte la inversión en los años de durabilidad del proyecto.
- e) Beneficio sin Impuestos: Diferencia entre el EBITDA y la depreciación financiera, también llamada base imponible.
- f) Impuestos sobre el valor añadido (IVA): Calculados con el 27% de la base imponible.
- g) Flujo de caja: Durante 10 años se evaluará el proyecto. Si existe un capital de trabajo, éste debe ser reflejado en el primer año. Por otra parte, para hacer el proyecto más rentable en el último año es necesario vender los bienes a un cierto porcentaje. A esto llamamos valor residual.

La figura 4.1 presenta un ejemplo sobre flujo de caja realizado, con una tasa de descuento de 10%. Tanto las variables de entrada como de salida están en miles, para simplificación.

	Año 0	Año 1	año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	
Consumo Venta	kw anual	827	818	818	788	800	815	809	817	796	811	
Precio de Venta	\$/kw	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
Ingresos de Venta	\$	132.320	130.880	130.880	126.080	128.000	130.400	129.440	130.720	127.360	129.760	
Costo Gas	\$	75.602	74.830	74.810	72.122	73.181	74.559	74.044	74.704	72.797	74.155	
Costo Protección	\$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Mantenimiento	\$	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	
Total Costos	\$	81.602	80.830	80.810	78.122	79.181	80.559	80.044	80.704	78.797	80.155	
EBITDA	\$	50.718	50.050	50.070	47.958	48.819	49.841	49.396	50.016	48.563	49.605	
Depreciación Financiera	\$	-17.000	-17.000	-17.000	-17.000	-17.000	-17.000	-17.000	-17.000	-17.000	-17.000	
Base Imponible		33.718	33.050	33.070	30.958	31.819	32.841	32.396	33.016	31.563	32.605	
Impuestos		-9.104	-8.924	-8.929	-8.359	-8.591	-8.867	-8.747	-8.914	-8.522	-8.803	
Capital de Trabajo		-1.000									1.000	
Inversión		-170.000										
Valor Residual									50%		85.000	
Flujo de Caja		-170.000	23.614	24.127	24.141	22.599	23.228	23.974	23.649	24.102	23.041	109.802
Flujo de Caja Acumulado		-170.000	-146.386	-122.259	-98.118	-75.519	-52.291	-28.317	-4.668	19.434	42.475	152.277

Fig. 4.1 Flujo de Caja en miles de pesos.

4.2 Resultados Flujo de caja

Datos de entrada:

- Cantidad de Electrolineras.
- Máximo de buses capturados en un año, con un funcionamiento de 24 hrs.
- Costo gas licuado petróleo.

Datos de Salida:

- VAN
- TIR
- Periodo de retorno o recuperación.
- Mínimo calor kW

La tabla 4.1 resume los resultados obtenidos para un period de recuperación de 6 años.

TABLA 4.1 TABLA ORGANIZADORA.

Cantidad de Electrolineras	Buses Diarios	Buses Mensuales	Buses Anuales	VAN	TIR	Periodo retorno	Precio Venta
4	16	480	5760	\$40.011.459,02	14%	5,9	\$154
5	20	600	7200	\$49.422.223,81	14%	5,93	\$142
6	24	720	8640	\$57.737.536,26	14%	5,94	\$134
7	28	840	10080	\$74.767.784,60	15%	5,82	\$129
8	32	960	11520	\$76.169.215,11	14%	5,95	\$124
9	36	1080	12960	\$77.098.660,57	14%	6,09	\$120
10	40	1200	14400	\$101.378.991,44	15%	5,88	\$118

El mínimo valor que puede tomar 1 kW al ser vendido para que el proyecto sea rentable genera 63 escenarios presentados a continuación.

- Para 4 electrolineras.

TABLA 4.2 TABLA ORGANIZADORA 4 ELECTROLINERAS.

Precio Venta (\$/kW)	VAN	Periodo de Recuperación (Años)
160	\$59.273.341,68	5,36
158	\$51.992.400,18	5,56
156	\$44.711.458,69	5,77
154	\$37.430.517,20	6,01
152	\$30.149.575,70	6,26
150	\$22.868.634,21	6,54
148	\$15.587.692,72	6,84
146	\$8.306.751,22	7,17
144	\$1.025.809,73	7,54

- Para 5 electrolineras.

TABLA 4.3 TABLA ORGANIZADORA 5 ELECTROLINERAS.

Precio Venta (\$/kW)	VAN	Periodo de Recuperación (Años)
150	\$92.589.127,74	4,94
148	\$81.240.819,08	5,17
146	\$69.892.510,42	5,41
144	\$58.544.201,75	5,69
142	\$47.195.893,09	5,99
140	\$35.847.584,42	6,32
138	\$24.499.275,76	6,69
136	\$13.150.967,10	7,11
134	\$1.802.658,43	7,59

- Para 6 electrolineras.

TABLA 4.4 TABLA ORGANIZADORA 6 ELECTROLINERAS.

Precio Venta (\$/kW)	VAN	Periodo de Recuperación (Años)
144	\$139.998.750,93	4,52
142	\$123.546.507,99	4,75
140	\$107.094.265,06	5
138	\$90.642.022,13	5,27
136	\$74.189.779,20	5,59
134	\$57.737.536,26	5,94
132	\$41.285.293,33	6,33
130	\$24.833.050,40	6,78
128	\$8.380.807,47	7,31

- Para 7 electrolineras.

TABLA 4.5 TABLA ORGANIZADORA 7 ELECTROLINERAS.

Precio Venta (\$/kW)	VAN	Periodo de Recuperación (Años)
139	\$186.535.758,85	4,3
137	\$164.182.164,00	4,53
135	\$130.651.771,72	4,94
133	\$119.474.974,30	5,1
131	\$97.121.379,45	5,43
129	\$74.767.784,60	5,82
127	\$52.414.189,75	6,2
125	\$30.060.594,89	6,78
123	\$7.707.000,04	7,39

- Para 8 electrolineras.

TABLA 4.6 TABLA ORGANIZADORA 8 ELECTROLINERAS.

Precio Venta (\$/kW)	VAN	Periodo de Recuperación (Años)
136	\$250.809.557,48	3,95
134	\$221.702.833,75	4,18
132	\$192.596.110,02	4,45
130	\$163.489.386,29	4,75
128	\$134.382.662,57	5,09
126	\$105.275.938,84	5,49
124	\$76.169.215,11	5,95
122	\$47.062.491,38	6,5
120	\$17.955.767,65	7,16

- Para 9 electrolineras.

TABLA 4.7 TABLA ORGANIZADORA 9 ELECTROLINERAS.

Precio Venta (\$/kW)	VAN	Periodo de Recuperación (Años)
132	\$298.707.286,75	3,84
130	\$261.772.515,72	4,09
128	\$224.837.744,69	4,38
126	\$187.902.973,66	4,71
124	\$150.968.202,63	5,1
122	\$114.033.431,60	5,55
120	\$77.098.660,57	6,09
118	\$40.163.889,54	6,74
116	\$3.229.118,51	7,56

- Para 10 electrolineras.

TABLA 4.8 TABLA ORGANIZADORA 10 ELECTROLINERAS.

Precio Venta (\$/kW)	VAN	Periodo de Recuperación (Años)
130	\$374.424.558,14	3,64
128	\$328.916.963,69	3,89
126	\$283.409.369,24	4,17
124	\$237.901.774,79	4,5
122	\$192.394.180,34	4,88
120	\$146.886.585,89	5,33
118	\$101.378.991,44	5,88
116	\$55.871.396,99	6,55
114	\$10.363.802,54	7,4

De un total de 63 escenarios se sugiere a partir del análisis realizado la opción más competitiva con un precio de \$116 para 10 electrolineras, teniendo en cuenta un costo de inversión de 450 millones y una rentabilidad en 6 años y medio, en caso de no disponer de un buen capital (sobre 300 millones), se recomienda tener una estación de carga con 6 electrolineras, y tener un precio de venta de \$132, para obtener una rentabilidad en 6 años. Cabe destacar que el precio varía semanalmente visto en el capítulo 2 inciso 7, manteniendo un Fee o precio fijo de \$24,76 en caso de 10 electrolineras y de \$40,76 con 6 electrolineras que permita pagar las inversiones además de los costos fijos y variables.

Inversión Inicial

La inversión inicial depende del capital de cada empresa. En el proyecto de tesis se evaluó de 4 a 10 electrolinerías, la tabla 4.9 lo resume.

- Compra de equipo electrolinera (\$16.000.000).
- Compra grupo electrógeno (\$32.646.419).
- Instalación.
- Estudio de Ingeniería.

TABLA 4.9 INVERSIÓN INICIAL

Cantidad de Electrolinerías	Inversión (CLP)
4	\$200.585.676
5	\$250.232.095
6	\$299.878.514
7	\$349.524.933
8	\$399.171.352
9	\$448.817.771
10	\$498.464.190

Un total de 4 electrolinerías cumple con los objetivos para un retorno de inversión esperado de 6 años. Esta estimación depende de factores como: a) Ingresos de venta b) Buses capturados por la estación de carga c) Costos operacionales y d) Inversión inicial. Esta última depende del capital de empresa, por lo que se evalúa hasta 10 electrolinerías a pesar del gran costo que conlleva.

5. Resultados

5.1 Resultados Modelo.

Elección de una Electrolinerera y Disponibilidad.

Los siguientes vectores son multiplicados a través de un producto punto permitiendo conservar las dimensiones vectoriales.

$$\begin{aligned} VeL_1 &= b_1 * L_1 = [1 \ 0 \ 0 \ 1 \ \dots \ 1] * [1 \ 1 \ 0 \ 1 \ \dots \ 1] \\ VeL_1 &= [1 \ 0 \ 0 \ 1 \ \dots \ 1] \\ VeL_2 &= b_2 * L_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ \dots \ 1] * [0 \ 1 \ 0 \ 1 \ \dots \ 1] \\ VeL_2 &= [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ \dots \ 1] \end{aligned}$$

$$VeL_1 = \begin{cases} 0, & \text{no es capturado por la electrolinerera 1.} \\ 1, & \text{es capturado por la electrolinerera 1.} \end{cases}$$

$$VeL_2 = \begin{cases} 0, & \text{no es capturado por la electrolinerera 2.} \\ 1, & \text{es capturado por la electrolinerera 2.} \end{cases}$$

VeL_1 y VeL_2 , representa los buses eléctricos capturados por la electrolinerera 1 y por la electrolinerera 2.

Carga disponible en el vehículo.

La carga con la que llegan los buses eléctricos a la electrolinerera 1 y 2 se define con la matriz Cb_1 y Cb_2 , que entrega una carga aleatoria entre 5% y 90% mínimos y máximos tolerables para cargar un bus eléctrico. La matriz Cb_i se multiplica por VeL_i con $i = \{1,2\}$ respectivamente, representando la carga del bus eléctrico capturados en las electrolinereras correspondientes.

$$\begin{aligned} MCb_1 &= Cb_1 * VeL_1 = [63 \ 47 \ 62 \ 16 \ \dots \ 48] * [1 \ 0 \ 0 \ 1 \ \dots \ 1] \\ MCb_1 &= [63 \ 0 \ 0 \ 16 \ \dots \ 48] \\ MCb_2 &= Cb_2 * VeL_2 = [53 \ 65 \ 21 \ 64 \ \dots \ 72] * [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ \dots \ 1] \\ MCb_2 &= [0 \ 0 \ 0 \ 64 \ \dots \ 72] \end{aligned}$$

Siendo, MCb_i la carga inicial con la que llega el bus eléctrico a la electrolinera y cuando toma valor 0 se debe a que no es capturada por esta.

Porcentaje de carga a comprar en la estación.

Un aumento de carga Zb_i , representa cuanto cargó en la electrolinera el bus eléctrico. Este vector es mayor a Cb_1 (carga inicial) con la que es capturada por la estación de carga. Un vector aleatorio Xb_i es sumado a Cb_i generando un aumento de carga Zb_i bajo dos restricciones.

$$Zb_i = \begin{cases} \text{La carga mínima con la que un bus se puede retirar es el 80\%.} \\ \text{no puede superar el 100\% de carga.} \end{cases}$$

$$Zb_i, Xb_i, Cb_i \text{ con } i = \{1,2\}$$

$$Xb_1 = [22 \quad 48 \quad 36 \quad 85 \quad \dots \quad 68 \quad]$$

$$Xb_2 = [67 \quad 37 \quad 88 \quad 24 \quad \dots \quad 66 \quad]$$

$$Zb_1 = Xb_1 + Cb_1 = [22 \quad 48 \quad 36 \quad 85 \quad \dots \quad 68 \quad] + [63 \quad 47 \quad 62 \quad 16 \quad \dots \quad 48 \quad]$$

$$Zb_1 = [85 \quad 95 \quad 98 \quad 100 \quad \dots \quad 100 \quad]$$

$$Zb_2 = Xb_2 + Cb_2 = [67 \quad 37 \quad 88 \quad 24 \quad \dots \quad 66 \quad] + [53 \quad 65 \quad 21 \quad 64 \quad \dots \quad 72 \quad]$$

$$Zb_2 = [100 \quad 100 \quad 100 \quad 88 \quad \dots \quad 96 \quad]$$

La matriz Zb_i cambia su nombre a cargaVEb_i , representando el aumento de carga con el que el bus eléctrico sale de la electrolinera.

Dado que la matriz cargaVEb_i no señala aún si el bus eléctrico es capturado o no por la electrolinera, se multiplica por la matriz VeL_i , creando carga_VE_i .

Donde carga_VE_i representa la carga con la que un bus eléctrico que es capturado por las electrolineras se retira. Toma valor 0 cuando no es capturado por esta.

$$\text{cargaVEb}_i, \text{VeL}_i, \text{carga_VE}_i \text{ con } i = \{1,2\}.$$

$$\begin{aligned}
\text{carga_VE}_1 &= \text{cargaVEb}_1 * \text{VeL}_1 = [85 \ 95 \ 98 \ 100 \ \dots \ 100] * [1 \ 0 \ 0 \ 1 \ \dots \ 1] \\
\text{carga_VE}_1 &= [85 \ 0 \ 0 \ 100 \ \dots \ 100] \\
\text{carga_VE}_2 &= \text{cargaVEb}_2 * \text{VeL}_2 = [100 \ 100 \ 100 \ 88 \ \dots \ 96] * [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ \dots \ 1] \\
\text{carga_VE}_2 &= [0 \ 0 \ 0 \ 88 \ \dots \ 96]
\end{aligned}$$

Un delta de carga señala cuanto cargó cada bus eléctrico en las electrolineras. Basta con restar la matriz anteriormente calculada carga_VE_i con la matriz MCb_i la cual simboliza con cuanta carga entra a la electrolinera el bus capturado.

$$\begin{aligned}
\text{dcarga}_1 &= \text{carga_VE}_1 - \text{MCb}_1 = [85 \ 0 \ 0 \ 100 \ \dots \ 100] - [63 \ 0 \ 0 \ 16 \ \dots \ 48] \\
\text{dcarga}_1 &= [22 \ 0 \ 0 \ 84 \ \dots \ 52] \\
\text{dcarga}_2 &= \text{carga_VE}_2 - \text{MCb}_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 88 \ \dots \ 96] - [0 \ 0 \ 0 \ 64 \ \dots \ 72] \\
\text{dcarga}_2 &= [0 \ 0 \ 0 \ 24 \ \dots \ 24]
\end{aligned}$$

Siendo dcarga_i con $i = \{1,2\}$ la matriz que señala cuanto fue lo que cargaron en las electrolineras.

Tiempo de carga.

Un bus eléctrico de marca ByD, se demora 5,4 horas en llegar a su carga completa, dato obtenido desde la página oficial de ByD [19]. Podemos hacer la conversión a cuantos minutos estuvieron en la electrolinera.

Conversión:

$$\frac{\text{dcarga}_i * 5,4 \text{ h} * 60 \text{ min}}{100} \tag{5.1}$$

Una nueva matriz tcarga_im con $i = \{1,2\}$ representa cuantos minutos estuvo la electrolinera en funcionamiento mientras carga el bus eléctrico.

$$tcarga_{1m} = dcarga_1 * conversi3n = [66 \ 0 \ 0 \ 252 \ \dots \ 156]$$

$$tcarga_{2m} = dcarga_2 * conversi3n = [0 \ 0 \ 0 \ 72 \ \dots \ 72]$$

Consumo de Gas.

Una nueva matriz llamada $tcarga_{i1}$ multiplica a $tcarga_{im}$ por el factor $0.504 \left[\frac{L}{min} \right]$, obteniendo los litros de GLP utilizados, con $i = \{1,2\}$.

$$tcarga_{11} = dcarga_1 [min] * 0.504 \left[\frac{L}{min} \right] = [33,26 \ 0 \ 0 \ 127 \ \dots \ 78,62]$$

$$tcarga_{21} = dcarga_2 [min] * 0.504 \left[\frac{L}{min} \right] = [0 \ 0 \ 0 \ 36,28 \ \dots \ 36,28]$$

Costo del gas.

Con un costo de \$181 el litro, $tcarga_{i1} [L]$ se obtienen los costos operacionales para $tcarga_{ip} [\$]$, con $i = \{1,2\}$.

$$tcarga_{1p} = dcarga_{11} [L] * 181 \left[\frac{\$}{L} \right] = [\$6020 \ 0 \ 0 \ \$22987 \ \dots \ \$14230]$$

$$tcarga_{2p} = dcarga_{21} [L] * 181 \left[\frac{\$}{L} \right] = [0 \ 0 \ 0 \ \$6.566 \ \dots \ \$6566]$$

Conversi3n a kW.

Para generar 1 kW, necesito 0,504 litros de GLP, por lo que en un litro de GLP genero 1,98 kW. A Lipigas le cuesta \$181 el litro de GLP, por lo que para generar un kW tendr3a un costo de \$91,24.

$$\text{kilo watt generado} = \frac{1 [kW]}{1 [min]} \times \frac{1 [min]}{0,5040907 [L]} = 1,98 \frac{[kW]}{[L]}$$

$$\text{Costokw}_1 = \text{tcarga}_{11}[\text{L}] * 1,98 \left[\frac{\text{kW}}{\text{L}} \right] = [65,85 \quad 0 \quad 0 \quad 251,46 \quad \dots \quad 155,66]$$

$$\text{tcarga}_{21} = \text{dcarga}_2[\text{min}] * 0,504 \left[\frac{\text{L}}{\text{min}} \right] = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 71,83 \quad \dots \quad 71,83]$$

Venta o pago por el vehículo por la carga.

El precio de venta queda dado por la ecuación 2.6.

$$P_{VE} = \text{Costo de generar} \frac{\$}{\text{kW}} + \text{Fee} \frac{\$}{\text{kW}}$$

5.2 Análisis Estocástico

El modelo de flujo estocástico comprende una sucesión de variables aleatorias que varían en función de otra variable en un tiempo determinado, cada una tiene su propia función de probabilidad. La figura 5.1 representa un diagrama de flujo de un proceso de carga para buses eléctricos, generando indicadores a través de gráficos de histograma para facilitar la toma de decisiones.



Fig 5.1 Diagrama de flujo de un proceso de carga.

La modelación y simulación de electrolineas aporta resultados que se ven reflejados en histogramas, gráficos y tablas estadísticas facilitando la toma de decisiones como lo es la estimación de litros gas licuado petróleo a utilizar para la generación de kW de alimentación en una electrolinea de 24 horas de funcionamiento.

Carga de ingreso.

Sigue una distribución tipo uniforme continua con una carga de 5 a 90%, con restricción en la que un bus eléctrico no debería ingresar a una electrolinera con 90% de carga al igual que con una carga menor al 5% (esta restricción fue otorgada por Metbus indicando que el total de km recorridos por un bus eléctrico repercute en su porcentaje de carga, pero no al extremo de llegar con un porcentaje de carga menor o mayor a lo mencionado). Los buses no capturados son reflejados con un 0%.

Eje x: Cantidad de buses.

Eje y: Porcentaje de carga.

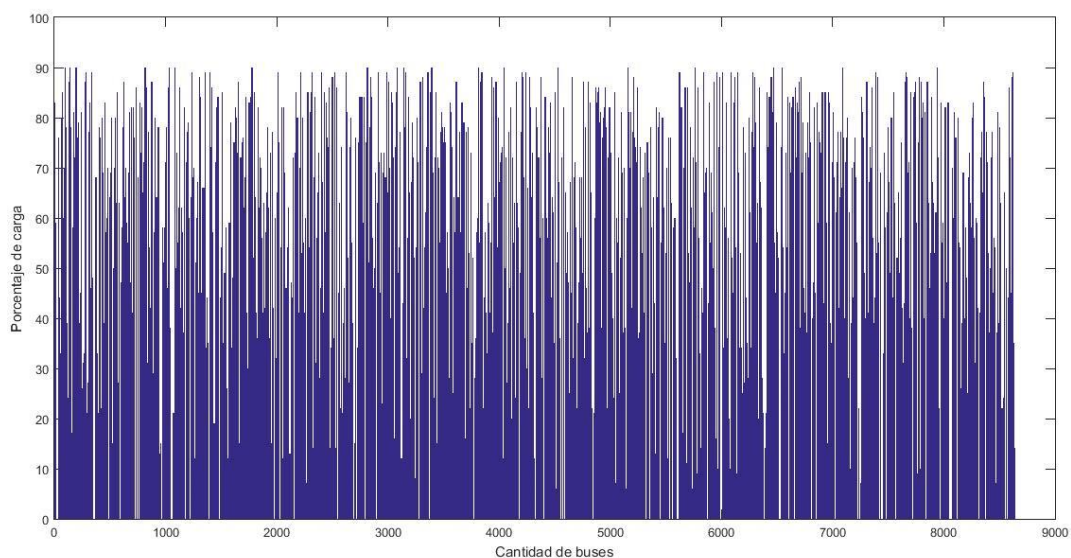


Fig 5.2 Carga entrada de un bus eléctrico.

La figura 5.2 representa un gráfico de barra con cada uno de los 8640 escenarios posibles en la cual un bus eléctrico ingresa con una carga aleatoria a la electrolinera, la cual es reflejada en la tabla 5.1.

TABLA 5.1 TABLA FRECUENCIAS.

Porcentaje de carga	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Porcentual	Frecuencia Acumulada	Acumulada Porcentual
0% - 10%	161	0,0754	7,5445	0,0754	7,5445
11% - 20%	251	0,1176	11,761	0,1930	19,306
21% - 30%	230	0,1077	10,777	0,3008	30,084
31% - 40%	251	0,1176	11,761	0,4184	41,84
41% - 50%	242	0,1134	11,340	0,5318	53,186
51% - 60%	258	0,1208	12,089	0,6527	65,276
61% - 70%	221	0,1035	10,356	0,7563	75,632
71% - 80%	247	0,1157	11,57	0,8720	87,207
81% - 90%	273	0,1279	12,792	1	100
91% - 100%	0	0	0	1	100

La tabla 5.1 agrupa los datos recogidos de la figura 5.2 con la finalidad de obtener la probabilidad de que un bus eléctrico se posicione en la electrolinera con una carga aleatoria.

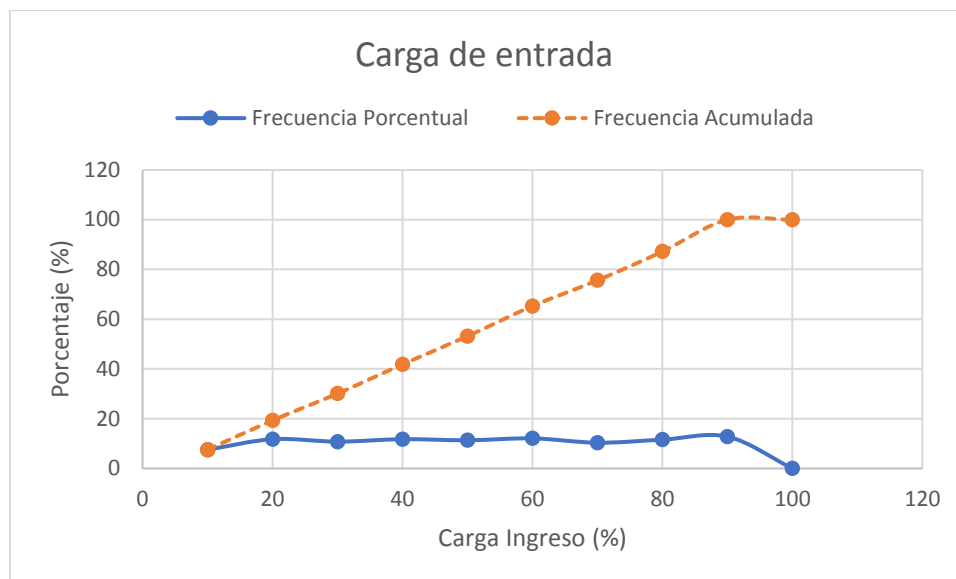


Fig 5.3 Carga entrada porcentual.

La figura 5.3 simboliza con línea continua la frecuencia porcentual que permite obtener un análisis estadístico sobre la carga de ingreso de un bus eléctrico. En línea segmentada la frecuencia acumulada cuya curva es característica de una probabilidad uniforme continua para corroborar la distribución de los datos.

TABLA 5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Resumen Estadístico	
Media	47,754
Mediana	48
Moda	29
Desviación estándar	25,102
Curtosis	-1,218

La tabla 5.2 plasma los resultados de simulación obtenidos, los que se comportan de manera uniforme con un universo de 8640 buses. Anualmente, 2134 son capturados por la electrolinera. 29% es la carga de ingreso que más se repite. En promedio, el bus se sitúa con una carga del 48% con una desviación de $\pm 25\%$. La curtosis señala que los datos están más segregados a la derecha ingresando buses con una carga superior al 48%.

Porcentaje de carga en electrolinera.

Sigue una distribución de tipo uniforme continua. Corresponde a la carga realizada en la electrolinera. Esta se centra entre 0 a 40%. Debido a la carga de ingreso en los buses eléctricos no puede superar el 100%.

Eje x: Cantidad de buses.

Eje y: Porcentaje de carga.

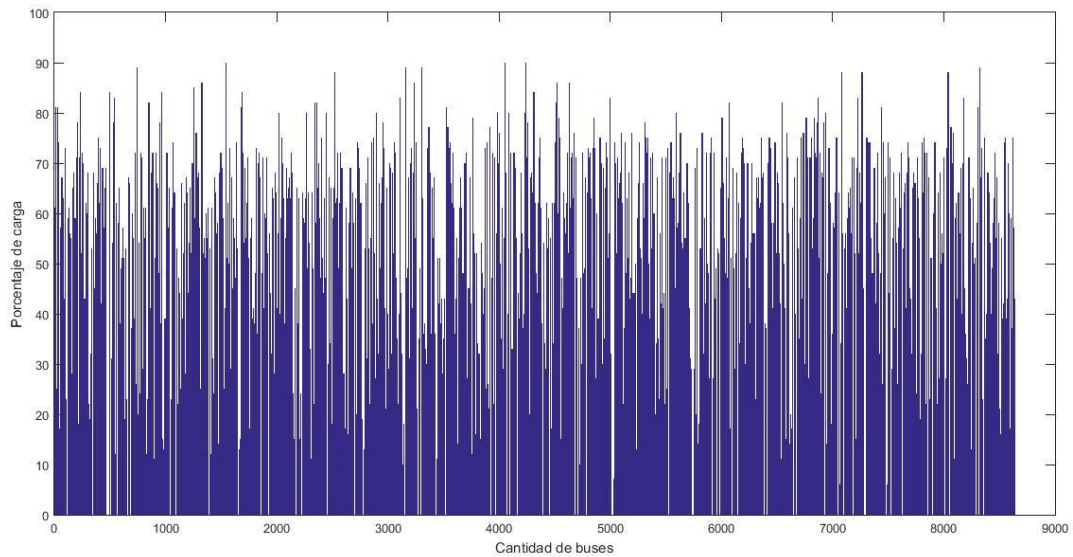


Fig 5.4 Porcentaje de carga en electrolinera.

La figura 5.4 visualiza un gráfico de barra de los 8640 escenarios posibles con la carga realizada en la electrolinera.

Carga Salida.

Sigue una distribución de tipo uniforme continua, con dos restricciones en la cual un bus eléctrico no puede salir de la electrolinera con una carga menor al 80% ni sobrepasar el 100%. La carga 0% representa al bus eléctrico no capturado por la electrolinera.

Eje x: Cantidad de buses.

Eje y: Porcentaje de carga.

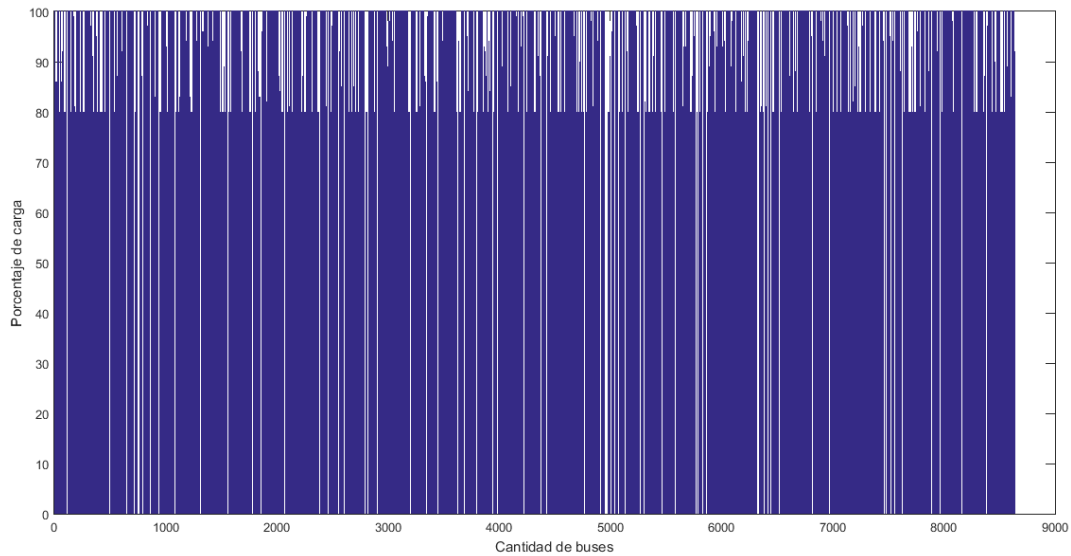


Fig 5.5 Carga salida de un bus eléctrico.

La figura 5.5 visibiliza un gráfico de barra de los 8640 escenarios posibles con la posible carga que un bus eléctrico se retira de la electrolinera después de ser cargado.

Tiempo de carga.

El bus eléctrico se demora 5,4 hrs en cargar al 100%, un factor $\times 0,054 \frac{h}{\%}$ que transforma el porcentaje de carga a horas. Para el proyecto es necesario llevarlo a minutos con un factor $\times 60 \frac{min}{h}$. Se visualiza que la carga de un bus eléctrico lleva un estimado de 100 a 250 minutos.

Eje x: Cantidad de buses.

Eje y: Minutos.

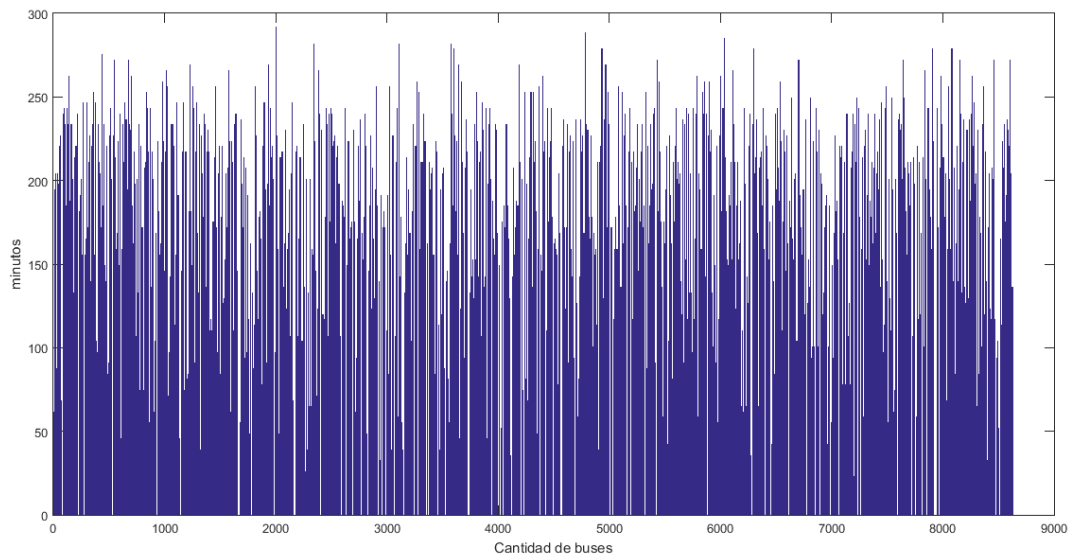


Fig 5.6 Tiempo de carga de un bus eléctrico.

La figura 5.6 representa los minutos en los cuales un bus eléctrico se mantiene posicionado en la electrolinera para un total de 8640 escenarios posibles, la cual es reflejada en la tabla 5.3.

TABLA 5.3 TABLA FRECUENCIAS.

Tiempo de carga (min)	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Porcentual	Frecuencia Acumulada	Acumulada Porcentual
0 - 22	9	0,0041	0,4132	0,0041	0,4132
23 - 44	144	0,066	6,61157	0,0702	7,0247
45 - 66	216	0,0991	9,91735	0,1694	16,942
67 - 88	229	0,1051	10,514	0,2745	27,45
89 -110	169	0,0775	7,75941	0,3521	35,215
111 - 132	243	0,1115	11,1570	0,4637	46,372
133 - 154	217	0,0996	9,96326	0,5633	56,336
155 - 176	218	0,1000	10,0091	0,6634	66,345
177 - 198	216	0,0991	9,91735	0,7626	76,262
199 - 220	157	0,0720	7,20844	0,8347	83,47
221 - 242	239	0,109	10,9733	0,9444	94,444
243 - 264	86	0,0394	3,94857	0,9839	98,393
265 - 286	26	0,0119	1,19375	0,9958	99,586
287 - 308	9	0,0041	0,4132	1	100

La tabla 5.3 agrupa los datos recogidos de la figura 5.6 con el propósito de obtener el tiempo en que un bus eléctrico se mantiene cargando en la electrolinera y cual es la probabilidad que ocurra.

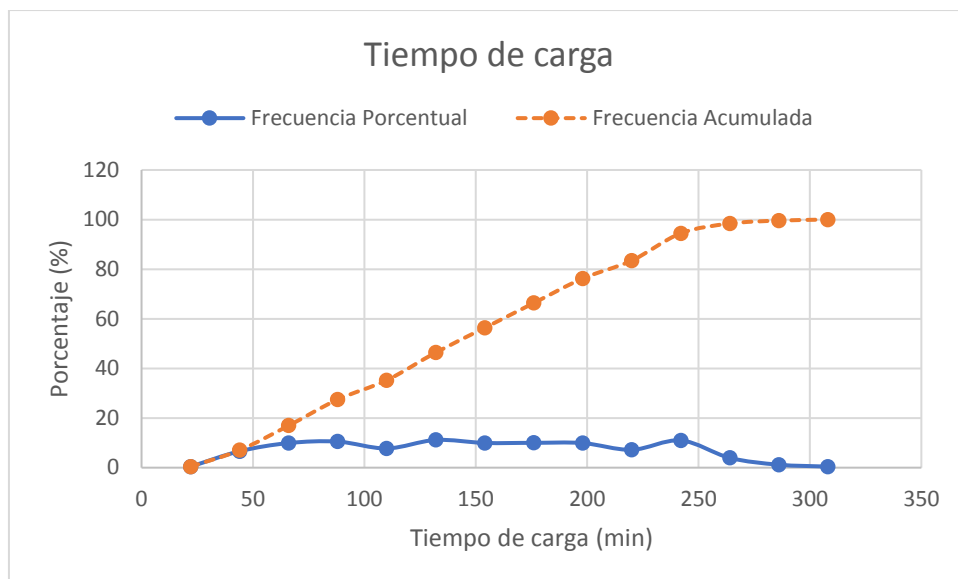


Fig 5.7 Tiempo de carga.

La figura 5.7 proyecta con línea continua la frecuencia porcentual que permite obtener un análisis estadístico sobre el tiempo de carga de un bus eléctrico. En línea segmentada la frecuencia acumulada cuya curva es característica de una probabilidad uniforme continua para corroborar la distribución de los datos.

TABLA 5.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Resumen Estadístico	
Media	141,0
Mediana	139,32
Moda	113,4
Desviación estándar	66,576
Curtosis	-1,0718

Los resultados de la simulación se comportan de manera uniforme, proyectando que 113 [min] son el tiempo que más se repite en carga de buses eléctrico (moda), en promedio un bus toma 141 minutos en carga posicionado en una electrolinera con una desviación de ± 66 [min]. La curtosis señala que los datos están más segregados a la izquierda por lo que la mayoría de los buses carga menos de 141 minutos.

Litros Utilizados.

El generador según la especificación técnica necesita 7,99 galones por cada hora de funcionamiento. Por minuto utiliza 0,504 litros de gas licuado petróleo (calculos de transformación en el capítulo 5.6).

Un estimado anual de 920.000 Litros de gas licuado petróleo son necesarios para alimentar una estación de carga de 6 electrolinerías con un universo de 8640 buses eléctricos.

Eje x: Cantidad de buses.

Eje y: Litros gas licuado petróleo.

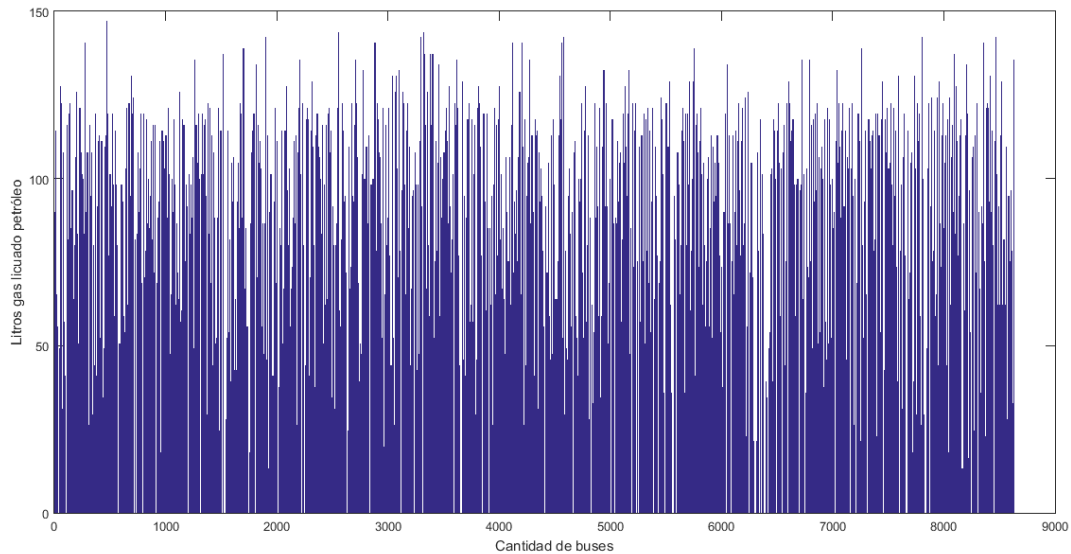


Fig 5.8 Litros gas licuado petróleo utilizados.

La figura 5.8 representa los litros de gas licuado petróleo utilizados en la carga de un bus eléctrico para un total de 8640 escenarios posibles, la cual es reflejada en la tabla 5.5.

TABLA 5.5 TABLA FRECUENCIAS.

Litros GLP utilizados (Lt)	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Porcentual	Frecuencia Acumulada	Acumulada Porcentual
0 - 11	8	0,0036	0,3671	0,0036	0,3671
12 - 22	147	0,0674	6,7462	0,0711	7,1133
23 - 33	207	0,0949	9,4997	0,1661	16,613
34 - 44	198	0,0908	9,0867	0,2569	25,699
45 -55	208	0,0954	9,5456	0,3524	35,245
56 - 66	220	0,1009	10,096	0,4534	45,341
67 - 77	210	0,0963	9,6374	0,5497	54,979
78 - 88	176	0,0807	8,0770	0,6305	63,056
89 - 99	223	0,1023	10,234	0,7329	73,290
100 - 110	231	0,1060	10,601	0,8389	83,891
111 - 121	214	0,0982	9,8210	0,9371	93,712
122 - 132	88	0,0403	4,0385	0,9775	97,751
133 - 143	43	0,0197	1,9733	0,9972	99,724
144 - 154	6	0,0027	0,2753	1	100

La tabla 5.5 agrupa los datos recogidos de la figura 5.8 con el propósito de proyectar los litros de gas licuado petróleo utilizados en la carga de buses eléctricos y cual es la probabilidad que ocurra.

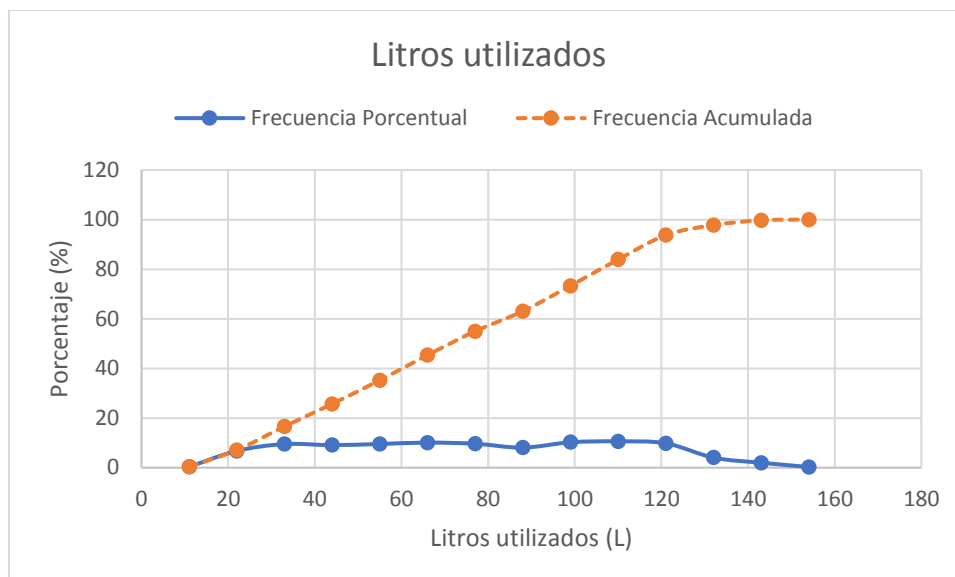


Fig 5.9 Litros GLP Utilizados.

La figura 5.9 refleja con línea continua la frecuencia porcentual que permite obtener un análisis estadístico sobre los litros de gas licuado petróleo utilizados. En línea segmentada la frecuencia acumulada cuya curva es característica de una probabilidad uniforme continua para corroborar la distribución de los datos.

TABLA 5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Resumen Estadístico	
Media	71,932
Mediana	70,229
Moda	107,79
Desviación estándar	33,835
Curtosis	-1,1142

Los resultados de simulación se comportan de manera uniforme, arrojando que 108 litros de gas licuado petróleo son los más utilizados por carga de un bus eléctrico. En promedio, un bus posicionado en una electrolinera utiliza 72 litros de glp con una desviación de ± 34 [L]. La curtosis señala que los datos están más segregados a la izquierda por lo que la mayoría de los buses gasta menos de 72 litros en carga.

Generación kW.

La cantidad de kW generados es calculada en el capítulo 5.3, donde un factor $\times 1.98 \frac{[kW]}{[L]}$ transformados desde el gráfico “litros gas licuado petróleo”, se estima un consumo entre 50 a 200 kW para cargar cada bus eléctrico.

Eje x: Cantidad de buses.

Eje y: kW.

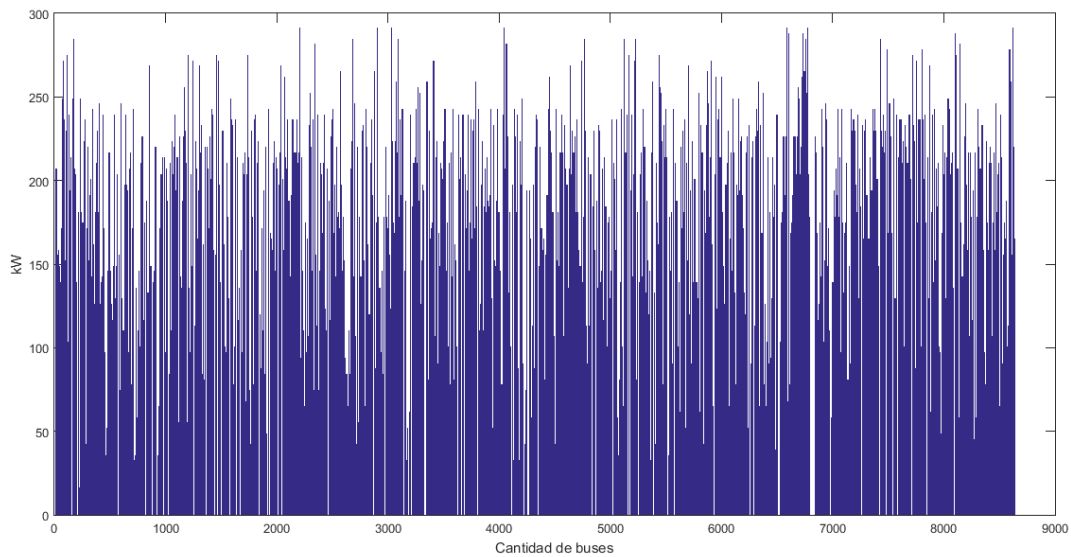


Fig 5.10 kW generados para carga de buses eléctricos.

La figura 5.10 representa un gráfico de barra con cada uno de los 8640 escenarios posibles sobre la cantidad de kW generados para cargar un bus eléctrico, la cual es reflejada en la tabla 5.7.

TABLA 5.7 TABLA FRECUENCIAS.

kW generados	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Porcentual	Frecuencia Acumulada	Acumulada Porcentual
0 - 22	9	0,0043	0,4333	0,0043	0,4333
23 - 44	144	0,0693	6,9330	0,0736	7,3663
45 - 66	215	0,1035	10,351	0,1771	17,717
67 - 88	228	0,1097	10,977	0,2869	28,695
89 -110	195	0,0938	9,3885	0,3808	38,083
111 - 132	173	0,0832	8,3293	0,4641	46,413
133 - 154	209	0,1006	10,062	0,5647	56,475
155 - 176	216	0,1039	10,399	0,6687	66,875
177 - 198	192	0,0924	9,2441	0,7611	76,119
199 - 220	214	0,1030	10,303	0,8642	86,422
221 - 242	154	0,0741	7,4145	0,9383	93,837
243 - 264	90	0,0433	4,3331	0,9817	98,170
265 - 286	36	0,0173	1,7332	0,9990	99,903
287 - 308	2	0,0009	0,0962	1	100

La tabla 5.7 agrupa los datos recogidos de la figura 5.10 con el objetivo de proyectar los kW generados en la carga de buses eléctricos y cual es la probabilidad que ocurra.

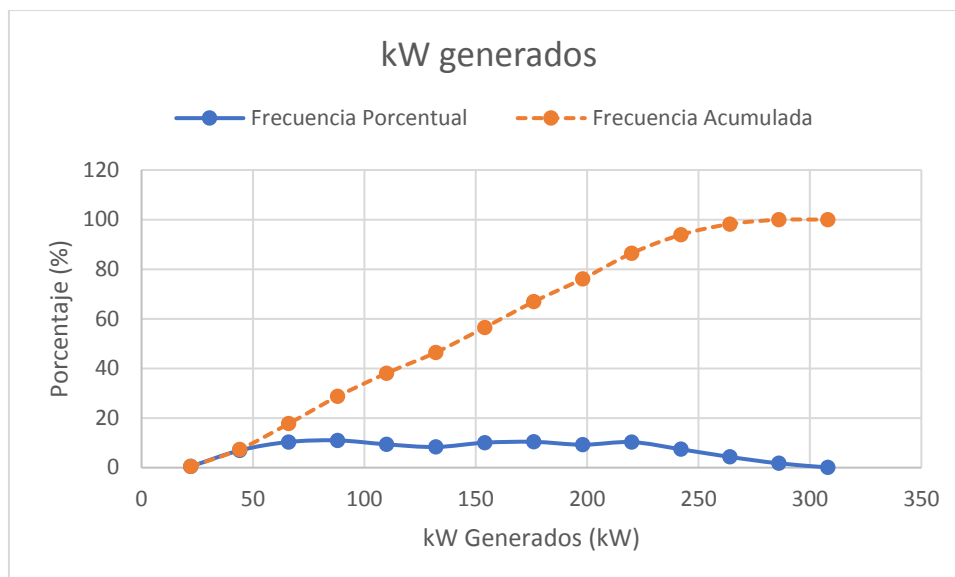


Fig 5.11 kW generados.

La figura 5.11 simboliza con línea continua la frecuencia porcentual que permite obtener un análisis estadístico sobre la cantidad de kW generados y utilizados en la carga de un bus eléctrico. En línea segmentada la frecuencia acumulada cuya curva es característica de una probabilidad uniforme continua para corroborar la distribución de los datos.

TABLA 5.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Resumen Estadístico	
Media	139,72
Mediana	139,05
Moda	84,079
Desviación estándar	66,886
Curtosis	-1,0933

Los resultados de simulación se comportan de manera uniforme, proyectando que 84 kW son los generados para cargar un bus eléctrico mayoritariamente, en promedio un bus posicionado en una electrolinera demanda 140 kW con una desviación de ± 67 [kW]. La curtosis señala que los datos están más segregados a la izquierda por lo que la mayoría de los buses demanda menos de 140 [kW].

5.3 Resultados Específicos

Carga total.

La electrolinera de 60[kWh] tiene un tiempo de 5,4 hrs en tener la carga completa de un bus eléctrico o 324 [min]. Utilizando la ecuación [6.28], se obtiene la cantidad de litros totales consumidos.

$$\text{Litros Totales} = 324 \text{ [min]} \times 0,504 \left[\frac{\text{L}}{\text{min}} \right] = 163,29 \text{ [litros]}$$

Por cada litro de gas licuado petróleo, se generan 1,98 kW.

$$\text{kilo watt generado} = \frac{1 \text{ [kW]}}{1 \text{ [min]}} \times \frac{1 \text{ [min]}}{0,5040907 \text{ [L]}} = 1,98 \frac{\text{[kW]}}{\text{[L]}}$$

$$\text{Carga Total} = 163,29 \text{ [L]} \times 1,98 \left[\frac{\text{[kW]}}{\text{[L]}} \right] = 324 \text{ [kW]}.$$

Precio de Venta.

En promedio \$181 es el valor del litro de GLP, el costo de generar es de $91,24 \left[\frac{\$}{\text{kW}} \right]$.

$$\text{Costo kilo watt} = 0,5040907 \left[\frac{\text{L}}{\text{kW}} \right] \times 181 \left[\frac{\$}{\text{L}} \right] = 91,24 \left[\frac{\$}{\text{kW}} \right]$$

La Tabla 7.2.1 presenta 7 distintos escenarios para cada electrolinera obtenidos del flujo de caja. Es importante recalcar de la ecuación 5.1 que el Precio de Venta es la suma de $Fee \left[\frac{\$}{\text{kW}} \right]$ + el Costo de generar.

TABLA 5.9 PRECIO DE VENTA KW.

Nº Electrolineras	Fee $\left[\frac{\$}{\text{kW}} \right]$	Precio de Venta $\left[\frac{\$}{\text{kW}} \right]$
4	62,76	154
5	50,76	142
6	42,76	134
7	37,76	129
8	32,76	124
9	28,76	120
10	26,76	118

$Fee \left[\frac{\$}{\text{kW}} \right]$ es un precio fijo necesario para pagar las inversiones, costos fijos y variables, los valores obtenidos son el mínimo valor que puede tomar.

6. Conclusiones

La presente Memoria al Proyecto de Título demuestra una rentabilidad técnico – económica de una estación de carga a través de una modelación y simulación de un flujo estocástico a base de un número proyectado de buses eléctricos que en un año pasan por fuera de una electrolinera.

El punto de partida del estudio fue llevado a cabo con un levantamiento de información sobre la situación actual como país frente a esta tecnología, normativas internacionales y características técnicas que respalden el proyecto. Se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- a) Cantidad de electrolineras que otorguen rentabilidad al proyecto.
- b) Costos de instalación.
- c) Estimación de litros gas licuado petróleo a utilizar.
- d) Periodo de recuperación de la inversión

Para ello, se implementó una metodología a través de Matlab, la cual abarca desde la elección de la estación de carga haciendo ingreso según disponibilidad, hasta el porcentaje de carga de ingreso y salida de cada bus eléctrico, a través de métodos probabilísticos tratados estocásticamente consiguiendo indicadores que permitieron la estimación de los cuatro objetivos específicos.

Con respecto al primero, el flujo de caja determina la cantidad de electrolineras necesarias para que el valor actual neto y la tasa interna de retorno sean positivos. Un total de 4 electrolineras cumple con los mínimos requisitos para un retorno esperado menor a 10 años. Se presenta un estudio de hasta 10 electrolineras con la finalidad de disminuir el periodo de recuperación.

Los costos de instalación varían según el número de electrolineras instaladas. El costo mínimo estimado es de \$200.585.676 correspondiente a una estación de carga con 4 electrolineras, así como el máximo estimado de \$498.464.190 para una de 10 electrolieneras. Este valor comprende cotizaciones de componentes técnicamente requeridos.

La estimación de litros gas licuado petróleo a utilizar depende de factores como el flujo de buses capturados por la estación de carga en relación con la cantidad de electrolineras instaladas. En una estación de carga con 4 electrolineras se espera un estimado de 415.000 litros anuales de gas licuado petróleo para un universo total de 5760 buses anuales que pasan por fuera de la electrolinera, en contraste con una estación de carga con 10 electrolineras el estimado es de 2.556.000 litros y un total de 14400 buses anuales, la diferencia existente se debe a la proyección de buses eléctricos la que al aumentar acrecienta las probabilidades que sea capturado por la electrolinera.

El periodo de recuperación de inversión escogido es de 6 años, debido que es el admisible por Lipigas S.A. El flujo de caja proporciona este dato según el precio de venta otorgado por la generación de kW. Este valor depende del valor del petróleo, el cual varía todas las semanas y se puede tener seguimiento desde la página de ENAP. El valor fijo necesario para pagar las inversiones, costos fijos y variables es calculado del mínimo valor que puede tomar el precio kW para asegurar la rentabilidad del Proyecto. En el caso de una estación de carga de 4 electrolinerías el valor fijo (Fee) es de \$62,76 mientras que para una estación de carga de 10 electrolinerías es de \$26,76 asegurando un periodo de recuperación estimado de 6 años.

Un total de 63 distintos escenarios fueron estudiados y optimizados con la finalidad de demostrar una rentabilidad técnico – económica de una estación de carga para buses eléctricos del Transantiago a base de gas licuado petróleo, a partir del análisis realizado la opción más competitiva teniendo un capital de 500 millones es una estación de carga de 10 electrolinerías con un precio de venta aproximado de \$116 con un precio fijo o Fee de \$24,76 que permita pagar las inversiones, costos fijos y variables, con una rentabilidad en 6 años y medio, en caso de disponer un capital menor a 300 millones se sugiere o recomienda tener una estación de carga con 6 electrolineas, y un precio de venta cercano a \$132 con un precio fijo de \$40,76 cuya rentabilidad también es a 6 años.

Bibliografía

- [1] ENEL. "Electrolineras", [En Línea]. 2016, [Agosto 2017]. Dirección de la Página Web: <https://www.eneldistribucion.cl/mapa-electrolinera>.
- [2] ABB, "Carga Rápida de Vehículos Eléctricos: El cargador ultra-rápido Terra 51 adapta la tecnología a las costumbres de los usuarios."
- [3] ENEL. "Bus Eléctrico", [En Línea]. 2016, [Agosto 2017]. Dirección de la Página Web: <https://www.eneldistribucion.cl/buselectrico>.
- [4] Paquilla, B., & Mario, A. (2015). Análisis comparativo y repercusión medioambiental sobre la implantación del vehículo eléctrico en el parque móvil del Ayuntamiento de Sevilla.
- [5] S. Errasti, V. Fernández, G. Gutiérrez y N. Rodríguez. "Sistema de recarga de vehículos eléctricos," *ESC, Electric Safety Car*, 2010-2011.
- [6] J. Salmerón Ozores. "Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera," Universidad Carlos III, *Departamento Ingeniería Eléctrica*, 2012.
- [7] Wu, F., & Sioshansi, R. (2017). A stochastic flow-capturing model to optimize the location of fast-charging stations with uncertain electric vehicle flows. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 53, 354-376.
- [8] Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. "MTT anuncia incorporación de los primeros buses del eléctricos al Transantiago", [En Línea]. [Septiembre 2017]. Dirección de la Página Web: <http://www.mtt.gob.cl/archivos/16114>.
- [9] Recarga coches eléctricos, "Tipos de recarga para vehículos eléctricos", [En Línea]. Abril 2016, [Septiembre 2017]. Dirección de la Página Web: <http://www.recargacocheselectricos.com/tipos-recarga-vehiculos-electricos/#more-6062>
- [10] Recarga coches eléctricos, "Tipos de conectores para vehículos eléctricos", [En Línea]. Mayo 2016, [Septiembre 2017]. Dirección de la Página Web: <http://www.recargacocheselectricos.com/tipos-conectores-vehiculos-electricos/#more-6083>.
- [11] Recarga coches eléctricos, "Modos de carga para vehículos eléctricos", [En Línea]. Mayo 2016, [Septiembre 2017]. Dirección de la Página Web: <http://www.recargacocheselectricos.com/modos-de-carga-para-vehiculos-electricos/#more->

[6122](#).

- [12] División de ingeniería de electricidad. “Pliego Técnico Normativo: RTIC N°11”, *Decreto con fuerza de ley N° 4/20.018 de 2006, del Ministerio de economía, fomento y reconstrucción, ley general de servicios eléctricos*.2006.
- [13] Patentscope. "ELECTRIC VEHICLE CHARGE PORT", [En Línea]. Septiembre 2017, [Octubre 2017]. Dirección de la Página Web: <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=US203768296&recNum=4&office=&queryString=FP%3A%28ELECTRIC+VEHICLE+CHARGE+PORT%29&prevFilter=&sortOption=Fecha+de+publicaci%C3%B3n%2C+orden+descendente&maxRec=311>.
- [14] Patentscope. “INDUCTIVE CHARGING SYSTEM FOR A VEHICLE, AND USE.”, [En Línea]. Septiembre 2017, [Octubre 2017]. Dirección de la Página Web: <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=WO2017153080&recNum=1&office=&queryString=FP%3A%28INDUCTIVE+CHARGING+SYSTEM+FOR+A+VEHICLE%2C+AND+USE%29&prevFilter=&sortOption=Fecha+de+publicaci%C3%B3n%2C+orden+descendente&maxRec=26>.
- [15] Patentscope. “MEDIATOR DEVICE FOR SMART ELECTRIC VEHICLE CHARGING ”, [En Línea]. Septiembre 2017, [Octubre 2017]. Dirección de la Página Web:<https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=EP203512555&recNum=1&office=&queryString=FP%3A%28MEDIATOR+DEVICE+FOR+SMART+ELECTRIC+VEHICLE+CHARGING+%29&prevFilter=&sortOption=Fecha+de+publicaci%C3%B3n%2C+orden+descendente&maxRec=3>.
- [16] Transporte Publico Santiago “Seguimiento y Control Ambiental”, [En Línea]. [Octubre 2017]. Dirección de la Página Web: <http://www.transportepublicosantiago.cl/index.php/la-ciudad/medio-ambiente/12-la-ciudad/31-seguimiento-y-control-ambiental>.
- [17] INE “Índices de Remuneraciones y Costos de la Mano de Obra”, [En Línea]. Julio 2017, [Noviembre 2017]. Dirección de la Página Web: [http://www.ine.cl/docs/default-source/boletines/ricmo/2017/espaa%C3%B1ol/bolet%C3%ADn-%C3%ADndices-de-remuneraciones-y-costo-de-la-mano-de-obra-\(ir-icmo\)-mayo-2017.pdf?sfvrsn=5](http://www.ine.cl/docs/default-source/boletines/ricmo/2017/espaa%C3%B1ol/bolet%C3%ADn-%C3%ADndices-de-remuneraciones-y-costo-de-la-mano-de-obra-(ir-icmo)-mayo-2017.pdf?sfvrsn=5).
- [18] Ross, S. A. J., Westerfield, J. F., Ross, R. W., Westerfield, R. W., & Jaffe, J. F. (2000). *Finanzas corporativas* (No. 658.15/. 16). McGraw-Hill Interamericana.

- [19] ByD. "Bus Eléctrico k9", [En Línea]. [Septiembre 2017]. Dirección de la Página Web: <http://www.byd.com/la/auto/es/ebus.html>.
- [20] Norma Chilena 4/2003, "Capítulo 8", [En Línea]. 2013, [Abril 2018]. Dirección de la Página Web: http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SECNORMATIVA/electricidad_norma4/norma4_completa.pdf.
- [21] Norma Chilena 4/2003, "Capítulo 7", [En Línea]. 2013, [Abril 2018]. Dirección de la Página Web: http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SECNORMATIVA/electricidad_norma4/norma4_completa.pdf.
- [22] Cálculo de la sección del conductor, "Información técnica", [En Línea]. [Mayo 2018]. Dirección de la Página Web: <http://www.cearca.com/documentos/Calculo.pdf>
- [23] Formación para la industria, "El interruptor Automático", [En Línea]. 2014, [Mayo 2018]. Dirección de la Página Web: <https://automatismoindustrial.com/a-instalaciones-de-enlace/3-1-elementos-de-proteccion/3-1-1-el-magnetotermico/>
- [24] Merardo Retamal "Sistemas Puesta a Tierra," *Capítulo 1*, 2017, Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- [25] Metrogas, "Factor de Corrección", [En Línea]. [Mayo 2018]. Dirección de la Página Web: <https://www.metrogas.com.ar/Grandes-Clientes/paginas/factor-de-correccion.aspx>
- [26] Cursos de Electricidad, "Factor de Corrección por temperatura", [En Línea]. [Mayo 2018]. Dirección de la Página Web: <http://cursosdeelectricidad.blogspot.cl/2008/06/tema-9-factor-de-correccion-por.html>

Anexo A Generador GLP

Ficha Técnica Generador GLP DG88.



Valores de Potencia de Salida		
Voltaje	Continua	Emergencia
400 V, 50Hz	72KVA / 60 KW	- / -
	- / -	- / -

Potencia continua

Estos valores son aplicables para suministro de potencia eléctrica continua (a carga variable) en lugar de potencia comercialmente adquirida. No hay limitación de horas anuales de funcionamiento y este modelo puede suministrar potencia de sobrecarga de un 10% durante 1 hora cada 12 horas.

Potencia de emergencia

Estos valores son aplicables para el suministro de potencia eléctrica continua (a carga variable) en el caso de un fallo de la potencia de la compañía eléctrica. No se permite sobrecarga de estos valores. El alternador en este modelo está dimensionado para el valor máximo continuo (como se define en la ISO 8528-3).

Motor	
Type	Ford Industrial WSG1068
Cylinders	V-10
Operating RPM	1500 RPM
Cylinder Block	Cast Iron Block w/ Cast Iron Sleeve
Bore & Stroke	3.55" x 4.17"
Displacement	6.8 Liters
Air Cleaner	Heavy Duty Replaceable Dry Element
Oil Capacity (w/ Oil Filter)	6.7 qts.
Recommended Engine Oil	SAE 15W-40
Exhaust Outlet	2" OD Muffler Outlet
Governor	Electronic Governor
Frequency Control	+/- 0.5%
Coolant Capacity	Approx. 6.5 Qts
Cooling Type	Pusher Type
Battery Charging Alternator	Standard - 90 Amps
Fuel	LP/Natural Gas
Starting System	Electric

Generator	
Automatic Voltage Regulation	Standard
Maximum Output	65,000 watts
Continuous Output	60,000 watts
Load Amperage at 120 volts	
Maximum Load	708 Amps
Continuous Load	667 Amps
Load Amperage at 240 volts	
Maximum Load	354 Amps
Continuous Load	334 Amps

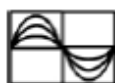
Control Panel	
Key Start	Standard
Hourmeter	Standard
Circuit Breaker	10 Amps - Resetable



Opciones disponibles
En Diperk ofrecemos una serie de funciones opcionales para adaptar nuestros grupos electrógenos con el objetivo de satisfacer sus necesidades energéticas. Las opciones incluyen:
Tableros de transferencia y sincronismo.
Alarmas y paradas adicionales.
Sistemas y cubiertas de insonorización.



	Dimensions	
	Open	Enclosure
Length	2083 mm	2236 mm
Width	1093 mm	1093 mm
Height	1270 mm	1270 mm
Dry weight	1094 Kg	1189 Kg



ELECSEER Ltda.
Engineering & Services

- Ship Automation & Controls
- Main & Emergency Switch Boards
- Electro- Mechanics & Electrical Machinery Repairs
- Alternative Fuels & Internal Combustion Engines



Certified Company
ISO 9001-2008

OFFER N°:3850

08-02-2018

Company :EMPRESAS LIPIGAS S.A.
Rut :96928510-K
Address :Las Urbinas N°53 Piso 13 of. 131 Providencia
Attention :PAULO A. CASTELLI CABEZAS// VICENTE SALAS //Carlos Inostroza Arias
Phone :2-5204700
Fax :
Your Ref :OFFER GENSET //PRICES 2018

Item	Description	QTY	Unit price	Total Price
	Job scope:ARMADO Y SUMINISTRO DE GRUPO GENERADOR ELECSEER DE USO CONTINUO TYPE CFM80 (HEAVY DUTY) 60 KW PRIME X 380 VAC +3 PHASES +N 50HZ 1500 RPM CFM 80 GARANTIA 1 AÑO.			
1	ARMADO Y SUMINISTRO DE GRUPO GENERADOR ELECSEER DE USO CONTINUO TYPE CFM80 (HEAVY DUTY) 60 KW PRIME X 380 VAC +3 PHASES +N 50HZ 1500 RPM CFM 80 ALTERNADOR STAMFORD O SIMILAR	2.0	14.327.943	28.655.886
2	INSONORIZADO ESTÁNDAR PARA CADA EQUIPO ELECSEER (VALOR UNITARIO)	1.0	3.100.033	3.100.033
3	COSTO DE MANTENCIÓN CADA 800 HORAS ,INCLUYE MANO DE OBRA +MATERIALES PARA LA MANTENCIÓN. NO INCLUYE COSTOS DE TRASLADO +ALOJAMIENTOS+EXPENSAS DE ALIMENTACIÓN +USO DE CAMIONETA , ETC.	1.0	890.500	890.500

Total \$: 32.646.419

COMMERCIAL CONDITIONS:

Values :+IVA
Payment details :50 % AL INICIO CON SU ORDEN DE COMPRA , SALDO 50% A LA ENTREGA EN ELECSEER VALPC
Place of Delivery :ELECSEER VALPARAÍSO Y ENTREGA FINAL EN VALPO.
Time of Delivery :8 SEMANAS DESPUÉS DE SU ORDEN DE COMPRA
Validity of the offer :30 días , salvo venta previa
Currency :Chilean Pesos

Dante Fajardo
Sale's Representative

Anexo B Costo GLP y KW Lipigas

Fecha	Precio Paridad [US/Ton]	Dólar ENAP [\$/US]	Precio Kg [\$/Kg]	Densidad GLP [Kg/Lt]	Precio Litro GLP [\$/Lt]	Consumo por minuto [Lt]	Costo Kw [\$/Kw]
07-jun-18	661,31	633,92	419,2176352	0,515	215,8970821	0,504	108,8121294
31-may-18	659,39	627,52	413,7804128	0,515	213,0969126	0,504	107,4008439
24-may-18	654,41	627,17	410,4263197	0,515	211,3695546	0,504	106,5302555
17-may-18	642,79	632,73	406,7125167	0,515	209,4569461	0,504	105,5663008
10-may-18	638,86	636	406,31496	0,515	209,2522044	0,504	105,463111
03-may-18	614,56	610,98	375,4838688	0,515	193,3741924	0,504	97,46059299
26-abr-18	600,7	599,87	360,341909	0,515	185,5760831	0,504	93,5303459
19-abr-18	582,26	595,82	346,9221532	0,515	178,6649089	0,504	90,04711408
12-abr-18	582,08	601,99	350,4063392	0,515	180,4592647	0,504	90,9514694
05-abr-18	589,82	604,81	356,7290342	0,515	183,7154526	0,504	92,59258812
29-mar-18	647,68	605,65	392,267392	0,515	202,0177069	0,504	101,8169243
22-mar-18	628,45	609,58	383,090551	0,515	197,2916338	0,504	99,43498342
15-mar-18	644,68	602,19	388,2198492	0,515	199,9332223	0,504	100,7663441
08-mar-18	676,88	595,93	403,3730984	0,515	207,7371457	0,504	104,6995214
01-mar-18	648,6	589,15	382,12269	0,515	196,7931854	0,504	99,18376542
22-feb-18	620,14	595,63	369,3739882	0,515	190,2276039	0,504	95,87471238
15-feb-18	609,88	596,99	364,0922612	0,515	187,5075145	0,504	94,50378732
08-feb-18	620,58	601,23	373,1113134	0,515	192,1523264	0,504	96,84477251
01-feb-18	635,11	604,42	383,8731862	0,515	197,6946909	0,504	99,63812421
25-ene-18	652,81	608,15	397,0064015	0,515	204,4582968	0,504	103,0469816
18-ene-18	656,42	601,69	394,9613498	0,515	203,4050951	0,504	102,516168
11-ene-18	673,53	607,25	409,0010925	0,515	210,6355626	0,504	106,1603236
04-ene-18	669,64	609,49	408,1388836	0,515	210,1915251	0,504	105,9365286

Costo kw para el año 2018

Fecha	Precio Paridad [US/Ton]	Dólar ENAP [\$/US]	Precio Kg [\$/Kg]	Densidad GLP [Kg/Lt]	Precio Litro GLP [\$/Lt]	Consumo por minuto [Lt]	Costo Kw [\$/Kw]
28-dic-17	657,92	619,03	407,2722176	0,515	209,7451921	0,504	105,7115768
21-dic-17	664,87	620,62	412,6316194	0,515	212,505284	0,504	107,1026631
14-dic-17	682,26	655,74	447,3851724	0,515	230,4033638	0,504	116,1232953
07-dic-17	685,87	645,32	442,6056284	0,515	227,9418986	0,504	114,8827169
30-nov-17	683,54	641,09	438,2106586	0,515	225,6784892	0,504	113,7419585
23-nov-17	673,67	635,72	428,2654924	0,515	220,5567286	0,504	111,1605912
16-nov-17	667,43	630,59	420,8746837	0,515	216,7504621	0,504	109,2422329
09-nov-17	665,27	633,72	421,5949044	0,515	217,1213758	0,504	109,4291734
02-nov-17	653,07	636,49	415,6725243	0,515	214,07135	0,504	107,8919604
26-oct-17	652,73	631,96	412,4992508	0,515	212,4371142	0,504	107,0683055
19-oct-17	649,12	622,07	403,7980784	0,515	207,9560104	0,504	104,8098292
12-oct-17	653,18	628,8	410,719584	0,515	211,5205858	0,504	106,6063752
05-oct-17	652,19	635,79	414,6558801	0,515	213,5477783	0,504	107,6280802
28-sept-17	627,24	633,37	397,2749988	0,515	204,5966244	0,504	103,1166987
21-sept-17	608,52	625,53	380,6475156	0,515	196,0334705	0,504	98,80086915
14-sept-17	587,55	624,31	366,8133405	0,515	188,9088704	0,504	95,21007066
07-sept-17	569,87	621,55	354,2026985	0,515	182,4143897	0,504	91,93685242
31-ago-17	557,78	630,33	351,5854674	0,515	181,0665157	0,504	91,25752392
24-ago-17	554,76	641,47	355,8618972	0,515	183,2688771	0,504	92,36751404
17-ago-17	553,36	647,59	358,3504024	0,515	184,5504572	0,504	93,01343045
10-ago-17	539,91	649,53	350,6877423	0,515	180,6041873	0,504	91,02451039
03-ago-17	516,51	651,93	336,7283643	0,515	173,4151076	0,504	87,40121424
27-jul-17	496,75	648,77	322,2764975	0,515	165,9723962	0,504	83,65008769
20-jul-17	485,05	656,01	318,1976505	0,515	163,87179	0,504	82,59138216
13-jul-17	471,36	666,59	314,2038624	0,515	161,8149891	0,504	81,55475452
06-jul-17	464,34	663,36	308,0245824	0,515	158,6326599	0,504	79,95086061
29-jun-17	473,03	662,09	313,1884327	0,515	161,2920428	0,504	81,29118959
22-jun-17	476,97	663,76	316,5936072	0,515	163,0457077	0,504	82,17503668
15-jun-17	485,41	662,19	321,4336479	0,515	165,5383287	0,504	83,43131765
08-jun-17	505,74	668,7	338,188338	0,515	174,1669941	0,504	87,78016501
01-jun-17	509,42	675,31	344,0164202	0,515	177,1684564	0,504	89,29290203
25-may-17	508,96	672,4	342,224704	0,515	176,2457226	0,504	88,82784417
18-may-17	499,06	666,26	332,5037156	0,515	171,2394135	0,504	86,30466442
11-may-17	497,48	679,05	337,813794	0,515	173,9741039	0,504	87,68294837
04-may-17	511,63	666,95	341,2316285	0,515	175,7342887	0,504	88,57008149
27-abr-17	524,83	660,04	346,4087932	0,515	178,4005285	0,504	89,91386636
20-abr-17	512,69	647,47	331,9513943	0,515	170,9549681	0,504	86,1613039
13-abr-17	490,1	652,8	319,93728	0,515	164,7676992	0,504	83,0429204
06-abr-17	474,98	661,42	314,1612716	0,515	161,7930549	0,504	81,54369966
30-mar-17	537,12	666,04	357,7434048	0,515	184,2378535	0,504	92,85587815
23-mar-17	547,26	657,83	360,0040458	0,515	185,4020836	0,504	93,44265013
16-mar-17	539,11	669,07	360,7023277	0,515	185,7616988	0,504	93,62389618
09-mar-17	546,38	660,02	360,6217276	0,515	185,7201897	0,504	93,60297562
02-mar-17	578,67	648,88	375,4873896	0,515	193,3760056	0,504	97,46150684
23-feb-17	607,38	643,63	390,9279894	0,515	201,3279145	0,504	101,4692689
16-feb-17	625,9	641,89	401,758951	0,515	206,9058598	0,504	104,2805533
09-feb-17	616,17	646,06	398,0827902	0,515	205,012637	0,504	103,326369
02-feb-17	575,82	646,19	372,0891258	0,515	191,6258998	0,504	96,57945349
26-ene-17	557,58	653,84	364,5681072	0,515	187,7525752	0,504	94,6272979
19-ene-17	546,58	657,85	359,567653	0,515	185,1773413	0,504	93,32938001
12-ene-17	536,86	670,94	360,2008484	0,515	185,5034369	0,504	93,49373221
05-ene-17	519,74	673,36	349,9721264	0,515	180,2356451	0,504	90,83876513

Costo kw para el año 2017

Fecha	Precio Paridad [US/Ton]	Dólar ENAP [\$/US]	Precio Kg [\$/Kg]	Densidad GLP [Kg/Lt]	Precio Litro GLP [\$/Lt]	Consumo por minuto [Lt]	Costo Kw [\$/Kw]
22-dic-16	517,06	676,09	349,5790954	0,515	180,0332341	0,504	90,73675
15-dic-16	502,25	650,25	326,5880625	0,515	168,1928522	0,504	84,7691975
08-dic-16	485,47	662,05	321,4054135	0,515	165,523788	0,504	83,42398913
01-dic-16	465,99	675,48	314,7669252	0,515	162,1049665	0,504	81,7009031
24-nov-16	466,17	674,37	314,3710629	0,515	161,9010974	0,504	81,59815309
17-nov-16	480,24	668,93	321,2469432	0,515	165,4421757	0,504	83,38285658
10-nov-16	488,79	651,32	318,3587028	0,515	163,9547319	0,504	82,6331849
03-nov-16	497,86	651,18	324,1964748	0,515	166,9611845	0,504	84,148437
27-oct-16	498,86	653,98	326,2444628	0,515	168,0158983	0,504	84,68001276
20-oct-16	491,64	668,47	328,6465908	0,515	169,2529943	0,504	85,30350911
13-oct-16	477,1	667,47	318,449937	0,515	164,0017176	0,504	82,65686565
06-oct-16	452,08	662,29	299,4080632	0,515	154,1951525	0,504	77,71435688
29-sept-16	442,8	661,96	293,115888	0,515	150,9546823	0,504	76,08115989
22-sept-16	432,91	672,73	291,2315443	0,515	149,9842453	0,504	75,59205964
15-sept-16	428,06	672,97	288,0715382	0,515	148,3568422	0,504	74,77184846
08-sept-16	424,3	669,49	284,064607	0,515	146,2932726	0,504	73,73180939
01-sept-16	424,78	673,17	285,9491526	0,515	147,2638136	0,504	74,22096205
25-ago-16	417,37	668,57	279,0410609	0,515	143,7061464	0,504	72,42789777
18-ago-16	411,72	649,01	267,2103972	0,515	137,6133546	0,504	69,3571307
11-ago-16	416,27	653,06	271,8492862	0,515	140,0023824	0,504	70,56120073
04-ago-16	424,33	654,76	277,8343108	0,515	143,0846701	0,504	72,11467371
28-jul-16	439,51	661,04	290,5336904	0,515	149,6248506	0,504	75,41092468
21-jul-16	445,33	651,53	290,1458549	0,515	149,4251153	0,504	75,3102581
14-jul-16	456,25	657,82	300,130375	0,515	154,5671431	0,504	77,90184014
07-jul-16	477,78	657,82	314,2932396	0,515	161,8610184	0,504	81,57795327
30-jun-16	466,92	674,16	314,7787872	0,515	162,1110754	0,504	81,70398201
23-jun-16	460,45	672,8	309,79076	0,515	159,5422414	0,504	80,40928967
16-jun-16	467,96	688,34	322,1155864	0,515	165,889527	0,504	83,60832161
09-jun-16	475,04	679,85	322,955944	0,515	166,3223112	0,504	83,82644482
02-jun-16	489,73	689,81	337,8206513	0,515	173,9776354	0,504	87,68472825
26-may-16	482,67	692,87	334,4275629	0,515	172,2301949	0,504	86,80401823
19-may-16	467,17	692,77	323,6413609	0,515	166,6753009	0,504	84,00435164
12-may-16	461,05	677,2	312,22306	0,515	160,7948759	0,504	81,04061745
05-may-16	449,35	667,89	300,1163715	0,515	154,5599313	0,504	77,89820539
28-abr-16	441,35	669,01	295,2675635	0,515	152,0627952	0,504	76,63964878
21-abr-16	436,61	657,9	287,245719	0,515	147,9315453	0,504	74,55749882
14-abr-16	432,59	674,58	291,8165622	0,515	150,2855295	0,504	75,74390688
07-abr-16	440,58	674,93	297,3606594	0,515	153,1407396	0,504	77,18293275
31-mar-16	449,04	683,16	306,7661664	0,515	157,9845757	0,504	79,62422615
24-mar-16	455,01	677,42	308,2328742	0,515	158,7399302	0,504	80,00492483
17-mar-16	447,44	685,98	306,9348912	0,515	158,071469	0,504	79,66802036
10-mar-16	427,91	682	291,83462	0,515	150,2948293	0,504	75,74859397
03-mar-16	418,47	694,82	290,7613254	0,515	149,7420826	0,504	75,47000962
25-feb-16	409,51	693,23	283,8846173	0,515	146,2005779	0,504	73,68509127
18-feb-16	407,1	704,92	286,972932	0,515	147,79106	0,504	74,48669423
11-feb-16	400,79	715,41	286,7291739	0,515	147,6655246	0,504	74,42342438
04-feb-16	390,83	713,54	278,8728382	0,515	143,6195117	0,504	72,38423388
28-ene-16	389,63	720,14	280,5881482	0,515	144,5028963	0,504	72,82945975
21-ene-16	407,06	726,19	295,6029014	0,515	152,2354942	0,504	76,72668909
14-ene-16	425,05	730,28	310,405514	0,515	159,8588397	0,504	80,56885521
07-ene-16	422,99	715,08	302,4716892	0,515	155,7729199	0,504	78,50955165

Costo kw para año 2016

Fecha	Precio Paridad [US/Ton]	Dólar ENAP [\$/US]	Precio Kg [\$/Kg]	Densidad GLP [Kg/Lt]	Precio Litro GLP [\$/Lt]	Consumo por minuto [Lt]	Costo Kw [\$/Kw]
31-dic-15	418,47	707,34	296,0005698	0,515	152,4402934	0,504	76,8299079
24-dic-15	461,19	693,72	319,9367268	0,515	164,7674143	0,504	83,04277681
17-dic-15	485,35	709,82	344,511137	0,515	177,4232356	0,504	89,42131072
10-dic-15	488,18	706,34	344,8210612	0,515	177,5828465	0,504	89,50175465
03-dic-15	481,59	707,15	340,5563685	0,515	175,3865298	0,504	88,39481101
26-nov-15	478,74	711,42	340,5852108	0,515	175,4013836	0,504	88,40229732
19-nov-15	490,58	710,46	348,5374668	0,515	179,4967954	0,504	90,46638488
12-nov-15	477,28	702,7	335,384656	0,515	172,7230978	0,504	87,05244131
05-nov-15	463,65	691,19	320,4702435	0,515	165,0421754	0,504	83,1812564
29-oct-15	473,73	687,45	325,6656885	0,515	167,7178296	0,504	84,52978611
22-oct-15	497,1	684,21	340,120791	0,515	175,1622074	0,504	88,28175251
15-oct-15	502,96	683,05	343,546828	0,515	176,9266164	0,504	89,17101468
08-oct-15	486,95	681,29	331,7541655	0,515	170,8533952	0,504	86,1101112
01-oct-15	485,92	704,68	342,4181056	0,515	176,3453244	0,504	88,87804349
24-sept-15	479,49	696,47	333,9504003	0,515	171,9844562	0,504	86,6801659
17-sept-15	475,29	686,38	326,2295502	0,515	168,0082184	0,504	84,67614205
10-sept-15	440,42	688,33	303,1542986	0,515	156,1244638	0,504	78,68672974
03-sept-15	432,41	691,88	299,1758308	0,515	154,0755529	0,504	77,65407864
27-ago-15	442,3	699,91	309,570193	0,515	159,4286494	0,504	80,3520393
20-ago-15	444,93	697,25	310,2274425	0,515	159,7671329	0,504	80,52263498
13-ago-15	451,16	680,32	306,9331712	0,515	158,0705832	0,504	79,66757392
06-ago-15	439,6	677,36	297,767456	0,515	153,3502398	0,504	77,28852088
30-jul-15	449,1	664,5	298,42695	0,515	153,6898793	0,504	77,45969914
23-jul-15	482,7	651,17	314,319759	0,515	161,8746759	0,504	81,58483665
16-jul-15	485,3	643,6	312,33908	0,515	160,8546262	0,504	81,0707316
09-jul-15	478,51	648,33	310,2323883	0,515	159,76968	0,504	80,52391871
02-jul-15	474,29	639,04	303,0902816	0,515	156,091495	0,504	78,67011349
25-jun-15	474,82	634,54	301,2922828	0,515	155,1655256	0,504	78,20342492
18-jun-15	481,51	633,69	305,1280719	0,515	157,140957	0,504	79,19904234
11-jun-15	494,03	626,55	309,5344965	0,515	159,4102657	0,504	80,3427391
04-jun-15	496,76	622,21	309,0890396	0,515	159,1808554	0,504	80,22715112
28-may-15	510,59	612,62	312,7976458	0,515	161,0907876	0,504	81,18975694
21-may-15	529,69	603,09	319,4507421	0,515	164,5171322	0,504	82,91663462
14-may-15	546,93	600,5	328,431465	0,515	169,1422045	0,504	85,24767106
07-may-15	561,03	611,89	343,2886467	0,515	176,7936531	0,504	89,10400114
30-abr-15	561,55	606,39	340,5183045	0,515	175,3669268	0,504	88,38493112
23-abr-15	552,54	616,42	340,5967068	0,515	175,407304	0,504	88,40528122
16-abr-15	542,23	614,06	332,9617538	0,515	171,4753032	0,504	86,42355282
09-abr-15	559,4	611,01	341,798994	0,515	176,0264819	0,504	88,71734688
02-abr-15	552,1	626,58	345,934818	0,515	178,1564313	0,504	89,79084136
26-mar-15	563,06	623,65	351,152369	0,515	180,84347	0,504	91,1451089
19-mar-15	591,58	640,84	379,1081272	0,515	195,2406855	0,504	98,4013055
12-mar-15	583,18	633,03	369,1704354	0,515	190,1227742	0,504	95,82187821
05-mar-15	581,58	617,6	359,183808	0,515	184,9796611	0,504	93,2297492
26-feb-15	568,77	622,88	354,2754576	0,515	182,4518607	0,504	91,95573777
19-feb-15	549,77	619,72	340,7034644	0,515	175,4622842	0,504	88,43299122
12-feb-15	521,06	626,44	326,4128264	0,515	168,1026056	0,504	84,72371322
05-feb-15	511,93	626,97	320,9647521	0,515	165,2968473	0,504	83,30961106
29-ene-15	499,98	623,37	311,6725326	0,515	160,5113543	0,504	80,89772256
22-ene-15	483,91	627,23	303,5228693	0,515	156,3142777	0,504	78,78239596
15-ene-15	491,07	617,53	303,2504571	0,515	156,1739854	0,504	78,71168864
08-ene-15	520,61	616,09	320,7426149	0,515	165,1824467	0,504	83,25195312
01-ene-15	539,16	607,38	327,4750008	0,515	168,6496254	0,504	84,99941121

Costo kw para año 2015

Anexo C Tablas Sección del Conductor

Intensidades máximas admisibles (A) en instalaciones interiores, conductores de **cobre**, temperatura ambiente 40 °C

Norma UNE 20 460-5-523:2004

		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
Conductores aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes. Método A1 .													
Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes. Método A2 .	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
Conductores aislados en tubos (incluyendo canaletas y conductos de sección circular) en montaje superficial o empotrados en obra. Método B1 .				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
Cables multiconductores en tubos (incluyendo canaletas y conductos de sección circular) en montaje superficial o empotrados en obra. Método B2 .			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
Cables multiconductores directamente sobre la pared o en bandeja no perforada. Método C .					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
Cables multiconductores al aire libre o en bandeja perforada. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D (diámetro del cable). Método E .						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
Cables unipolares en contacto mutuo o en bandeja perforada. Distancia a la pared no inferior a D. Método F .							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Conductor	mm²												
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
	50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	70				149	160	171	185	199	214	224	244	269
	95				180	194	207	224	241	259	271	296	327
	120				208	225	240	260	280	301	314	348	380
	150				236	260	278	299	322	343	363	404	438
185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	

Sección	Instalación directamente enterrada				Instalación al aire en galerías ventiladas			
	Terna de cables unipolares (1)		Un cable tripolar o tetrapolar (2)		Terna de cables unipolares (1)		Un cable tripolar o tetrapolar (2)	
	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC
6	72	63	66	56	46	38	44	36
10	96	85	88	75	64	53	61	50
16	125	110	115	97	86	71	82	65
25	160	140	150	125	120	96	110	87
35	190	170	180	150	145	115	135	105
50	230	200	215	180	180	145	165	130
70	280	245	260	220	230	185	210	165
95	335	290	310	265	285	235	260	205
120	380	335	355	305	335	275	300	240
150	425	370	400	340	385	315	350	275
185	480	420	450	385	450	365	400	315
240	550	485	520	445	535	435	475	370
300	620	550	590	505	615	500	545	425
400	705	615	665	570	720	585	645	495
500	790	685	-	-	825	665	-	-
630	885	770	-	-	950	765	-	-

Anexo D Código Matlab

```

total_VE = 14400;
fprintf('Para un total de %d VE\n\n',total_VE)

b1 = randi([0,1],1,total_VE); %Generar un número aleatorio binario para L1%
b2 = randi([0,1],1,total_VE); %Generar un número aleatorio binario para L2%
b3 = randi([0,1],1,total_VE); %Generar un número aleatorio binario para L3%
b4 = randi([0,1],1,total_VE); %Generar un número aleatorio binario para L4%
b5 = randi([0,1],1,total_VE);
b6 = randi([0,1],1,total_VE);
b7 = randi([0,1],1,total_VE);
b8 = randi([0,1],1,total_VE);
b9 = randi([0,1],1,total_VE);
b10 = randi([0,1],1,total_VE);

L1 = randi([0,1],1,total_VE); %Disponibilidad Electrolineria 1
L2 = randi([0,1],1,total_VE); %Disponibilidad Electrolineria 2
L3 = randi([0,1],1,total_VE); %Disponibilidad Electrolineria 3
L4 = randi([0,1],1,total_VE); %Disponibilidad Electrolineria 4
L5 = randi([0,1],1,total_VE);
L6 = randi([0,1],1,total_VE);
L7 = randi([0,1],1,total_VE);
L8 = randi([0,1],1,total_VE);
L9 = randi([0,1],1,total_VE);
L10 = randi([0,1],1,total_VE);

VeL1= L1.*b1; %Vehículo decide cargar en electrolineria 1 V1(1,:)
VeL2= L2.*b2; %Vehículo decide cargar en electrolineria 2 V1(2,:)
VeL3= L3.*b3; %Vehículo decide cargar en electrolineria 3 V1(3,:)
VeL4= L4.*b4; %Vehículo decide cargar en electrolineria 4 V1(2,:)
VeL5= L5.*b5;
VeL6= L6.*b6;
VeL7= L7.*b7;
VeL8= L8.*b8;
VeL9= L9.*b9;
VeL10= L10.*b10;

TotalVeL1 = sum(VeL1); %entrega la suma total de VE capturados por la
electrolineria 1
fprintf('%13d son capturados por la electrolineria 1\n ', TotalVeL1)
TotalVeL2 = sum(VeL2); %entrega la suma total de VE capturados por la
electrolineria 2
fprintf('%12d son capturados por la electrolineria 2\n ', TotalVeL2)
TotalVeL3 = sum(VeL3); %entrega la suma total de VE capturados por la
electrolineria 3
fprintf('%12d son capturados por la electrolineria 3\n ', TotalVeL3)
TotalVeL4 = sum(VeL4); %entrega la suma total de VE capturados por la
electrolineria 4
fprintf('%12d son capturados por la electrolineria 4\n ', TotalVeL4)
TotalVeL5 = sum(VeL5); %entrega la suma total de VE capturados por la
electrolineria 5
fprintf('%12d son capturados por la electrolineria 5\n ', TotalVeL5)
TotalVeL6 = sum(VeL6); %entrega la suma total de VE capturados por la
electrolineria 6
fprintf('%12d son capturados por la electrolineria 6\n ', TotalVeL6)

```

```

TotalVeL7 = sum(VeL7); %entrega la suma total de VE capturados por la
electrolinera 7
fprintf('%12d son capturados por la electrolinera 7\n ', TotalVeL7)
TotalVeL8 = sum(VeL8); %entrega la suma total de VE capturados por la
electrolinera 8
fprintf('%12d son capturados por la electrolinera 8\n ', TotalVeL8)
TotalVeL9 = sum(VeL9); %entrega la suma total de VE capturados por la
electrolinera 9
fprintf('%12d son capturados por la electrolinera 9\n ', TotalVeL9)
TotalVeL10 = sum(VeL10); %entrega la suma total de VE capturados por la
electrolinera 10
fprintf('%12d son capturados por la electrolinera 10\n ', TotalVeL10)

for i= 1:total_VE

    V1(1,i) = VeL1(i);
    V1(2,i) = VeL2(i);
    V1(3,i) = VeL3(i);
    V1(4,i) = VeL4(i);
    V1(5,i) = VeL5(i);
    V1(6,i) = VeL6(i);
    V1(7,i) = VeL7(i);
    V1(8,i) = VeL8(i);
    V1(9,i) = VeL9(i);
    V1(10,i) = VeL10(i);
    %el vector V1 me entregará la matriz de vehículos electricos que
    % son capturados por cada electrolinera

end

%%Clausterización por Carga

Cb1 = randi([5,90],1,total_VE); %Generar una carga binaria para un VE que
utiliza la L1%
Cb2 = randi([5,90],1,total_VE); %Generar una carga binaria para un VE que
utiliza la L2%
Cb3 = randi([5,90],1,total_VE); %Generar una carga binaria para un VE que
utiliza la L3%
Cb4 = randi([5,90],1,total_VE); %Generar una carga binaria para un VE que
utiliza la L4%
Cb5 = randi([5,90],1,total_VE);
Cb6 = randi([5,90],1,total_VE);
Cb7 = randi([5,90],1,total_VE);
Cb8 = randi([5,90],1,total_VE);
Cb9 = randi([5,90],1,total_VE);
Cb10 = randi([5,90],1,total_VE);

MCb1 = Cb1.*VeL1 ; %Matriz que muestra la carga de cada auto que carga en la
electrolinera L1%
MCb2 = Cb2.*VeL2; %Matriz que muestra la carga de cada auto que carga en la
electrolinera L2%
MCb3 = Cb3.*VeL3; %Matriz que muestra la carga de cada auto que carga en la
electrolinera L3%
MCb4 = Cb4.*VeL4; %Matriz que muestra la carga de cada auto que carga en la
electrolinera L4%

```

```

MCb5 = Cb5.*VeL5;
MCb6 = Cb6.*VeL6;
MCb7 = Cb7.*VeL7;
MCb8 = Cb8.*VeL8;
MCb9 = Cb9.*VeL9;
MCb10 = Cb10.*VeL10;

```

```

for j= 1:total_VE

```

```

    CVE(1,j) = MCb1(j); %Carga Vehículo Electrico L1
    CVE(2,j) = MCb2(j); %Carga Vehículo Electrico L2
    CVE(3,j) = MCb3(j); %Carga Vehículo Electrico L3
    CVE(4,j) = MCb4(j); %Carga Vehículo Electrico L4
    CVE(5,j) = MCb5(j);
    CVE(6,j) = MCb6(j);
    CVE(7,j) = MCb7(j);
    CVE(8,j) = MCb8(j);
    CVE(9,j) = MCb9(j);
    CVE(10,j) = MCb10(j);

```

```

end

```

```

Xb1 = randi([5,90],1,total_VE); %Generar un aumento de carga para L1
Xb2 = randi([5,90],1,total_VE); %Generar un aumento de carga para L2
Xb3 = randi([5,90],1,total_VE); %Generar un aumento de carga para L3
Xb4 = randi([5,90],1,total_VE); %Generar un aumento de carga para L4
Xb5 = randi([5,90],1,total_VE);
Xb6 = randi([5,90],1,total_VE);
Xb7 = randi([5,90],1,total_VE);
Xb8 = randi([5,90],1,total_VE);
Xb9 = randi([5,90],1,total_VE);
Xb10 = randi([5,90],1,total_VE);

```

```

for k= 1:total_VE

```

```

    Zb1 = Xb1 + Cb1;
    if Zb1(k) > 100
        cargaVEb1(k) = 100;
    elseif Zb1(k) < 80
        cargaVEb1(k) = 80;
    elseif Zb1(k) <= 100
        cargaVEb1(k) = Zb1(k);

```

```

%genera un vector que es mayor al vector Cb1, el que representa el limite
%que cargó el VE en la electriliner 1

```

```

%Cb1 es la carga binaria con la que llega el VE a la Electrolinera 1
end

```

```

    Zb2 = Xb2 + Cb2;
    if Zb2(k) > 100 %si genera más de 100% el aleatorio, queda en 100
        cargaVEb2(k) = 100;
    elseif Zb2(k) < 80 %si genera menos de 80% el aleatorio, queda en 80
        cargaVEb2(k) = 80;
    elseif Zb2(k) <= 100
        cargaVEb2(k) = Zb2(k);

```

```

end
%genera un vector que es mayor al vector Cb2, el que representa el limite

```

```
%que cargó el VE en la electrilínera 1
```

```
Zb3 = Xb3 + Cb3;
if Zb3(k) > 100
    cargaVEb3(k) = 100;
elseif Zb3(k) < 80
    cargaVEb3(k) = 80;
elseif Zb3(k) <= 100
    cargaVEb3(k) = Zb3(k);
end
    Zb4 = Xb4 + Cb4;
if Zb4(k) > 100
    cargaVEb4(k) = 100;
elseif Zb4(k) < 80
    cargaVEb4(k) = 80;
elseif Zb4(k) <= 100
    cargaVEb4(k) = Zb4(k);
end
    Zb5 = Xb5 + Cb5;
if Zb5(k) > 100
    cargaVEb5(k) = 100;
elseif Zb5(k) < 80
    cargaVEb5(k) = 80;
elseif Zb5(k) <= 100
    cargaVEb5(k) = Zb5(k);
end

    Zb6 = Xb6 + Cb6;
if Zb6(k) > 100
    cargaVEb6(k) = 100;
elseif Zb6(k) < 80
    cargaVEb6(k) = 80;
elseif Zb6(k) <= 100
    cargaVEb6(k) = Zb6(k);
end

    Zb7 = Xb7 + Cb7;
if Zb7(k) > 100
    cargaVEb7(k) = 100;
elseif Zb7(k) < 80
    cargaVEb7(k) = 80;
elseif Zb7(k) <= 100
    cargaVEb7(k) = Zb7(k);
end

    Zb8 = Xb8 + Cb8;
if Zb8(k) > 100
    cargaVEb8(k) = 100;
elseif Zb8(k) < 80
    cargaVEb8(k) = 80;
elseif Zb8(k) <= 100
    cargaVEb8(k) = Zb8(k);
end

    Zb9 = Xb9 + Cb9;
if Zb9(k) > 100
    cargaVEb9(k) = 100;
```

```

elseif Zb9(k) < 80
    cargaVEb9(k) = 80;
elseif Zb9(k) <= 100
    cargaVEb9(k) = Zb9(k);
end

Zb10 = Xb10 + Cb10;
if Zb10(k) > 100
    cargaVEb10(k) = 100;
elseif Zb10(k) < 80
    cargaVEb10(k) = 80;
elseif Zb10(k) <= 100
    cargaVEb10(k) = Zb10(k);
end

%Cb2 es la carga binaria con la que llega el VE a la Electroliner 2

CargaVE1(1,k) = cargaVEb1(k);
CargaVE1(2,k) = cargaVEb2(k);
CargaVE1(3,k) = cargaVEb3(k);
CargaVE1(4,k) = cargaVEb4(k);
CargaVE1(5,k) = cargaVEb5(k);
CargaVE1(6,k) = cargaVEb6(k);
CargaVE1(7,k) = cargaVEb7(k);
CargaVE1(8,k) = cargaVEb8(k);
CargaVE1(9,k) = cargaVEb9(k);
CargaVE1(10,k) = cargaVEb10(k);
%Matriz que muestra la carga total a los VE

%pero como no siempre carga en las electroliner 2, hay que multiplicar por
%la variable V1 que indica si es capturada o no por la estación de carga.

end
Carga_VE1 = VeL1.*cargaVEb1; %Vector que muestra cuanto cargo el auto y si
decidió ingresar a la L1
Carga_VE2 = VeL2.*cargaVEb2; %Vector que muestra cuanto cargo el auto y si
decidió ingresar a la L2
Carga_VE3 = VeL3.*cargaVEb3; %Vector que muestra cuanto cargo el auto y si
decidió ingresar a la L3
Carga_VE4 = VeL4.*cargaVEb4; %Vector que muestra cuanto cargo el auto y si
decidió ingresar a la L4
Carga_VE5 = VeL5.*cargaVEb5;
Carga_VE6 = VeL6.*cargaVEb6;
Carga_VE7 = VeL7.*cargaVEb7;
Carga_VE8 = VeL8.*cargaVEb8;
Carga_VE9 = VeL9.*cargaVEb9;
Carga_VE10 = VeL10.*cargaVEb10;

for l= 1:total_VE

    CargaVE(1,l) = Carga_VE1(l); %Carga con la que sale el Vehículo Electrico de
la L1
    CargaVE(2,l) = Carga_VE2(l); %Carga con la que sale el Vehículo Electrico
de la L2
    CargaVE(3,l) = Carga_VE3(l); %Carga con la que sale el Vehículo Electrico
de la L3

```

```

    CargaVE(4,1) = Carga_VE4(1);    %Carga con la que sale el Vehículo Electrico
de la L4
    CargaVE(5,1) = Carga_VE5(1);
    CargaVE(6,1) = Carga_VE6(1);
    CargaVE(7,1) = Carga_VE7(1);
    CargaVE(8,1) = Carga_VE8(1);
    CargaVE(9,1) = Carga_VE9(1);
    CargaVE(10,1) = Carga_VE10(1);
    %Matriz muestra si el vehiculo ingresa a la L1 o a la L2 y con cuanta
    %carga se retiro de la electrolinerera.
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%5
dcarga1=Carga_VE1-MCb1; %delta de carga en la Electrolinerera 1
dcarga2=Carga_VE2-MCb2; %delta de carga en la Electrolinerera 2
dcarga3=Carga_VE3-MCb3; %delta de carga en la Electrolinerera 3
dcarga4=Carga_VE4-MCb4; %delta de carga en la Electrolinerera 4
dcarga5=Carga_VE5-MCb5;
dcarga6=Carga_VE6-MCb6;
dcarga7=Carga_VE7-MCb7;
dcarga8=Carga_VE8-MCb8;
dcarga9=Carga_VE9-MCb9;
dcarga10=Carga_VE10-MCb10;

for m= 1:total_VE

    deltaVE(1,m) = dcarga1(m);
    deltaVE(2,m) = dcarga2(m);
    deltaVE(3,m) = dcarga3(m);
    deltaVE(4,m) = dcarga4(m);
    deltaVE(5,m) = dcarga5(m);
    deltaVE(6,m) = dcarga6(m);
    deltaVE(7,m) = dcarga7(m);
    deltaVE(8,m) = dcarga8(m);
    deltaVE(9,m) = dcarga9(m);
    deltaVE(10,m) = dcarga10(m);

end

%cuanto tiempo estarán los VE en la Electrolinerera en minutos
tcargalm= dcarga1*0.054*60; %un bus eléctrico se demora 5.4 horas en cargar el
100%
tcarga2m= dcarga2*0.054*60; %por lo que 0.054 será el factor que equivaldrá a
cuanto rato estará el bus en la electrolinerera en minutos
tcarga3m= dcarga3*0.054*60;
tcarga4m= dcarga4*0.054*60;
tcarga5m= dcarga5*0.054*60;
tcarga6m= dcarga6*0.054*60;
tcarga7m= dcarga7*0.054*60;
tcarga8m= dcarga8*0.054*60;
tcarga9m= dcarga9*0.054*60;
tcarga10m= dcarga10*0.054*60;

for n= 1:total_VE

    tcargam(1,n) = floor(tcargalm(n));

```

```

    tcargam(2,n) = floor(tcarga2m(n));
    tcargam(3,n) = floor(tcarga3m(n));
    tcargam(4,n) = floor(tcarga4m(n));
    tcargam(5,n) = floor(tcarga5m(n));
    tcargam(6,n) = floor(tcarga6m(n));
    tcargam(7,n) = floor(tcarga7m(n));
    tcargam(8,n) = floor(tcarga8m(n));
    tcargam(9,n) = floor(tcarga9m(n));
    tcargam(10,n) = floor(tcarga10m(n));

end
    fprintf('Total de minutos funcionando las Electrolineas:\n\n ')
min_fun1= sum(tcargam(1,:));
fprintf('%12d Cantidad de minutos funcionando Electrolinea 1\n ', min_fun1)
min_fun2= sum(tcargam(2,:));
fprintf('%12d Cantidad de minutos funcionando Electrolinea 2\n ', min_fun2)
min_fun3= sum(tcargam(3,:));
fprintf('%12d Cantidad de minutos funcionando Electrolinea 3\n ', min_fun3)
min_fun4= sum(tcargam(4,:));
fprintf('%12d Cantidad de minutos funcionando Electrolinea 4\n\n ', min_fun4)
min_fun5= sum(tcargam(5,:));
fprintf('%12d Cantidad de minutos funcionando Electrolinea 5\n\n ', min_fun5)
min_fun6= sum(tcargam(6,:));
fprintf('%12d Cantidad de minutos funcionando Electrolinea 6\n\n ', min_fun6)
min_fun7= sum(tcargam(7,:));
fprintf('%12d Cantidad de minutos funcionando Electrolinea 7\n\n ', min_fun7)
min_fun8= sum(tcargam(8,:));
fprintf('%12d Cantidad de minutos funcionando Electrolinea 8\n\n ', min_fun8)
min_fun9= sum(tcargam(9,:));
fprintf('%12d Cantidad de minutos funcionando Electrolinea 9\n\n ', min_fun9)
min_fun10= sum(tcargam(10,:));
fprintf('%12d Cantidad de minutos funcionando Electrolinea 10\n\n ', min_fun10)
    %https://www.convertunits.com/from/gal/hr/to/litre/minute conversión

%%cuanto GLP consumira mi generador en litros

tcargal1= tcargam1*0.5040907; % según la conversión 7.9 gal/hrs que entrega el
proveedor, se convierten
tcarga2l= tcarga2m*0.5040907; % a 0.5040907 litros/minutos para generar 1 kw
tcarga3l= tcarga3m*0.5040907;
tcarga4l= tcarga4m*0.5040907;
tcarga5l= tcarga5m*0.5040907;
tcarga6l= tcarga6m*0.5040907;
tcarga7l= tcarga7m*0.5040907;
tcarga8l= tcarga8m*0.5040907;
tcarga9l= tcarga9m*0.5040907;
tcarga10l= tcarga10m*0.5040907;

for o= 1:total_VE

    tcargal(1,o) = tcarga1l(o);
    tcargal(2,o) = tcarga2l(o);
    tcargal(3,o) = tcarga3l(o);
    tcargal(4,o) = tcarga4l(o);
    tcargal(5,o) = tcarga5l(o);
    tcargal(6,o) = tcarga6l(o);
    tcargal(7,o) = tcarga7l(o);

```

```

    tcargal(8,o) = tcarga8l(o);
    tcargal(9,o) = tcarga9l(o);
    tcargal(10,o) = tcarga10l(o);
end

    fprintf('Total Litros de GLP utilizados por las Electrolineas:\n\n ')
tot_glp1= sum(tcargal(1,:));
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por Electrolinea 1\n ',tot_glp1)
tot_glp2= sum(tcargal(2,:));
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por Electrolinea 2\n\n ',tot_glp2)
tot_glp3= sum(tcargal(3,:));
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por Electrolinea 3\n\n ',tot_glp3)
tot_glp4= sum(tcargal(4,:));
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por Electrolinea 4\n\n ',tot_glp4)
tot_glp5= sum(tcargal(5,:));
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por Electrolinea 5\n\n ',tot_glp5)
tot_glp6= sum(tcargal(6,:));
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por Electrolinea 6\n\n ',tot_glp6)
tot_glp7= sum(tcargal(7,:));
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por Electrolinea 7\n\n ',tot_glp7)
tot_glp8= sum(tcargal(8,:));
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por Electrolinea 8\n\n ',tot_glp8)
tot_glp9= sum(tcargal(9,:));
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por Electrolinea 9\n\n ',tot_glp9)
tot_glp10= sum(tcargal(10,:));
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por Electrolinea 10\n\n
',tot_glp10)
tot_glp= tot_glp1 + tot_glp2 + tot_glp3 + tot_glp4 + tot_glp5 + tot_glp6+
tot_glp7+ tot_glp8+ tot_glp9+ tot_glp10;
fprintf('%12d Cantidad de litros utilizados por las Electrolineas \n\n
',tot_glp)

%%Consumo en $.

tcargalp= tcarga1l*181; %según los datos dispuestos por Lipigas el litro de GLP
está a $181
tcarga2p= tcarga2l*181;
tcarga3p= tcarga3l*181;
tcarga4p= tcarga4l*181;
tcarga5p= tcarga5l*181;
tcarga6p= tcarga6l*181;
tcarga7p= tcarga7l*181;
tcarga8p= tcarga8l*181;
tcarga9p= tcarga9l*181;
tcarga10p= tcarga10l*181;

for p= 1:total_VE

    tcargap(1,p) = tcargalp(p);
    tcargap(2,p) = tcarga2p(p);
    tcargap(3,p) = tcarga3p(p);
    tcargap(4,p) = tcarga4p(p);
    tcargap(5,p) = tcarga5p(p);
    tcargap(6,p) = tcarga6p(p);
    tcargap(7,p) = tcarga7p(p);
    tcargap(8,p) = tcarga8p(p);
    tcargap(9,p) = tcarga9p(p);

```

```

    tcargap(10,p) = tcarga10p(p);

end

fprintf('Total en pesos Chilenos de GLP utilizados por las Electrolinerar:\n\n
')
tot_p1= sum(tcargap(1,:));
fprintf('%12d pesos utilizados por Electrolinerar 1\n ',tot_p1)
tot_p2= sum(tcargap(2,:));
fprintf('%12d pesos utilizados por Electrolinerar 2\n ',tot_p2)
tot_p3= sum(tcargap(3,:));
fprintf('%12d pesos utilizados por Electrolinerar 3\n ',tot_p3)
tot_p4= sum(tcargap(4,:));
fprintf('%12d pesos utilizados por Electrolinerar 4\n\n ',tot_p4)
tot_p5= sum(tcargap(5,:));
fprintf('%12d pesos utilizados por Electrolinerar 5\n\n ',tot_p5)
tot_p6= sum(tcargap(6,:));
fprintf('%12d pesos utilizados por Electrolinerar 5\n\n ',tot_p6)
tot_p7= sum(tcargap(7,:));
fprintf('%12d pesos utilizados por Electrolinerar 7\n\n ',tot_p7)
tot_p8= sum(tcargap(8,:));
fprintf('%12d pesos utilizados por Electrolinerar 8\n\n ',tot_p8)
tot_p9= sum(tcargap(9,:));
fprintf('%12d pesos utilizados por Electrolinerar 9\n\n ',tot_p9)
tot_p10= sum(tcargap(10,:));
fprintf('%12d pesos utilizados por Electrolinerar 10\n\n ',tot_p10)
tot_p= tot_p1 + tot_p2 + tot_p3 + tot_p4+ tot_p5+ tot_p6+ tot_p7+ tot_p8+
tot_p9+ tot_p10;
fprintf('%12d Cantidad pesos utilizados por las Electrolinerar \n\n ',tot_p)

%%Ingresos en pesos Chilenos.

convkw=1.98;

costokw1= tcargall*convkw; %según los datos dispuestos por Lipigas el litro de
GLP está a $191
costokw2= tcarga21*convkw;
costokw3= tcarga31*convkw;
costokw4= tcarga41*convkw;
costokw5= tcarga51*convkw;
costokw6= tcarga61*convkw;
costokw7= tcarga71*convkw;
costokw8= tcarga81*convkw;
costokw9= tcarga91*convkw;
costokw10= tcarga101*convkw;

for r= 1:total_VE

    costokw(1,r) = costokw1(r);
    costokw(2,r) = costokw2(r);
    costokw(3,r) = costokw3(r);
    costokw(4,r) = costokw4(r);
    costokw(5,r) = costokw5(r);
    costokw(6,r) = costokw6(r);

```

```
costokw(7,r) = costokw7(r);  
costokw(8,r) = costokw8(r);  
costokw(9,r) = costokw9(r);  
costokw(10,r) = costokw10(r);
```

```
end
```

```
fprintf('Total de kw generados anualmente:\n\n ' )  
ing_p1= sum(costokw(1,:));  
fprintf('%12d kw generados por Electrolinea 1\n ',ing_p1)  
ing_p2= sum(costokw(2,:));  
fprintf('%12d kw generados por Electrolinea 2\n ',ing_p2)  
ing_p3= sum(costokw(3,:));  
fprintf('%12d kw generados por Electrolinea 3\n ',ing_p3)  
ing_p4= sum(costokw(4,:));  
fprintf('%12d kw generados por Electrolinea 4\n\n ',ing_p4)  
ing_p5= sum(costokw(5,:));  
fprintf('%12d kw generados por Electrolinea 5\n\n ',ing_p5)  
ing_p6= sum(costokw(6,:));  
fprintf('%12d kw generados por Electrolinea 6\n\n ',ing_p6)  
ing_p7= sum(costokw(7,:));  
fprintf('%12d kw generados por Electrolinea 7\n\n ',ing_p7)  
ing_p8= sum(costokw(8,:));  
fprintf('%12d kw generados por Electrolinea 8\n\n ',ing_p8)  
ing_p9= sum(costokw(9,:));  
fprintf('%12d kw generados por Electrolinea 9\n\n ',ing_p9)  
ing_p10= sum(costokw(10,:));  
fprintf('%12d kw generados por Electrolinea 10\n\n ',ing_p9)  
ing_p= ing_p1 + ing_p2 + ing_p3 + ing_p4+ ing_p5+ ing_p6+ ing_p7+ ing_p8+  
ing_p9+ ing_p10;  
fprintf('%12d Cantidad en kw generados por las Electrolineas anualmente \n\n  
' ,ing_p)
```