

Hacia un Modelo de Sistema Viable para la Gestión de Estaciones de Carga de Vehículos Eléctricos en México

Edgar M. Berdeja-Rocha, Ricardo Tejeida-Padilla, Isaías Badillo-Piña
Instituto Politécnico Nacional, México

Email: ing.berdeja.ipn@gmail.com ; rtejidap@ipn.mx ; ibadillo@ipn.mx

URL ORCID: [0009-0005-7124-9983](https://orcid.org/0009-0005-7124-9983); [0000-0003-4882-8096](https://orcid.org/0000-0003-4882-8096) ; [0000-0003-4008-9161](https://orcid.org/0000-0003-4008-9161)

Resumen— En los últimos años, se ha incrementado la demanda del sector automotriz correspondiente a los autos eléctricos e híbridos. Actualmente el Plan Nacional de Desarrollo incluye dentro de sus objetivos el impulso y motivación de utilización de energías renovables, uso eficiente de la energía y mejorar la movilidad en las ciudades, con ello se enfatiza la transición hacia una movilidad eléctrica y con esto se requiere el desarrollo e innovación de infraestructura eficiente para la gestión de estaciones de carga de autos con tecnologías de movilidad eléctrica, asegurando su viabilidad operativa y sostenibilidad. En este trabajo se propone estudiar e interpretar, desde un enfoque sistémico, las problemáticas y oportunidades que presentan actualmente las estaciones de carga para sentar las bases desarrollo de un Modelo de Sistema Viable (MSV) pudiendo proporcionar las herramientas sistémicas adecuadas para mejorar la gestión de recursos energéticos y administrativos que mejoren la operatividad de estos sistemas de carga.

Palabras Clave — Estaciones de carga, gestión, energía, modelo sistema viable, Ciencia de Sistemas.

Abstract- In recent years, demand from the automotive sector for electric and hybrid cars has increased. Currently, the National Development Plan includes among its objectives the promotion and motivation of the use of renewable energies, efficient use of energy and improving mobility in cities, thereby emphasizing the transition towards electric mobility and with this the development and innovation of efficient infrastructure is required for the management of car charging stations with electric mobility technologies, ensuring their operational functionality and sustainability. This work proposes to study and interpret, from a systemic approach, the problems and opportunities currently presented by charging stations to lay the foundations for the development of a Viable System Model (MSV), being able to provide the appropriate systemic tools to improve the management of energy and administrative resources that improve the operation of these charging systems.

Keywords – Charging stations, management, energy, viable system model, Systems Science.

I. INTRODUCCIÓN

La tendencia actual y programas futuros en cuanto a una movilidad eléctrica total en México implican un gran impulso para motivar a los usuarios, productores, inversionistas y empresarios de utilizar y producir autos eléctricos, así como de una infraestructura técnica que respalde su utilidad y una gestión eficiente para llevar a cabo el diseño de las estaciones de carga de los diversos tipos de vehículos con tecnologías de tracción eléctrica [1].

En este trabajo de investigación se desarrollan las bases para construir un modelo que mejora la gestión de los recursos energéticos de las estaciones de carga realizando el estudio de los sistemas de la realidad, buscando la comprensión y conceptualización de los elementos del sistema a estudiar, el método sistémico ayuda a mejor la información y se unifican las ideas para buscar con eficacia la resolución de problemas y plantear los niveles de gestión operativa que debe de tener una estación de carga en México [2].

Posteriormente, el diseñar un modelo de gestión para las estaciones de carga, da como resultado que se minimicen los problemas de utilización de recursos tanto energéticos como económicos en estos proyectos en materia de electromovilidad que se planean implementar a futuro en las ciudades.

II. METODOLOGÍA/DESARROLLO

A. Metodología de Intervención Total de Sistemas

Buscando la comprensión y conceptualización de los elementos del sistema a estudiar, a través de un método sistémico se pueden identificar y organizar mejor las problemáticas dentro del sistema, por lo que se ha seleccionado a la Metametodología de Intervención Total de Sistemas (por sus siglas TSI) siendo esta la más adecuada, que como plantea Jackson [3], ya que permite ahondar más sobre las situaciones problemáticas que no pueden ser entendidas sobre un solo enfoque en los sistemas de carga. El alcance de esta metametodología está en buscar un acuerdo de objetivos entre

los actores y entidades relacionadas dentro del sistema que involucra las estaciones de carga; de esta manera se pueden elegir otras metodologías para la gestión de las problemáticas que tienen actualmente los proyectos de las estaciones de carga de autos eléctricos.

La Intervención Total de Sistemas (TSI) define la situación de la problemática de las estaciones en dos dimensiones. La primera, organiza los problemas de acuerdo con que tan complejos sean y los deriva en si son simples o complejos. Los simples son sistemas deterministas, tienen pocas variables y poca interrelación entre ellas [3]. Una vez realizada su matriz contexto problema, se pudo identificar que la problemática fluctúa entre lo unitario/pluralista, por lo que se opta por el desarrollo del Modelo de Sistema Viable (MSV) y la Metodología de Sistemas Suaves (MSS) como herramientas que se adecúan al tipo de sistema con carácter organizacional y funciones de operación de los sistemas de carga de autos eléctricos.

Previamente a realizar el MSV, mediante la MSS, ya se han identificado los actores y entidades que deben intervenir en un sistema de carga de autos eléctricos, tal como se muestra en la Figura 1 y a su vez ya se ha identificado su interrelación que deben tener cuando se comienzan a plantear los niveles de gestión en el sistema.

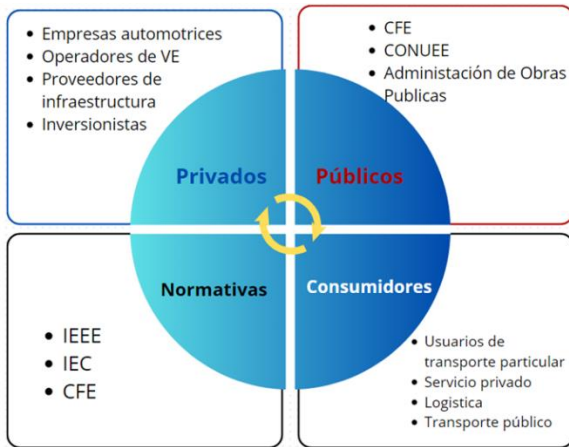


Figura 1.- Actores y Entidades involucradas en las Estaciones de carga.

B. Modelo de Sistema Viable (MSV)

El medio ambiente donde se desarrolla el sistema de carga de autos eléctricos en México se puede observar en la Figura 2. En el ecosistema se plantea la dinámica de flujo de las interacciones entre los actores, agrupándolos a través de los entornos a los que pertenecen [4]. Las relaciones más relevantes se encuentran en función del objetivo principal de estudio, que es el sistema de gestión y sus problemáticas actuales.

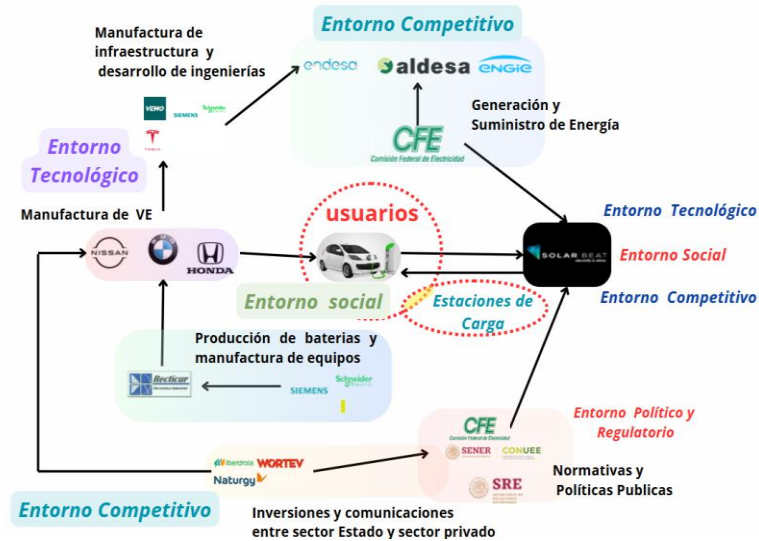


Figura 2.- Medio ambiente del Sistema de una Estación de Carga Implementada en México.

La integración de los sistemas relevantes con sus relaciones se puede observar en la Figura 3, el ambiente y las relaciones e interacciones que tienen los sistemas relevantes entre sí, mostrando también simbología y acotaciones en lenguaje de redes para una mejor comprensión de su implementación en la realidad, tal como se lleva a cabo en ingenierías preliminares de proyectos eléctricos [5]. También se muestran de forma general la interconexión con los sistemas en un ambiente rural, puesto que el alcance en la visión del mundo se contempla.

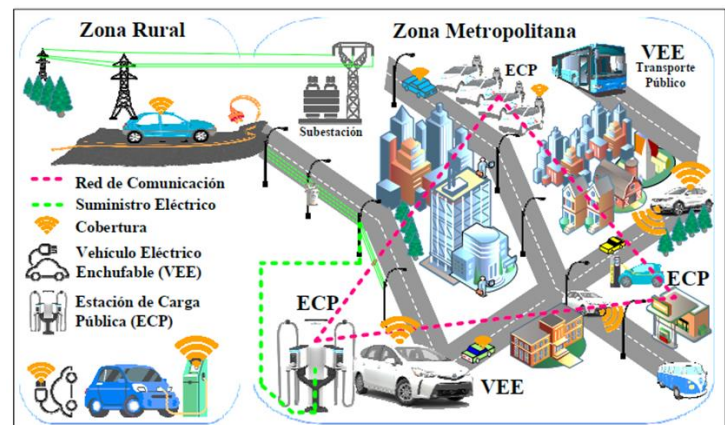


Figura 3.- Esquema de la Estructura General de las Bases de los Sistemas Relevantes de un Sistema de Carga [6].

Una vez identificadas las bases, las relaciones y su interacción de los elementos y entidades bases de los mismos sistemas relevantes, ahora se puede construir la forma del MSV adaptado a las características específicas ya mencionadas y estudiadas en las estaciones de carga de México, considerando sus condiciones de infraestructura, políticas energéticas, y necesidades de los usuarios de autos eléctricos y operadores [6]. Con la formulación del MSV se enfatizan los procesos

esenciales, las interacciones entre los actores involucrados, y los niveles de gerencia o gobernanza que tiene el sistema general y los subsistemas.

Partiendo de la interpretación previa de las interacciones e identificación de las bases de los sistemas relevantes, se plantea el siguiente modelo general del MSV, como se observa en la Figura 4.

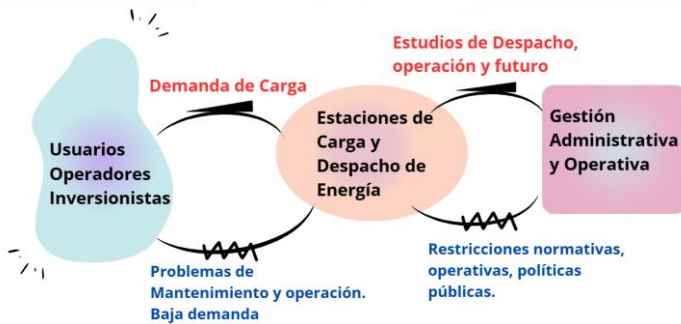


Figura 4.- Modelo de Sistema Viable Simplificado de la Gestión de un Sistema de Carga.

Los elementos atenuadores son las restricciones que se interponen en materia de normativa y de políticas públicas; es decir todos los criterios de carácter administrativo que se aplican previamente antes de implementar el sistema de gestión de la estación de carga [6].

Para la estructura del Modelo de Sistema Viable de la gestión de la estación de carga, intervienen directamente los canales de intervención de acuerdo a las necesidades de cada sección del Modelo, que son:

- Canal 1: Intervención y Regulación
- Canal 2: Asignación de Recursos
- Canal 3: Interrelaciones Operativas
- Canal 4: Interrelaciones con el Entorno
- Canal 5: Coordinación = Sistema 2
- Canal 6: Monitoreo = Sistema 3*

Tal como se ha explicado la implementación del Modelo de Sistema Viable para, se puntualiza que el sistema 3 es la columna vertebral de la gestión operativa de la estación de carga. Su capacidad para recopilar, monitorear y actuar sobre datos de demanda de carga y de parámetros eléctricos para el despacho de la misma energía, garantiza un funcionamiento eficiente y rentable, tal como acciona directamente el enfoque sistémico a través de estas herramientas sistémicas para el uso eficiente de la energía [7]. También es el puente entre las operaciones diarias (Sistema 1) y las decisiones estratégicas a largo plazo (Sistema 5), tal como se observa en la Figura 5.

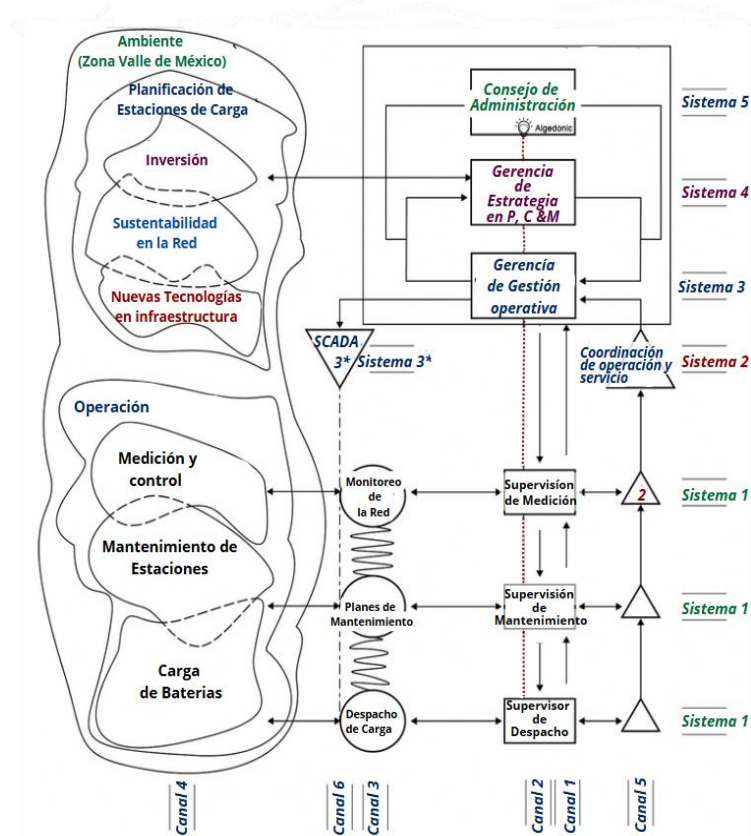


Figura 5.- Modelo de Sistema Viable de la Gestión de una Estación de Carga de Autos Eléctricos

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del Modelo de Sistema Viable simplificado en la Figura 4, se puede realizar un desglose de los subsistemas del modelo de gestión, en los niveles pertinentes del MSV.

El primer nivel del sistema incluye los valores del sistema, las conexiones físicas, el control y las funciones de dirección.

En el segundo nivel, estos valores se agrupan en cifras operacionales.

En el tercer nivel, las cifras operacionales se utilizan para determinar el estado y las tendencias del sistema. Además, incluye intervenciones autónomas que aseguran la estabilización del sistema de carga. En comparación con el MSV, este nivel refleja procedimientos de retroalimentación.

El cuarto nivel combina el estado del sistema con datos adicionales del entorno externo. La información ambiental se obtiene mediante datos específicos filtrados. Este nivel también contiene las instrucciones para modificar una estrategia operativa superior.

La estrategia operativa se encuentra en el quinto nivel. En este nivel, se calculan los modificadores, que son los valores que regulan el sistema, como la disponibilidad de energía y la capacidad de generación de energía.

A medida que se abstrae la información del sistema se va comprimiendo y volviendo más abstracta, lo que reduce la complejidad general. Sin embargo, a medida que se abstrae la información, los niveles más altos no disponen de detalles sobre todas las variables del sistema.

IV. CONCLUSIONES

Con la aplicación de la Metametodología de Intervención Total de Sistemas, se destacan los problemas de los actores en la gestión de estaciones de carga con múltiples dimensiones que no se abordan en las estaciones actuales en operación de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Los problemas que existen en el fenómeno bajo estudio se pueden abordar con herramientas de sistemas, tales como la Metodología de Sistemas Suaves, en la cual se ha podido resaltar que la demanda creciente de infraestructura es importante para la motivación en la adopción de vehículos eléctricos en el Valle de México, ya que plantea la necesidad urgente de desarrollar una red de estaciones de carga adecuada para satisfacer la demanda de energía futura. Esto requiere no solo de un incremento en la cantidad de estaciones de carga, sino también de su distribución estratégica, considerando al Valle de México como una urbe de gran flujo y parque vehicular.

Para el diseño del Modelo de Gestión, se ha encontrado que existe un problema actual en la implementación de un sistema sostenible para las estaciones de carga y esto resalta en las etapas 2 y 3 de la Metodología de Sistemas Suaves, ya que se requiere una planificación y gestión tanto técnica como administrativa y operativa del negocio de las estaciones de carga para que sean vistas como un sistema viable económicamente para las empresas que lleven a cabo estos proyectos.

El uso del Modelo de Sistema Viable en la gestión de estaciones de carga ha proporcionado una nueva forma de estructura para la gestión de una Estación de Carga de Vehículos Eléctricos pudiendo proporcionar novedades en su diseño para implementación y operación del sistema de estaciones de carga.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo brindado.

DECLARACIÓN ÉTICA

Los autores declaran que no existen conflictos de interés en la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, "Movilidad y transporte," 2015. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/biodiesel-movilidad-y-transporte?state=published>.
- [2] L. G. Sánchez, M. Fabela, M. E. Cruz, y O. Flores, "Electromovilidad. Una nueva modalidad en el sector transporte," *Instituto Mexicano del*

Transporte, publicación bimestral de divulgación externa, *NOTAS*, no. 189, enero-febrero 2021.

- [3] M. C. Jackson, *Systems Thinking: Creative Holism for Managers*. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons, 2003.
- [4] S. Beer, *The Brain of the Firm: The Managerial Cybernetics of Organization*, 2nd ed. London, U.K.: Allen Lane, The Penguin Press, 1981.
- [5] M. Boucetta, N. U. Ibne Hossain, R. Jaradat, C. Keating, S. Tazzit, and M. Nagahi, "The architecture design of electrical vehicle infrastructure using viable system model approach," *Systems*, vol. 9, no. 1, p. 19, 2021. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.3390/systems9010019>.
- [6] M. Campaña and E. Inga, "Despliegue óptimo georreferenciado de estaciones de carga vehicular pública considerando capacidad de flujo y distancias máximas habilitantes," *I+DTecnológico*, vol. 15, no. 2, pp. 68–78, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33412/idt.v15.2.2248>.
- [7] B. Wachter, "Un enfoque sistémico del uso final de la energía," *Energy Efficiency is Connected*, 15 de abril de 2022.