Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,
Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

MODELO BAYESIANO Y DE CADENAS DE MARKOV PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN EL SERVICIO DE INTERNET: CASO MÁS FIBER HOME

BAYESIAN AND MARKOV CHAIN MODEL FOR DETECTING INTERNET SERVICE FAILURES: THE CASE OF MÁS FIBER HOME

Cristian Stalin Sancho López
Instituto Superior Tecnológico Huaquillas, Ecuador

Paquita Alejandra Cuadros García
Instituto Superior Tecnológico Rey David, Ecuador

Jessica Pilar Alejandro Becerra
Instituto Superior Tecnológico Huaquillas, Ecuador

Johanna Elizabeth Córdova Cueva
Instituto Superior Tecnológico Huaquillas, Ecuador

Ruben Darío Castro Velazques
Instituto Superior Tecnológico Huaquillas, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1.22684

Modelo Bayesiano y de Cadenas de Markov para la Detección de Fallas en el Servicio de Internet: Caso Más Fiber Home

Cristian Stalin Sancho López [1]
cssancho@isthuaquillas.edu.ec
c.sancho.lopez@posgradountumbes.edu.pe
https://orcid.org/0000-0002-2974-5896
Instituto Superior Tecnológico Huaquillas, Universidad Nacional de Tumbes.
Ecuador

Paquita Alejandra Cuadros García
cuadros.paquita@itred.edu.ec
p.cuadros.garcia@posgradountumbes.edu.pe
https://orcid.org/0000-0002-0734-6114
Instituto Superior Tecnológico Rey David, universidad Nacional de Tumbes.
Ecuador

Jessica Pilar Alejandro Becerra
jpalejandro@isthuaquillas.edu.ec
https://orcid.org/0000-0003-1612-2988
Instituto Superior Tecnológico Huaquillas
Ecuador

Johanna Elizabeth Córdova Cueva
jecordova@isthuaquillas.edu.ec
https://orcid.org/0009-0009-6319-7318
Instituto Superior Tecnológico Huaquillas
Ecuador

Ruben Darío Castro Velazques
rcastro@isthuaquillas.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-9142-7496
Instituto Superior Tecnológico Huaquillas
Ecuador

RESUMEN

La calidad del servicio de Internet es un factor determinante para la experiencia del usuario y la eficiencia operativa de los proveedores. Por ello en esta investigación se aplica modelos probabilísticos para mejorar el servicio de internet. El objetivo principal fue analizar los reportes técnicos generados por los usuarios, identificando patrones recurrentes y estimando probabilidades condicionales que orienten la toma de decisiones técnicas, adoptando un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo-aplicado, tomando como base una muestra de 1.320 reportes registrados en la plataforma interna de atención de la empresa Más FiberHome, durante enero a mayo 2025. Se clasificaron los tipos de fallas, codificando los estados del sistema, y elaborando una matriz de transición que permitió modelar la evolución del servicio, aplicando el modelo de cadenas de Markov. Luego, se aplicó la inferencia bayesiana para establecer relaciones causales entre síntomas y fallas reportadas. Los resultados indicaron que las fallas en la fibra óptica explican más del 50 % de los casos de desconexión total, mientras que la congestión de red es la principal causa de lentitud en la navegación. Estos hallazgos permiten implementar mejoras técnicas enfocadas y con base en evidencia. En conclusión, el modelo propuesto resulta eficaz para optimizar la gestión operativa de proveedores locales de Internet.

Palabras clave: internet de banda ancha, detección de fallos, modelo bayesiano, cadenas de Markov, servicios de telecomunicaciones

[1] Autor principal
Correspondencia: cssancho@isthuaquillas.edu.ec

Bayesian and Markov Chain Model for Detecting Internet Service Failures: The Case of Más Fiber Home

ABSTRACT

The quality of Internet service is a determining factor for user experience and the operational efficiency of providers. Therefore, this research applies probabilistic models to improve Internet service. The main objective was to analyze technical reports generated by users, identifying recurring patterns and estimating conditional probabilities to guide technical decision-making, adopting a descriptive-applied quantitative approach based on a sample of 1,320 reports recorded on the internal customer service platform of the company Más FiberHome between January and May 2025. The types of failures were classified, the system states were coded, and a transition matrix was developed that allowed the evolution of the service to be modeled, applying the Markov chain model. Bayesian inference was then applied to establish causal relationships between symptoms and reported failures. The results indicated that fiber optic failures account for more than 50% of total disconnection cases, while network congestion is the main cause of slow browsing speeds. These findings allow for the implementation of focused, evidence-based technical improvements. In conclusion, the proposed model is effective in optimizing the operational management of local Internet providers.

***Keywords*:** broadband internet, fault detection, Bayesian model, Markov chains, telecommunications services

Artículo recibido 17 diciembre 2025

Aceptado para publicación: 22 enero 2026

INTRODUCCIÓN

El tema que se aborda en este artículo es Modelo Bayesiano y de Cadenas de Markov para la detección de fallas en el servicio de internet: caso Más Fiber Home, empresa dedicada a la proveeduría de servicio de internet ubicada en la ciudad de Huaquillas, Provincia de El Oro en Ecuador.

El acceso constante a Internet se ha convertido en un elemento esencial para el funcionamiento de hogares, empresas y gobiernos. La demanda creciente por servicios estables y de alta disponibilidad ha planteado nuevos desafíos para los proveedores de Internet, especialmente aquellos que operan en contextos regionales como Más Fiber Home. En este tipo de entornos, las interrupciones recurrentes del servicio no solo afectan la experiencia del usuario, sino que también generan una pérdida progresiva de confianza y reputación en la empresa.

La detección oportuna de fallas se presenta como una prioridad estratégica para los ISP, ya que permite tomar decisiones preventivas antes de que los problemas escalen a niveles críticos. En este contexto, los modelos probabilísticos ofrecen una alternativa sólida para abordar la incertidumbre y la variabilidad de las condiciones operativas.

En particular, las cadenas de Markov permiten representar la transición entre distintos estados del sistema (por ejemplo: normal, inestable, crítico), mientras que el modelo bayesiano facilita el diagnóstico de causas probables de fallas a partir de síntomas o reportes detectados.

Diversos estudios respaldan la efectividad de estas metodologías combinadas. Según Pathmika, Khan y Pathmika (2019), el uso conjunto de modelos ocultos de Markov y redes bayesianas “permite realizar un diagnóstico basado en la evolución temporal de los eventos, ofreciendo una evaluación más robusta frente a modelos convencionales” (p. 1194). A su vez, Rebello, Yu y Ma (2018) aplican un modelo híbrido de red bayesiana dinámica con HMM para evaluar la confiabilidad funcional de sistemas complejos, concluyendo que este enfoque “es especialmente eficaz cuando existen múltiples fuentes de incertidumbre” (p. 105).

Más recientemente, Tarcsay et al. (2024) proponen un sistema basado en análisis de modos y efectos de falla (FMEA) y redes bayesianas para identificar eventos críticos en procesos técnicos de alto riesgo, integrando criterios de seguridad y confiabilidad operacional (p. 6).

Estas investigaciones evidencian que los modelos basados en probabilidades son herramientas eficaces

para el monitoreo y diagnóstico de sistemas donde existe incertidumbre estructural y limitada visibilidad sobre las causas de los problemas. En este marco, resulta pertinente aplicar dichos enfoques al análisis del servicio de Internet de Más Fiber Home, con el fin de anticipar fallos, reducir tiempos de respuesta y optimizar la calidad del servicio percibido por el usuario.

La investigación se realiza en el contexto del servicio de provisión de Internet de un proveedor local, específicamente la empresa Más Fiber Home, en un escenario marcado por el crecimiento acelerado de la conectividad digital y la creciente dependencia social, educativa y económica del acceso estable a Internet. Históricamente, el servicio de telecomunicaciones ha evolucionado desde infraestructuras básicas y reactivas hacia modelos más complejos, donde la gestión de fallas ya no puede basarse solo en la experiencia empírica del personal técnico, sino en el análisis sistemático de datos. En el plano social, la masificación del teletrabajo, la educación virtual y los servicios digitales ha elevado las expectativas de los usuarios y ha intensificado la presión sobre los proveedores para ofrecer continuidad y calidad. En este marco, la investigación surge como respuesta a una problemática recurrente: la alta frecuencia de reportes técnicos y la necesidad de optimizar la toma de decisiones operativas mediante herramientas estadísticas avanzadas, analizando 1.320 reportes generados entre enero y mayo de 2025, lo que permite comprender el comportamiento histórico del servicio y proponer mejoras basadas en evidencia cuantitativa

Este artículo tiene como objetivo analizar los reportes técnicos generados por los usuarios, identificando patrones recurrentes y estimando probabilidades condicionales que orienten la toma de decisiones técnicas, todo esto aplicando un modelo combinado de cadenas de Markov y teoría bayesiana para detectar y diagnosticar fallas en el servicio de Internet de Más Fiber Home.

METODOLOGÍA

El presente artículo se desarrolló en el entorno operativo de Más Fiber Home, proveedor de servicios de Internet ubicado en el cantón Huaquillas, provincia de El Oro, Ecuador, aplicando un enfoque cuantitativo. Siendo una investigación aplicada y correlacional porque permite aplicar cadenas de Markov y teoría Bayesiana para el diagnóstico de fallas en el servicio de Internet de Más Fiber Home, logrando relacionar las variables como son como: tipo de falla, estado del sistema (óptimo, lento, intermitente o caído), causa probable y tiempo de resolución.

En una primera etapa, se construyó una matriz de transición de estados del sistema utilizando el modelo de cadenas de Markov, con base en la frecuencia relativa observada entre los distintos estados operativos. Este enfoque es ampliamente utilizado para modelar la dinámica de servicios de telecomunicaciones, como lo destacan Salem y Woldegebreal (2022), quienes aplicaron este modelo en contextos similares para representar la evolución de estados funcionales en redes digitales.

Tabla 1 Matriz de transición entre estados operativos del servicio de Internet

Estado actual → / Estado siguiente ↓	**Óptimo**	**Lento**	**Intermitente**	**Caído**
Óptimo	0.80	0.10	0.05	0.05
Lento	0.15	0.60	0.15	0.10
Intermitente	0.10	0.20	0.50	0.20
Caído	0.05	0.10	0.10	0.75

Fuente: elaboración propia (2025)

Posteriormente, se aplicó la teoría bayesiana para inferir la probabilidad de que una causa técnica determinada haya generado un síntoma observado. Para ello, se elaboró una tabla de probabilidad condicional basada en los registros, lo que permitió estimar relaciones como: "Si el usuario reporta desconexión total, ¿cuál es la probabilidad de que se trate de un corte de fibra óptica?". Este tipo de aproximación se ha demostrado eficaz en estudios recientes sobre redes ópticas, como el desarrollado por Das, Imteyaz y Bapat (2021), quienes emplearon redes bayesianas para anticipar fallas técnicas a partir de observaciones de comportamiento anómalo.

El diseño usado en esta investigación en observacional ya que evalúa la relación entre las variables seleccionadas.

Como insumo para el desarrollo de esta investigación se tomó una muestra de 1.320 reportes generados entre enero y mayo de 2025, almacenados en la plataforma informática de la Empresa Más Fiber Home, usando el sistema de muestreo aleatorio simple ya que los reportes seleccionados fueron elegidos a través de sorteo, es importante aclarar que los datos fueron entregados por el gerente de la empresa, respaldando que son datos reales generados en la institución.

La técnica de recolección empleada es la revisión documental de registros históricos almacenados en la aplicación interna de gestión de tickets técnicos de la empresa, la cual contiene información relevante sobre las fallas reportadas por los usuarios, su frecuencia y las soluciones aplicadas, utilizando la base

de datos de la empresa como instrumento de recolección.

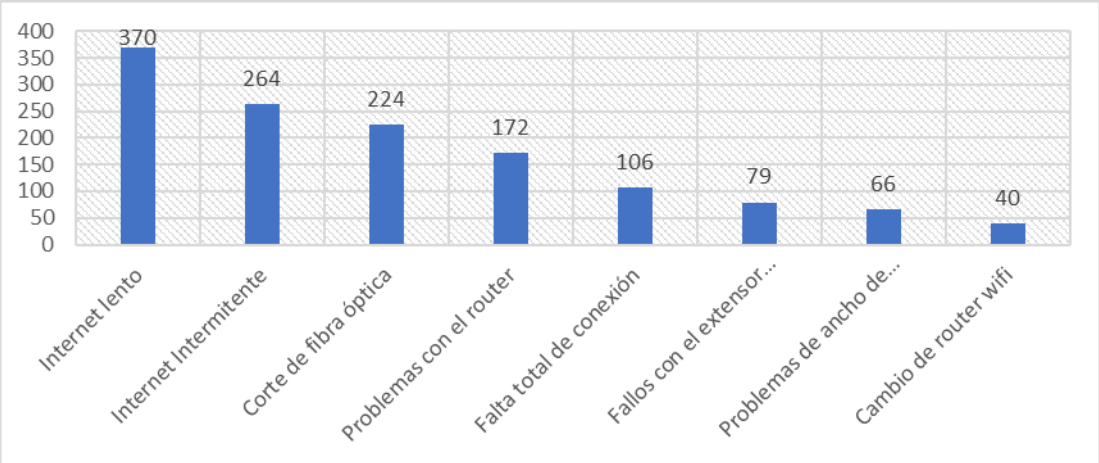
En el desarrollo de esta investigación se debieron considerar principios éticos orientados a garantizar la responsabilidad, la confidencialidad y el uso adecuado de la información analizada. En primer lugar, los reportes técnicos utilizados como fuente de datos fueron tratados de manera anónima, evitando la identificación directa o indirecta de los usuarios, lo que protege su privacidad y cumple con los principios de confidencialidad de la información. Asimismo, el uso de los datos se limitó exclusivamente a fines académicos y de mejora del servicio, sin alterar, manipular o tergiversar los resultados obtenidos. La investigación mantuvo un enfoque objetivo y transparente en la aplicación de los modelos bayesianos y de cadenas de Markov, respetando la integridad científica y evitando sesgos intencionales en la interpretación de los hallazgos. Finalmente, se consideró la responsabilidad social del estudio, orientando sus conclusiones a la optimización del servicio de Internet y al beneficio de los usuarios, sin generar perjuicios para la empresa ni para la comunidad a la que presta servicio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo comprendido entre enero y mayo de 2025, se registraron un total de 1.320 reportes técnicos relacionados con fallas en el servicio de Internet brindado por Más Fiber Home. Esta información fue extraída de la aplicación interna de gestión de tickets técnicos, la cual recopila los incidentes generados por los usuarios del servicio en el cantón Huaquillas, provincia de El Oro.

Los reportes fueron clasificados por tipo de falla. Se identificó que la categoría más frecuente fue Internet lento, con aproximadamente 370 reportes (28 %), seguida de Internet intermitente (264 reportes, 20 %) y corte de fibra óptica (224 reportes, 17 %). Las demás categorías incluyeron: problemas con el router (13 %), falta total de conexión (8 %), fallos con el extensor de señal (6 %), problemas de ancho de banda (5 %) y solicitudes de cambio de router wifi (3 %).

Figura 1 Frecuencia de los tipos de fallas reportadas entre enero y mayo de 2025



Fuente: elaboración propia con base en registros técnicos de Más Fiber Home (2025)

En relación con la evolución del estado del servicio, se aplicó un modelo de cadenas de Markov de primer orden, utilizando como estados: Óptimo, Lento, Intermitente y Caído. Si bien la matriz de transición se construyó con base en las frecuencias observadas, sus valores fueron utilizados exclusivamente para la simulación descrita en la metodología, sin representarse visualmente en esta sección.

En la segunda parte del análisis, se aplicó la teoría de Bayes para estimar la probabilidad posterior de que una causa técnica haya provocado un síntoma reportado por el usuario.

Ante el síntoma "desconexión total" (E1), se definieron las siguientes causas posibles:

- F1: Falla en fibra óptica → P(F1) = 0.40
- F2: Falla en router → P(F2) = 0.30
- F3: Sobrecarga en red → P(F3) = 0.15
- F4: Configuración errónea → P(F4) = 0.15

Y las probabilidades condicionales:

- P(E1|F1) = 0.95, P(E1|F2) = 0.60, P(E1|F3) = 0.20, P(E1|F4) = 0.30

Calculando P(E1) = 0.635

Se obtuvo: P(F1|E1) = (0.95 × 0.40) / 0.635 ≈ 0.598

Es decir, una probabilidad del 59,8 % de que la desconexión total se deba a un fallo en la fibra óptica.

Posteriormente, se aplicó la misma metodología para el síntoma "Internet lento" (E2), con las siguientes causas:

- F1: Congestión de red → P(F1) = 0.35
- F2: Problema en router → P(F2) = 0.25
- F3: Falla en fibra óptica → P(F3) = 0.25
- F4: Configuración inadecuada → P(F4) = 0.15

Probabilidades condicionales:

- P(E2|F1) = 0.85, P(E2|F2) = 0.60, P(E2|F3) = 0.45, P(E2|F4) = 0.50

Calculando P(E2) = 0.635

Se obtuvo: P(F1|E2) = (0.85 × 0.35) / 0.635 ≈ 0.469

Lo que indica una probabilidad del 46,9 % de que la causa principal del síntoma "Internet lento" sea congestión de red.

Estos cálculos se resumen a continuación:

Tabla 2 Probabilidad posterior de causas técnicas en función del síntoma reportado

Síntoma reportado	Causa probable inferida	Probabilidad posterior (%)
Desconexión total	Falla en fibra óptica	59,8 %
Internet lento	Congestión de red	46,9 %

Fuente: elaboración propia con base en inferencias bayesianas simuladas (2025)

Los resultados obtenidos permiten establece que los hallazgos obtenidos se articulan de manera coherente con la teoría probabilística que sustenta el uso de modelos bayesianos y de cadenas de Markov en sistemas dinámicos e inciertos, como lo es la prestación del servicio de Internet. La teoría de Markov respalda la modelación de la evolución del estado del servicio a partir de transiciones entre condiciones observables (óptimo, lento, intermitente y caído), lo cual coincide con enfoques utilizados en investigaciones previas sobre confiabilidad de redes y gestión de fallas, donde se asume que el estado futuro depende del estado inmediato anterior. De igual forma, la inferencia bayesiana se alinea con antecedentes que destacan su utilidad para la detección de causas probables a partir de síntomas reportados, especialmente en contextos donde la información es incompleta o incierta. En comparación con otros estudios, se observa similitud en la identificación de la congestión de red y las fallas en la infraestructura como factores críticos; sin embargo, a diferencia de investigaciones que priorizan

simulaciones teóricas o datos de grandes operadores, este trabajo se contrapone al centrarse en un proveedor local y en datos reales de gestión operativa, lo que refuerza su validez contextual, aunque limita su generalización a entornos de mayor escala.

El estudio radica en la integración práctica de modelos bayesianos y cadenas de Markov aplicados a un proveedor local de Internet, un enfoque poco explorado en la literatura regional, donde predominan análisis descriptivos tradicionales. Lo controversial del trabajo se sitúa en el uso de probabilidades condicionales estimadas a partir de la experiencia técnica y registros históricos, lo que abre el debate sobre la necesidad de combinar métodos estadísticos formales con conocimiento empírico. En cuanto a las perspectivas teóricas, el modelo propuesto permite ampliar futuras investigaciones hacia enfoques predictivos y de aprendizaje automático, incorporando series temporales más extensas y mayor número de variables. A nivel práctico, los resultados ofrecen aplicaciones directas en la priorización de recursos técnicos, reducción de tiempos de respuesta y mejora de la calidad del servicio, fortaleciendo la toma de decisiones basada en evidencia. Finalmente, el trabajo es pertinente y coherente con la línea de investigación en análisis de datos, estadística aplicada y optimización de servicios tecnológicos, al aportar un marco metodológico replicable en contextos similares y con impacto tangible en la gestión operativa.

CONCLUSIONES

La aplicación combinada del modelo de cadenas de Markov y la teoría bayesiana permite identificar de forma más precisa las causas técnicas de las fallas reportadas por los usuarios del servicio de Internet en el contexto de Más Fiber Home. A diferencia de un enfoque meramente descriptivo, este artículo demuestra que la integración de métodos probabilísticos mejora el diagnóstico de eventos operativos al considerar tanto la transición entre estados como la relación causa-efecto entre síntomas y fallas.

Los resultados obtenidos tienen una implicación directa en la gestión operativa del ISP, ya que ofrecen un marco analítico que puede incorporarse en los procesos de soporte técnico y mantenimiento preventivo. El hecho de que casi el 60 % de las desconexiones totales se asocien estadísticamente a fallas en la fibra óptica, por ejemplo, brinda una base objetiva para priorizar las revisiones físicas en ese componente de la red. Asimismo, la identificación de la congestión de red como principal causa de lentitud en la conexión sugiere una revisión más detallada del balance de carga en zonas de alta demanda.

Entre los aportes novedosos del artículo destaca el uso de reportes reales de usuarios sistematizados a través de una plataforma de gestión interna, lo cual refuerza la aplicabilidad práctica del análisis. Además, se propone un esquema replicable que puede ser adaptado por otros proveedores de servicios de telecomunicaciones locales o regionales con características similares.

Al contrastar estos hallazgos con la literatura revisada, se evidencia una alineación con estudios previos que destacan el valor de los modelos probabilísticos para la toma de decisiones técnicas en entornos de incertidumbre. No obstante, este artículo contribuye con un enfoque integrado que no se limita al pronóstico de estados, sino que también evalúa inferencias causales.

Como posibles líneas futuras de investigación, se propone explorar la incorporación de técnicas de aprendizaje automático supervisado para refinar la clasificación automática de reportes y mejorar la retroalimentación al usuario. También sería valioso implementar modelos predictivos en tiempo real integrados al sistema de tickets de la empresa.

Si bien una de las limitaciones del artículo radica en que los datos se concentran en un solo cantón y se basan en reportes autogenerados por los usuarios (lo cual puede conllevar cierto sesgo subjetivo), los resultados siguen siendo válidos al haber sido tratados mediante un enfoque sistemático y basado en inferencias estadísticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bobbio, A. (2001). Mapping fault trees into Bayesian networks. Reliability Engineering & System Safety.

Boudali, A., & Dugan, J. (2005). Bayesian network approach to solve dynamic fault trees. IEEE.

Das, D., Imteyaz, M., & Bapat, J. (2021). A data-augmented Bayesian network for node failure prediction in optical networks. doi: https://arxiv.org/abs/2102.03618

Don, M. G., et al. (2019). Dynamic process fault detection and diagnosis based on a combined approach of hidden Markov and Bayesian network model. Chemical Engineering Science, 207, 1256–1271.

El-Awady, A., et al. (2021). Integration of simulation and Markov chains to support Bayesian networks. Reliability Engineering & System Safety.

Hurtado-Cortés, L. L. (2016). Detección y diagnóstico de fallas mediante técnicas de inteligencia artificial. Redalyc.

Liu, N. (2022). Fault detection and diagnosis using Bayesian network model. Process Safety and Environmental Protection, 164, 15–26.

Murphy, K. (2002). Dynamic Bayesian Networks: Representation, inference and learning. University of California.

Ocaña-Riola, R. (2009). Modelos de Markov aplicados a la investigación. Revista Española de Salud Pública, SciELO.

Oviedo Bayas, B. W. (2021). Redes bayesianas aplicadas a la predicción de errores en redes definidas por software. Revista Científica, SciELO.

Pathmika, M., Khan, F., & Don Pathmika, G. (2019). Dynamic process fault detection and diagnosis based on a combined approach of hidden Markov and Bayesian network model. Chemical Engineering Science, 1193–1205. doi:https://doi.org/10.1016/j.ces.2019.07.001

Portinale, L., et al. (2014). Dynamic Bayesian networks for reliability analysis. International Journal of Approximate Reasoning.

Rebello, S., Yu, H., & Ma, L. (2018). An integrated approach for system functional reliability assessment using Dynamic Bayesian Network and Hidden Markov Model. Reliability Engineering & System Safety, 102–110. doi: https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.07.011

Sainz, R. T. (2023). Redes bayesianas como herramienta para la detección de fallos. Dialnet.

Salem, A., & Woldegebreal, D. (2022). Review of Markov chain and its applications in telecommunication systems. En T. S. Bissyandé, e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries: AFRICON 2022 (págs. 366–385). Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06374-9_24

Soleimani, M., Campean, F., & Neagu, D. (2021). Integration of Hidden Markov Modelling and Bayesian Network for fault detection and prediction of complex engineered systems. Reliability Engineering & System Safety, 215, 107808. https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107808

Tarcsay, B., Bárkányi, Á., Németh, S., Chován, T., Lovas, L., & Egedy, A. (2019). Risk Based Fault Detection Using Bayesian Networks Based on Failure Mode and Effect Analysis. Sensors,

24(11), 3511. doi: https://doi.org/10.3390/s24113511

Tarcsay, B. L., et al. (2024). Risk-based fault detection using Bayesian networks. Sensors, 24(11), 3511. https://doi.org/10.3390/s24113511

Terán Bustamante, A., et al. (2019). Gestión de la tecnología e innovación mediante redes bayesianas. SciELO México.

Zhu, S., et al. (2015). Hidden Markov induced dynamic Bayesian network. Scientific Reports, 5, 17841.