

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



TESIS

**“ESTIMACIÓN DE COSTOS DEBIDO A TIEMPO MUERTO EN
LAS ESCALERAS ELÉCTRICAS DE LA LÍNEA 1
DEL METRO DE LIMA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

**AUTORES: BACH. CELIS RIVERA CARLOS HUGO
BACH. SEGURA HOSPINA JOSÉ LÁZARO**

ASESOR: DR. ING. GRADOS GAMARRA JUAN HERBER

CALLAO - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



“ESTIMACIÓN DE COSTOS DEBIDO A TIEMPO MUERTO EN LAS ESCALERAS ELÉCTRICAS DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE LIMA”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

Autor (es): BACH. CELIS RIVERA CARLOS HUGO
BACH. SEGURA HOSPINA JOSÉ LÁZARO

Asesor: DR. ING. GRADOS GAMARRA JUAN HERBER

CALIFICACIÓN: 16 (DIECISÉIS)

MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR


Dr. Ing. Oyanguren Ramírez Fernando José
Presidente


Dr. Lic. Tejada Cabanillas Adán Almircar
Secretario


Mg. Ing. Sánchez Huapaya Pedro Antonio
Vocal

Callao - PERÚ
2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

OFICINA DE SECRETARÍA GENERAL

Callao, 14 de octubre de 2019

Señor

Presente.-

Con fecha 14 de octubre del dos mil diecinueve se ha expedido la siguiente Resolución. RESOLUCION DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 768-19-CU-TP --- Callao, 14 de octubre de 2019 -- EL CONSEJO UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO:

Visto el expediente N° 01078874 de fecha 28 de agosto de 2019 mediante el cual el **Bachiller SEGURA HOSPINA JOSÉ LÁZARO** solicita se le otorgue el **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA** bajo la modalidad de **SUSTENTACIÓN DE TESIS**.

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Nacional del Callao confiere el Título Profesional de los programas de estudio que desarrolla a nombre de la Nación, realizándose la obtención de títulos de acuerdo a los reglamentos de estudios de pregrado de la Universidad; conforme a lo establecido en los Arts.87 y 89 de la norma estatutaria, concordante con los Arts. 44 y 45 de la Ley Universitaria N° 30220.

Que, por Resolución N° 245-18-CU de fecha 30-10-2018 se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de esta Casa Superior de Estudios, el mismo que en su Art. 9° establece que para la obtención del Título Profesional se requiere tener grado académico de Bachiller otorgado únicamente por esta Casa Superior de Estudios, la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional y cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC.

Que, asimismo el Art. 11 del referido Reglamento de Grados y Títulos establece que el Consejo Universitario confiere los títulos profesionales declarados expeditos por los Consejos de Facultad, expidiendo el diploma correspondiente el cual es firmado por el Rector, el Decano de la Facultad, el Secretario General y al interesado (a).

Que, así también en el Título IV Capítulo II del referido Reglamento se señala y detalla el trámite y procedimiento administrativo específico para obtener el título profesional.

Que, la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica mediante Dictamen N° 022-031-TPTSCT/CGT-2019 de fecha 06 de septiembre de 2019, otorga la conformidad del cumplimiento de los requisitos para obtener el Título Profesional al **Bachiller SEGURA HOSPINA JOSÉ LÁZARO**.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
OFICINA DE SECRETARÍA GENERAL

Que, asimismo, el Consejo de Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica mediante Resolución N° 825-2019-CFFIEE, de fecha 24 de septiembre de 2019 aprobar el Título Profesional de **INGENIERO ELECTRICISTA al Bachiller SEGURA HOSPINA JOSÉ LÁZARO** por la modalidad de SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: "ESTIMACIÓN DE COSTOS DEBIDO A TIEMPO MUERTO EN LAS ESCALERAS ELÉCTRICAS DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE LIMA"

Estando a lo acordado por el Consejo Universitario en su Sesión de fecha 14 de octubre de 2019 en uso de las atribuciones que le confieren los Arts. 59 y 62 de la Ley N° 30220 concordante con los Arts. 116, numeral 116.10 y 128 del Estatuto de la Universidad.

RESUELVE:

1° **OTORGAR** el Título Profesional de **INGENIERO ELECTRICISTA al Bachiller SEGURA HOSPINA JOSÉ LÁZARO** conforme a lo dispuesto en la Resolución N° 825-2019-CFFIEE de fecha 24 de septiembre de 2019 de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao y por las consideraciones expuestas en la presente Resolución.

2° **Transcribir** la presente Resolución al Vicerrector de Investigación, Facultad, Oficina de Archivo General y Registros Académicos, Unidad de Registros Académicos, así como al interesado (a) para conocimiento y fines consiguientes.
Regístrese, comuníquese y archívese.

Fdo. Dr. BALDO ANDRÉS OLIVARES CHOQUE, Rector y Presidente del Consejo Universitario de la Universidad Nacional del Callao. Sello de Rectorado.

Fdo. Lic. CÉSAR GUILLERMO JÁUREGUI VILLAFUERTE -. Secretario General de la Universidad Nacional del Callao, Sello de Secretaria General.

Lo que transcribo a usted para conocimiento y fines consiguientes.

cc.Rector, Facultad

cc.OAGRA, interesado (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Oficina de Secretaría General

César Guillermo Jáuregui Villafuerte
Mg. César Guillermo Jáuregui Villafuerte
Secretario General



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

OFICINA DE SECRETARÍA GENERAL

Callao, 14 de octubre de 2019

Señor

Presente.-

Con fecha 14 de octubre del dos mil diecinueve se ha expedido la siguiente Resolución. RESOLUCION DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 755-19-CU-TP --- Callao, 14 de octubre de 2019 -- EL CONSEJO UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO:

Visto el expediente N° 01078873 de fecha 28 de agosto de 2019 mediante el cual **el Bachiller CELIS RIVERA CARLOS HUGO** solicita se le otorgue el **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA** bajo la modalidad de **SUSTENTACIÓN DE TESIS**.

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Nacional del Callao confiere el Título Profesional de los programas de estudio que desarrolla a nombre de la Nación, realizándose la obtención de títulos de acuerdo a los reglamentos de estudios de pregrado de la Universidad; conforme a lo establecido en los Arts.87 y 89 de la norma estatutaria, concordante con los Arts. 44 y 45 de la Ley Universitaria N° 30220.

Que, por Resolución N° 245-18-CU de fecha 30-10-2018 se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de esta Casa Superior de Estudios, el mismo que en su Art. 9° establece que para la obtención del Título Profesional se requiere tener grado académico de Bachiller otorgado únicamente por esta Casa Superior de Estudios, la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional y cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC.

Que, asimismo el Art. 11 del referido Reglamento de Grados y Títulos establece que el Consejo Universitario confiere los títulos profesionales declarados expeditos por los Consejos de Facultad, expidiendo el diploma correspondiente el cual es firmado por el Rector, el Decano de la Facultad, el Secretario General y al interesado (a).

Que, así también en el Título IV Capítulo II del referido Reglamento se señala y detalla el trámite y procedimiento administrativo específico para obtener el título profesional.

Que, la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica mediante Dictamen N° 021-031-TPTSCT/CGT-2019 de fecha 06 de septiembre de 2019, otorga la conformidad del cumplimiento de los requisitos para obtener el Título Profesional **al Bachiller CELIS RIVERA CARLOS HUGO**.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
OFICINA DE SECRETARÍA GENERAL

Que, asimismo, el Consejo de Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica mediante Resolución N° 824-2019-CFFIEE, de fecha 15 de febrero de 2019 aprobar el Título Profesional de **INGENIERO ELECTRICISTA al Bachiller CELIS RIVERA CARLOS HUGO** por la modalidad de SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: "ESTIMACIÓN DE COSTOS DEBIDO A TIEMPO MUERTO EN LAS ESCALERAS ELÉCTRICAS DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE LIMA"

Estando a lo acordado por el Consejo Universitario en su Sesión de fecha 14 de octubre de 2019 en uso de las atribuciones que le confieren los Arts. 59 y 62 de la Ley N° 30220 concordante con los Arts. 116, numeral 116.10 y 128 del Estatuto de la Universidad.

RESUELVE:

1° **OTORGAR** el Título Profesional de **INGENIERO ELECTRICISTA al Bachiller CELIS RIVERA CARLOS HUGO** conforme a lo dispuesto en la Resolución N° 824-2019-CFFIEE de fecha 15 de febrero de 2019 de la Facultad de Ingenierías Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao y por las consideraciones expuestas en la presente Resolución.

2° **Transcribir** la presente Resolución al Vicerrector de Investigación, Facultad, Oficina de Archivo General y Registros Académicos, Unidad de Registros Académicos, así como al interesado (a) para conocimiento y fines consiguientes.
Regístrese, comuníquese y archívese.

Fdo. Dr. BALDO ANDRÉS OLIVARES CHOQUE, Rector y Presidente del Consejo Universitario de la Universidad Nacional del Callao. Sello de Rectorado.

Fdo. Lic. CÉSAR GUILLERMO JÁUREGUI VILLAFUERTE -. Secretario General de la Universidad Nacional del Callao, Sello de Secretaría General.

Lo que transcribo a usted para conocimiento y fines consiguientes.

cc.Rector,Facultad

cc.OAGRA,interesado (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Oficina de Secretaría General

César Guillermo Jáuregui Villafuerte
Mg. César Guillermo Jáuregui Villafuerte
Secretario General

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE TESIS SIN
CICLO DE TESIS**

A los 25 días del mes de marzo del 2019 siendo las 12:00 horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica conformado por los siguientes Docentes Ordinarios de la Universidad Nacional del Callao, (Res. N° 033-2019-DFICE)

Dr. Ing.	Fernando José Oyanguren Ramirez	Presidente
Dr. Ing.	Adán Amador Tejada Cabanillas	Secretario
Ing.	Pedro Antonio Sánchez Huapaya	Vocal
Ing.	Moisés William Mausilla Pedriquez	Suplente

Con el fin de dar inicio a la exposición de Tesis de los Señores Bachilleres en Ingeniería... Eléctrica....., quien habiendo cumplido con los requisitos establecidos en la normativa sustentarán la Tesis titulada:
 "Estimación de costos de vida a tiempo muerto
 en las escaleras eléctricas de la línea 1 del Metro de Lima"

con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos, correspondiente al otorgamiento del Título Profesional por la Modalidad de Tesis Sin Ciclo de Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

Dar por aprobado Calificativo bueno nota: 16 a los expositores
 Señor Bachiller..... José Lázaro Segura Hospina
 Señor Bachiller..... Carlos Hugo Celis Rivera, con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las 12:45 horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 132 Del libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – UNAC.



 PRESIDENTE
 Dr. Ing. Fernando Oyanguren R.



 SECRETARIO
 Dr. Lic. Adán Tejada Cabanillas.



 VOCAL
 Mg. Ing. Pedro Sánchez Huapaya

 SUPLENTE
 Ing.

DEDICATORIA

A nuestros padres y hermanos
quienes nos brindaron, brindan y de seguro
brindaran su apoyo incondicional en todo
emprendimiento que decidamos llevar a
cabo.

AGRADECIMIENTOS

A cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional del Callao, por su dedicación y abnegación en brindarnos toda la enseñanza necesaria a lo largo del proceso de formación profesional como ingenieros electricistas.

Al Dr. Juan Herber Grados Gamarra, quien a pesar de las diversas ocupaciones que desarrolla como profesor principal de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao, se dio el tiempo de asumir la designación como asesor de la presente tesis. Gracias por sus orientaciones, revisiones y recomendaciones que coadyuvaron a la planificación y ejecución de la presente investigación.

Al Ingeniero-Investigador Carlos Juan Astuvilca Huayta, por su apoyo como profesor externo en la planificación, estructuración y ejecución de la presente investigación. Gracias por su asesoría en el desarrollo de la presente tesis, así como, la consultoría en tópicos específicos de la misma.

A todos aquellos que de manera directa o indirecta contribuyeron a que tanto la planificación, como la ejecución de la presente investigación, pudiera ser culminada con éxito.

Bach. CELIS RIVERA, Carlos Hugo
Bach. SEGURA HOSPINA, José Lázaro.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE	5
RESUMEN	10
ABSTRACT	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. Determinación del Problema.	14
1.2. Formulación del Problema.	15
1.3. Objetivos.	16
1.3.1. Objetivo general.	16
1.3.2. Objetivos específicos.	16
1.4. Justificación.	16
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes del Estudio.....	18
2.2. Bases Teóricas.	20
2.2.1. Pérdida de energía eléctrica.	20
2.2.1.1. Carga.	21
2.2.1.2. Demanda.	22
2.2.1.3. Porcentaje de pérdidas.....	22
2.2.2. Escaleras eléctricas.....	23
2.2.2.1. Características estructurales de las escaleras eléctricas.....	23
2.2.2.2. Características funcionales de las escaleras eléctricas.	25
2.2.2.3. Perdida de energía en las escaleras eléctricas.....	26
2.2.3. Tiempo muerto.....	27
2.2.3.1. Causas de los tiempos muertos.	28
2.2.3.2. Control de tiempos muertos.	29
2.2.3.3. Reducción de los tiempos muertos.	29
2.3. Definición de Términos.	30

III. VARIABLES E HIPÓTESIS.....	33
3.1. Definición de las Variables.	33
3.2. Operacionalización de Variables.	33
3.3. Hipótesis.....	35
3.3.1. Hipótesis general.....	35
3.3.2. Hipótesis específicas.	35
IV. METODOLOGÍA	36
4.1. Tipo de Investigación.....	36
4.2. Diseño de la Investigación.....	36
4.3. Población y Muestra.....	36
4.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	36
4.5. Procedimientos de Recolección de Datos.	37
4.6. Procesamiento Estadístico y Análisis de Datos.....	37
V. RESULTADOS.....	38
5.1. Consideraciones Preliminares.	38
5.1.1. Línea 1 del Metro de Lima.	38
5.1.1.1. Estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.....	41
5.1.1.2. Zonas predefinidas en las estaciones.	43
5.1.1.3. Escaleras eléctricas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima. ...	44
5.2. Características de las escaleras eléctricas del Metro de Lima.	45
5.2.1. Características estructurales.	46
5.2.2. Características funcionales.....	50
5.3. Tiempo muerto en las escaleras eléctricas.....	51
5.3.1. Tiempo muerto en el sentido Sur-Norte.	53
5.3.2. Sentido Norte-Sur.....	54
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
6.1. Consideraciones Generales.	55
6.2. Determinación de la Energía Perdida debido a Tiempo Muerto.	57
6.2.1. Pérdida de energía en sentido Sur-Norte.....	57
6.2.2. Pérdida de energía en sentido Norte-Sur.....	58
6.3. Estimación de los Costos de Energía debido a Tiempo Muerto.....	58
6.3.1. Costos en sentido Sur-Norte.	59

6.3.2. Costos en sentido Norte-Sur.	60
6.4. Contrastación de Hipótesis con los Resultados.	62
Los datos necesarios para el cálculo, fueron:	65
VII. CONCLUSIONES	67
VIII. RECOMENDACIONES.....	68
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS.....	72
Anexo 1. Matriz de Consistencia.	72
Anexo 2. Resultados de la Recolección de Datos.	74
Anexo 2.1. Estación Caja de Agua.	74
Anexo 2.2. Estación Los Jardines.	75
Anexo 2.3. Estación Los Postes.....	76
Anexo 2.4. Estación San Carlos.....	77
Anexo 2.5. Estación San Martín.....	78
Anexo 2.6. Estación Santa Rosa.....	79
Anexo 2.7. Estación Bayóvar.	80
Anexo 3. Schindler 9300 Advanced Edition.	81
Anexo 4. Red Básica del Metro de Lima y Callao.	82
Anexo 5. Estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.	84
Anexo 6. Tablas Estadísticas.....	85
Anexo 7. Galería Fotográfica.	86

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Cuadro de operacionalización de variables.....	25
Tabla 2.2. Transición horizontal en embarques de escaleras mecánicas.....	25
Tabla 3.1. Cuadro de operacionalización de variables.....	33
Tabla 5.1. Estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.....	41
Tabla 5.2. Escaleras eléctricas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.....	44
Tabla 5.3. Medidas de las distancias principales de los peldaños.....	48
Tabla 5.4. Datos sobre dimensiones y peso de las escaleras eléctricas.....	48
Tabla 5.5. Peldaños de las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima.....	49
Tabla 5.6. Capacidad teórica de transporte de personas de las escaleras mecánicas.....	49
Tabla 5.7. Inclinação máxima de escaleras mecánicas según velocidad.....	50
Tabla 5.8. Transición horizontal en embarques de escaleras mecánicas.....	50
Tabla 5.9. Frecuencia de los trenes de la Línea 1 del Metro de Lima.....	51
Tabla 5.10. Tiempo muerto en las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima..	51
Tabla 5.11. TDM en el sentido S-N.....	52
Tabla 5.12. TMP en el sentido S-N.....	52
Tabla 5.13. TDM en el sentido N-S.....	53
Tabla 5.14. TMP en el sentido N-S.....	53
Tabla 6.1. Consumo de energía de las escaleras eléctricas.....	55
Tabla 6.2. Pérdida de Energía Diaria (PED) en el sentido S-N.....	57
Tabla 6.3. Pérdida de Energía Diaria (PED) en el sentido N-S.....	57
Tabla 6.4. Costo de la energía perdida en el sentido S-N.....	58
Tabla 6.5. Costo de la energía perdida en el sentido N-S.....	60
Tabla 6.6. Presencia de tiempo muerto en las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima.	61
Tabla 6.7. Tiempo muerto promedio diario (TMPD) en la Línea 1 del Metro de Lima.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Estructura de una escalera mecánica.....	23
Figura 5.1. Recorrido de la Línea 1 del Metro de Lima.....	38
Figura 5.2. Infraestructura del viaducto de la Línea 1 del Metro de Lima.....	39
Figura 5.3. Características básicas de una escalera mecánica basada en el modelo Schindler 9300AE.....	46
Figura 5.4. Dimensiones de transporte.....	47
Figura 5.5. Características básicas.....	47
Figura 6.1. Costo de las pérdidas de energía eléctrica en las escaleras eléctricas, sentido S-N.....	59
Figura 6.2. Costo de las pérdidas de energía eléctrica en las escaleras eléctricas, sentido N-S.....	60
Figura 6.3. Comportamiento del TMPD según proximidad a la estación Bayóvar.....	63

RESUMEN

La presente investigación da cuenta de una problemática relacionada con la pérdida de energía eléctrica que se presenta en la mayoría de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima que cuentan con escaleras mecánicas o eléctricas. En ese respecto pudimos constatar que dichas escaleras vienen funcionando sin cumplir su función asignada, el transportar a los pasajeros hacia o desde los andenes.

En el contexto descrito en el párrafo anterior y teniendo como objetivo estimar los costos debido a Tiempo Muerto en las Escaleras Eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima, se ejecutó la presente investigación en la cual se logró demostrar que dichos costos oscilan alrededor del 10% del costo de operación de las escaleras antes mencionadas.

La presente investigación siguió el esquema de desarrollo que se detalla a continuación.

En la primera parte se recogió aspectos metodológicos relacionados con la identificación y formulación del problema, los objetivos, y, la justificación de la Investigación (Ver: «I. Planteamiento de la Investigación»).

En la segunda parte se presenta la información teórica recolectada y agrupada en los siguientes subcapítulos: Antecedentes del estudio, bases teóricas, marco contextual y la definición de términos. Por su parte, las bases teóricas fueron estructuradas teniendo en cuenta los siguientes ejes temáticos: Pérdida de energía eléctrica, escaleras eléctricas y tiempo muerto. (Ver: «II. Marco Teórico»).

En la tercera parte se recoge aspectos metodológicos específicos que tuvieron que ver con la formulación de las hipótesis de investigación y las variables que de ellas se desprenden (Ver: «III. Variables e Hipótesis»).

En la cuarta parte se consideró los aspectos metodológicos que definen a la investigación en tipologías y procedimientos establecidos, en ese sentido en dicho capítulo se señala el tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población

y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de la información, el procedimiento de los datos recolectados, y, el procesamiento estadístico y análisis de datos (Ver: «IV. Metodología»).

En la quinta parte se presentan los resultados obtenidos luego de procesar la información recolectada. Dicha información procesada se presenta en los siguientes términos: primero se presenta las consideraciones que deben tenerse en cuenta con respecto al contexto de intervención; luego se describen las características de las escaleras eléctricas del Metro de Lima en términos estructurales y funcionales; y por último, se da cuenta del tiempo muerto en las escaleras eléctricas (Ver: «V. Resultados»).

En la sexta parte se analiza los datos procesados y se interpreta los resultados en términos de determinar la energía perdida debido a tiempo muerto y la estimación de costos dicha energía perdida. Previo al análisis e interpretación de resultados se establecen ciertas consideraciones que deben tenerse en cuenta para una mejor comprensión de dicho capítulo final.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía consultada y anexos; así como otros apartados de común aparición en los trabajos de investigación.

ABSTRACT

In this research is presented an issue related with loss of electrical energy what's going on in most electric stairs of stations of the “Línea 1 del Metro de Lima”, which constitutes the electric train system projected for the city of Lima. In this respect we could verify that these stairs are functioning without fulfilling their assigned function, transporting passengers to or from the platforms.

In the context described in the preceding paragraph and having as objective to estimate the costs due to Dead Time in the Electric Ladders of the “Línea 1 del Metro de Lima”. After executing the present research, we being able to demonstrate that the aforementioned costs oscillate around 10% of the operating cost of the electrical stairs.

The present research was executed followed the development scheme detailed below.

In the first part were considered methodological aspects related to the identification and formulation of the problem, the objectives to achieve, and the justification of the Research (for more detail see: «I. Planteamiento de la Investigación»).

In the second part is presented the theoretical framework, which contains background of the research, the theoretical bases, and the definition of basic terms. With respect to the theoretical bases, those were structured considering the following topics: Loss of electrical energy, electric stairs and time dead (for more detail see: «II. Marco Teórico»).

The third part is presented those specific methodological related with the hypothesis formulated and the variables that are derived from they (for more detail see: «III. Variables e Hipótesis»).

In the fourth part was considered those methodology aspects that define research in established typologies and procedures, in that sense in that chapter it includes the type of research, the research design, the population and sample,

techniques and tools for data collection noted, the procedure the collected data, and the statistical processing and data analysis (for more detail see: «IV. Metodología»).

In the fifth part is presented the results obtained after processing the information collected. The processed information includes: The considerations that must be taken into account with respect to the context of intervention, the characteristics of electric stairs in structural and functional terms, and, the dead time on the aforementioned stairs (for more detail see: «V. Resultados»).

In the sixth part is presented the analysis and interpretation of the results obtained. Previously to the analysis and interpretation of results, certain considerations were established with the purpose to have a better understanding of the final chapter (for more detail see: «VI. Discusión de Resultados»).

Finally, the research includes the conclusions, recommendations, consulted bibliography and annexes; as well as other sections of common appearance in the research works.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Determinación del Problema.

La Línea 1 del Metro de Lima, forma parte del Plan Maestro de Transporte Urbano para el Área Metropolitana de Lima y Callao. En ese contexto la denominación de Línea 1 que se le da, es debido a que constituye la primera de las seis líneas de trenes eléctricos planeadas para cubrir eficientemente el transporte masivo de pasajeros dentro de las provincias de Lima y Callao (Lima Metropolitana), las cuales conforman la Red Básica del Metro de Lima – Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (Para mayor detalle, en anexos ver: «Anexo 4. Red Básica del Metro de Lima y Callao»).

La construcción de la Línea 1 del Metro de Lima, primera de las seis líneas de trenes eléctricos previstos para entrar en operatividad, se inició durante el primer gobierno del ex presidente Alan García Pérez (Periodo: 1985-1990) y se culminó su construcción en el año 2014. La Línea 1 tuvo dos aperturas al servicio del público, es decir se puso en funcionamiento por tramos. De la totalidad del recorrido de la Línea 1 del Metro de Lima, el denominado «primer tramo» cubre las estaciones que van desde la estación Villa El Salvador hasta Miguel Grau inclusive; y fue puesto en funcionamiento en julio de 2011 (A pocos días de finalizar el segundo mandato del ex presidente Alan García Pérez). Por su parte el denominado «segundo tramo» que une los distritos de Cercado de Lima con San Juan de Lurigancho, fue puesto en funcionamiento en mayo de 2014 (Durante el mandato del ex presidente Ollanta Humala Tasso).

Dentro de los tramos de la Línea 1 del Metro de Lima se pueden observar diferencias constructivas y de implementación que responden a concepciones de implementación de estaciones de las épocas que fueron planeadas, disponibilidad de espacios a lo largo de la ruta y la morfología del terreno. Con respecto a la implementación de medios de desplazamientos para las personas dentro de las estaciones (escaleras, pasadizos, ascensores, plataformas, etc.), se puede observar diferencias entre las estaciones pertenecientes al Tramo 1 y las pertenecientes al

Tramo 2 de la Línea 1 del Metro de Lima. Por ejemplo: En las estaciones del Tramo 1 no es frecuente encontrar escaleras eléctricas (solo 2 de 16 estaciones lo tienen implementado); por su parte, en las estaciones que pertenecen al denominado Tramo 2, todas las estaciones poseen dichas escaleras mecánicas o eléctricas.

De una primera aproximación al funcionamiento de las escaleras mecánicas instaladas en la Línea 1 del Metro de Lima, observación *in situ*, se pudo observar que en varias de ellas, luego que los pasajeros abandonaban el andén o plataforma de embarque, algunas escaleras seguían funcionando sin que cumplieran su función de transportar a los pasajeros hacia o desde los andenes.

En el orden de ideas expuestas en los párrafos anteriores y teniendo en cuenta los tiempos muertos o tiempo de no utilización de las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, es que decidimos estimar los costos que representa para la empresa concesionaria la pérdida de energía eléctrica debido a dichos tiempos muertos; para tal efecto, el problema objeto de estudio lo formulamos en los términos que se detallan en el subcapítulo que prosigue.

1.2. Formulación del Problema.

Desde una perspectiva general, el problema objeto de estudio de la presente investigación busca dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿A cuánto asciende los costos debido a pérdida de energía por la no utilización de las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima?

Con el fin de dar respuesta a la pregunta general, nos formulamos interrogantes acerca de aspectos específicos de la misma, dichas interrogantes son:

- 1.- ¿En qué estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima existe pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas?
- 2.- ¿Cuál es el tiempo muerto o tiempo de no utilización de las escaleras eléctricas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima?
- 3.- ¿Cuánta energía se pierde debido al tiempo muerto en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima?

- 4.- ¿Qué costo representa a la empresa concesionaria de la Línea 1 del Metro de Lima la pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas en las estaciones?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

Estimar los costos debido al tiempo muerto en las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima.

1.3.2. Objetivos específicos.

- 1.- Identificar las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima en las cuales existe pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas.
- 2.- Determinar el tiempo muerto o tiempo de no utilización de las escaleras eléctricas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.
- 3.- Estimar la energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.
- 4.- Calcular el costo que representa la energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

1.4. Justificación.

Justificación práctica: la presente investigación resultó siendo necesaria de planificarse y ejecutarse, ya que permite contribuir con la reducción de pérdidas de energía eléctrica en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima en las cuales se dan las pérdidas de energía debido al tiempo muerto de las escaleras mecánicas o eléctricas. Asimismo, los hallazgos que presentamos en los capítulos subsiguientes ofrecen resultados acerca del fenómeno objeto de estudio, pérdida de energía eléctrica debido a tiempo muerto; además, dichos resultados servirá como sustento a los tomadores de decisión encargados de implementar mejoras en las estaciones del Metro de Lima, para que estos formulen diversos planes de

intervención con el fin de disminuir o eliminar las pérdidas de energía eléctrica en aquellas escaleras donde se presente tiempo muerto.

Justificación teórica: la presente investigación contribuye con el enriquecimiento del cuerpo teórico referido a intervenciones específicas con la finalidad de disminuir pérdidas de energía eléctrica por tiempo muerto en las infraestructuras de transporte masivo de pasajeros (Tren eléctrico para nuestro caso). Por otro lado, el presente informe de investigación, servirá como antecedente para futuras investigaciones referidas al Metro de Lima o pérdidas de energía por tiempo muerto en escaleras mecánicas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio.

Del Pino Ramos, D. (2015). Estudio de la eficiencia energética de las escaleras mecánicas de Metro de Madrid según norma ISO 25745. En esta tesis que tuvo por objeto el estudio de la eficiencia energética de las escaleras mecánicas de Metro de Madrid, se siguió la siguiente metodología: en primer lugar se determinó el consumo producido por cada una de las escaleras mecánicas, rampas y pasillos de Metro de Madrid; luego se catalogó las escaleras según su consumo energético, siguiendo la norma ISO 25745; luego se evaluaron las diferentes tecnologías existentes en el transporte vertical y su repercusión en las escaleras mecánicas; después se procedió a la explicación de la norma ISO 25745 en la parte referente a escaleras mecánicas, desde la configuración del ensayo, el procedimiento en la medición, el cálculo energético y su clasificación; y, finalmente se realizó un estudio de selección de una muestra para las mediciones, se realizó un presupuesto de mejora de dichas escaleras. Algunas de las conclusiones a las que se llegó en la investigación en mención, fueron: desde un punto de vista estrictamente energético, habría que añadir la rentabilidad desde un punto de vista mecánico y de mantenimiento, al disminuir las horas en las que la escalera mecánica se encuentra en velocidad rápida; y, el uso de tecnología de auto-arranque, la cual permitiría en escaleras con un espaciado tránsito de viajeros detener completamente la escalera mecánica, supondría maximizar la eficiencia energética y por consiguiente un gran ahorro económico.

Pérez & Rubiano (2016). Diseño y desarrollo de un prototipo simulado para el control de escaleras eléctricas que optimice el consumo de energía. En esta tesis se tuvo como objetivos: Analizar el funcionamiento de las escaleras eléctricas, en cuanto a sus características mecánicas, eléctricas y de control; diseñar un sistema de control que permita reducir el consumo energético a partir de la operación de la escalera; desarrollar un sistema que permita mejorar la seguridad de los usuarios mediante la implementación de sensores y la utilización de un

sistema de realimentación al usuario; y, realizar una simulación que permita verificar el funcionamiento de los sistemas mencionados anteriormente. Las conclusiones a la que llegan los autores de la tesis en citación, entre otras, fueron las siguientes: En el diseño realizado, se tuvo en cuenta todos los parámetros presentados en la norma ASME, por lo cual en el diseño cinemático se obtuvo las características ideales para la implementación de la estructura, además de que como ciertos datos se deben sobredimensionar para verificar la fiabilidad de la estructura; y, a parte del impacto de la propuesta de los autores, en las características mecánicas y de control que tiene la escalera mecánica, uno de los principales impactos tiene que ver con la reducción en el consumo de energía eléctrica.

González (2012). Control de acciones correctivas en elevadores y escaleras mecánicas. En este trabajo consultado se muestra las actividades realizadas, por el autor del mismo, como jefe de acciones correctivas dentro de la empresa Elevadores Schindler S.A. de C.V. El autor empieza por describir los antecedentes de la empresa a nivel mundial y nacional (México); luego presenta una descripción sobre su puesto de trabajo (jefe de acciones correctivas) y los trabajos que desarrolla dentro de la empresa Schindler en cada una de las áreas que están a cargo de dicho puesto; y finalmente realiza un análisis e interpretación de cada una de las áreas a su cargo, plasmando en forma puntual las mejoras que aún pueden lograrse empleando nuevas herramientas para un mejor control. El autor en mención, entre otras, llega a la conclusión que la aplicación de calidad y seguridad dentro del área de acciones correctivas es de suma importancia ya que en todos los equipos corren riesgos dentro de la operación, es por eso que al igual que el mundo cambia los procesos dentro del área deben cambiar para mejorar.

Ayuntamiento de La Coruña (2015). Mejora de la accesibilidad mediante elementos mecánicos en la escalinata de Adelaida Muro. En este anteproyecto consultado que forma parte del «Plan para la Mejora de la Accesibilidad mediante Elementos Mecánicos en el Ayuntamiento de La Coruña», en el anteproyecto en mención se destaca que los parámetros que determinan la solución técnica en una propuesta consistente en la instalación de escaleras mecánicas, son los siguientes:

Inclinación, anchura de peldaño, anchura del foso, altura, velocidad, potencia del motor, acometida eléctrica (para el motor y la iluminación), y la altura de balaustrada; asimismo, con respecto a los factores que deben ser tenidos en cuenta en la fase de proyecto, destaca que estas deben ser: Canalizaciones y otras redes de servicio, acabados, estructura y cargas, ordenación y tráfico, y, los presupuestos.

Cortez (2014). Programas ambientales y sostenibles en el Metro de Sao Paulo. En este trabajo de investigación presentado en el IV Encuentro de Metros que se realizó el día 27 de noviembre del año 2014 en la ciudad de Lima, el autor da cuenta que al año 2013 en Brasil había 12 áreas metropolitanas que cuentan con servicios de Metro y/o SUBTES. Dichos sistemas de transporte masivo en el año en mención eran operadas por 15 empresas y lograron movilizar alrededor de 2,7 mil millones de viajeros, siendo Sao Paulo la ciudad que moviliza mayor cantidad de pasajeros, alcanzando en 2013 la cifra de 2,092 mil millones (77%) de pasajeros transportados. El autor en su exposición destaca que la construcción sostenible debe considerar como factores a los siguientes: Iluminación natural, ventilación natural, reutilización del agua, recolección de aguas pluviales y eficiencia energética.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Pérdida de energía eléctrica.

Las pérdidas de energía eléctrica representan situaciones en las cuales responden a los contextos de análisis, por ejemplo en el mercado eléctrico, las pérdidas de energía son equivalentes a la diferencia entre la energía comprada y la energía vendida; por otro lado, en un contexto de eficiencia de funcionamiento de las maquinas, equipos y/o componentes eléctricos, las pérdidas de energía son equivalentes a la utilidad nula de dichos elementos funcionamiento.

Las pérdidas de energía eléctrica se manifiestan en diferentes formas, la forma más común es la manifestada a través de calor disipado, esto en referencia a un sistema de transmisión y/o distribución de la energía eléctrica; pero, también existe perdidas de energía cuando el aparato eléctrico funciona sin cumplir su propósito de diseño. En ambos casos de perdidas, la energía eléctrica no se

aprovecha, aunque si hace parte de la energía generada o consumida por el sistema, lo cual justamente es un indicador de la existencia de pérdidas por comparación entre energía suministrada y energía realmente consumida.

Dado que las pérdidas de energía eléctrica responden a un contexto específico (sistema eléctrico), es necesario tener en cuenta que:

En la literatura técnica se recomienda que el porcentaje de pérdidas de energía eléctrica sea inferior al 10% y es deseable que sea aún inferior, del orden de un 5 a un 8%. Sin embargo, es importante anotar que el nivel óptimo de pérdidas es particular para cada sistema y depende de las características propias de su sistema eléctrico y de los costos y beneficios que se derivan de la reducción de pérdidas de energía. (Organización Latinoamericana de Energía, 1990, p.1).

Por otro lado, las pérdidas de energía tanto de un sistema eléctrico como de un aparato eléctrico, cumplen el principio acumulativo, luego, el total de energía perdida será igual a la suma de las pérdidas de energía individuales de todos los elementos del sistema en un período considerado; luego, las pérdidas de energía eléctrica totales se calculan como la diferencia entre la energía neta entregada al sistema (aparato eléctrico) y la energía registrada neta en las cargas (consumo del aparato eléctrico).

Asimismo, es de destacar que algunos términos básicos utilizados en el análisis de pérdidas de energía debido al funcionamiento de las máquinas, equipos o componentes eléctricos; se derivan de las referidas a pérdidas de energía en los sistemas eléctricos propiamente dichos, en cuanto le fueren aplicables; en ese sentido, en lo que prosigue del presente apartado, se presentan algunos conceptos básicos que resultaron pertinentes de ser tenidos en cuenta, en concordancia con los propósitos de la presente investigación.

2.2.1.1. Carga.

Desde una perspectiva desde la empresa suministradora de energía eléctrica, la carga se define como la potencia eléctrica consumida por los equipos de los

clientes; como pueden ser aparatos electrodomésticos, maquinarias, herramientas, etc. La carga es lo que requiere los aparatos eléctricos para realizar la función o acción previamente determinada de acuerdo al origen de los mismos. Es lo que consume en términos de potencia, y puede tener diversos comportamientos.

2.2.1.2. Demanda.

La demanda de un sistema es el promedio de potencia requerido por una carga, durante un determinado intervalo de tiempo, denominado intervalo de demanda; los tiempos referenciales más utilizados suelen ser 15, 30 o 60 minutos; y de ellos, el más usual es 15 minutos. La demanda se expresa en KW (Kilovatios o kilowatts), KVA (Kilo volt ampere) o KVAR (Kilo volt ampere reactivo). La fórmula de la demanda es:

$$D = \frac{\text{Energía}[KWh]}{T[\text{Horas}]} = \frac{E}{T}$$

Donde:

- D:** Demanda de energía eléctrica del aparato.
- E:** Energía consumida en un periodo.
- T:** Duración del periodo.

2.2.1.3. Porcentaje de pérdidas.

Las pérdidas se suelen evaluar en porcentajes o ratios entre la energía perdida y la energía suministrada al aparato; es decir, el porcentaje de pérdidas es la relación entre las pérdidas de energía por componente y la energía suministrada. Para la representación del porcentaje de pérdidas se utiliza la siguiente formula:

$$\% \text{ Pérdidas} = \frac{Ep[KWh]}{Es[KWh]} = \frac{Ep}{Es}$$

Donde:

- % Pérdidas:** Porcentaje de pérdidas en un periodo.
- Ep:** Energía perdida en un periodo.
- Es:** Energía suministrada en un periodo.

2.2.2. Escaleras eléctricas.

En forma general se define a las escaleras como aquellos dispositivos que tienen la función de comunicar ambientes que se encuentran a diferentes niveles de altura. Las escaleras pueden ser fijas, móviles o transportables, y pueden ser construidas de diversos materiales tales como acero, fierro, madera, concreto, piedra, aluminio, etc. Teniendo en cuenta el desarrollo de las escaleras, es decir, teniendo en cuenta su forma constructiva, los tipos de escaleras pueden ser variados y múltiples, destacando entre ellos, la escalera imperial, escaleras de ida y vuelta, escalera en U, escalera en L, escalera de caracol, etc.

Las escaleras eléctricas también llamadas mecánicas, son un tipo de escaleras estáticas o fijas como estructura, pero con elementos móviles que no traspasan su estructura. Los elementos móviles de la escalera son los peldaños, también conocidos como escalón, huella o grada; que es la parte de la escalera en la que se apoya el pie para subir o bajar; y las fajas laterales o pasamanos.

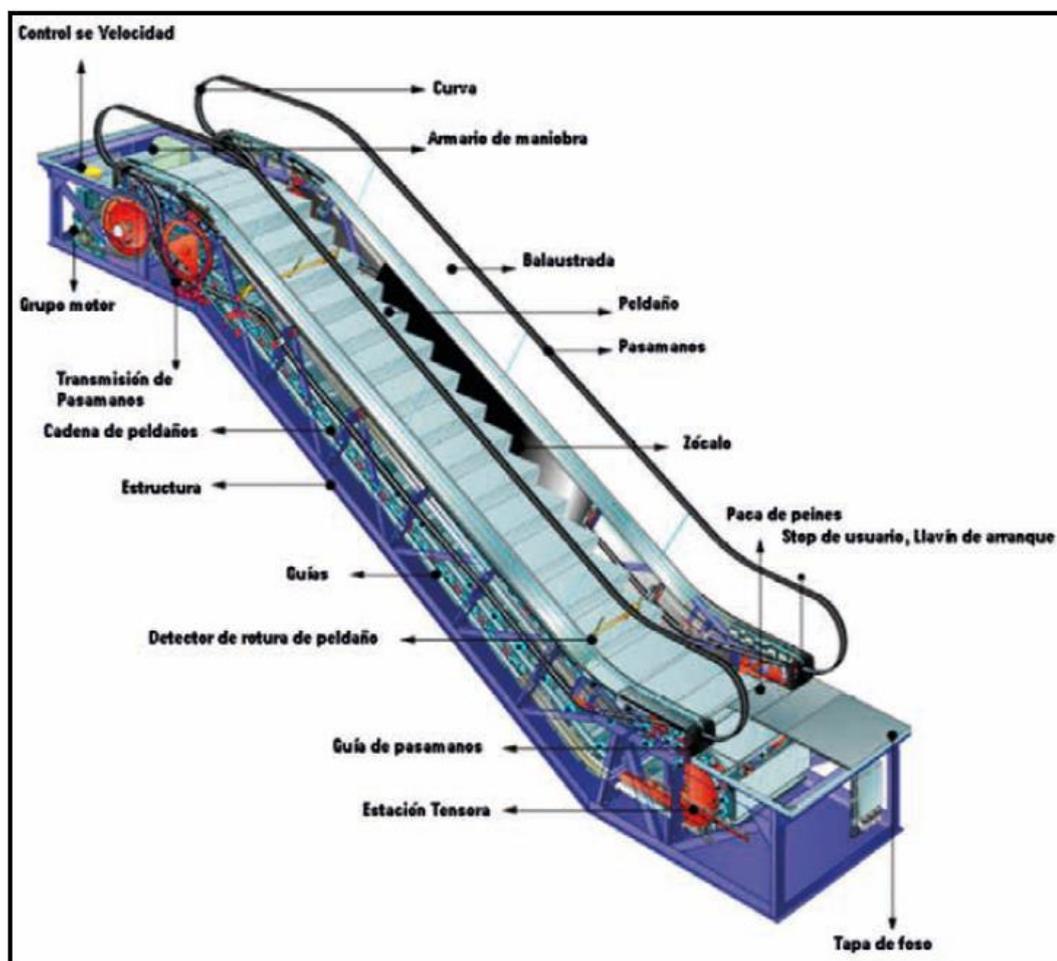
Según Schindler (2008), las ventajas de instalar escaleras mecánicas en el sector del transporte público, son las siguientes:

- Las escaleras mecánicas, al estar en movimiento continuo, atraen a los usuarios.
- Las escaleras mecánicas dirigen el flujo de circulación.
- Las escaleras mecánicas tienen una gran capacidad de transporte.
- Las escaleras mecánicas pueden ser utilizadas en todo momento.
- Las escaleras mecánicas garantizan una frecuencia uniforme de personas en cada una de las plantas.

2.2.2.1. Características estructurales de las escaleras eléctricas.

Las principales características estructurales básicas de las escaleras mecánicas son las siguientes: Inclinación, anchura de peldaño, anchura del foso, altura, altura de balaustrada. En la figura que prosigue se presenta esquemáticamente, las partes de una escalera eléctrica o escalera mecánica.

Figura 2.1. Estructura de una escalera mecánica.



Fuente: Herrero (2016). Tipología de escaleras mecánicas y andenes móviles; p.27.

Algunas propuestas de escaleras, cuando requieren salvar alturas mayores, por ejemplo 12 metros de desnivel entre los ambientes a conectar, requieren de la instalación de dos o más escaleras, luego aparecen las características por tramos; por ejemplo: para propuestas con tres escaleras mecánicas para salvar un determinado desnivel, aparece la seriación de escaleras eléctricas y consecuentemente aparecen los descansos intermedios que es más característico de las escaleras fijas; en ese contexto, es factible considerar características específicas por tramos, tramo inferior, tramo intermedio y tramo superior.

Con respecto a la inclinación que deben tener las escaleras mecánicas, Herrero (2016) señala que las posibles inclinaciones disponibles en el mercado para escaleras mecánicas, son las siguientes:

- 35°, para escaleras mecánicas de desniveles menores a 6,00 m y velocidad menor o igual a 0,50 m/s.
- También existen escaleras con inclinaciones de 30° y 27,3°.

Por otro lado, con respecto al ancho de escalones (placas o peldaños), se tiene que en escaleras mecánicas los anchos de escalón son: 1.000mm, 800mm y 600mm. (Herrero, 2016).

2.2.2.2. Características funcionales de las escaleras eléctricas.

Con respecto a las características funcionales, o que inciden en su funcionamiento, de las escaleras eléctricas, Alonso (2016), presenta un ejemplo para una escalera de referencia de perfil comercial con las siguientes características:

- Potencia nominal: 7,5 kW / S1 funcionamiento (capacidad teórica de transporte).
- Tipo de engranaje: Tornillo sin fin.
- Ancho de peldaño: 1.000mm.
- Desnivel: 4,5 m.
- Inclinación: 30°.
- Velocidad de la banda de peldaños: 0,5 m/s.
- Carga sobre peldaño: 80 kg (valor ejemplo para una persona media según requisito práctico de elevación).
- Modo de funcionamiento: Continuo.

Por otro lado, Herrero (2016), refiriéndose a la velocidad de transporte de las escaleras mecánicas destaca que el rango de velocidades a las que pueden funcionar estas, en forma general, es: 0,50 m/s, la más habitual; 0,65 m/s, para instalaciones de alto tráfico (Metro, Tren,...); y 0,75 m/s, en escenarios de muy alto tráfico.

En la tabla que prosigue se presenta la relación que guarda la velocidad de transporte de las escaleras mecánicas con respecto a la inclinación estándar de las mismas.

Tabla 2.1. Cuadro de operacionalización de variables.

ESCALERAS MECÁNICAS	$v \leq 0,50 \text{ m/s}$	$0,50 \text{ m/s} < v$
INCLINACIÓN MÁXIMA	35°	30°

Fuente: Herrero (2016). Tipología de escaleras mecánicas y andenes móviles; p.28.

Por otro lado, refiriéndose al diseño de los embarques/desembarques en escaleras mecánicas, Herrero (2016) señala: en las escaleras mecánicas, la transición horizontal de los escalones en ambos embarques debe ser de al menos 800mm para velocidad nominal de 0,50 m/s; a velocidad superior a 0,50 m/s e inferior a 0,65 m/s y en aquellas escaleras con desnivel superior a 6 m, la transición horizontal debe aumentar a 1.200mm como mínimo; y, para velocidad superior a 0,65 m/s, habrá que prever al menos 1.600mm.

Tabla 2.2. Transición horizontal en embarques de escaleras mecánicas.

	$V \leq 0,50 \text{ m/s}$	$0,50 \text{ m/s} < V \leq 0,65 \text{ m/s}$	$0,65 \text{ m/s} < V \leq 0,75 \text{ m/s}$
TRANSICIÓN HORIZONTAL (DESNIVEL, $H \leq 6\text{m}$)	800 mm	1200 mm	1600 mm
TRANSICIÓN HORIZONTAL (DESNIVEL, $H > 6\text{m}$)	1200 mm	1200 mm	1600 mm

Fuente: Herrero (2016). Tipología de escaleras mecánicas y andenes móviles; p.28.

2.2.2.3. Pérdida de energía en las escaleras eléctricas.

Existen diferentes factores que influyen a que exista pérdida energética en las escaleras mecánicas; en efecto, debido a sus diversas aplicaciones, modos de funcionamiento, desniveles, cargas y frecuencias de uso, que inciden en la pérdida de energía. De acuerdo a lo acabado de señalar, se puede afirmar que es necesario y útil definir escaleras mecánicas de referencia para saber la pérdida energética de las mismas; y es que, la escalera de referencia debe permitir una simple comparación entre su consumo de energía y la eficiencia de la misma.

El ahorro energético en la escalera de referencia citado por Alonso (2016), dio como resultado las siguientes aproximaciones de ahorro:

- Modo de funcionamiento continuo frente a estrella-triángulo (5,4% ahorro energético).
- Modo de funcionamiento continuo frente a estrella triángulo con arranque a demanda (9,6% ahorro energético).
- Modo de funcionamiento continuo frente stand-by con o sin paro (2,7% ahorro energético).
- Modo de funcionamiento continuo frente a variador continuo (3,8% ahorro energético).
- Modo de funcionamiento continuo frente a variador inteligente stand-by speed con o sin paro (5% ahorro energético).
- Tracción directa frente a tornillo sin fin (12,4% ahorro energético).
- Iluminación bajo pasamanos de fluorescentes a tecnología LED (16,4% ahorro energético).
- Iluminaciones de placa peines, semáforos o demarcación (0,2% ahorro energético).

2.2.3. Tiempo muerto.

El tiempo muerto es un concepto que se refiere al lapso de tiempo en que el funcionamiento de un sistema no es eficiente o eficaz. El concepto de tiempo muerto es usualmente referido al tiempo improductivo de los trabajadores; luego, en ese contexto, Calel (2014, pp.10-11), citando a diferentes autores presenta las siguientes definiciones de tiempo muerto:

- Los tiempos muertos son procesos lentos, costosos en términos de inventario que se debe mover, contar, almacenar o recuperar. En razón de lo acabado de señalar, los tiempos muertos bajos en un proceso reducen los costos de operación y el inventario y podrían evitar daños al inventario u obsolescencia al mismo. Consecuentemente, reducir los tiempos muertos de un proceso y la variación presente en el tiempo que toma completar un proceso es tan importante como mejorar la calidad de un producto o un servicio.

- Los tiempos muertos se define como el tiempo comprendido en el momento que se produce un cambio en la entrada y el momento en el que se observa en la salida el efecto de dicha variación.
- Los tiempos muertos se definen como todo aquellos que no son invertidos directamente en la reparación, como son: paros de trabajo, tareas burocráticas y tiempos de espera por ausencia de personal, por falta de los útiles o herramientas o por carecer de los recambios necesarios.
- Los tiempos muertos se definen como aquellos tiempos en los cuales no se realiza un trabajo útil. Los tiempos muertos se pueden producir por causas consideradas inevitables, por ejemplo por avería de una máquina, no utilización de una máquina, etc.

2.2.3.1. Causas de los tiempos muertos.

Siguiendo en el mismo contexto de tiempo muerto concebido como tiempo improductivo en el trabajo, se tiene que los tiempos muertos pueden deberse a dos causas fundamentales que son:

Causas endógenas, las cuales están relacionadas con factores vinculados al proceso de producción (averías, reparaciones, etc.), que no son imputables al trabajador, y que suponen un costo para la empresa, pues siguen devengándose los salarios y las cargas sociales.

Causas externas, estas están relacionadas con el trabajador, bien sean de manera voluntaria, como la disminución del rendimiento por falta de motivación, o involuntarias, como el menor rendimiento por falta de conocimientos sobre la labor a desarrollar. (Molinera, 2006, p.43).

Para efectos de la presente investigación, se adopta la definición de tiempo muerto como aquel que se define como aquel tiempo en el cual la máquina no realiza un trabajo útil, es decir, la maquina está funcionando sin cumplir con su propósito. Consecuentemente, las únicas causas de tiempos muertos serían las denominadas causas endógenas, es decir, aquellas que están relacionadas con

factores vinculados al proceso de funcionamiento de la máquina y el cumplimiento de su propósito.

2.2.3.2. Control de tiempos muertos.

El control de los tiempos muertos se da como resultado de los estudios de tiempos y de estos, derivar aquellos tiempos muertos o improductivos. Si bien es cierto, el estudio de tiempos “es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido” (Riofrío, 2012, p.19); un estudio de tiempos muertos tendría que limitarse a controlar con cronómetro el tiempo que transcurre en las situaciones en las cuales se detecte improductividad de las personas, equipos o máquinas.

2.2.3.3. Reducción de los tiempos muertos.

Como resultado de los estudios de tiempos muertos se proponen programas de intervención orientados a mitigar o eliminar dichos tiempos, para tal efecto, se de tener en cuenta que el tiempo muerto o improductivo se debe a distintos factores, algunos de dichos factores señalados por Riofrío (2012), son: Factores tecnológicos, factores técnico organizativos y factores motivacionales.

Para efectos de la presente investigación se tuvo en cuenta los factores técnico organizativo. Según Riofrío (2012), entre dichos factores se incluyen todos los sistemas, métodos, normas y procedimientos que afectan la productividad de una organización, los cuales son:

- Sistema de planificación estratégica.
- Sistema de planificación y control de producción.
- Sistema de control de inventario de materias primas, productos en proceso y productos terminados.
- Sistema de mantenimiento.
- Sistema de administración de recursos humanos.

- Sistema de control de calidad.
- Sistema de seguridad industrial.
- Métodos de trabajo.
- Organización de la producción y el trabajo.
- Arreglo o disposición de máquinas y equipos.

Ya en forma más específica, en la presente investigación se tuvo en cuenta el factor técnico organizativo que tiene que ver con el arreglo o disposición de las máquinas y equipos.

2.3. Definición de Términos.

Altura entre plantas: Altura real de suelo acabado en el piso inferior a suelo acabado en la planta superior.

Anchura de escalera: Ancho total de un tramo de escalera incluida la barandilla, zancas, etc.

Anchura de paso: Ancho real de cada tramo de escalera descontando barandilla y zancas.

Balaustre: Un balaustre o balaústre es una forma moldeada en piedra o madera, y algunas veces en metal o cerámica, que soporta el remate de un parapeto de balcones y terrazas, o barandas de escaleras.

Barandilla: Protección de la escalera en su lado libre. Existen diferentes opciones, la más habitual es con montantes y balaustres ensamblados entre solera y pasamanos.

Caja de escalera: Espacio en que se desarrolla la escalera. Viene determinada por el hueco superior.

Cabeceada: Se dice de la altura libre existente entre un peldaño forzado o techo superior.

Contrahuella: Diferencia de altura entre dos peldaños consecutivos.

Forjado: Estructura de hormigón, madera o hierro en el piso superior que delimita el hueco de la escalera. Es importante conocer su altura para evitar la cabezada.

Giro: Cambio de dirección. Una escalera puede girar a derechas en sentido horario o por el contrario a izquierdas en sentido anti horario.

Huella: Parte horizontal del peldaño sobre la que se apoya el pie. Luz de la pisada.

Línea de huella: Es aquella línea imaginaria de una escalera por la que se transita la mayor parte de las veces. En los tramos rectos se sitúa habitualmente en el centro pero tiene especial relevancia en los giros para repartir distancias desde los extremos.

Pasamanos: Elemento de seguridad para que se apoye el usuario de la escalera. Lo encontramos formando parte de la barandilla como pieza superior que da estabilidad y recoge los balaustres.

Peldaño de arranque: Primer peldaño de una escalera que puede tener forma para facilitar el acceso.

Peldaño de salida: Último peldaño de la escalera. Puede ir una altura por debajo o al mismo nivel que el suelo superior. A menudo se utiliza un rellano final.

Pendiente de una escalera: Es la inclinación que tiene una escalera respecto al plano horizontal.

Solera: Pieza inferior de la barandilla donde se sujetan los balaustres.

Tabica: Parte vertical de los peldaños cuya altura coincide normalmente con la contrahuella. También se le conoce como frente.

Tramo de una escalera: Secuencia de peldaños consecutivos hasta la aparición de un giro.

Tiempo muerto: Para efectos de la presente investigación, el tiempo muerto es aquel lapso de tiempo en la cual las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima no transportan pasajeros.

Vuelo del peldaño: Parte de la huella que sobresale de la contrahuella por la parte delantera. Amplitud del canto anterior de los peldaños para permitir más pisada en la subida.

Zanca: Estructura que sostiene o en la que van encajados los peldaños. Pueden ser laterales o inferiores.

Zanca cremallera o con forma de diente de sierra: Zanca inferior que sigue la forma de los peldaños de la escalera.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Definición de las Variables.

Variable independiente: Características de las escaleras eléctricas del Metro de Lima.

Variable dependiente: Costo de la energía perdida por tiempo muerto.

3.2. Operacionalización de Variables.

Indicadores de la Variable independiente (Variable X):

Características estructurales y funcionales de las escaleras eléctricas:

- X₁:** Ancho nominal del paso (ancho escalera).
- X₂:** Huella y contrahuella del paso.
- X₃:** Capacidad de movilización de pasajeros por hora.
- X₄:** Elevación y ángulo de inclinación.
- X₅:** Velocidad.

Tiempo muerto en las escaleras eléctricas:

- X₆:** Menor o igual que el 33% de la frecuencia de los trenes.
- X₇:** Entre 33 y 67% de la frecuencia de los trenes.
- X₈:** Mayor igual que el 67% de la frecuencia de los trenes.

Variable dependiente: Costo de la energía perdida por tiempo muerto.

Indicadores de la Variable dependiente (Variable Y):

Energía perdida por tiempo muerto.

- Y₁:** Sentido Sur-Norte.
- Y₂:** Sentido Norte-Sur.

Costo de la energía perdida por tiempo muerto.

- Y₃:** Sentido Sur-Norte.
- Y₄:** Sentido Norte-Sur.

Tabla 3.1. Cuadro de operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente (Variable X)	Características de las escaleras eléctricas del Metro de Lima.	Características estructurales y funcionales de las escaleras eléctricas.	X₁ : Ancho nominal del paso (ancho escalera).
			X₂ : Huella y contrahuella del paso.
			X₃ : Capacidad de movilización de pasajeros por hora.
			X₄ : Elevación y ángulo de inclinación.
			X₅ : Velocidad.
			X₆ : Número de peldaños de la escalera.
		Tiempo muerto en las escaleras eléctricas.	X₇ : Tiempo muerto sentido Sur-Norte.
			X₈ : Tiempo muerto sentido Norte-Sur.
Variable Dependiente (Variable Y)	Costo de la energía perdida por tiempo muerto.	Energía perdida por tiempo muerto.	Y₁ : Sentido Sur-Norte.
			Y₂ : Sentido Norte-Sur.
		Costo de la energía perdida por tiempo muerto.	Y₃ : Sentido Sur-Norte.
			Y₄ : Sentido Norte-Sur.

3.3. Hipótesis.

3.3.1. Hipótesis general.

La estimación de los costos debido al tiempo muerto en las escaleras eléctricas, permitirá la implementación de planes de mitigación de pérdidas energéticas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

3.3.2. Hipótesis específicas.

- 1.- En la mayoría de estaciones del Tramo 2 de la Línea 1 del Metro de Lima existe pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas.
- 2.- En las estaciones más cercanas a la estación Bayóvar se da la mayor presencia de tiempos muertos en las escaleras eléctricas.
- 3.- La energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima es considerable en comparación con la energía consumida fuera de tiempo muerto.
- 4.- Los costos que representa la energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, es considerable en comparación con el costo de la energía consumida fuera de tiempo muerto.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de Investigación.

La presente investigación es del tipo explicativa, ya que buscó determinar las causas de que exista pérdida de energía en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima; y también estimó el costo que representa dichas pérdidas energéticas.

4.2. Diseño de la Investigación.

El diseño apropiado para la presente investigación fue el pre experimento, esto debido a que se tuvo un grado de control mínimo sobre las variables, y no hubo necesidad de manipular la variable independiente. (Hernández, Fernández y Baptista, 2003).

4.3. Población y Muestra.

Población: La población de la presente investigación estuvo conformada por la totalidad de escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

Muestra: La muestra referencial para la presente investigación, se tomó de forma no probabilística e intencionada, en ese sentido, la muestra estuvo conformada por aquellas escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima donde se pudo evidenciar la existencia de tiempo muerto considerado como alto (para mayores detalles sobre las consideraciones de los tiempos muertos, en Capítulo V, ver: «5.2.2. Características funcionales»).

4.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Como técnica de recolección de datos se utilizaron la observación *in situ*, el cotejo de tiempo muerto y el análisis documental de los planes de desarrollo de la Línea 1 del Metro de Lima y de los manuales de las escaleras eléctricas. Los instrumentos de recolección de datos, concordantes con cada una de las técnicas,

antes señaladas, fueron los siguientes: guía para la observación, la ficha de cotejos y la guía para el análisis documental tanto de los planes de desarrollo de la Línea 1 del Metro de Lima como de los manuales de las escaleras eléctricas.

4.5. Procedimientos de Recolección de Datos.

Poner técnica de recolección de datos y referenciar a anexos para ver los instrumentos (ara el análisis de datos de la presente investigación se utilizaron las técnicas estadísticas de medidas de tendencia central, es decir, la media, mediana y moda; así como, las tabulaciones de frecuencias y curvas de tendencias. Para efectos de análisis de los datos utilizamos los denominados paquetes estadísticos: SPSS 23 y el programa EXCEL 2016. Por otro lado, para efectos de entender el comportamiento del tiempo muerto de las escaleras eléctricas en las estaciones, se simuló mediante diagramas de flujo el comportamiento del denominado tiempo muerto y su presencia por estaciones de la Línea 1 del metro de Lima).

4.6. Procesamiento Estadístico y Análisis de Datos.

Para el análisis de datos de la presente investigación se utilizaron las técnicas estadísticas de medidas de tendencia central, es decir, la media, mediana y moda; así como, las tabulaciones de frecuencias y curvas de tendencias. Para efectos de análisis de los datos utilizamos los denominados paquetes estadísticos: SPSS 23 y el programa EXCEL 2016. Por otro lado, para efectos de entender el comportamiento del tiempo muerto de las escaleras eléctricas en las estaciones, se simuló mediante diagramas de flujo el comportamiento del denominado tiempo muerto y su presencia por estaciones de la Línea 1 del metro de Lima.

V. RESULTADOS

5.1. Consideraciones Preliminares.

Para efectos de presentar los resultados obtenidos como parte del trabajo de campo de la presente investigación, se tuvo en cuenta las consideraciones que se presentan en los siguientes apartados del presente subcapítulo.

5.1.1. Línea 1 del Metro de Lima.

La Línea 1 del Metro de Lima forma parte de la Red Básica del Metro de Lima - Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, la misma que está conformada sobre la base de seis Líneas, pero, solo la primera se encuentra operativa al año 2018, estando las otras en etapas de construcción (Línea 2) y etapas de planeamiento (Líneas 3 a 6). Un trazo general de la Línea 1 de la Red Básica del Metro de Lima y Callao (Línea 1 del Metro de Lima), nos permite visualizar su recorrido por las siguientes avenidas en el sentido sur (Villa El Salvador) a Norte (San Juan de Lurigancho): Avenida Separadora Industrial, Avenida Pachacutec, Avenida Tomás Marsano, Avenida Aviación, Avenida Grau, Avenida 9 de Octubre, Avenida Próceres de la Independencia y Avenida Fernando Wiese.

Tanto la Línea 1 como las otras líneas que conforman la Red Básica del Metro de Lima, constituyen proyectos de intervención estructurados en términos de los siguientes aspectos constitutivos: Material rodante, superestructura de vía, suministro eléctrico, alimentación eléctrica y equipos para estaciones, señalización, mando centralizado de automatización y control, y, telecomunicaciones. En anexos (Ver: «Anexo 4. Red Básica del Metro de Lima y Callao») se presenta gráficamente las líneas de trenes que comprenden la denominada Red Básica del Metro de Lima (Ver: «Figura 1. Líneas que comprende la Red Básica del Metro de Lima - Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao»).

En la figura que prosigue se presenta esquemáticamente el recorrido que sigue la Línea 1 del Metro de Lima, destacando los diversos distritos que atraviesa y une en su recorrido.

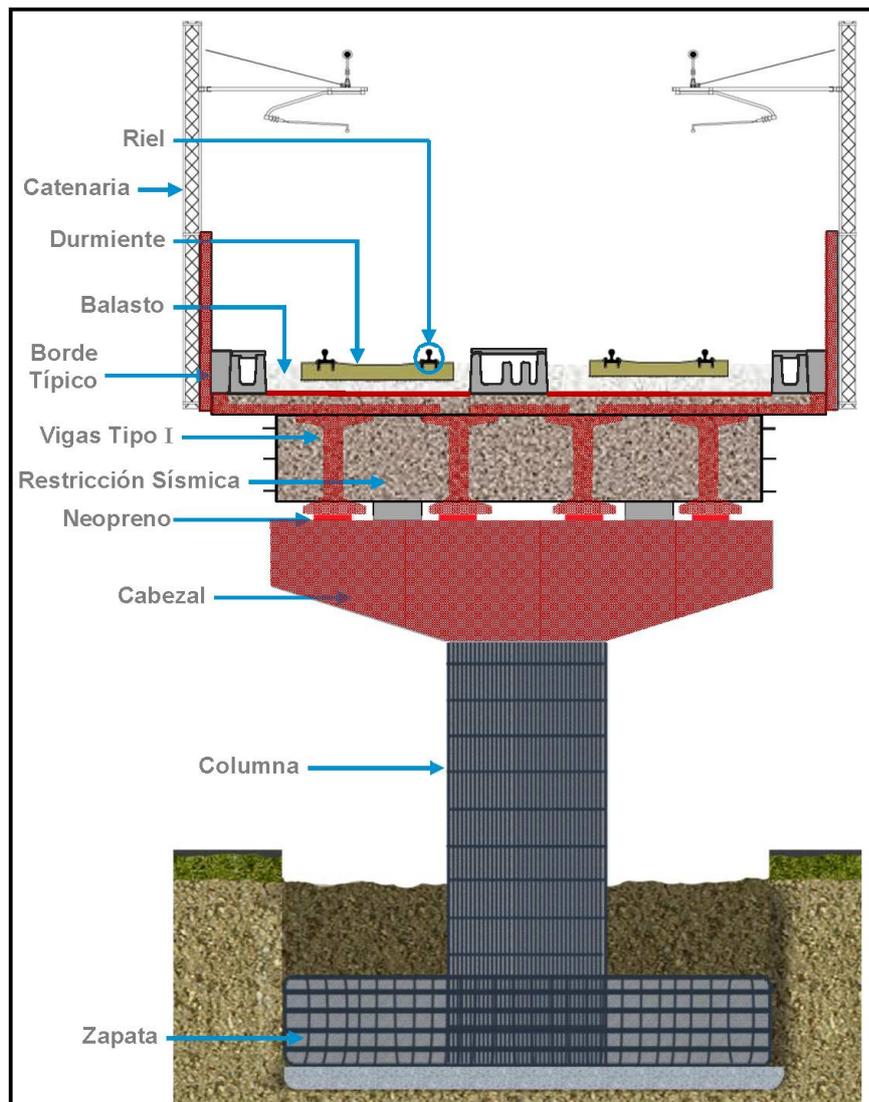
Figura 5.1. Recorrido de la Línea 1 del Metro de Lima.



Fuente: Plasencia (2011). El Metro de Lima viene a todo tren; p.15.

Por otro lado, con respecto a la superficie que sirve para el desplazamiento de los trenes, es de destacar que el recorrido de la Línea 1 del Metro de Lima considera tantos viaductos superficiales como viaductos elevados. Los viaductos superficiales son predominantes y tienen mayor presencia en el tramo del recorrido del tren eléctrico que va desde la estación Villa El Salvador hasta la estación Atocongo; por su parte los viaductos elevados son 100% predominantes en el tramo estación Atocongo – estación Bayóvar. En este último tramo, la estructura de soporte del viaducto elevado, predominantemente es como se muestra en la figura que prosigue.

Figura 5.2. Infraestructura del viaducto de la Línea 1 del Metro de Lima.



Fuente: Nostre (2014). Socialmente Responsable: Tramo 2 Línea 1 del Metro de Lima; p.10.

Asimismo, con respecto al suministro eléctrico para Tramo 1 (Villa El Salvador – Av. Grau), PROVIAS Nacional (2008) preveía que para atender toda la extensión de la Línea 1, serán instalados los siguientes subsistemas de alimentación eléctrica que serán incluidos en el presente Suministro:

- Catenaria para el tramo entre la estación Atocongo y cola de vía de la estación Grau.
- Red de cables de media tensión para alimentar las subestaciones de rectificación y las cabinas eléctricas.
- Equipamientos de las siguientes subestaciones de rectificación: Subestación Los Cabitos, subestación Javier Prado, subestación Mercado Mayorista, subestación de transformación 60/20kV “Santa Rosa”, y línea de transmisión de 60kV, desde las instalaciones del concesionario de energía.

5.1.1.1. Estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

La Línea 1 del Metro de Lima está conformada por un total de 26 estaciones, 16 en el Tramo 1 y 10 en el Tramo 2. Funcionalmente, dichas estaciones fueran concebidas para permitir:

- El acceso a las instalaciones, concebidas como de acceso público, de la Línea 1 del Metro de Lima.
- El embarque y desembarque de trabajadores, personal de seguridad y usuarios de los trenes de la Línea 1 del Metro de Lima.
- La comunicación entre las orilla de las carreteras a través de las cuales se extendió la Línea 1 del metro de Lima, principalmente en los viaductos superficiales.

Con respecto a la ubicación de las estaciones en un contexto de división política administrativa de Lima Metropolitana, en anexos (Ver: «Anexo 5. Estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima») se presenta gráficamente la ubicación de las estaciones (Ver: «Figura 1: Estaciones que comprende la Línea 1 del Metro de Lima»).

Por otro lado, con respecto al detalle general de las estaciones que comprenden la Línea 1 del Metro de Lima, en la tabla que prosigue se detallan dichos aspectos.

Tabla 5.1. Estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

N°	Tramo	Estación	Distrito	Estaciones por Distrito	Total
01	Tramo 1	Villa El Salvador	Villa El Salvador	2	16
02		Parque Industrial	Villa El Salvador		
03		Pumacahua	Villa María del Triunfo	3	
04		Villa María	Villa María del Triunfo		
05		María Auxiliadora	Villa María del Triunfo		
06		San Juan	San Juan de Miraflores	2	
07		Atocongo	San Juan de Miraflores		
08		Jorge Chávez	Santiago de Surco	3	
09		Ayacucho	Santiago de Surco		
10		Cabitos	Santiago de Surco		
11		Angamos	San Borja	3	
12		San Borja Sur	San Borja		
13		La Cultura	San Borja		
14		Arriola	La Victoria	2	
15		Gamarra	La Victoria		
16		Miguel Grau	Cercado de Lima	1	
17	Tramo 2	El Ángel	El Agustino	2	10
18		Presbítero Maestro	El Agustino		
19		Caja de Agua	San Juan de Lurigancho	8	
20		Pirámide del Sol	San Juan de Lurigancho		
21		Los Jardines	San Juan de Lurigancho		
22		Los Postes	San Juan de Lurigancho		
23		San Carlos	San Juan de Lurigancho		
24		San Martín	San Juan de Lurigancho		
25		Santa Rosa	San Juan de Lurigancho		
26		Bayóvar	San Juan de Lurigancho		
TOTAL					26

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.2. Zonas predefinidas en las estaciones.

Las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, fueron planeadas en tramo elevado y en función del ancho del derecho de vía. Los esquemas funcionales respetan las exigencias operativas y la distribución toma en cuenta las actividades que se desarrollan en las diferentes zonas siendo necesario separar funcionalmente las unidades de mantenimiento, por ejemplo equipos eléctricos, de los equipos de señalización. Los accesos a los andenes fueron distribuidos a lo largo de los mismos y las escaleras quedaron, en lo posible, al exterior del límite de la zona de espera, a fin de evitar puntos de congestión y de no quitar espacio útil a ésta. (PROVIAS Nacional, 2007).

Aunque la estructuración buscó asegurar a los usuarios la posibilidad de cambiar de andén sin salir de la estación ni efectuar algún pago extra, este objetivo no fue posible al 100% ya que en la estación San Borja Sur dicha opción no es posible. Ya en lo referido a zonas de las estaciones, PROVIAS Nacional (2007), distingue dos tipos de zonas predefinidas en las estaciones, las cuales son:

- Zona de servicios técnicos básicos:
 - Área de baterías.
 - Área de transformadores.
 - Área del grupo de continuidad estático (U.P.S.).
 - Área de tableros (junto al área de transformadores–baterías y UPS).
 - Área del grupo diésel de emergencia.
 - Cuarto de cables (ambiente debajo del área de tableros).
 - Área de telecomunicaciones.
 - Depósito.
 - Baño para técnicos operadores.
 - Cisterna y cuarto de bombas de agua (puede estar en sótano).
- Zona de operación:
 - Escaleras de acceso a estación.
 - Oficina para jefe de estación.
 - Área de tableros de control y telecomunicaciones.

- Área para boleterías.
- Área de servicios para el personal.
- Baño para personal de operación y boleterías.
- Área de recepción (ingreso).
- Área de torniquetes (ingreso).
- Área de portillos (salida).
- Puentes, rampas, escaleras y/u otros hacia andenes.
- Andenes de embarque y desembarque de pasajeros.
- Sala de seguridad (cercana al jefe de estación).
- Área para teléfonos públicos.
- Área para información y venta de revistas, periódicos, etc.

5.1.1.3. Escaleras eléctricas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

Dentro de las estaciones la movilidad, distribución y desplazamiento de los pasajeros es una cuestión importante que facilita el flujo de los mismos; en ese sentido, los puentes, rampas, escaleras y/u otros sistemas de conducción de pasajeros cumplen una función importante para tal cometido. En el contexto de la Línea 1 del Metro de Lima, dentro de las zonas predefinidas para las estaciones, más específicamente en la denominada zona de operación, las escaleras mecánicas constituyen uno de los sistemas de conducción de pasajeros desde y hacia los andenes.

En el tramo 1 de la Línea 1 del Metro de Lima es notorio la ausencia de escaleras eléctricas o mecánicas, mientras que en el Tramo 2, todas las estaciones cuentan con dichas escaleras. Luego, dado que no todas las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima cuentan con escaleras mecánicas, en la tabla que prosigue se ofrece mayor detalle con respecto a la consideración o no de las escaleras en mención por cada una de las estaciones de la Línea 1 en cuestión. Es de destacar que la elaboración de dicha tabla se realizó teniendo en cuenta la observación *in situ* de las estaciones; luego, la consideración o no de las escaleras en mención por estación, corresponden a la situación correspondiente al mes de recogida de datos, setiembre de 2018.

Tabla 5.2. Escaleras eléctricas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

N°	Tramo	Estación	Distrito	Escaleras Eléctricas
01	Tramo 1	Villa El Salvador	Villa El Salvador	SI (En construcción)
02		Parque Industrial	Villa El Salvador	NO
03		Pumacahua	Villa María del Triunfo	NO
04		Villa María	Villa María del Triunfo	NO
05		María Auxiliadora	Villa María del Triunfo	NO
06		San Juan	San Juan de Miraflores	NO
07		Atocongo	San Juan de Miraflores	NO
08		Jorge Chávez	Santiago de Surco	NO
09		Ayacucho	Santiago de Surco	NO
10		Cabitos	Santiago de Surco	NO
11		Angamos	San Borja	NO
12		San Borja Sur	San Borja	NO
13		La Cultura	San Borja	SI
14		Arriola	La Victoria	NO
15		Gamarra	La Victoria	SI (En construcción)
16		Miguel Grau	Cercado de Lima	SI
17	Tramo 2	El Ángel	El Agustino	SI
18		Presbítero Maestro	El Agustino	SI
19		Caja de Agua	San Juan de Lurigancho	SI
20		Pirámide del Sol	San Juan de Lurigancho	SI
21		Los Jardines	San Juan de Lurigancho	SI
22		Los Postes	San Juan de Lurigancho	SI
23		San Carlos	San Juan de Lurigancho	SI
24		San Martín	San Juan de Lurigancho	SI
25		Santa Rosa	San Juan de Lurigancho	SI
26		Bayóvar	San Juan de Lurigancho	SI

Fuente: Elaboración propia con datos de Línea 1 del Metro de Lima [En línea].

5.2. Características de las escaleras eléctricas del Metro de Lima.

En el Tramo 2 de la Línea 1 del Metro de Lima se han instalado 40 escaleras eléctricas. En efecto, se tiene 10 estaciones, 2 sentidos de desplazamiento, sentido sur-norte (de estación Villa El Salvador hacia estación Bayóvar) y sentido norte-sur

(de estación Bayóvar hacia estación Villa El Salvador), y, 2 escaleras por plataforma elevada o andén (1 escalera para el ascenso y 1 escalera para el descenso). Las escaleras eléctricas instaladas en las estaciones del en mención, son marca Schindler modelo 9300 AE (*Advanced Edition*).

Las escaleras eléctricas Schindler 9300, se pueden configurar soluciones especiales e individuales a medida. La escalera mecánica Schindler 9300AE *Transport* es la serie del modelo 9300AE diseñada para cumplir con las exigencias especiales del transporte público. (Schindler, 2008).

5.2.1. Características estructurales.

El análisis de las características estructurales de las escaleras eléctricas instaladas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, tuvieron que ver con aspectos de diseño, entre otros, principalmente con lo referido al ancho nominal del paso (ancho escalera), la huella y contrahuella del paso, la elevación y ángulo de inclinación, y el número de peldaños de la escalera.

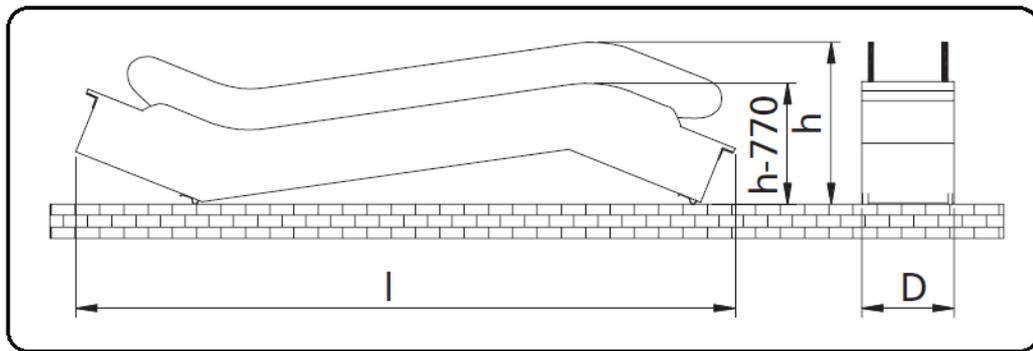
Dado que las escaleras eléctricas instaladas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, son modelo 9300AE de la marca Schindler, mediante el análisis de contenido del manual de funcionamiento de dicho modelo pudimos obtener los siguientes resultados:

- Desnivel: máx. 6 m con ancho de peldaño de 1000mm.
- Balaustrada: diseño E.
- Altura de balaustrada: 900/1000mm.
- Inclinación: 35°.
- Ancho de peldaño: 600/800/1000mm.
- Recorrido de peldaños: 2 peldaños horizontales.

En la figura que prosigue se presenta las medidas estándar de una escalera eléctrica Schindler 9300AE. Es de hacer notar que las medidas que aparecen en la figura en mención, están expresadas en milímetros (mm).

Con respecto a las dimensiones de transporte o dimensiones del armazón de las escaleras mecánicas, en la figura que prosigue se esquematiza las distancias principales que describen de forma general a una escalera.

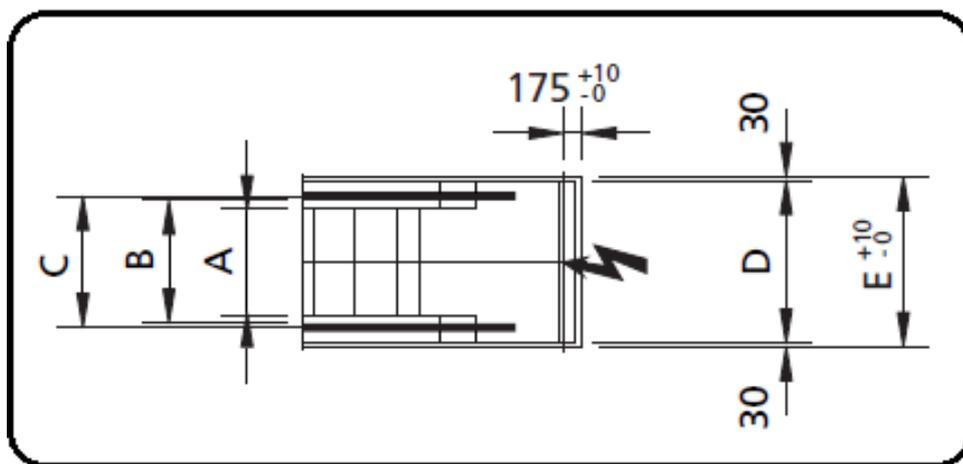
Figura 5.4. Dimensiones de transporte.



Fuente: Schindler (2008). Guía para la planificación de escaleras mecánicas y rampas móviles; p.34.

Referido al ancho de los peldaños, en la figura que prosigue se esquematiza a las distancias principales relacionadas con dichos travesaños o plataformas horizontales de una escalera en los que se apoya el pie al subir o bajar.

Figura 5.5. Características básicas.



Fuente: Schindler (2008). Guía para la planificación de escaleras mecánicas y rampas móviles; p.34.

Por su parte, en la tabla que prosigue se presenta las medidas de las distancias principales de los peldaños representados en la figura anterior con letras A, B, C, D y E. En dicho cuadro se considera el caso de los anchos de peldaños más usuales para las escaleras eléctricas o mecánicas, independientemente de su uso, que son 600, 800 y 1000mm.

Tabla 5.3. Medidas de las distancias principales de los peldaños.

Ancho de peldaño (mm)	600	800	1000
A: Ancho de peldaño	600	800	1000
B: Dist. libre entre pasam.	758	958	1158
C: Dist. entre centros de pasam.	838	1038	1238
D: Ancho de la escalera	1140	1340	1540
E: Ancho del foso en bruto	1200	1400	1600
H _{max.} : Desnivel máximo	6000	6000	6000

Fuente: Schindler (2008). Guía para la planificación de escaleras mecánicas y rampas móviles; p.34.

Asimismo, en la tabla que prosigue se presenta las relaciones que guardan las distancias principales de los peldaños (anchos usuales de 600, 800 y 1000mm) con el desnivel (H), el peso del armazón de las escaleras eléctricas o mecánicas, las cargas de apoyo y las dimensiones de transporte.

Tabla 5.4. Datos sobre dimensiones y peso de las escaleras eléctricas.

Ancho de peld. A mm	Desnivel H mm	Peso kN	Cargas de apoyo		Dim. de transporte	
			R1 kN	R2 kN	Altura de balaustr. 1000 h l	
600	3000	49	41	35	2820	10110
	3500	52	44	38	2850	10960
	4000	55	46	40	2880	11820
	4500	58	49	43	2900	12680
	5000	60	51	45	2910	13540
	5500	63	53	48	2930	14400
	6000	66	56	50	2940	15270
800	3000	52	47	41	2820	10110
	3500	55	50	44	2850	10960
	4000	58	53	47	2880	11820
	4500	61	56	50	2900	12680
	5000	64	59	53	2910	13540
	5500	67	62	56	2930	14400
	6000	70	65	59	2940	15270
1000	3000	55	53	47	2820	10110
	3500	58	57	51	2850	10960
	4000	62	60	54	2880	11820
	4500	65	63	58	2900	12680
	5000	68	67	61	2910	13540
	5500	71	70	64	2930	14400
	6000	83	79	71	2940	15270

Fuente: Schindler (2008). Guía para la planificación de escaleras mecánicas y rampas móviles; p.34.

Finalmente para efectos de conocer el número de peldaños de cada uno de las escaleras eléctricas instaladas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, mediante conteo *in situ*, se obtuvo los datos que se presentan en la tabla que prosigue.

Tabla 5.5. Peldaños de las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima.

	Estación	Distrito	Nº de Peldaños de la escalera
Tramo 2	Caja de Agua	San Juan de Lurigancho	25
	Los Jardines	San Juan de Lurigancho	25
	Los Postes	San Juan de Lurigancho	25
	San Carlos	San Juan de Lurigancho	25
	San Martín	San Juan de Lurigancho	25
	Santa Rosa	San Juan de Lurigancho	25
	Bayóvar	San Juan de Lurigancho	25

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Características funcionales.

Las características funcionales de las escaleras tuvieron que ver con aspectos referidos principalmente a la capacidad de movilización de pasajeros por hora y la velocidad de las escaleras eléctricas.

Con respecto a la capacidad de movilización de pasajeros por hora, en la tabla que prosigue se presenta la capacidad teórica de transporte de las escaleras mecánicas que esta dado en función del ancho de escalón y de la velocidad de la escalera.

Tabla 5.6. Capacidad teórica de transporte de personas de las escaleras mecánicas.

ANCHURA NOMINAL DEL ESCALÓN/PLACA	600 mm	800 mm	1.000 mm
VELOCIDAD NOMINAL 0.50 m/s	3.600 personas/h	4.800 personas/h	6.000 personas/h
VELOCIDAD NOMINAL 0.65 m/s	4.400 personas/h	5.900 personas/h	7.300 personas/h
VELOCIDAD NOMINAL 0.75 m/s	4.900 personas/h	6.600 personas/h	8.200 personas/h

Fuente: Herrero (2016). Tipología de escaleras mecánicas y andenes móviles; p.38.

Por otro lado, es de destacar que el rango de velocidades a las que puede funcionar una escalera es: 0,50 m/s, la más habitual; 0,65 m/s, para instalaciones de

alto tráfico (Metro, Tren,); y, 0,75 m/s, muy alto tráfico. En la tabla que prosigue se ofrece mayor detalle con respecto a la consideración de la inclinación de las escaleras y las velocidades de las mismas.

Tabla 5.7. Inclinación máxima de escaleras mecánicas según velocidad.

ESCALERAS MECÁNICAS	$v \leq 0,50$ m/s	$0,50$ m/s < v
INCLINACIÓN MÁXIMA	35°	30°

Fuente: Herrero (2016). Tipología de escaleras mecánicas y andenes móviles; p.28.

Asimismo, para el caso del diseño de los embarques/desembarques en escaleras mecánicas, la transición horizontal de los escalones en ambos embarques debe ser de al menos 800mm para velocidad nominal de 0,50 m/s; a velocidad superior a 0,50 m/s e inferior a 0,65 m/s y en aquellas escaleras con desnivel superior a 6 m, la transición horizontal debe aumentar a 1.200mm como mínimo; y, para velocidad superior a 0,65 m/s, habrá que prever al menos 1.600mm. En la tabla que prosigue se sintetiza lo acabado de señalar.

Tabla 5.8. Transición horizontal en embarques de escaleras mecánicas.

	$V \leq 0,50$ m/s	$0,50$ m/s < $V \leq 0,65$ m/s	$0,65$ m/s < $V \leq 0,75$ m/s
TRANSICIÓN HORIZONTAL (DESNIVEL, $H \leq 6m$)	800 mm	1200 mm	1600 mm
TRANSICIÓN HORIZONTAL (DESNIVEL, $H > 6m$)	1200 mm	1200 mm	1600 mm

Fuente: Herrero (2016). Tipología de escaleras mecánicas y andenes móviles; p.28.

5.3. Tiempo muerto en las escaleras eléctricas.

El tiempo muerto, para propósitos de la presente investigación, estuvo referenciado al tiempo que la escalera eléctrica está funcionando sin subir o bajar a ningún pasajero. La frecuencia con las que un tren arriba a una determinada estación depende del día de la semana y de la hora de la fracción del día en la cual presta el servicio. En la tabla que prosigue se presenta la frecuencia de llegada de los trenes a la estación durante los días típicos que pueden presentarse en una semana cualquiera del año.

Tabla 5.9. Frecuencia de los trenes de la Línea 1 del Metro de Lima.

<p>Lunes a Viernes</p> <p>Frecuencia entre trenes: Hora punta cada 3.5 min Hora valle cada 7.5 *Tiempo referencial</p>	<p>Sábados</p> <p>Frecuencia entre trenes: Hora punta cada 5 min Hora valle cada 7 min *Tiempo referencial</p>	<p>Domingos y Feriados</p> <p>Frecuencia entre trenes: Cada 9.5 min *Tiempo referencial</p>
--	--	--

Fuente: GyM Ferrovías S.A. (2018). LÍNEA 1 Metro de Lima: Horarios.

Una estimación inicial de los tiempos de no utilización de las escaleras o tiempo muerto, nos permitió confeccionar la tabla de tiempo muerto que nos muestra la proporción entre dicho tiempo con respecto a la frecuencia de los trenes, y la calificación de dicho tiempo muerto como alto medio o bajo, según como se presente en cada estación el tiempo muerto con respecto a la frecuencia de llegada de los trenes a cada una de las estaciones.

Tabla 5.10. Tiempo muerto en las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima.

Nº	Estación	Tiempo Muerto (%)	Calificación
01	La Cultura	Menor que 33%	Bajo
02	Miguel Grau	Menor que 33%	Bajo
03	El Ángel	Mayor que 66%	Alto
04	Presbítero Maestro	Mayor que 66%	Alto
05	Caja de Agua	Mayor que 33% y Menor que 66%	Medio
06	Pirámide del Sol	Mayor que 33% y Menor que 66%	Medio
07	Los Jardines	Menor que 33%	Bajo
08	Los Postes	Mayor que 66%	Alto
09	San Carlos	Mayor que 66%	Alto
10	San Martín	Mayor que 66%	Alto
11	Santa Rosa	Mayor que 66%	Alto
12	Bayóvar	Menor que 33%	Bajo

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1. Tiempo muerto en el sentido Sur-Norte.

El Tiempo de Medición (TDM) en el sentido Sur (S) - Norte (N), es decir desde la estación Villa El Salvador hacia la estación Bayóvar, en el periodo de medición (Para mayor detalle, en anexos ver: «Anexo 2. Resultados de la Recolección de Datos»), se presentó de la siguiente manera:

Tabla 5.11. TDM en el sentido S-N.

Estación	Tiempo de Medición – TDM (Segundos)		
	Mañana	Tarde	Noche
Caja de Agua	1943	2072	1941
Los Jardines	2497	2864	2363
Los Postes	2536	2842	1941
San Carlos	2543	3199	2171
San Martín	2771	3381	1587
Santa Rosa	3221	3466	2572
Bayóvar	No funciona	No funciona	No funciona

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el Tiempo Muerto Promedio (TMP) en el sentido Sur (S) - Norte (N), es decir desde la media de las medidas realizadas (5 mediciones) en el tiempo de medición, se presentó de la siguiente manera:

Tabla 5.12. TMP en el sentido S-N.

Estación	Tiempo Muerto Promedio – TMP (Segundos)		
	Mañana	Tarde	Noche
Caja de Agua	159	370	135
Los Jardines	267	443	258
Los Postes	346	499	283
San Carlos	385	556	283
San Martín	432	632	322
Santa Rosa	559	682	445
Bayóvar	No funciona	No funciona	No funciona

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Sentido Norte-Sur.

El Tiempo de Medición (TDM) en el sentido Norte (N) - Sur (S), es decir desde la estación Bayóvar hacia la estación Villa El Salvador, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5.13. TDM en el sentido N-S.

Estación	Tiempo de Medición – TDM (Segundos)		
	Mañana	Tarde	Noche
Caja de Agua	2312	1988	2296
Los Jardines	2359	2118	1823
Los Postes	2168	2479	1766
San Carlos	2204	2737	1989
San Martín	2786	2825	2128
Santa Rosa	3247	3208	2478
Bayóvar	2181	2613	2342

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el Tiempo Muerto Promedio (TMP) en el sentido Norte (N) - Sur (S), se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5.14. TMP en el sentido N-S.

Estación	Tiempo Muerto Promedio – TMP (Segundos)		
	Mañana	Tarde	Noche
Caja de Agua	136	334	96
Los Jardines	261	334	230
Los Postes	287	405	220
San Carlos	319	435	211
San Martín	386	510	259
Santa Rosa	519	612	378
Bayóvar	273	441	324

Fuente: Elaboración propia.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Consideraciones Generales.

Consideraciones que se tuvieron en cuenta en el proceso de análisis e interpretación de los resultados presentados en el capítulo anterior, son las siguientes:

- El análisis e interpretación de resultados constituyeron las dos etapas del proceso de investigación denominado discusión de resultados.
- La estimación inicial de los tiempos de no utilización de las escaleras o tiempo muerto, se realizó en 12 estaciones, resultando 4 estaciones con tiempo muerto bajo, 2 estaciones con tiempo muerto medio y 6 estaciones con tiempo muerto alto (Ver: «Tabla 5.10. Tiempo muerto en las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima»).
- El trabajo de gabinete se realizó en el 50% de las 12 estaciones estimadas inicialmente, en ese sentido se consideró: 2 estaciones con tiempo muerto estimado como bajo (estaciones Los Jardines y Bayóvar); 1 estación con tiempo muerto estimado como medio (estación Caja de Agua); y, 3 estaciones con tiempo muerto estimado como alto (estaciones San Carlos, San Martín y Santa Rosa).
- Para guardar proporcionalidad entre la estimación inicial y el trabajo de campo en las estaciones (muestra representativa tomada al azar), en la discusión de resultados se dejó de lado a la estación Los Postes. Es de hacer notar que esta si fue tomada como parte del procesamiento de la información, y aparece en las tablas presentadas en el capítulo anterior.
- El funcionamiento diario de las escaleras es desde las 6:00 hasta las 23:00 horas, luego, se computa un funcionamiento continuo de 17 horas por día.
- La correspondencia entre las horas del día que la escalera eléctrica está en funcionamiento y los criterios establecidos en las tablas anteriores para la consideración de turnos mañana, tarde y noche fue como sigue:

- Mañana: 6:00 – 12:00 horas.
 - Tarde: 12:00 – 18:00 horas.
 - Noche: 18:00 – 11:00 horas.
- El costo de la energía referencial (S/KWH) fue el correspondiente a la Empresa de Distribución Eléctrica Luz del Sur S.A.A. Dicha empresa en su pliego tarifario: 04 febrero 2019, establece los siguientes precios para la venta de energía eléctrica (incluye IGV): cargo por energía en punta para los sistemas MT2 y MT3, S/ 0.2943/KWH; y el cargo por energía fuera de punta para los mismos sistemas, S/ 0.2470 /KWH. Luego tomando un costo promedio se tiene que el Kilovatio hora asciende a S/ 0.2706.
- Para el consumo de energía de la escalera eléctrica se tuvo en consideración la siguiente tabla:

Tabla 6.1. Consumo de energía de las escaleras eléctricas.

Modo de funcionamiento	Apagado	Velocidad lenta	Arranque automático	Funcionamiento continuo
Especificación de la unidad	De acuerdo con la tabla de estimación del consumo de energía de la Norma ISO 25745-3			
	Perfil de uso de referencia			
t_{total}	24 h	24 h	24 h	24 h
$t_{velocidad\ nominal}$	12 h	10 h	10 h	12 h
$t_{standby}$	0 h	12 h	12 h	12 h
$t_{apagado}$	12 h	–	–	–
$t_{velocidad\ lenta}$	–	2 h	–	–
$t_{arranque_automático}$	–	–	2 h	–
Consumo de energía^a	30,1 kWh/d	30,0 kWh/d	28,1 kWh/d	32,5 kWh/d
Rendimiento energético para el modo de funcionamiento	93%	92%	86%	100%
NOTA La combinación del modo de velocidad lenta y del modo de arranque automático constituye otro perfil de uso y no se ha considerado.				
^a Sin consumo de energía debido al transporte de pasajeros				

Fuente: Linares (2016). Normativa, seguridad y eficiencia energética en escaleras mecánicas; p.141.

6.2. Determinación de la Energía Perdida debido a Tiempo Muerto.

De la Tabla 6.1 se tiene que para 12 horas diarias a velocidad nominal, el consumo de energía sin pasajeros es de 30.1 KWH/día; luego, el consumo por hora es equivalente a 2.51 KWH.

6.2.1. Pérdida de energía en sentido Sur-Norte.

Primeramente obtenemos el Tiempo de Medición Total (TDM-Total), para cada una de las estaciones; para tal efecto sumamos los tiempos parciales (Mañana, tarde y noche) y lo pasamos de segundos a hora. Para este proceso recurrimos a los datos presentados en Tabla 5.11. Hacemos el mismo procedimiento para el Tiempo Muerto Promedio Total (TMP-Total), tomando como base la Tabla 5.12.

Teniendo en cuenta TDM-Total y TMP-Total, calculamos el Tiempo Muerto por Día (TMPD), para tal efecto nos auxiliamos del tiempo de funcionamiento diario de las escaleras que es de 17 horas por día; luego, establecemos una regla de tres simple directa para cada uno de las estaciones, por ejemplo, para el caso de la estación Caja de Agua, obtuvimos:

$$\begin{array}{lcl} 1.6544 \text{ (TDM-Total)} & \text{-----} & 0.1911 \text{ (TMP-Total)} \\ 17 \text{ horas} & \text{-----} & X \text{ (TMPD)}. \end{array}$$

$$X = \frac{17 \times 0.1911}{1.6544}$$

$$X = \text{TMPD} = 1.9637 \text{ horas}$$

El valor el Tiempo Muerto por Día (TMPD) multiplicado por el consumo de energía por hora de las escaleras eléctricas (2.51 KWH), nos permitió determinar la Pérdida de Energía Diaria (PED = 4.9290KWH).

Finalmente, procediendo de igual forma para las demás estaciones, se obtuvo la Pérdida de Energía Diaria (PED) para cada una de las escaleras eléctricas instaladas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

En la tabla que prosigue se presenta los resultados obtenidos para la PED por estación y el total, para las estaciones evaluadas.

Tabla 6.2. Pérdida de Energía Diaria (PED) en el sentido S-N.

Estación	TMP-Total (H)	TDM-Total (H)	TMPD (H)	PED (KWH)
Caja de Agua	0,1911	1,6544	1,9637	4,9290
Los Jardines	0,2714	2,1456	2,1503	5,3973
San Carlos	0,3683	2,1981	2,8487	7,1503
San Martín	0,4156	2,1497	3,2862	8,2484
Santa Rosa	0,5000	2,5719	3,3049	8,2953
Bayóvar	0	0	0	0
TOTAL	1,7464	10,7197	13,5539	34,0202

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Pérdida de energía en sentido Norte-Sur.

Procediendo de igual forma que para el caso del sentido Sur-Norte, se determinó la Pérdida de Energía Diaria (PED) para cada una de las escaleras eléctricas instaladas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, en el sentido Norte-Sur.

Tabla 6.3. Pérdida de Energía Diaria (PED) en el sentido N-S.

Estación	TMP-Total (H)	TDM-Total (H)	TMPD (H)	PED (KWH)
Caja de Agua	0,1572	1,8322	1,4588	3,6615
Los Jardines	0,2292	1,7500	2,2262	5,5877
San Carlos	0,2681	1,9250	2,3672	5,9418
San Martín	0,3208	2,1497	2,5371	6,3682
Santa Rosa	0,4192	2,4814	2,8717	7,2080
Bayóvar	0,2883	1,9822	2,4728	6,2068
TOTAL	1,6828	12,1206	13,9339	34,9740

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Estimación de los Costos de Energía debido a Tiempo Muerto.

Para la estimación de los costos se tuvo en cuenta el costo promedio de la energía referencial (S/KWH), el cual para efectos de la presente investigación se asumió en S/ 0.2706. Este costo es el correspondiente a la Empresa de Distribución

Eléctrica Luz del Sur S.A.A. Se asumió un costo promedio de los costos o cargos por energía en punta para los sistemas MT2 y MT3, S/ 0.2943/KWH; y el cargo por energía fuera de punta para los mismos sistemas, S/ 0.2470 /KWH.

6.3.1. Costos en sentido Sur-Norte.

Para determinar los costos de la energía perdida diariamente en las escaleras de cada una de las estaciones evaluadas, tuvimos en cuenta los datos presentados en la Tabla 6.2., en la cual se reporta la PED en el sentido S-N.

Tabla 6.4. Costo de la energía perdida en el sentido S-N.

Estación	PED (KWH)	Costo Unitario (S/KWH)	Costo de PED (S/)
Caja de Agua	4.9290	0.2470	1.22
Los Jardines	5.3973	0.2470	1.33
San Carlos	7.1503	0.2470	1.77
San Martín	8.2484	0.2470	2.04
Santa Rosa	8.2953	0.2470	2.05
Bayóvar	0	0.2470	0.00
TOTAL			8.40

Fuente: Elaboración propia.

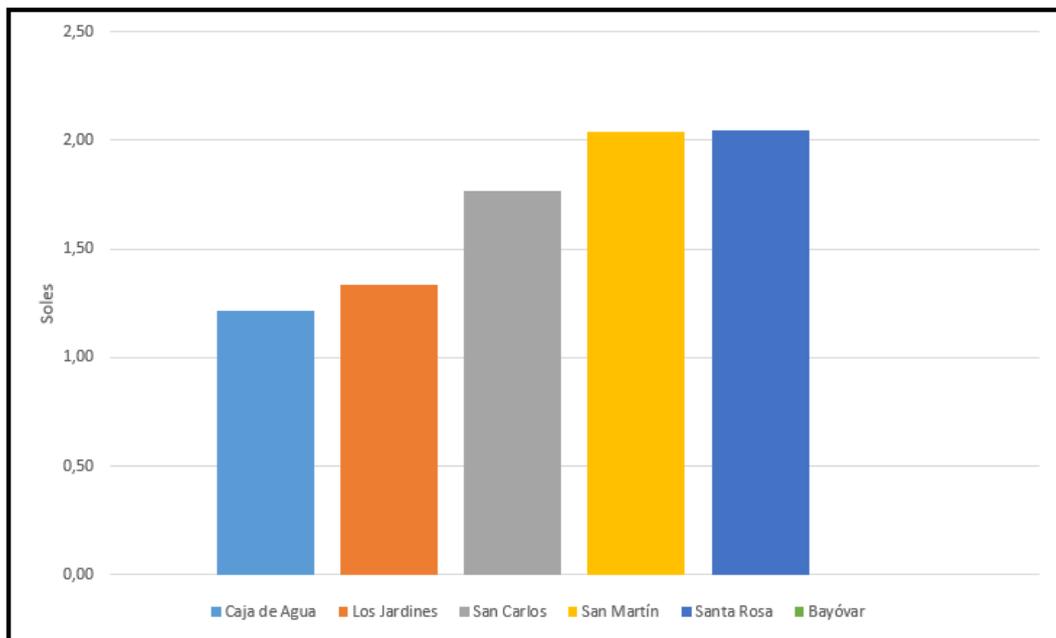
El costo diario en que se incurre por tiempo muerto en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, asciende a S/ 8.40, en total para las seis estaciones evaluadas. Con respecto a los resultados obtenidos es de destacar que:

- Los mayores costos debido a PED aumentan conforme se llega al destino final (Estación Bayóvar), en el sentido Sur-Norte. Este aspecto tiene que ver con la disminución de la preferencia para movilizarse del tren frente a otros medios de transporte; al respecto es de hacer notar que el comportamiento de los usuarios o las costumbres de desplazamiento de los pobladores de la zona al optar por otros medios de transporte, se debe principalmente a lo estático de la Línea 1, ya que las estaciones son paraderos definidos y no ofrecen diversificación de destinos; en ese sentido, los usuarios optan por

otros medios (buses y combis) que le ofrecen destinos más variados. Otro factor adicional es el costo del pasaje (S/ 1.50) en el Metro de Lima, frente a la oferta de hasta S/ 0.50, en los otros medios.

- En el sentido Sur Norte, no se encuentra habilitado el andén de llegada para los trenes que llegan a la estación Bayóvar, usándose el andén de salida Norte-Sur como única plataforma de embarque y desembarque de pasajeros para ambos sentidos. En razón de lo señalado, en la figura que prosigue no figura costo alguno para la PED en la estación Bayóvar, sentido S-N.

Figura 6.1. Costo de las pérdidas de energía eléctrica en las escaleras eléctricas, sentido S-N.



Fuente: Elaboración propia.

6.3.2. Costos en sentido Norte-Sur.

Procediendo de igual forma que para el caso del sentido Sur-Norte, se determinó los costos en los que se incurre por la Pérdida de Energía Diaria (PED) para cada una de las escaleras eléctricas instaladas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, en el sentido Norte-Sur.

En la tabla que prosigue se presenta los costos que representa la PED de las escaleras eléctricas para cada una de las estaciones evaluadas.

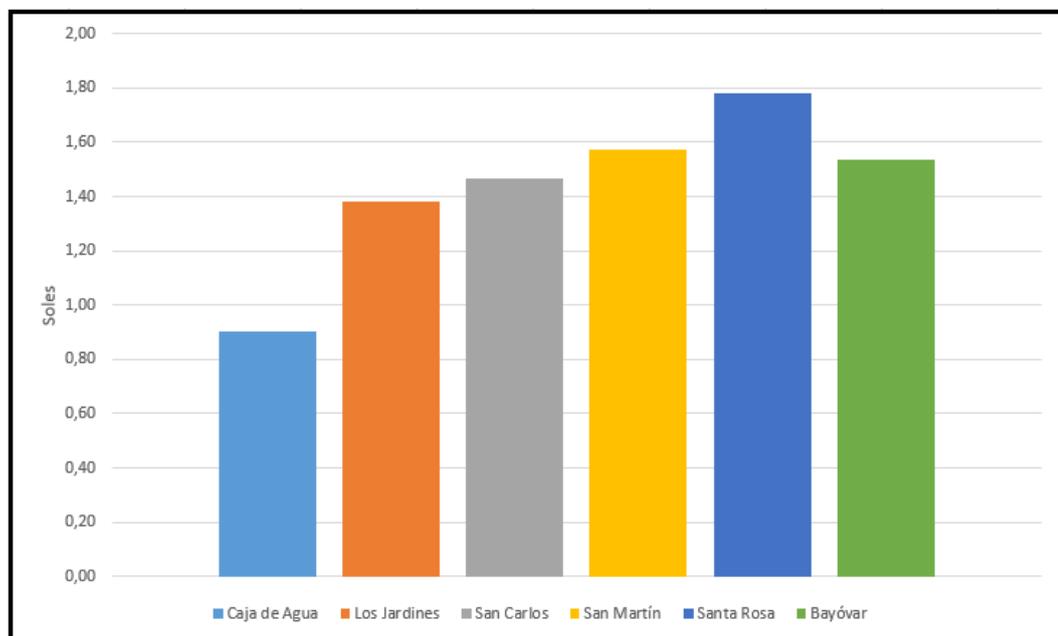
Tabla 6.5. Costo de la energía perdida en el sentido N-S.

Estación	PED (KWH)	Costo Unitario (S/KWH)	Costo de PED (S/)
Caja de Agua	3.6615	0.2470	0.90
Los Jardines	5.5877	0.2470	1.38
San Carlos	5.9418	0.2470	1.47
San Martín	6.3682	0.2470	1.57
Santa Rosa	7.208	0.2470	1.78
Bayóvar	6.2068	0.2470	1.53
TOTAL			8.64

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del sentido Norte- Sur, la variabilidad de los costos debido a las pérdidas de energía eléctrica por tiempo muerto de las escaleras mecánicas, se da en un rango de S/ 0.63, mientras que el rango de variación para el sentido S-N fue de S/ 0.83. En la figura que prosigue se presenta el costo para la PED en las estaciones evaluadas en el sentido N-S.

Figura 6.2. Costo de las pérdidas de energía eléctrica en las escaleras eléctricas, sentido N-S.



Fuente: Elaboración propia.

6.4. Contrastación de Hipótesis con los Resultados.

Para el caso de la primera hipótesis específica, dicha hipótesis lo asumimos como hipótesis nula, luego tuvimos que:

H₀: En la mayoría de estaciones del Tramo 2 de la Línea 1 del Metro de Lima existe pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas.

H₁: En la mayoría de estaciones del Tramo 2 de la Línea 1 del Metro de Lima, NO existe pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas.

Para el contraste de la primera hipótesis específica recurrimos a la información de la población donde se da cuenta que en todas las estaciones se presenta tiempo muerto (Ver: Tabla 5.10.). Para efectos de clarificar la evidencia inmediata, presentamos el siguiente cuadro:

Tabla 6.6. Presencia de tiempo muerto en las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima.

N°	Estación	Presencia de Tiempo Muerto	
		SI	NO
01	Caja de Agua	√	
02	Los Jardines	√	
03	San Carlos	√	
04	San Martín	√	
05	Santa Rosa	√	
06	Bayóvar	√	
TOTAL (%)		100	0

Fuente: Elaboración propia.

Dado que hay existencia de tiempo muerto en cada una de las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, en ambos sentidos, la primera hipótesis queda más que demostrada, ya que la Pérdida de Energía Diaria (PED) no solo es en la mayoría de dichas escaleras, sino en todas.

Para el caso de la segunda hipótesis específica, dicha hipótesis lo asumimos como hipótesis nula, luego:

H₀: En las estaciones más cercanas a la estación Bayóvar se da la mayor presencia de tiempos muertos en las escaleras eléctricas.

H₁: En las estaciones más cercanas a la estación Bayóvar NO se da la mayor presencia de tiempos muertos en las escaleras eléctricas.

Procediendo de igual forma que para el caso del sentido Sur-Norte, se determinó la Pérdida de Energía Diaria (PED) para cada una de las escaleras eléctricas instaladas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, en el sentido Norte-Sur.

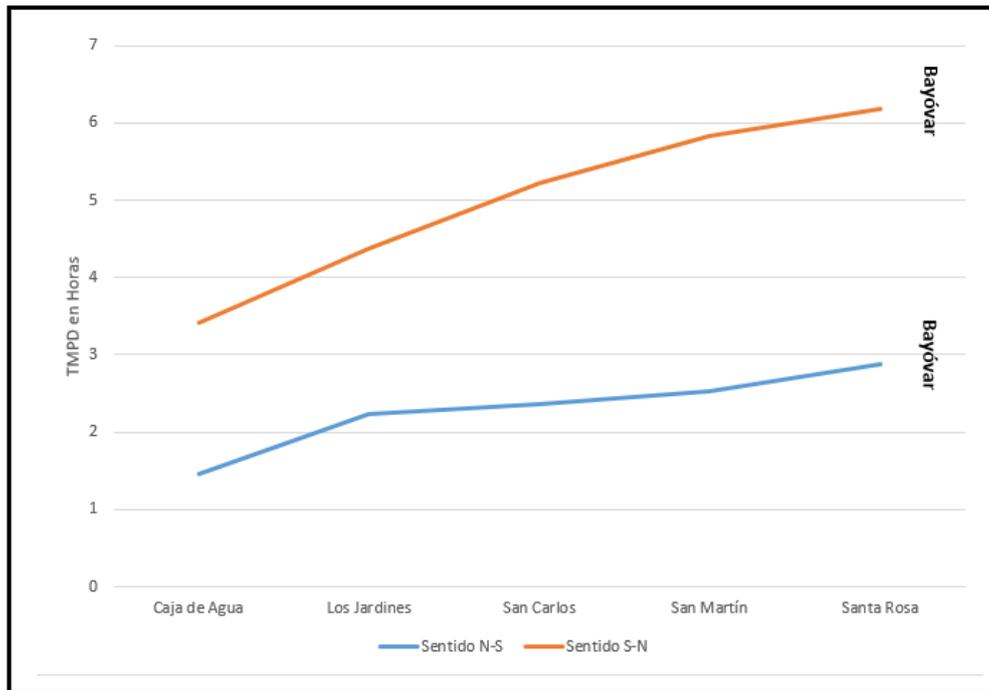
Tabla 6.7. Tiempo muerto promedio diario (TMPD) en la Línea 1 del Metro de Lima.

Estación	TMPD (H)	
	Sentido N-S	Sentido S-N
Caja de Agua	1,4588	1,9637
Los Jardines	2,2262	2,1503
San Carlos	2,3672	2,8487
San Martín	2,5371	3,2862
Santa Rosa	2,8717	3,3049
Bayóvar	2,4728	0
TOTAL	13,9339	13,5539

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el Tiempo Muerto Promedio Diario (TMPD) presente en la Línea 1 del Metro de Lima, se observó que dicho tiempo presentaba una tendencia creciente conforme la estación referencialmente está ubicada más cerca de la estación Bayóvar. Consecuentemente la segunda hipótesis específica quedó demostrada por deducción de la tendencia creciente del TMPD según las estaciones consideradas en la muestra estén ubicadas con respecto a la estación Bayóvar. En la figura que prosigue se esquematiza gráficamente el comportamiento del TMPD y como dicho tiempo presenta una tendencia creciente en términos de mayor a menor proximidad a la estación Bayóvar.

Figura 6.3. Comportamiento del TMPD según proximidad a la estación Bayóvar.



Fuente: Elaboración propia.

Igualmente que en los casos anteriores, la tercera hipótesis específica lo asumimos como hipótesis nula, luego tuvimos que:

H_0 : La energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima es considerable en comparación con la energía consumida fuera de tiempo muerto.

H_1 : La energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima NO es considerable en comparación con la energía consumida fuera de tiempo muerto.

Para el contraste de la hipótesis consideramos un contraste unilateral izquierda, luego:

H_0 : $p \leq p_0$ (hipótesis nula: la proporción es menor o igual a p_0).

H_1 : $p > p_0$ (hipótesis alternativa: la proporción es mayor que p_0).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la región de aceptación (R), se definió como:

$$R = \langle -\infty, p_0 + Z_\alpha * \sqrt{\frac{p_0 * (1 - P_0)}{n}}, +\infty \rangle$$

Por otro lado, para efectos de realizar la toma de decisiones, se tuvo en cuenta los siguientes términos:

- Si $\bar{P} \in R \rightarrow$ aceptamos H_0 .
- Si $\bar{P} \notin R \rightarrow$ rechazamos H_0 .
- \bar{P} : Valor en porcentaje asumido como considerable.

Los datos necesarios para el cálculo, fueron:

- n: tamaño de la muestra (n = 6 estaciones).
- P_0 : proporción de la muestra ($P_0 = 50\% = 0,5$).
- Z_α : valor crítico.
- $\bar{P} = 10\% = 0,1$.

Para calcular el valor crítico (Z_α), se procedió de la siguiente manera: Se asumió una confianza de 95%, cuyo nivel de confianza se expresa como 0.95.

Haciendo uso de la tabla para valores de la función de distribución acumulativa normal estándar (En anexos, ver: «Anexo 6. Tablas Estadísticas»), vemos que el valor 0,9452 es el valor más cercano a 0,95; correspondiéndole un valor crítico de: $Z_\alpha = 1,5$.

$$R = \langle -\infty, P_0 + 1,5 * \sqrt{\frac{0,5 * (1 - 0,5)}{6}} \rangle$$

$$R = \langle -\infty, 0.8062 \rangle$$

Como el valor de $\bar{P} = 10\% = 0,1$., se definió como considerable si al menos superaba el 10%, y dicho valor se encuentra dentro de R, se acepta la hipótesis nula.

De forma similar a la contratación de la tercera hipótesis específica, la cuarta hipótesis específica que fuera formulada como, “los costos que representa la energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, es considerable en comparación con el costo de la energía consumida fuera de tiempo muerto”; se contrasta, ya que el tiempo muerto está en relación directa con

la pérdida de energía y esta última con el costo, diario debido a Pérdida de Energía Diaria (PED) que asciende a S/ 8.40 en sentido S-N; y, S/ 8.64 en sentido N-S.

Finalmente, la hipótesis general que fuera enunciada como: “La estimación de los costos debido al tiempo muerto en las escaleras eléctricas, permitirá la implementación de planes de mitigación de pérdidas energéticas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima”; queda contrastada como resultado de la sistematización de las cuatro hipótesis específicas.

VII. CONCLUSIONES

- 1.- Con respecto a identificar las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima en las cuales existe pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas; se logró identificar a las estaciones Los Postes, San Carlos San Martín y Santa Rosa, como aquellas estaciones en las cuales se da la mayor pérdida de energía eléctrica, sobretodo en el sentido Sur-Norte.
- 2.- Con respecto a determinar el tiempo muerto o tiempo de no utilización de las escaleras eléctricas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima; para la muestra tomada al azar, se obtuvo un tiempo muerto de 1.75 horas diarias de un periodo de funcionamiento de 17 horas; es decir, las pérdidas están por encima del 10%.
- 3.- Con respecto a estimar la energía eléctrica que se pierde en las escaleras mecánicas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima; se obtuvo que la energía perdida supera los 34 KWH diarios, solamente en las 6 estaciones tomadas como muestra y en un solo sentido.
- 4.- Con respecto a calcular el costo que representa la energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima; se obtuvo que dicho costo asciende a S/ 17.04 por día en las seis estaciones tomadas como muestra.
- 5.- En un periodo anual nos reporta un costo ascendente a S/ 6134.40. Este último monto se duplica, ya que la muestra solo representa el 50% de los casos. Luego, si tenemos en cuenta las implementaciones de las escaleras mecánicas en 4 estaciones (Miguel Grau, Gamarra, La Cultura y Villa El Salvador); un plan orientado a la mitigación de pérdidas de energía eléctrica en las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima, estaría partiendo de una base de recuperación anual de alrededor de S/ 12000.
- 6.- Para efectos de medir el tiempo muerto en las escaleras eléctricas se debería desarrollar un contador de tiempo muerto que registre dicho evento.

VIII. RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda complementar la presente investigación considerando las estaciones señaladas, las estaciones El Ángel y Presbítero Maestro (No seleccionadas en el muestreo al azar), ya que las escaleras mecánicas de dichas estaciones muestran evidencias claras de tener un alto nivel de pérdida de energía eléctrica debido a tiempo muerto.
- 2.- Dado que a partir de 2018, debido a un plan de ampliación de la capacidad de las estaciones, se viene implementando escaleras mecánicas en 4 estaciones (Miguel Grau, Gamarra, La Cultura y Villa El Salvador); se recomienda realizar el tiempo muerto en las escaleras de dichas estaciones, teniendo en cuenta los criterios de hora punta y hora valle de la afluencia de usuarios de la Línea 1 del Metro de Lima.
- 3.- En una futura investigación, se sugiere desarrollar una propuesta de automatización de las escaleras eléctricas. La automatización mas conveniente sería a través de sensores de peso, ya que resultaría mas efectivo frente a los sensores de presencia en el sentido de que solamente se activarían cuando el sensor reporta un peso mínimo de la persona (por ejemplo, 30 Kg).

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, A. (2016). Sistemas de Ahorro Energético. En Comunidad de Madrid (Ed.), *Guía sobre ahorro y eficiencia energética en escaleras mecánicas y andenes móviles*, (43-66). Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.
- Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (2016). *Memoria Anual 2015*. Lima: AATE.
- Ayuntamiento de La Coruña (2015). Anteproyecto 01: Mejora de la accesibilidad mediante elementos mecánicos en la escalinata de Adelaida Muro. *Plan para la mejora de la accesibilidad mediante elementos mecánicos en el Ayuntamiento de La Coruña*. Recuperado de <http://www.coruna.gal/documentos/descarga.jsp?540cc542-619e-4a80-96fb-acc22053533c>
- Basabe Garcla, J. A. (2014). Línea 2 y ramal Av. Faucett-Av. Gambetta de la red básica del metro de Lima y Callao. Recuperado de <https://www.aate.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/>
- Canavos, G. C. (1988). *Probabilidad y Estadística: Aplicaciones y métodos*. (Traducción de Edmundo Gerardo Urbina Medal). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Cortez Ferreira, L. (2014). Programas ambientales y sostenibles en el Metro de Sao Paulo. *IV Encuentro Internacional de Metros*. Recuperado de <https://www.aate.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/>
- Decreto Supremo N° 059-2010-MTC. *Decreto Supremo que aprueba la Red Básica del Metro de Lima - Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao*. Lima: El Peruano, edición del 24 de diciembre de 2010.

- Del Pino Ramos, D. (2015). *Estudio de la eficiencia energética de las escaleras mecánicas de Metro de Madrid según norma ISO 25745*. (Tesis de grado, Universidad Carlos III de Madrid). Recuperado de <https://earchivo.uc3m.es/handle/10016/26236>
- Díaz Ortega, I. D. (2011). *Racionalización de rutas de transporte en el área de influencia de la Línea 1 del Metro de Lima*. (Tesis de Grado). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Empresa de Distribución Eléctrica Luz del Sur S.A.A. (2019). Pliego tarifario: 04 febrero 2019. Recuperado de <https://www.luzdelsur.com.pe/media/pdf/tarifas/TARIFAS.pdf>
- González Sánchez, J. C. (2012). *Control de acciones correctivas en elevadores y escaleras mecánicas*. (Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México). Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1787/>
- GyM Ferrovías S.A. (2018). Línea 1: Metro de Lima. Recuperado de <http://www.lineauno.pe/>
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta Ed.). México: Mc Graw Hill Interamericana.
- Herrero, R. (2016). Tipología de escaleras mecánicas y andenes móviles. En Comunidad de Madrid (Editor), *Guía sobre ahorro y eficiencia energética en escaleras mecánicas y andenes móviles*, (25-42). Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.
- Kohon, J. (2015). *Metro de Lima. El caso de la Línea 1*. Lima: Corporación Andina de Fomento.
- Linares, I. (2016). Normativa, seguridad y eficiencia energética en escaleras mecánicas. En Comunidad de Madrid (Editor), *Guía sobre ahorro y*

eficiencia energética en escaleras mecánicas y andenes móviles, (105-143). Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.

Nostre, C. (2014). Socialmente Responsable: Tramo 2 Línea 1 del Metro de Lima. *IV Encuentro Internacional de Metros*. Recuperado de <https://www.aate.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/>

Organización Latinoamericana de Energía (1990). *Manual Latinoamericano y del Caribe para el control de pérdidas eléctricas*. Bogotá: OLADE.

Pérez Sarmiento, A. F. y Rubiano Alba, J. A. (2016). Diseño y desarrollo de un prototipo simulado para el control de escaleras eléctricas que optimice el consumo de energía. (Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada). Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15520>

Plasencia Contreras, O. (2011). El Metro de Lima viene a todo tren. En: *I Encuentro Internacional de Metros “Seguridad en los Metros”*, organizado por la Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico (AATE). Recuperado de <https://www.aate.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/>

PROVIAS Nacional (2008). Especificaciones Técnicas Básicas: Equipamiento electromecánico y material rodante. Tramo: Villa El Salvador – Av. Grau (Tomo 1). Lima: Autor.

PROVIAS Nacional (2007). Especificaciones Técnicas Básicas: Obra civil. Tramo: Villa El Salvador – Av. Grau. Lima: Autor.

Schindler (2008). Guía para la planificación de escaleras mecánicas y rampas móviles. Recuperado de <https://www.schindler.com/content/es/internet/es/soluciones-de-movilidad/>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia.

Título: Estimación de costos debido a tiempo muerto en las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología
<p>General:</p> <p>¿A cuánto asciende los costos debido a pérdida de energía por la no utilización de las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima?</p> <p>Específicos:</p> <p>PE1: ¿En qué estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima en las cuales exista pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas?</p> <p>PE2: ¿Cuál es el tiempo muerto o tiempo de no utilización de las escaleras eléctricas en las estaciones</p>	<p>General:</p> <p>Estimar los costos debido al tiempo muerto en las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima</p> <p>Específicos:</p> <p>OE1: Identificar las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima en las cuales exista pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas.</p> <p>OE2: Determinar el tiempo muerto o tiempo de no utilización de las escaleras</p>	<p>La estimación de los costos debido al tiempo muerto en las escaleras eléctricas de la Línea 1 del Metro de Lima, permitirá a la empresa concesionaria contar con una línea de base para la implementación de planes de mitigación de pérdidas energéticas.</p> <p>Específicas:</p> <p>HE1: En la mayoría de estaciones del Tramo 2 de la Línea 1 del Metro de Lima existe pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas.</p> <p>HE2: En las estaciones más cercanas a la estación Bayóvar se da la mayor presencia de tiempos</p>	<p>Variable independiente: Características de las escaleras eléctricas del Metro de Lima.</p> <p>Indicadores de la Variable independiente (Variable X): <i>Características estructurales y funcionales de las escaleras eléctricas:</i></p> <p>X1: Ancho nominal del paso (ancho escalera). X2: Huella y Contrahuella del paso. X3: Capacidad de movilización de pasajeros por hora. X4: Elevación y ángulo de inclinación. X5: Velocidad. X6: Número de peldaños de la escalera.</p> <p><i>Tiempo muerto en las escaleras eléctricas:</i></p>	<p>Tipo de Investigación: La presente investigación es explicativa.</p> <p>Diseño de la Investigación: La investigación es Pre experimental.</p> <p>Población: Escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.</p> <p>Muestra: Escaleras eléctricas donde se presentan tiempo muerto.</p> <p>Técnicas: La observación, cotejo y el análisis documental.</p>

<p>de la Línea 1 del Metro de Lima?</p> <p>PE3: ¿Cuánta energía se pierde debido al tiempo muerto en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima?</p> <p>PE4: ¿Qué costo representa a la empresa concesionaria de la Línea 1 del Metro de Lima la pérdida de energía debido a la no utilización de las escaleras eléctricas en las estaciones?</p>	<p>eléctricas en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.</p> <p>OE3: Estimar la energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.</p> <p>OE4: Calcular el costo que representa la energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.</p>	<p>muertos en las escaleras eléctricas.</p> <p>HE3: La energía pérdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima es considerable en comparación con la energía consumida fuera de tiempo muerto.</p> <p>HE4: Los costos que representa la energía perdida en las escaleras eléctricas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, es considerable en comparación con el costo de la energía consumida fuera de tiempo muerto.</p>	<p>X7: Tiempo muerto sentido Sur-Norte.</p> <p>X8: Tiempo muerto sentido Norte-Sur.</p> <p>Variable dependiente: Costo de la energía perdida por tiempo muerto.</p> <p><i>Energía perdida por tiempo muerto.</i></p> <p>Y1: Sentido Sur-Norte.</p> <p>Y2: Sentido Norte-Sur.</p> <p><i>Costo de la energía perdida por tiempo muerto.</i></p> <p>Y3: Sentido Sur-Norte.</p> <p>Y4: Sentido Norte-Sur.</p>	<p>Instrumentos:</p> <p>Los instrumentos de recolección de datos fueron la guía de observación, ficha de cotejo y la guía para el análisis documental.</p>
---	---	--	--	---

Anexo 2. Resultados de la Recolección de Datos.

Anexo 2.1. Estación Caja de Agua.

1.- Datos Generales

- a) Fecha: 17-09-2018
- b) Nombre de la estación: Caja de Agua
- c) Tiempo que transcurre entre llegada de tren (cuando el tren se ha detenido completamente y baja la primera persona) hasta que la última persona abandona el andén (en ambos sentidos): 00:04:53.
- d) Numero de peldaños de la escalera eléctrica: 25.
- e) Tiempo de subida de la escalera (sin pasajero): 00:02:49.
- f) Tiempo de bajada de la escalera (sin pasajero): 00:01:50.

2.- Control de tiempos.

Medición	Sentido Sur-Norte			Sentido Norte-Sur		
	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto
Turno Mañana						
1	08:00:00	08:05:27	00:00:00	08:45:00	08:52:13	00:00:00
2	08:07:41	08:11:32	00:02:14	08:53:37	08:59:41	00:01:24
3	08:14:22	08:18:36	00:02:50	09:01:43	09:07:24	00:02:02
4	08:20:53	08:24:55	00:02:17	09:09:07	09:15:19	00:01:43
5	08:28:11	08:32:23	00:03:16	09:17:14	09:23:32	00:01:55
Turno Tarde						
1	15:00:00	15:03:14	00:00:00	15:40:20	15:43:29	00:00:00
2	15:08:42	15:10:25	00:05:28	15:48:22	15:50:53	00:04:53
3	15:16:51	15:18:17	00:06:26	15:56:41	15:58:28	00:05:48
4	15:24:49	15:25:58	00:06:32	16:04:12	16:06:49	00:05:44
5	15:32:11	15:34:32	00:06:13	16:11:39	16:13:28	00:04:50
Turno Noche						
1	19:10:00	19:15:32	00:00:00	19:50:00	19:57:12	00:00:00
2	19:17:48	19:21:51	00:02:16	19:58:21	20:04:44	00:01:09
3	19:24:12	19:28:33	00:02:21	20:06:32	20:12:50	00:01:48
4	19:30:37	19:34:58	00:02:04	20:14:12	20:20:37	00:01:22
5	19:37:16	19:42:21	00:02:18	20:22:41	20:28:16	00:02:04

Anexo 2.2. Estación Los Jardines.

1.- Datos Generales

- a) Fecha : 19-09-2018
- b) Nombre de la estación : Los Jardines
- c) Tiempo que transcurre entre llegada de tren (cuando el tren se ha detenido completamente y baja la primera persona) hasta que la última persona abandona el andén (en ambos sentidos): 00:04:38
- d) Numero de peldaños de la escalera eléctrica: 25
- e) Tiempo de subida de la escalera (sin pasajero): 00:04:27
- f) Tiempo de bajada de la escalera (sin pasajero): 00:01:58

2.- Control de tiempos

Medición	Sentido Sur-Norte			Sentido Norte-Sur		
	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto
Turno Mañana						
1	08:00:00	08:04:55	00:00:00	08:50:00	08:54:22	00:00:00
2	08:09:21	08:14:03	00:04:26	08:58:37	09:03:06	00:04:15
3	08:18:34	08:23:19	00:04:31	09:07:28	09:11:41	00:04:22
4	08:27:42	08:32:26	00:04:23	09:16:09	09:20:25	00:04:28
5	08:36:55	08:41:37	00:04:29	09:24:44	09:29:19	00:04:19
Turno Tarde						
1	15:00:00	15:03:52	00:00:00	15:55:00	15:57:41	00:00:00
2	15:11:25	15:15:14	00:07:33	16:03:22	16:05:33	00:05:41
3	15:22:33	15:26:06	00:07:19	16:11:07	16:14:02	00:05:34
4	15:33:18	15:36:57	00:07:12	16:19:39	16:22:21	00:05:37
5	15:44:24	15:47:44	00:07:27	16:27:46	16:30:18	00:05:25
Turno Noche						
1	19:10:00	19:14:35	00:00:00	19:55:00	19:54:11	00:00:00
2	19:18:52	19:23:16	00:04:17	19:57:56	20:01:33	00:03:45
3	19:27:38	19:32:09	00:04:22	20:05:32	20:09:47	00:03:59
4	19:36:25	19:40:51	00:04:16	20:13:29	20:17:15	00:03:42
5	19:45:19	19:49:23	00:04:28	20:21:08	20:25:23	00:03:53

Anexo 2.3. Estación Los Postes.

1.- Datos Generales

- a) Fecha: 21-09-2018
- b) Nombre de la estación: Los Postes
- c) Tiempo que transcurre entre llegada de tren (cuando el tren se ha detenido completamente y baja la primera persona) hasta que la última persona abandona el andén (en ambos sentidos): 00:04:51
- d) Numero de peldaños de la escalera eléctrica: 25
- e) Tiempo de subida de la escalera (sin pasajero): 00:05:46
- f) Tiempo de bajada de la escalera (sin pasajero): 00:01:55

2.- Control de tiempos

Medición	Sentido Sur-Norte			Sentido Norte-Sur		
	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto
Turno Mañana						
1	08:00:00	08:04:23	00:00:00	08:55:00	08:58:11	00:00:00
2	08:10:14	08:14:08	00:05:51	09:02:45	09:05:52	00:04:34
3	08:19:52	08:23:31	00:05:44	09:10:38	09:14:03	00:04:46
4	08:29:21	08:33:19	00:05:50	09:18:55	09:22:44	00:04:52
5	08:38:57	08:42:16	00:05:38	09:27:29	09:31:08	00:04:45
Turno Tarde						
1	15:00:00	15:03:21	00:00:00	15:55:20	15:57:29	00:00:00
2	15:11:42	15:13:24	00:08:21	16:04:22	16:06:53	00:06:53
3	15:21:38	15:24:27	00:08:14	16:13:37	16:16:14	00:06:44
4	15:32:49	15:35:58	00:08:22	16:22:53	16:25:01	00:06:39
5	15:44:16	15:47:22	00:08:18	16:31:46	16:36:39	00:06:45
Turno Noche						
1	19:10:00	19:14:27	00:00:00	19:50:00	19:55:12	00:00:00
2	19:19:13	19:21:51	00:04:46	19:58:47	20:03:40	00:03:35
3	19:26:44	19:30:32	00:04:53	20:07:11	20:12:40	00:03:31
4	19:35:07	19:37:56	00:04:35	20:16:29	20:21:17	00:03:49
5	19:42:35	19:42:21	00:04:39	20:24:41	20:29:26	00:03:24

Anexo 2.4. Estación San Carlos.

1.- Datos Generales

- a) Fecha: 23-09-2018
- b) Nombre de la estación: San Carlos
- c) Tiempo que transcurre entre llegada de tren (cuando el tren se ha detenido completamente y baja la primera persona) hasta que la última persona abandona el andén (en ambos sentidos): 00:05:04
- d) Numero de peldaños de la escalera eléctrica: 25
- e) Tiempo de subida de la escalera (sin pasajero): 00:06:24
- f) Tiempo de bajada de la escalera (sin pasajero): 00:01:47

2.- Control de tiempos

Medición	Sentido Sur-Norte			Sentido Norte-Sur		
	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto
Turno Mañana						
1	08:00:00	08:03:57	00:00:00	08:55:00	08:58:06	00:00:00
2	08:10:21	08:13:32	00:06:24	09:03:27	09:06:32	00:05:21
3	08:19:45	08:23:28	00:06:13	09:11:59	09:14:28	00:05:27
4	08:29:56	08:33:04	00:06:28	09:19:43	09:23:11	00:05:15
5	08:39:37	08:42:23	00:06:33	09:28:22	09:31:44	00:05:11
Turno Tarde						
1	15:00:00	15:03:02	00:00:00	16:00:00	16:03:23	00:00:00
2	15:12:11	15:15:14	00:09:09	16:10:37	16:13:45	00:07:14
3	15:24:32	15:28:05	00:09:18	16:20:54	16:24:16	00:07:09
4	15:37:18	15:40:22	00:09:13	16:31:28	16:34:43	00:07:12
5	15:49:44	15:53:19	00:09:22	16:42:06	16:45:37	00:07:23
Turno Noche						
1	19:10:00	19:13:54	00:00:00	19:50:00	19:54:21	00:00:00
2	19:18:27	19:51:46	00:04:33	19:57:52	20:02:13	00:03:31
3	19:26:15	19:29:39	00:04:29	20:05:49	20:09:07	00:03:36
4	19:35:02	19:38:22	00:05:23	20:12:34	20:15:58	00:03:27
5	19:42:49	19:46:11	00:04:27	20:19:27	20:23:09	00:03:29

Anexo 2.5. Estación San Martín.

1.- Datos Generales

- a) Fecha: 24-09-2018
- b) Nombre de la estación: San Martín
- c) Tiempo que transcurre entre llegada de tren (cuando el tren se ha detenido completamente y baja la primera persona) hasta que la última persona abandona el andén (en ambos sentidos): 00:04:48
- d) Numero de peldaños de la escalera eléctrica: 25
- e) Tiempo de subida de la escalera (sin pasajero): 00:07:12
- f) Tiempo de bajada de la escalera (sin pasajero): 00:02:05

2.- Control de tiempos

Medición	Sentido Sur-Norte			Sentido Norte-Sur		
	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto
Turno Mañana						
1	08:00:00	08:03:18	00:00:00	08:55:00	08:59:04	00:00:00
2	08:10:23	08:14:07	00:07:05	09:05:21	09:09:33	00:06:17
3	08:21:19	08:24:42	00:07:12	09:16:07	09:20:11	00:06:34
4	08:32:05	08:35:36	00:07:23	09:26:39	09:30:55	00:06:28
5	08:42:44	08:46:11	00:07:08	09:37:18	09:41:26	00:06:23
Turno Tarde						
1	15:00:00	15:02:43	00:00:00	16:00:00	16:02:42	00:00:00
2	15:13:15	15:15:49	00:10:32	16:11:17	16:13:59	00:08:35
3	15:26:27	15:29:03	00:10:38	16:22:25	16:25:03	00:08:26
4	15:39:32	15:42:16	00:10:29	16:33:41	16:36:14	00:08:38
5	15:52:43	15:56:21	00:10:27	16:44:33	16:47:05	00:08:19
Turno Noche						
1	19:10:00	19:12:51	00:00:00	19:50:00	19:53:33	00:00:00
2	19:18:06	19:20:48	00:05:15	19:57:47	20:01:05	00:04:14
3	19:26:14	19:29:03	00:05:26	20:05:13	20:08:59	00:04:08
4	19:34:22	19:37:11	00:05:19	20:13:22	20:17:04	00:04:23
5	19:42:39	19:36:27	00:05:28	20:21:36	20:25:28	00:04:32

Anexo 2.6. Estación Santa Rosa.

1.- Datos Generales

- a) Fecha: 26-09-2018
- b) Nombre de la estación: Santa Rosa
- c) Tiempo que transcurre entre llegada de tren (cuando el tren se ha detenido completamente y baja la primera persona) hasta que la última persona abandona el andén (en ambos sentidos): 00:04:52
- d) Numero de peldaños de la escalera eléctrica: 25
- e) Tiempo de subida de la escalera (sin pasajero): 00:09:18
- f) Tiempo de bajada de la escalera (sin pasajero): 00:01:52

2.- Control de tiempos

Medición	Sentido Sur-Norte			Sentido Norte-Sur		
	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto
Turno Mañana						
1	08:00:00	08:03:07	00:00:00	09:00:00	09:03:45	00:00:00
2	08:12:39	08:15:55	00:09:32	09:12:23	09:16:08	00:08:38
3	08:25:14	08:28:33	00:09:19	09:24:37	09:27:51	00:08:29
4	08:37:46	08:41:18	00:09:13	09:36:42	09:40:14	00:08:51
5	08:50:28	08:53:41	00:09:10	09:48:53	09:54:07	00:08:39
Turno Tarde						
1	15:00:00	15:02:31	00:00:00	16:00:00	16:02:39	00:00:00
2	15:13:57	15:16:18	00:11:26	16:12:46	16:15:23	00:10:07
3	15:27:41	15:30:03	00:11:23	16:25:38	16:28:07	00:10:15
4	15:41:35	15:44:14	00:11:32	16:38:15	16:40:42	00:10:08
5	15:55:22	15:57:46	00:11:08	16:51:01	16:13:28	00:10:19
Turno Noche						
1	19:10:00	19:12:35	00:00:00	20:00:00	20:03:19	00:00:00
2	19:19:48	19:22:26	00:07:13	20:09:42	20:13:03	00:06:23
3	19:30:04	19:32:43	00:07:38	20:19:18	20:22:27	00:06:15
4	19:39:59	19:42:35	00:07:16	20:28:39	20:31:44	00:06:12
5	19:50:07	19:52:52	00:07:32	20:38:05	20:41:18	00:06:21

Anexo 2.7. Estación Bayóvar.

1.- Datos Generales

- a) Fecha: 28-09-2018
- b) Nombre de la estación: Bayóvar
- c) Tiempo que transcurre entre llegada de tren (cuando el tren se ha detenido completamente y baja la primera persona) hasta que la última persona abandona el andén (en ambos sentidos): 00:04:49
- d) Numero de peldaños de la escalera eléctrica: 25
- e) Tiempo de subida de la escalera (sin pasajero): 00:00:00
- f) Tiempo de bajada de la escalera (sin pasajero): 00:01:59

2.- Control de tiempos

Medición	Sentido Sur-Norte			Sentido Norte-Sur		
	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto	Con Pasajero	Sin Pasajero	Tiempo Muerto
Turno Mañana						
1	SIN FUNCIONAMIENTO			08:00:00	08:03:46	00:00:00
2	SIN FUNCIONAMIENTO			08:08:24	08:11:51	00:04:38
3	SIN FUNCIONAMIENTO			08:16:33	08:20:12	00:04:42
4	SIN FUNCIONAMIENTO			08:24:29	08:28:07	00:04:17
5	SIN FUNCIONAMIENTO			08:32:41	08:36:21	00:04:34
Turno Tarde						
1	SIN FUNCIONAMIENTO			15:00:00	15:02:33	00:00:00
2	SIN FUNCIONAMIENTO			15:09:45	15:12:11	00:07:12
3	SIN FUNCIONAMIENTO			15:19:38	15:23:05	00:07:27
4	SIN FUNCIONAMIENTO			15:30:26	15:32:42	00:07:21
5	SIN FUNCIONAMIENTO			15:40:07	15:43:33	00:07:25
Turno Noche						
1	SIN FUNCIONAMIENTO			19:10:00	19:13:45	00:00:00
2	SIN FUNCIONAMIENTO			19:19:11	19:22:39	00:05:26
3	SIN FUNCIONAMIENTO			19:27:53	19:31:08	00:05:14
4	SIN FUNCIONAMIENTO			19:36:27	19:39:57	00:05:19
5	SIN FUNCIONAMIENTO			19:45:34	19:49:02	00:05:37

Anexo 3. Schindler 9300 Advanced Edition.

La línea de productos Schindler 9300 *Advanced Edition* con sus diversas configuraciones predefinidas ofrece una solución optimizada para satisfacer sus necesidades. La escalera mecánica Schindler 9300AE Standard incluye las opciones más solicitadas para escaleras mecánicas destinadas al sector de grandes almacenes y al sector de tiendas. Mediante la estandarización general de esta configuración se consigue una óptima relación precio/rendimiento. La escalera mecánica Schindler 9300AE Custom no señala prácticamente límites a sus posibilidades. Se pueden configurar soluciones especiales e individuales a medida. La escalera mecánica Schindler 9300AE Transport también está diseñada para cumplir con las exigencias especiales del transporte público. El equipamiento técnico de esta variante cumple con todos los requerimientos que demanda este segmento, habiendo sido combinado asimismo con una estética que satisface las más altas exigencias. (Schindler, 2008).

Cuadro 1. Gama de los tipos de productos y los segmentos de aplicación principales

	Escaleras mecánicas		Rampas móviles	
	Schindler 9300 Advanced Edition	Schindler 9700 Advanced Edition	Schindler 9500 Advanced Edition y Schindler 9500	
	Standard	Custom	Rampa móvil inclinada	Ándén móvil horizontal
Centro comercial	X	X	X	
Tienda	X			
Tienda de materiales de construcción, supermercado	X		X	
Hotél, edificio de oficinas	X	X		
Cine	X	X		
Museo	X	X		
Biblioteca	X	X	X	
Récinto ferial		X	X	X
Aeropuerto		X		X
Estación de ferrocarril/de metro		X	X	X

Fuente: Schindler (2008). Guía para la planificación de escaleras mecánicas y rampas móviles; p.21.

Anexo 4. Red Básica del Metro de Lima y Callao.

La Red Básica del Metro de Lima (RBML) se dio mediante Decreto Supremo 059-2010-MTC. La RBML tiene como objetivo principal “la optimización del espacio público para beneficiar el traslado de la mayor cantidad de pasajeros en el menor tiempo posible en la ciudad, buscando integrar adecuadamente los otros modos de transporte” (Díaz, 2011, p.129).

Según el Decreto Supremo 059-2010-MTC, la RBML está conformada sobre la base de cinco (05) Líneas, cuyos trazos preliminares son:

- **Línea 1:** Av. Separadora Industrial, Av. Pachacutec, Av. Tomás Marsano, Av. Aviación, Av. Grau, Jirón Locumba, Av. 9 de Octubre, Av. Próceres de la Independencia, Av. Fernando Wiese.
- **Línea 2:** Av. Guardia Chalaca, Av. Venezuela, Av. Arica, Av. Guzmán Blanco, Av. 28 de Julio, Av. Nicolás Ayllón, Av. Víctor Raúl Haya de la Torre (Carretera Central).
- **Línea 3:** Av. Alfredo Benavides, Av. Larco, Av. Arequipa, Av. Garcilaso de la Vega, Av. Tacna, Av. Pizarro, Av. Túpac Amaru, Av. Rosa de América, Av. Universitaria.
- **Línea 4:** Av. Elmer Faucett, Av. La Marina, Av. Sánchez Carrión, Av. Salaverry, Av. Canevaro, Av. José Pardo de Zela, Av. Canadá, Av. Circunvalación, Av. Javier Prado.
- **Línea 5:** Av. Huaylas, Av. Paseo de la República, Av. República de Panamá, Av. Miguel Grau.

En la actualidad, la Red Básica del Metro de Lima y Callao se constituye en una propuesta de desarrollo del transporte masivo de pasajeros para Lima Metropolitana (Provincias de Lima y Callao). Dicha propuesta contempla el desarrollo de seis líneas de trenes interconectados entre sí. El circuito de las líneas de trenes que conforman dicha red básica, queda esquematizada en la siguiente figura:

Figura 1: Líneas que comprende la Red Básica del Metro de Lima - Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao.

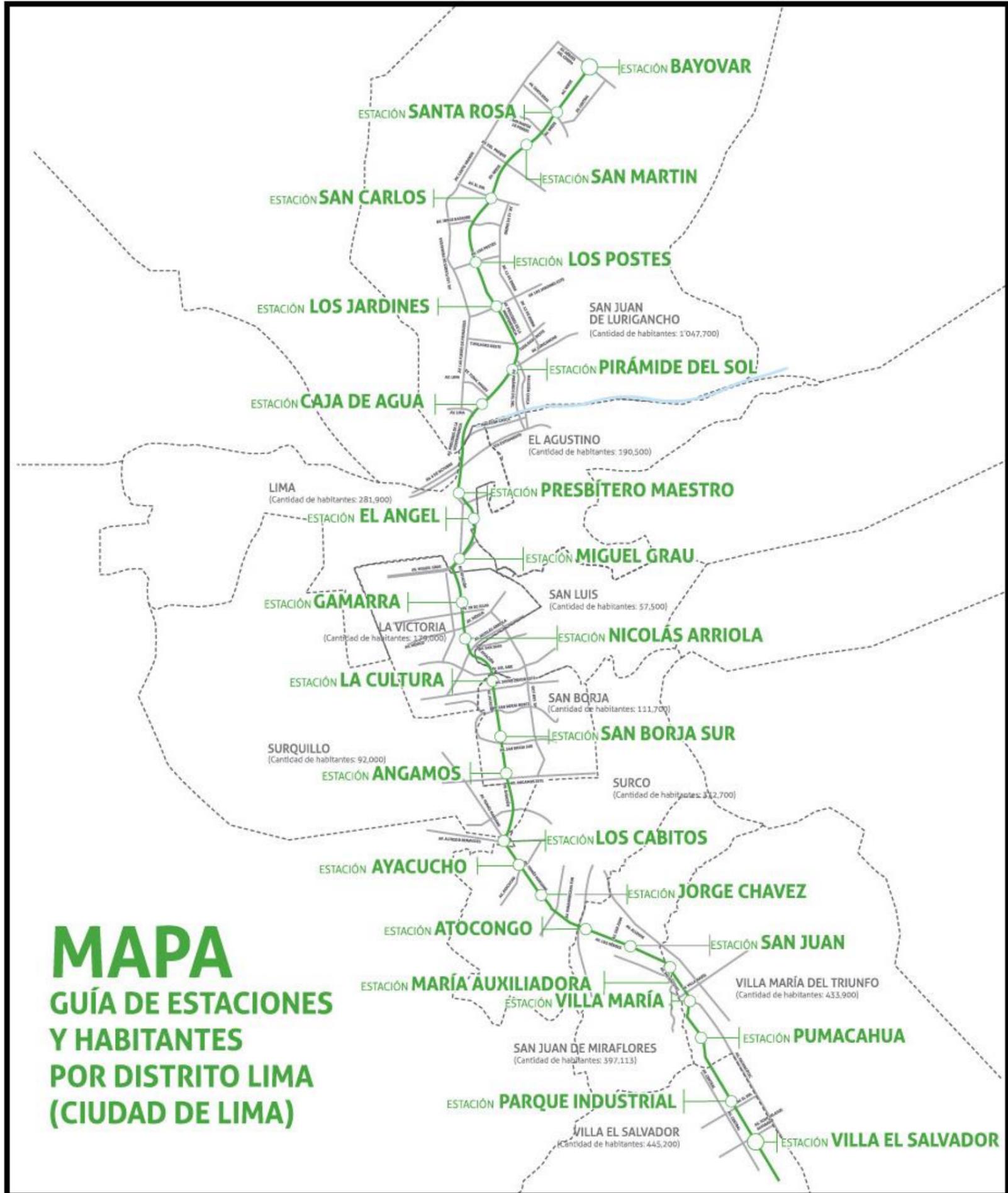


Fuente: Basabe (2014). Línea 2 y ramal Av. Faucett-Av. Garbetta de la red básica del metro de Lima y Callao; p.8.

Anexo 5. Estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

El mapa guía de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima permite ubicar geográficamente las estaciones en un contexto político-administrativo local y poblacional, es decir según la jurisdicción a nivel distrital y la población de los distritos. En ese sentido, en la figura que prosigue se remarca los límites distritales y la población de cada uno de los distritos por las que atraviesa el primer tren eléctrico peruano.

Figura 1: Estaciones que comprende la Línea 1 del Metro de Lima.



Fuente: GYM Ferrovías S.A. (2018). Mapa de Estaciones [En línea].

Anexo 6. Tablas Estadísticas.

Valores de la función de distribución acumulativa normal estándar.

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998

Fuente: Canavos (1988). Probabilidad y Estadística: Aplicaciones y métodos; p.618.

Anexo 7. Galería Fotográfica.



El tiempo muerto es el tiempo que la escalera eléctrica funciona sin transportar a ninguna persona.

Imagen 1. Toma de datos de tiempo muerto en estación San Martín - San Juan de Lurigancho.

Fuente: Fotografiado propio.



El tiempo muerto no solo se mide en tiempo de ascenso, sino también en descenso y en ambos sentidos del flujo de los trenes.

Imagen 2. Medida de tiempo muerto en estación Santa Rosa - San Juan de Lurigancho.

Fuente: Fotografiado propio.



La estación El Ángel se caracteriza por estar ubicada en zona de baja densidad poblacional y principalmente sirve de acceso hacia el cementerio homónimo.

Imagen 3. Andén o plataforma de embarque de la estación El Ángel – El Agustino.

Fuente: Fotografiado propio.



La estación Presbítero Maestro, contigua a El Ángel, es otro de las estaciones ubicada en zona de baja densidad poblacional y principalmente sirve de acceso hacia el cementerio homónimo.

Imagen 4. Alameda peatonal en la Av. Santa Rosa en San Juan de Lurigancho.

Fuente: Fotografiado propio.



La obra del Metro de Lima, a veces contribuye a la recuperación de las condiciones óptimas para el normal tránsito vehicular y peatonal por una determinada avenida o calle.

Imagen 5. Alameda peatonal en la Av. Santa Rosa en San Juan de Lurigancho.

Fuente: Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (2016); p.80.