

Modelado del Tranvía Citadis-302 Implementado en la Ciudad de Cuenca Utilizando Matlab - Simulink®

R. Medina¹, D. Morales^{1,2}, B. Tapia¹, D. Criollo¹, J. Romero¹, P. Guamán¹, P. Arévalo¹

¹ Universidad Politécnica Salesiana

E-mail: rmedinav@ups.edu.ec; parevalo@est.ups.edu.ec; dcriollot@est.ups.edu.ec;
btapiac@est.ups.edu.ec; jromero@est.ups.edu.ec; gpaola@est.ups.edu.ec

² Grenoble Technology Institute Grenoble

E-mail: diego.morales-jadan@ense3.grenoble-inp.fr

Resumen

La movilidad en la ciudad Cuenca es un tema prioritario en la agenda de la administración pública, en los últimos años se ha evidenciado la necesidad de un enfoque holístico al transporte público que integre los diversos tipos de movilización, considerando el impacto ambiental y las condiciones propias de una ciudad catalogada por la UNESCO como patrimonio de la humanidad. El siguiente trabajo presenta el modelado en un ambiente Matlab-Simulink® del nuevo sistema de transporte de Cuenca denominado tranvía “Cuatro Ríos”. En el modelo se consideran las características técnicas, el sistema de alimentación, transmisión en CC y sistemas de tracción del vehículo. Los resultados obtenidos permiten dimensionar el consumo energético y el impacto de este sistema en las redes de sub-transmisión de la ciudad de Cuenca.

Palabras clave— Electro-movilidad, Electrónica de Potencia, Impacto en la red, Modelado de redes, Tranvía.

Abstract

Mobility in Cuenca - Ecuador is a priority issue on public administration agenda; in recent years, a holistic approach to public transportation that integrates different mobilization modes and considers environmental impact and the particular conditions of the city listed by UNESCO as World Heritage. This work presents the modeling in Matlab-Simulink® environment of the new transportation system called Tram “Four Rivers”. Proposed model considers technical characteristics, power supply, DC transmission and traction systems of the vehicle. Results can be used to measure energy consumption and global impact of this system on the sub-transmission networks in the city.

Index terms— Electric Mobility, Grid Impact, Grid Modeling, Power Electronics, Tram.

Recibido: 12-10-2015, Aprobado tras revisión: 24-12-2015.

Forma sugerida de citación: Medina R.; Morales D.; Tapia B.; Criollo D.; Romero J.; Guamán P. y Arévalo P. (2016). “Modelado del Tranvía Citadis-302 Implementado en la Ciudad de Cuenca Utilizando Matlab - Simulink®”. Revista Técnica “energía”. N° 12, Pp. 284-293.

ISSN 1390-5074.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Cuenca-Ecuador requiere brindar a los usuarios de transportación pública una alternativa rápida y eficaz, esta situación ha motivado a la administración a crear nuevas alternativas de transporte, amigables con el ambiente y que permita el libre acceso a todos los usuarios incluidos quienes tienen movilidad reducida. El parque automotor cuencano ha tenido un incremento elevado (alrededor del 8% anual [1]), esto provoca congestión vehicular y altos niveles de polución. Lo cual tiene una afectación mayor si se considera las características propias de la ciudad que cuenta con un Centro Histórico colonial declarado Patrimonio de la Humanidad. En vista de estas condiciones una alternativa viable es la transportación por carril exclusivo y el uso de tracción eléctrica; la respuesta obvia a este requerimiento es el uso del sistema de tranvía denominado “Cuatro Ríos de Cuenca”, contemplado dentro del plan de movilidad del cantón [1].

La construcción del proyecto, pionero en el país, presenta múltiples retos al sector eléctrico, estos desafíos pueden resumirse en: *i)* la transmisión de energía en *CC*, *ii)* la formación de arco voltaico en la catenaria, *iii)* poca experiencia en el medio acerca del mantenimiento de maquinaria de tracción eléctrica, *iv)* ausencia de modelos precisos de la maquinaria utilizada, *v)* saturación de redes de sub-transmisión existentes. Todo esto sin considerar las dificultades logísticas y de obra civil que no serán tema de este estudio. A continuación se presentan las características generales del Tranvía instalado en Cuenca en el apartado dos, en la sección tres se presenta la propuesta metodológica, en la sección cuatro se presentan los resultados obtenidos, mientras que en la quinta sección las conclusiones y recomendaciones son expuestas.

2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca se convertirá en el eje central del sistema de transporte masivo de la ciudad, su inversión bordea aproximadamente los 232 millones de dólares, el proyecto fue adjudicado al consorcio Cita Cuenca, liderado por la multinacional Alstom. La longitud del trazado es de diez km. con una velocidad promedio de veinte y dos km/h. tomando treinta y cinco minutos aproximadamente para recorrer las veinte y siete estaciones. Cada unidad puede transportar a trescientos pasajeros.

En su primer año de funcionamiento transportará alrededor de 120.000 pasajeros contando con catorce unidades y una frecuencia de seis minutos. Su operación será continua desde las 06:00 hasta las 22:00 todos los días incluidos fines de semana y feriados. El recorrido del tranvía empieza en el sur de la ciudad sector Control Sur, y termina en el norte, sector del Parque industrial. El trazado es presentado en la Fig. 1.

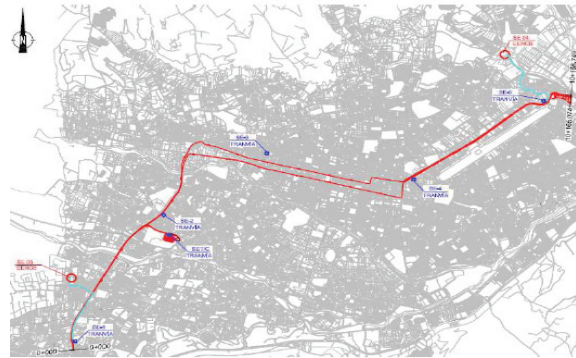


Figura 1: Trazado del Tranvía

Debido a que parte del recorrido atraviesa área patrimonial de la ciudad se ha considerado: *i)* en orden a reducir el impacto visual se sustituirá líneas aéreas usando el denominado sistema de alimentación por el suelo (*APS*) [2], descrito en la sección 2.3.1, *ii)* para reducir las vibraciones que podrían afectar las edificaciones de Centro Histórico se instalará una malla anti-vibratoria en los basamentos del trayecto [3].

La alimentación al vagón se realizará por medio de líneas a 700 Vcc, dentro de la unidad se alimenta a unas baterías de respaldo que en caso de una falla en la alimentación permiten a la unidad llegar hasta la siguiente parada. Luego esta tensión será convertida en corriente alterna de frecuencia variable que alimenta a los motores asíncronos jaula de ardilla que producen la tracción necesaria para mover a la unidad [4].

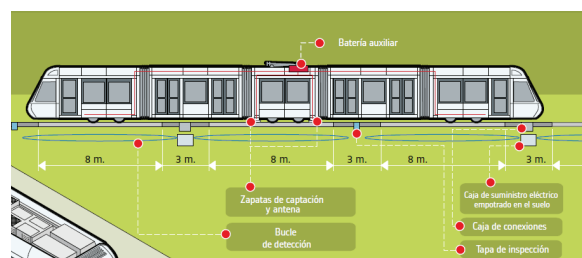


Figura 2: Dimensiones del tranvía

2.1. Sistema de alimentación

El proyecto contara con cinco subestaciones rectificadoras (*S/Er*) y una de cocheras, se alimentará con circuitos dobles de 22kV desde las subestaciones *S/E-5* y *S/E-4* de la empresa eléctrica Centrosur. La Tabla 1 presenta las potencias por *S/Er*.

Tabla 1: Relación de potencias por subestación rectificadora
Fuente: estudio de la Empresa Euskal Trenbide Sarea (ETS)

| | Escenario Futuro | | | Caso Base | | |
|---------------|--|------------|-----------------|--|------------|-----------------|
| | P. (kW) | P.Max (kW) | P.Max Pico (kW) | P. (kW) | P.Max (kW) | P.Max Pico (kW) |
| <i>S/Er 1</i> | 386,5 | 1006,4 | 4451 | 373,5 | 1374,9 | 3730 |
| <i>S/Er 2</i> | 457,5 | 1425 | 4451 | 574,5 | 1443,05 | 3666 |
| <i>S/Er 3</i> | 231,4 | 712,8 | 4470 | 419,5 | 1206 | 3811 |
| <i>S/Er 4</i> | 405,4 | 1260 | 4575 | 529,1 | 1439 | 3811 |
| <i>S/Er 5</i> | 342,9 | 1616 | 4515 | 492,6 | 1616,2 | 3734 |
| | Perdidas Joule en línea 128,6 kW (5,38%) | | | Perdidas Joule en línea 91,64 kW (5,02%) | | |

La potencia aparente media consumida es de 1,65 MVA al inicio de operaciones y de 2,15 MVA en el escenario horizonte con un factor de potencia de aproximadamente 0,95. Su tarifación está dentro de la categoría general, grupo media tensión con demanda horaria para entidades oficiales con los siguientes rubros: *i*) Energía activa 0,061(USD/kWh) de 07:00 a 22:00 y 0,049 (USD/kWh) de 22:00 a 07:00, *ii*) tarifa por demanda 4,576 (USD/kWh) y, *iii*) tarifa por comercialización 1,414 USD.

2.2. Sistema de tracción

En la Tabla 2 y Tabla 3 se presentan los datos nominales del motor trifásico para aplicaciones de tracción ferroviaria 4 HGA 1433, su potencia nominal de 120 kW, con 2 polos, la Tabla 4 presenta la respuesta dinámica del motor en función de la frecuencia. Cada unidad contará con cuatro motores controlados en conjunto.

Tabla 2: Valores nominales del motor 4 HGA 1433

| VF (V) | VL (V) | f (Hz) | Pu (kW) | IN (A) | n (rpm) | p |
|--------|--------|--------|---------|--------|---------|---|
| 290 | 500 | 88 | 120 | 168 | 2600 | 2 |

Tabla 3: Características del motor 4 HGA 1433

| | R1 (Ω) | L1 (mH) | Lm (mH) | L2 (mH) | R2 (Ω) |
|-------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 20°C | 0,0248 | 0,4563 | 8,5 | 0.3042 | 0,0173 |
| 150°C | 0,0375 | 8,5 | 0.3042 | 0.3042 | 0,024 |

Tabla 4: Respuesta dinámica del motor 4 HGA 1433

| | | f (Hz) | | | | |
|-------------|--------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | | 34.93 | 73.94 | 89.63 | 110.69 | 154.51 |
| N (rpm) | | 971.1 | 2142.9 | 2609.5 | 3243.9 | 4559.6 |
| U (V) | | 236.2 | 476.4 | 501.1 | 503.5 | 503.6 |
| I (A) | | 280 | 281.4 | 262.2 | 205.9 | 146.1 |
| cosφ | | 0.8788 | 0.8648 | 0.8667 | 0.87725 | 0.8724 |
| Pabs (kW) | | 100.7 | 200.8 | 197.2 | 156.7 | 111.2 |
| Torque | Teórico (Nm) | 760 | 760 | 626 | 403 | 204 |
| | Medido (Nm) | 803 | 806 | 653 | 421 | 214 |
| Putil (kW) | | 81.7 | 180.9 | 178.4 | 143 | 102.2 |
| Rendimiento | | 0.811 | 0.901 | 0.905 | 0.913 | 0.191 |

2.2.1. Circuito Equivalente

El circuito equivalente ha sido facilitado por el fabricante [5], donde V_1 es la tensión de alimentación, E es *F.E.M.* inducida en el rotor, referida al estator, I_1 es la corriente absorbida, I_2 es la corriente absorbida por el rotor, referida al estator, I_0 es la corriente por la rama de vacío. R_1 es la resistencia estator, R_2 es la resistencia del rotor referida al estator, L_2 es la inductancia de dispersión del rotor, referida al estator y L_m es la inductancia magnetizante.

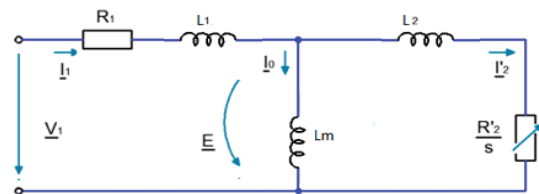


Figura 3: Circuito Equivalente del Motor 4 HGA 1433

2.3. Sistema de alimentación al tranvía

El tranvía es alimentado desde cinco *S/Er*, como se muestra en la Fig. 4, la alimentación se realiza a una tensión de 700 Vcc. Para alimentar a cada unidad se ha tendido un sistema de catenarias que se conectan a través de un pantógrafo [6] y para las zonas donde no es posible el tendido aéreo, la alimentación se realiza mediante el sistema alimentación por el suelo (*APS*).

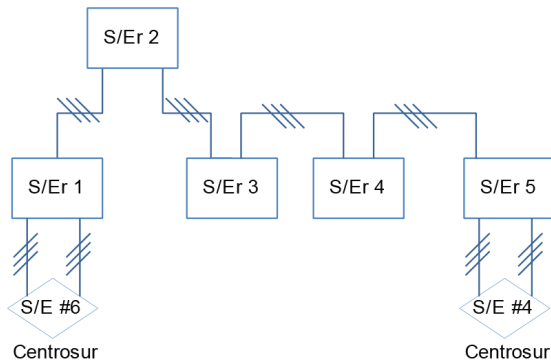


Figura 4: Interconexión de las S/Er y su alimentación desde S/E de la Centrosur

2.3.1. Sistema alimentación por el suelo

Sistema alimentación por el suelo es una tecnología moderna y silenciosa para el transporte en el centro de las ciudades, es un sistema desarrollado para tranvías y metros ligeros. Al suministrar la energía eléctrica a nivel del suelo permite evitar el uso de catenaria, respetando la visión de los edificios de la ciudad.

Opera por medio de un tercer carril empotrado en el suelo, los segmentos de alimentación se encuentran ubicados en intervalos regulares, separados por juntas aislantes. Los segmentos son energizados solo cuando el tranvía está sobre ellas, esto garantiza la seguridad de lo peatones. La energía se capta por medio de dos dispositivos ubicados en la sección media del tranvía.

Las principales ventajas de este sistema son [6]:

- Preservación del patrimonio cultural
- Óptimo rendimiento del tranvía
- Modularidad
- Seguridad para peatones y tráfico
- Eliminación de obstáculos aéreos.

El sistema de alimentación por suelo consta de la alimentación integrada en la plataforma ferroviaria, la energía eléctrica es captada por dos dispositivos de fricción situados en la sección media del vehículo, la alimentación a los segmentos conductores ocurre solo cuando el segmento conductor ha sido cubierto completamente por el tranvía. Es decir los segmentos solo tienen tensión cuando el vehículo está en contacto.

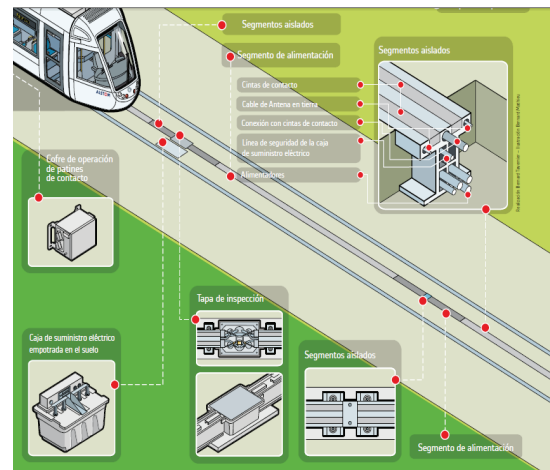


Figura 5: Sistema tercer riel

La activación o desactivación de los segmentos conductores se realiza mediante comunicación por radio entre el tranvía y la infraestructura.

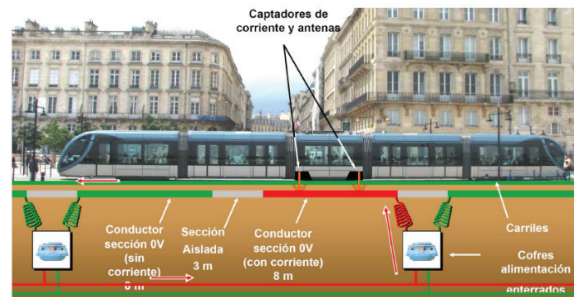


Figura 6: Esquema general de funcionamiento del sistema APS

El APS no tiene limitaciones para grandes distancias y su ciclo de vida del es superior a 30 años [7].

2.3.1.1. Funcionamiento

En la Fig. 7 se presenta la dinámica funcional del sistema APS, señalando de forma alternada los sectores aislados o energizados al paso del vehículo:

1. Un segmento energizado y dos captadores alimentan el tranvía.
2. Un segmento energizado, el captador delantero aislado y el captador trasero alimenta el tranvía.
3. Dos segmentos energizados, los dos captadores alimentan el tranvía desde segmentos distintos.
4. Un segmento esta energizado, el captador delantero alimenta el tranvía y el captador trasero se encuentra aislado.

5. Un segmento energizado y los dos catadores alimentan el tranvía.

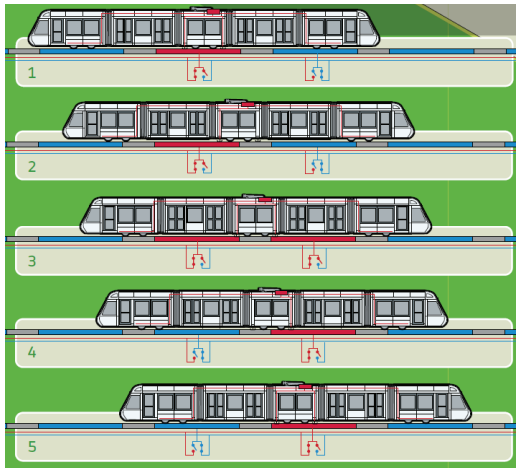


Figura 7: Dinámica funcional del sistema APS. ALSTOM

El sistema APS requiere de puntos de cambio de tal manera que el vehículo debe detenerse para subir el pantógrafo y levantar el patín de contacto con el tercer riel, o bajar el mismo y hacer descender el patín hasta el suelo para captar la corriente [7].

Una gran desventaja para el sistema APS sería que el tercer carril siempre debe estar limpio para facilitar el contacto eléctrico, algo que se volvería complicado conforme pase el tiempo.

2.3.2. Línea de Alta Capacidad

Línea de Alta Capacidad (*LAC*) [8] es una tecnología de alimentación de sistemas de transporte que requieren alimentación constante, este mismo método ya fue aplicada en el Trole de Quito [4]. Entre las principales ventajas están su infraestructura simple que reduce su costo y la facilidad para modificar rutas ya que toda la instalación está sobre la calzada [8]. Su principal limitante está dada por la capacidad de potencia que puede ser transmitida y la velocidad máxima del vehículo. El sistema *LAC* está constituido por un sistema de sujeción de las catenarias el pantógrafo que alimenta a cada unidad. La impedancia de contacto entre la catenaria y el pantógrafo debe ser lo menor posible y reducirse las pérdidas de contacto ya que esto produce arco lo cual degrada a los elementos.

La catenaria (el cable aéreo) es el positivo del circuito, las vías funcionan como negativo/retorno; al no existir alternancia de electrones entre conductores no existe inducción electromagnética entre las vías y las catenarias, por ello las aguas, humedades, nieblas, rocíos, etc. no afectan al sistema [9]. Para evitar que el patín se desgaste

en un sólo punto, la trayectoria de la catenaria se dispone en zigzag, de modo que va barriendo la mayor parte del patín provocando un desgaste uniforme en toda su superficie. [10]

2.3.2.2. Sistema de Catenaria

Los conductores aéreos, además de transportar la corriente, permiten el contacto donde el pantógrafo toma energía para el vehículo. Un sistema ferroviario, salvaguardando las diferencias, no es más que un circuito de CC sencillo; salida del positivo del rectificador a la catenaria, el tren lo recoge mediante el pantógrafo y el retorno lo hace por las vías, volviendo al negativo del rectificador [10],[11].

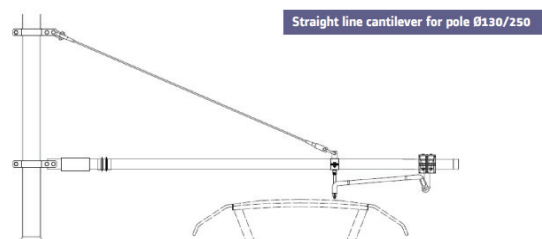


Figura 8: Estructura

2.3.2.3. Pantógrafo

El pantógrafo es un sistema articulado cuya finalidad es captar la energía eléctrica de la línea aérea y transmitirla a la unidad de tracción. Es un marco móvil - un paralelogramo con dos brazos que se extienden hacia fuera, con bisagras en una manera similar a una puerta plegable con un mecanismo semitijera con accionamiento de subida mediante muelle, y accionamiento de bajada eléctrico, aislado e integrado en el bastidor base del pantógrafo [6].

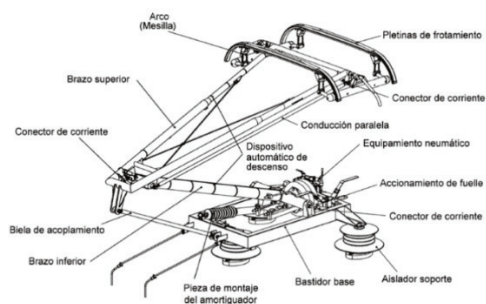


Figura 9: Esquema general del pantógrafo

2.3.2.4. Interacción Catenaria – Pantógrafo

La fuerza de contacto que actúa entre el pantógrafo y los hilos de contacto permite acoplar a los dos sistemas. En caso de contacto, los dos sistemas están acoplados y es equivalente estudiar

cada sistema considerando la misma fuerza de contacto. Los desplazamientos de la cabeza de pantógrafo y de los puntos de la catenaria donde se localiza el contacto en ese instante tienen que ser iguales [6], en el caso de no contacto, los dos sistemas están desacoplados, vibran libremente y la fuerza de contacto es nula [10].

3. PROPUESTA METODOLÓGICA

La simulación presentada en el Anexo 1 presenta el modelo de un motor del sistema tranvía y consta de los elementos presentados en la Fig. 10:

1. Alimentación desde una sub-estación a 25kV.
2. Subestación Rectificadora
 - a. Transformador
 - b. Rectificador
3. Catenaria
4. Unidad / Vehículo
 - a. Pantógrafo
 - b. Filtro
 - c. Batería
 - d. Invertidor
 - e. Motor

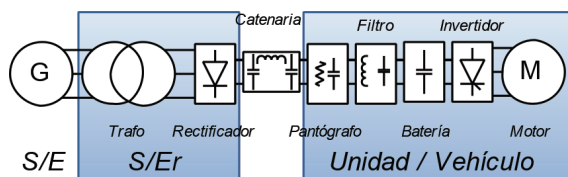


Figura 10: Elementos de la simulación

La *S/Er*, la catenaria y el pantógrafo han sido modelados de forma genérica y deben ser analizados a detalle en otro estudio, el objetivo de esta simulación es obtener un modelo del sistema del vehículo desde la barra de continua. El modelo del motor, invertidor, batería y filtro fue alimentado con la información real obtenida de los catálogos utilizando los modelos existentes en *Simulink*[®]. Por simplicidad se modelará únicamente un motor de los cuatro que consta cada unidad.

Se tomaron medidas de la tensión y corriente desde la alimentación de la *S/E* y del transformador de la *S/Er*, tensión en la salida del rectificador.

Tensión y corriente a la salida del invertidor, la velocidad del rotor y el torque electromagnético del motor.

4. RESULTADOS

Se observa que el transformador de la *S/Er* funciona como un adecuado filtrado de armónicos ya que la corriente vista desde la *S/E* tiene una baja distorsión. Como se puede apreciar en la Fig. 11. La Fig. 12 muestra la distorsión armónica en corriente y como esta afecta negativamente la forma de onda de tensión.

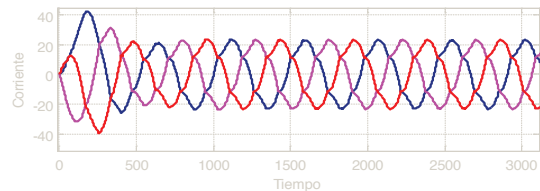
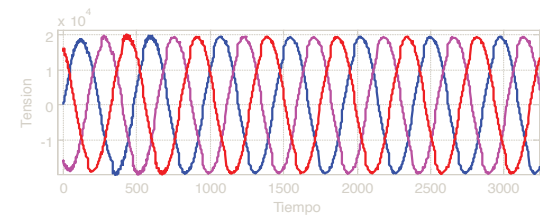


Figura 11: Tensión y Corriente vista desde la S/E

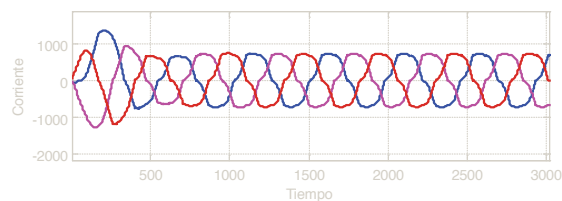
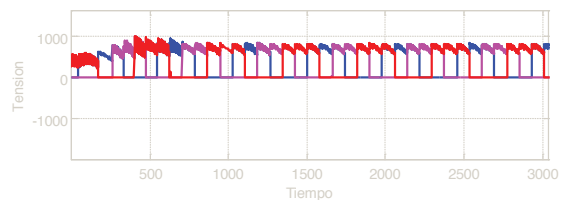


Figura 12: Tensión y corriente a la salida del transformador de la *S/Er*

La Fig. 13 indica el pico de tensión producido durante el arranque del motor, esto se debe al componente altamente inductivo de la corriente, pero este transitorio es compensado rápidamente y la tensión se estabiliza muy pronto en torno a los dos segundos.

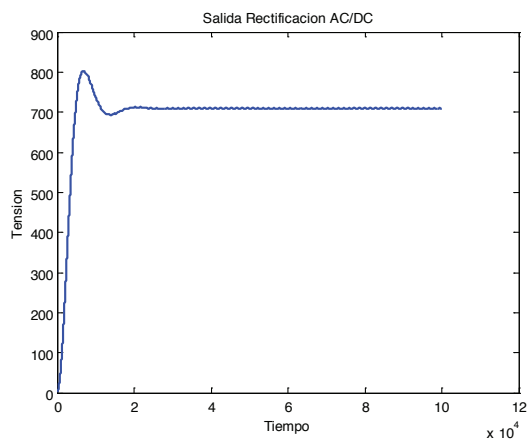


Figura 13: Tensión a la salida del rectificador

La Fig. 14 muestra el arranque producido en el instante 0.5 s. es clara la tendencia de sobre corriente, así mismo se aprecia un incremento del 35% de la corriente de arranque con respecto a la nominal, esta baja corriente de arranque se debe a que la tensión en el mismo instante está en un valor bajo (Fig. 15) y permite este arranque suave.

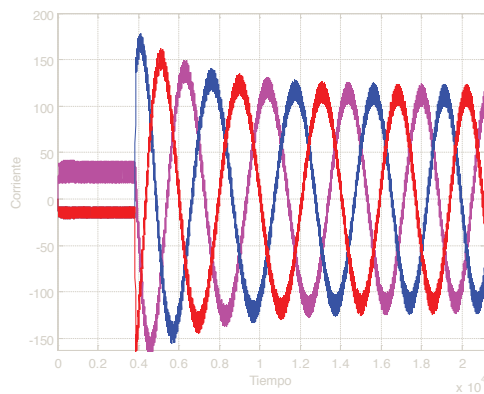


Figura 14: Corriente a la salida del inverter

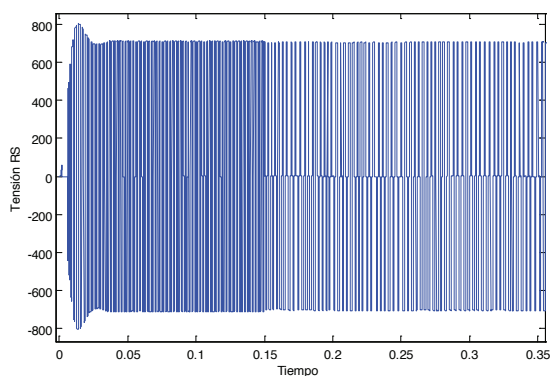


Figura 15: Tensión a la salida del inverter

La velocidad del rotor incrementa progresivamente, esto se aprecia en la Fig. 16, es de considerar que la velocidad del motor es proporcional a la presión ejercida por el conductor

del vehículo, se aprecia un arranque con una velocidad prefijada.

La Fig. 17 muestra el torque electromagnético desarrollado por la máquina. Se aprecia la tendencia incremental del torque y las variaciones producidas por el cambio en la velocidad.

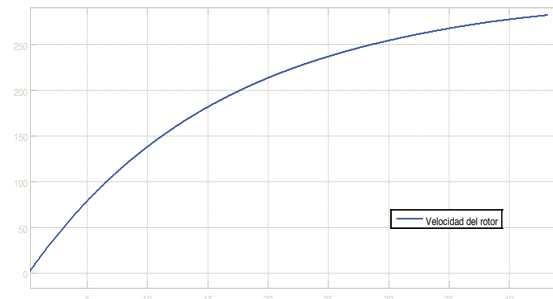


Figura 16: Velocidad del rotor

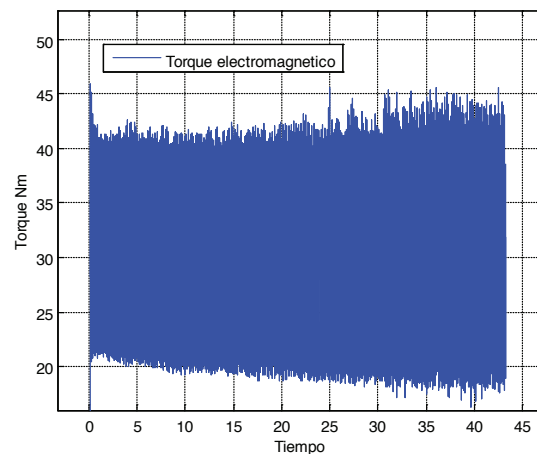


Figura 17: Torque electromagnético

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La inclusión de nuevas tecnologías en el área del transporte público implica un conjunto de retos para la academia, entre ellos el comprender el real impacto de sistemas de movilidad eléctrica.

El tranvía “Cuatro Ríos” de Cuenca presenta varios retos tanto en el área energética como de obra civil y sin duda las experiencias adquiridas por la administración pública y por los profesionales vinculados pueden ser trasvasadas a otras ciudades que opten por estas alternativas.

Se verifica que los resultados obtenidos con la simulación concuerdan con los esperados dados por los catálogos y guías de referencia, en especial con respecto al tiempo de aceleración y las corrientes.

TRABAJOS FUTUROS:

Para dar continuidad a la investigación es necesario complementar:

- a. Modelo de la red desde la S/E
- b. Sistema de catenaria - pantógrafo
- c. Modelar una unidad completa con sus cuatro motores
- d. Modelar el sistema de la batería y esquemas de carga y descarga

El presente trabajo sirve de base para realizar múltiples análisis tales como:

1. Desde el punto netamente energético es necesario realizar una simulación en el largo plazo y comparar el costo de operación del tranvía con autobuses de combustión interna.
2. Desde la perspectiva de impacto a la red es necesario identificar una S/E y analizar su nuevo régimen de operación y verificar el impacto del tranvía en su cargabilidad y el envejecimiento de sus activos por el incremento de la demanda.

RECOMENDACIONES

Los autores sugieren que los datos de las pruebas dinámicas sean contrastados con las simulaciones.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su gratitud con los personeros del GAD Municipal de Cuenca por la apertura para esta investigación.

7. ANEXOS

Anexo 1: Esquema general del circuito y la simulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ¿Cómo se mueven los cuencanos?, Plan de movilidad de Cuenca, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Canton Cuenca, Retrieved October 8, 2015, from <http://www.cuenca.gob.ec/?q=system/files/planmovilidadcaracdemanda.pdf>.
- [2] Vía Libre (25 de mayo de 2015). Primer tranvía para la ciudad ecuatoriana de Cuenca. La Revista del Ferrocarril. Recuperado de <http://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=15270>
- [3] Consorcio de los Cuatro Ríos Cuenca. (n.d.). Retrieved July 21, 2015, from <http://www.consorcio4rios.com/>
- [4] ITDP. "What is BRT?". Julio 2015. [Online]. <https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/what-is-brt/>
- [5] Rubio Soto Daniel. UPCommons. "Caracterización de motores de inducción trifásicos en aplicaciones de tracción". Julio 2015. [Online]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23255/Mem%20ria.pdf?sequence=2>
- [6] Fernandez Merodo, J. A., & Pastor Perez, M. . Análisis mediante elementos finitos del acoplamiento dinámico catenaria-pantógrafo, (1998).
- [7] Mutrans(19 de diciembre de 2013). Memoria Estudio de viabilidad de la conexión tranviaria de la actual Línea 1 desde la Plaza Circular hasta la Estación del Carmen. Anexo 5. Análisis de sistemas de alimentación eléctrica. Recuperado de http://www.mutrans.es/upload/pdf/01_estudio_de_viabilidad/01_anexos/anexo_5_an_lisis_de_sistemas_de_alimentaci_n_el_ctrica_v03.pdf
- [8] Torres Francisco. Transporte público y movilidad urbana sostenible (ecomovilidad.net). "¿Qué es la LAC? (Línea de Alta Capacidad)". Julio 2015. [Online]. <https://ecomovilidad.net/granada/que-es-la-lac/>
- [9] Montesdeoca Cuzo, R. W., & Vásconez Barros, E. J. Análisis de los niveles de servicio mediante la implementación del tranvía en la ciudad de Cuenca, (2015).
- [10] Lesser, M.; L. Karlsson y L., Drugge, An Interactive Model of a Pantograph-Catenary System, Vehicle System Dynamics, 25, 397-412 (1996).
- [11] Ruiz Castillo, V. M., & Villacreses Novillo, H. F. (2015). Análisis de los costos operativos entre el Sistema de Transporte Público Urbano y el Tranvía de la Ciudad de Cuenca en el 2014.



Diego Xavier Morales. Nació en Cuenca, Ecuador en 1985. Recibió el título de ingeniero eléctrico en la Universidad Politécnica Salesiana en 2009; Master en Sistemas geográficos de información de la Universidad de Salzburgo - Austria en 2013; Master Redes y Edificios Inteligentes del instituto Politécnico de Grenoble Francia (INP) en 2014. Actualmente desarrolla su tesis doctoral en el INP. El Ing. Morales es docente universitario en la Universidad Católica de Cuenca y forma parte del Proyecto de Redes Inteligentes del Grupo de Investigación en Energía de la Universidad Politécnica Salesiana. Sus áreas de interés son las redes inteligentes, sistemas de información geográfica.



Ricardo David Medina.- Nació en Cuenca, Ecuador en 1985. Recibió el grado de ingeniero eléctrico por la Universidad Politécnica Salesiana en 2009, en 2011 fue reconocido con una beca del Servicio Alemán de Intercambio Académico DAAD para adelantar sus estudios doctorales en la Universidad Nacional de San Juan – Argentina (CONICET-IEE-UNSJ). En 2013 fue declarado candidato al grado de Doctor en Ingeniería, en 2014 fue invitado al Instituto de Alta Tensión de la Universidad Técnica de Aquisgrán – Alemania (IFHT-RWTH) como investigador extranjero. Actualmente es en la docente en la Universidad Politécnica Salesiana y pertenece al Proyecto de Redes Inteligentes del Grupo de Investigación en Energía. Sus areas de interés son la gestión de activos físicos en el sector eléctrico, redes inteligentes y la electro movilidad.



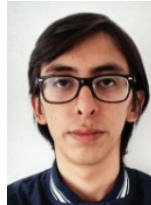
Diego G. Criollo Tacuri.- Nació en Cuenca, Ecuador en 1993. Actualmente estudia ingeniería eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca.



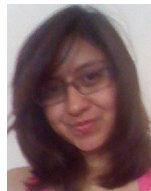
Paola Guamán Peña.- Nació en Cuenca, Ecuador en 1994. Actualmente estudia ingeniería Electrónica, mención Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca.



Javier Romero Alvarracín.- Nació en Cuenca en 1992. Actualmente estudia ingeniería eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana”, pertenece al grupo de investigación GIIB.



Sebastián Tapia Cárdenas.- Nació en Cuenca, Ecuador. Actualmente se encuentra cursando sus estudios de pregrado en la carrera de ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca y pertenece al grupo de investigación GIIB.



Paola Arévalo Camacho.- Nació en Machala, Ecuador en 1989. Actualmente estudia ingeniería Electrónica mención Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca. Pertenece al Proyecto de Redes Inteligentes del Grupo de Investigación en Energía.

ANEXO

