

CIENCIA, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA



Editores: Jhenny Cayambe, Ximena Coronado y Francklin Rivas

CRÉDITOS

Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Ibarra
Ibarra: Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio Espinosa Pólit.
Cdla. “La Victoria” Teléfono: 06 2615 500 / 06 2615 631
Fax: (593)6-2615 446 Apartado Postal 10.01.12
Web Site: www.pucesi.edu.ec Email: prorect@pucesi.edu.ec

SELLO EDITORIAL

Centro de Publicaciones PUCE Web Site: www.edipuce.edu.ec
Quito, Av. 12 de octubre y Robles Apartado N° 17-01-2184
Telf. (5932) 2991 700
E-mail: publicaciones@puce.edu.ec Primera edición copyright © 2023

Título: Ciencia, Innovación y Tecnología
Editores: Jhenny Cayambe, Ximena Coronado y Francklin Rivas
Revisión de estilo y redacción: Beatriz Camero Bejarano
Concepto gráfico y diagramación: Oswaldo Portilla
ISBN: 978-9978-375-68-6

REVISIÓN DE PARES

El presente libro fue sometido al debido arbitraje y dictamen de pares evaluadores expertos en el área del conocimiento.

Propuesta de Reforzamiento de la Superestructura de un puente en la ruta del Spondylus del Ecuador *Juan Carlos Mediavilla, Luis Tinerfe Hernández, María Belén Correa* 667

Potencial del turismo termal en el cantón Urcuquí *Camila Salomé Arciniega Echeverría, Dennis Victoria Ortiz Cumbal, Elizabeth Domínguez Ruiz, Tana Vanessa Palomeque Llerena* 690

Patrimonio alimentario - Recetas de bebidas tradicionales de Imbabura Geoparque Mundial UNESCO *Sonia Lorena Arellano, Ronny Kleber Soriano, Juan Carlos Andrade, Erick Leonardo Tigse* 705

TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Kanban como herramienta de gestión para actividades en grupos de investigación informáticos *Enrique Xavier Garcés Freire, Verónica Maribel Pailiacho Mena* 733

Desarrollo de un Simulador Virtual 3D Mediante la Aplicación de Ecuaciones Cinemáticas para el Aprendizaje del Movimiento Parabólico *Daniela Alejandra Tupiza Peralta* 741

Análisis de la Disponibilidad de los Servicios en una Red de Telecomunicaciones usando software estadístico *Karen Lissette Estacio, Karen Mite* 762

Desarrollo de un sistema de adquisición de señales electromiográficas de superficie (sEMG) asequible mediante el uso de hardware y software de código abierto *Amaury José Pino, Noel Camilo Castro* 777

Importancia de la Enseñanza de Ciberseguridad en BGU en el Ecuador *Ríos Ríos Ricardo-Sebastián* 795

Un Modelo para la estimación de Temperatura en equipos tecnológicos con Ecuaciones Diferenciales con Retardo *Carlos Julio Mayorga Arias, Antonio Sirvent, Milton Henry Villacis García* 806

Aplicación Móvil de obtención de información para análisis de deterioro cognitivo *Samuel Marín, Francklin Rivas, Mary Vergara* 818

Análisis de la Disponibilidad de los Servicios en una Red de Telecomunicaciones usando *Software Estadístico*

Karen Lisette Estacio , Karen Mite 

Estacio, Karen Lisette

Instituto Superior Tecnológico ARGOS, Ecuador

Autor para correspondencia: k_estacio@tecnologicoargos.edu.ec

Mite, Karen

Instituto Superior Tecnológico ARGOS, Ecuador

kamite@tecnologicoargos.edu.ec

Resumen

A raíz del COVID-19, se produjo un mayor incremento en la demanda de las comunicaciones en línea; por ende, las empresas que se dedican a brindar los servicios de internet tuvieron que mantener la disponibilidad del servicio en su totalidad, sin interrupción. El presente estudio se elaboró con el objetivo de identificar las causas relacionadas con los elementos activos de la red HFC —como los nodos, amplificadores y equipamiento, instalados en la cabecera de esta red— y los elementos pasivos —los cables de fibra óptica y coaxial— cuyos desperfectos afectan a los servicios de una red de telecomunicaciones, tales como internet, televisión, telefonía y datos. Para tal efecto, se tomaron datos históricos del año 2020 y 2021; se seleccionaron 23 203 datos, incluidos los servicios y los tipos de causas de afectación. Se realizó un análisis descriptivo a partir del *software* estadístico SPSS; al introducir los datos, se ejecutaron los cálculos del modelo para la obtención de tablas de contingencia, frecuencias y gráficas. Los resultados mostraron la relación de dependencia entre las variables seleccionadas, su frecuencia de ocurrencia y el grado de impacto en la afectación de servicios. Se identificó que las causas de tipo interno eran atribuibles a factores de gestión de la organización con un alto porcentaje de afectación, Rx TV satelitales y *switch core* de ruteo. Entre las causas de tipo externo, considerando un factor no atribuible a la organización, los cortes de fibra óptica generaban un impacto importante en la afectación de los servicios. Estos resultados permiten que la organización impulse el desarrollo de acciones preventivas y correctivas que minimicen la ocurrencia de los eventos, cumpliendo así con lo dispuesto por la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones (ARCOTEL): garantizar la disponibilidad y estabilidad en los servicios de telecomunicaciones a los abonados.

Palabras clave: red de telecomunicaciones, HFC, servicios de telecomunicaciones, SPSS

Introducción

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) menciona que los tres pilares fundamentales en la prestación de servicios de comunicación son: la disponibilidad, resaltando que el nivel de servicio debe ser idéntico para todos los usuarios en cualquier momento y en todo lugar; la accesibilidad, es decir, que todos los clientes deben recibir el mismo trato en términos de precio y calidad de servicio donde y cuando quieran acceder a él; y, por último, la asequibilidad, relacionada con el precio del servicio, que no debe ser prohibitivamente alto para no repercutir negativamente en el acceso.

En este orden de ideas, a nivel del territorio ecuatoriano, las empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones, con títulos habilitantes emitidos por la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones (ARCOTEL), deberán cumplir con los requisitos de mantener la disponibilidad del servicio por las razones antes nombradas, mantener su título de habilitantes y continuar ofreciendo sus servicios en el mercado.

Para mantener la disponibilidad del servicio de telecomunicaciones es necesario contar con la estabilidad del funcionamiento de todos los elementos de la red de telecomunicaciones, desde el equipamiento de la cabecera, siguiendo con la red de distribución, hasta llegar a la última milla de conexión del abonado o usuario final, ya que, si esta no se mantiene estable, el servicio tampoco lo estará.

Tras la crisis mundial del COVID-19, el servicio de acceso a internet es considerado, especialmente, como un servicio básico; su disponibilidad y acceso en los hogares demanda estabilidad y anchos de banda adecuados para la realización de labores como el teletrabajo, la telemedicina y la teleeducación, de forma que se responda a las necesidades que se pusieron de manifiesto.

Las empresas de telecomunicaciones conciben la gestión del servicio de forma más integrada, compleja y orientada al cliente; antes operaban de manera separada, en términos tecnológicos, mientras que en la actualidad se unifican sobre una única plataforma de red escalable, convergente y flexible de próxima generación, proporcionando una diversidad de servicios en banda ancha para la satisfacción de los abonados y sin perder de vista todos los aspectos que permiten mejorar continuamente la eficacia, reducir los tiempos de entrega en el servicio y garantizar su disponibilidad (Cordero y Pérez, 2009).

Considerando, por adelantado, que los servicios que oferta una red de telecomunicaciones —sea internet, televisión, telefonía o datos— deben de estar siempre disponibles para los usuarios, es preciso un estudio para identificar cuál de estos servicios sufre más interrupciones dentro de la ciudad de Guayaquil y la causa que hace que este evento suceda, con el fin de que la empresa de telecomunicaciones realice acciones correctivas y mejoras.

A través de la estadística descriptiva se trabajó el proceso analítico de datos, identificando las causas de mayor impacto en la afectación de servicios ofertados por la empresa de telecomunicaciones. Se utilizó el *software* estadístico informático SPSS; se inició con una planificación de datos y se realizó el análisis para la posterior presentación y distribución de los resultados.

Revisión teórica

Red de Telecomunicaciones

Una red de telecomunicaciones es un grupo de nodos terminales, cualquier nodo intermedio y enlaces que están conectados para permitir las telecomunicaciones entre los terminales (Pedrycz y Vasilakos, 2018).

En estos enlaces de transmisión, entre ellos, se conectan los nodos. Los nodos usan diferentes tipos de conmutación, como conmutación de circuitos, conmutación de mensajes o conmutación de paquetes, para pasar la señal a través de los enlaces y nodos correctos y llegar al terminal de destino correcto (Robertazzi y Shi, 2020).

Cada terminal en la red de telecomunicaciones, generalmente, tiene un tipo único de dirección para que los mensajes o conexiones se enruten a los destinatarios correctos. La colección de direcciones dentro de la red se denomina espacio de direcciones.

En las redes de telecomunicaciones actuales, los usuarios están conectados a uno de los nodos; cada enlace de cada usuario se denomina canal de comunicaciones, que pueden ser cable, cable de fibra óptica u ondas de radio (Corso et al., 2020a).

Tecnología Hybrid Fibre Coaxial (HFC)

La red híbrida de fibra óptica y cable coaxial (HFC) es una tecnología de telecomunicaciones en la que los cables de fibra óptica y los cables coaxiales se utilizan en diferentes partes de una red para transportar todos los datos o su contenido (Panagiev, 2005). Transporta datos, como videos, música, voz, grabaciones, etc. y ofrece voz, internet, televisión por cable y otras soluciones y servicios interactivos digitales a consumidores individuales y organizaciones. La tecnología HFC es utilizada por las empresas de telecomunicaciones que comercializan servicios de televisión por cable, telefonía e internet.

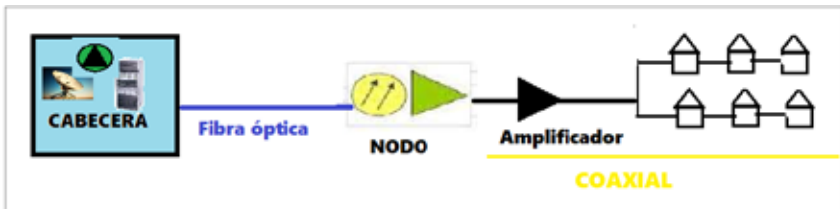


Figura 1. Esquema de red HFC
Fuente. Elaboración de los autores

Estructura y Componentes de la Red HFC

HFC es un diseño de red jerárquico. Cada cabecera incluye pares de receptor/transmisor de fibra que están conectados a través de largos hilos de fibra a un nodo de fibra remoto. En la cabecera se encuentran los servidores de televisión e internet. Un nodo de fibra

remoto convierte las señales ópticas recibidas en señales eléctricas y las coloca en el cable coaxial conectado. Asimismo, cuando el nodo de fibra remoto recibe señales eléctricas en el cable coaxial, las convierte en señales ópticas y las coloca en la fibra óptica conectada (Lee et al., 2006). El nodo de fibra remoto está conectado a los láseres de transmisión y recepción de la cabecera a través de la fibra adjunta y a las instalaciones del suscriptor a través del cable coaxial adjunto (Arellano, 2018).

- **Red troncal:** esta red tiene como finalidad dividir la señal que se transmite desde la cabecera hacia las zonas donde se distribuye la señal. Esta red cubre grandes distancias y está constituida por fibra óptica.
- **Red de distribución:** sirve para entregar la señal desde el nodo óptico primario al secundario, el cual cumplirá la función de dividir esta señal; se puede hacer con cable coaxial, pero también con fibra, dependiendo de la distancia a cubrir. Esta red puede dividirse en varias partes, como red pasiva, red final o red troncal secundaria, pero también puede referirse a la red de solo un nodo en la topología en forma de árbol.
- **Red de la última milla:** es la última parte del tramo que va al abonado. Se suele utilizar el cable coaxial del tipo 0.500, RG-6 o RG-11. Está conectado a la red de distribución pasiva (Millan, 2018).

Equipo Activo en una Red de Telecomunicaciones

El equipo de red activo es el enlace entre los componentes individuales de la red de telecomunicaciones. Es necesario para organizar la infraestructura de la red, proporcionar un tráfico de información eficiente y seguro y para amplificar y transformar señales. El término activo proviene de los principios de funcionamiento, ya que todos los dispositivos de estos equipos funcionan en la red eléctrica. Los elementos activos incluyen los siguientes dispositivos: conmutadores, nodos, enrutadores inalámbricos (Ioan et al., 2021), receptor, transmisores, módem, equipos para instalaciones, amplificadores, equipos HFC, *hardware* de redes, equipos de energía y otros equipos activos necesarios para que la red funcione de manera eficiente y confiable.

Equipo Pasivo en una Red de Telecomunicaciones

Los equipos pasivos de una red de telecomunicaciones (Corso et al., 2020b) son todos los componentes que no necesitan energía para funcionar, tales como los cables, sean estos coaxial RG11, RG9, fibra óptica, conectores, TAP o divisores (Horvath et al., 2020).

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

La UIT es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). En la UIT, los miembros de los sectores público y privado trabajan en conjunto para desarrollar y conformar el futuro entorno normativo y reglamentario (Reglamento de las Telecomunicaciones Internacionales, 1988) a nivel mundial con las mejores prácticas en materia de TIC. Las normas de la UIT son denominadas recomendaciones, con el objetivo de fundamentar el funcionamiento de las actuales redes de TIC públicas y privadas. Sin las normas de la UIT no se podrían

efectuar llamadas telefónicas ni navegar por Internet en todo el mundo (Luque, 2015).

Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones (ARCOTEL)

La ARCOTEL es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones, del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes. A partir de su creación, se plantearon objetivos claramente definidos: garantizar el derecho de acceso a servicios de calidad, gestionar los recursos inherentes a las telecomunicaciones mediante su asignación, controlar el uso del espectro radioeléctrico y promover la prestación de servicios de telecomunicaciones con seguridad en las comunicaciones y con protección de datos personales (ARCOTEL, 2022).

Ley Orgánica De Telecomunicaciones (LOT)

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones establece un régimen completo de protección y defensa de los usuarios. En la ley se hace referencia a la disponibilidad de servicio que deben garantizar las empresas de telecomunicaciones que han obtenido títulos habilitantes por la ARCOTEL, que deben cumplir lo siguiente:

En el título III, “Derechos y Obligaciones”, en su capítulo I, denominado “Abonados, clientes y usuarios”, se detalla el siguiente artículo, con los numerales seleccionados:

Artículo 22.- Derechos de los abonados, clientes y usuarios. Los abonados, clientes y usuarios de servicios de telecomunicaciones tendrán derecho:

1. A disponer y recibir los servicios de telecomunicaciones contratados de forma continua, regular, eficiente, con calidad y eficacia.

11. A obtener de su prestador la compensación por los servicios contratados y no recibidos, por deficiencias en los mismos o el reintegro de valores indebidamente cobrados.

13. A la atención y resolución oportuna de las solicitudes y reclamos relacionados con la prestación de los servicios contratados de conformidad con las regulaciones aplicables.

14. A exigir a los prestadores de los servicios contratados, el cumplimiento de los parámetros de calidad aplicables.

Asimismo en el capítulo II, “Prestadores de Servicios de Telecomunicaciones”, se incluye el siguiente artículo:

Artículo 24.- Obligaciones de los prestadores de servicios de telecomunicaciones. Son deberes de los prestadores de servicios de telecomunicaciones, con independencia del título habilitante del cual se derive tal carácter, los siguientes:

2. Prestar el servicio de forma obligatoria, general, uniforme, eficiente,

1 Se detallan únicamente los artículos y numerales relacionados con el tema de estudio.

continua, regular, accesible y responsable, cumpliendo las regulaciones que dicte la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y lo establecido en los títulos habilitantes (Ley Orgánica De Telecomunicaciones, 2015).

Reglamento a la Ley Orgánica De Telecomunicaciones (LOT)

El reglamento detalla cómo se debe cumplir con lo establecido en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

El capítulo III “Obligaciones y derechos para la prestación de servicios de telecomunicaciones y radiodifusión por suscripción” hace referencia a la disponibilidad de servicio que deben garantizar las empresas de telecomunicaciones que han obtenido títulos habilitantes por la ARCOTEL, que deben cumplir lo siguiente:

Artículo 8.- Obligaciones de los poseedores de títulos habilitantes de concesión o autorización para la prestación de servicios de telecomunicaciones (habilitaciones generales).

Adicional a las obligaciones contempladas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y en su Reglamento General, los prestadores de servicios de telecomunicaciones cuyos títulos habilitantes se hayan instrumentado a través de habilitaciones generales, deberán cumplir con lo siguiente:

1. Instalar, prestar y explotar el servicio concesionado o autorizado, conforme a este reglamento, lo establecido en su título habilitante y la normativa aplicable.

3. Prestar los servicios concesionados o autorizados en forma continua y eficiente de acuerdo con este reglamento y con los índices y régimen de calidad del servicio establecidos por el Directorio de la ARCOTEL.

9. La interrupción del servicio, de carácter no programado, será sólo en caso fortuito o fuerza mayor; y cuando sea una interrupción programada deberá ser previo aviso a la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL, de conformidad con el procedimiento de interrupciones emitido para el efecto.

12. Solucionar los problemas de interferencias radioeléctricas o daños a terceros que cause su sistema bajo su costo y responsabilidad, siempre que sea imputable al prestador, en el caso de uso de frecuencias atribuidas a título primario. Para el caso de frecuencias atribuidas a título secundario, cuando la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL lo disponga, deberán suspender inmediatamente el uso de las frecuencias, hasta que se solucione el problema de interferencia previo informe de la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL.

27. Comunicar a sus abonados con anticipación, la suspensión o interrupción del servicio concesionado o autorizado, para trabajos de mantenimiento o mejoras tecnológicas en su infraestructura debidamente autorizadas por la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL, conforme los procedimientos y condiciones definidos por la misma.

Interrupción y Restitución del Servicio.- El prestador tiene la obligación de notificar a sus suscriptores por cualquier medio y a la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL con por lo menos 48 horas de anticipación cualquier interrupción planificada que afecte la prestación del servicio por más de 2 horas; y, notificar a la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL con un máximo de 48 horas posteriores, cualquier interrupción fortuita que haya afectado la prestación del servicio por más de 2 horas. En caso de interrupción del servicio por causas imputables al prestador, cada usuario tiene derecho al reembolso por parte del prestador por el tiempo en que no ha tenido el servicio, sean estas horas o días, el cual será calculado en función del pago mensual que realiza el usuario según plan contratado (Reglamento para la Prestación y Servicios de Telecomunicaciones y Servicios de Radiodifusión por Suscripción, 2016).

Métodos

Tipo de Investigación y Diseño

El estudio se realizó con un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo (Enrique et al., 2016). Se precisan las causas que afectan a los servicios de la red de telecomunicaciones para determinar la causa que ha afectado a la mayor cantidad de servicios y la que ha ocurrido un mayor número de veces. Este análisis ayudará a la empresa a tomar acciones preventivas y correctivas que permitan disminuir la frecuencia de los eventos que causan perjuicios en el servicio de los abonados; estas acciones permitirán cumplir con lo establecido por el ente regulador, ARCOTEL, acerca del deber de garantizar la disponibilidad del servicio y la estabilidad en la operación de la red de telecomunicaciones, para así evitar sanciones administrativas y económicas.

De este modo, la organización obtiene una ventaja competitiva frente a las demás empresas que ofertan el mismo servicio, mejorando su imagen y fidelidad hacia sus clientes y cumpliendo con el compromiso de garantizar un servicio estable.

Selección de la Muestra

Para el presente estudio se utilizó una base de datos de una empresa de telecomunicaciones ecuatoriana, en la que se detallan las causas de afectación y su clasificación, así como la cantidad de abonados en cada uno de los servicios afectados, que son televisión, internet y telefonía fija en una red de telecomunicaciones. El periodo de tiempo considerado fue desde enero de 2020 hasta diciembre de 2021; el estudio se delimitó geográficamente a la ciudad de Guayaquil.

La base de datos fue obtenida desde un sistema de información (SI) desarrollado por la empresa de telecomunicaciones, donde se registran los eventos de los procesos de mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo de la red de telecomunicaciones, es decir, cada vez que ocurre un evento que afecta a los servicios se registra en dicho sistema. Sin embargo, el sistema de información tiene una interfaz poco amigable para la interpretación de los datos al obtener el historial de fallos en la red de telecomunicaciones, lo que dificulta la interpretación de los mismos.

Se escogió la organización en mención por conveniencia, en relación con la facilidad de acceso a la información y recolección de datos. En la Figura 2 se reflejan las cinco empresas de telecomunicaciones con mayor cantidad de clientes, según la información obtenida de ARCOTEL, entre las que se encuentra la empresa escogida para el presente estudio.

La base de datos utilizada contenía 23 203 datos, que corresponden a los eventos de afectación de servicios de la red HFC en la ciudad de Guayaquil durante el periodo de enero de 2020 hasta diciembre de 2021.



Figura 2. Empresas con mayor participación de mercado del servicio de acceso a internet fijo
Fuente. ARCOTEL, 2019

Resultados y Discusión

Análisis de datos

Para el análisis de datos se aplicó la herramienta Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) (Rivadeneira et al., 2020). Es un programa estadístico para análisis de datos cuantitativos y cualitativos que incluye frecuencias, tabulación cruzada (Fernández et al., 2021) y estadística bivariada (Román et al., 2020). Es un programa modelador que permite el modelado predictivo; posibilita construir y validar modelos predictivos utilizando procedimientos estadísticos avanzados.

Las variables cualitativas nominales (Pita y Pértega, 2004) utilizadas, incluidas en la base de datos de la empresa de telecomunicaciones, son:

- Categoría de la causa: Menciona la causa de afectación del servicio.
- Tipo de causa: Clasifica la causa como interna, si es imputable a la organización, y externa, si fue originada por un factor externo a la organización.
- Servicio: Tipo de servicio ofertado por la organización; internet, telefonía, televisión y datos.
- Año: Refleja los años de estudio 2020 y 2021. Es una variable cuantitativa.

Para analizar la relación de dependencia y/o independencia entre dos variables cualitativas, se utiliza la prueba chi-cuadrado de independencia. Esta prueba permite determinar si existe una relación entre dos variables categóricas (cualitativas). Es necesario resaltar que esta prueba indica si existe o no una relación entre las variables, pero no señala el grado o el tipo de relación; es decir, no indica el porcentaje de influencia de una variable sobre la otra o la variable que causa la influencia (Gómez, 2008).

Después de escoger las variables pertinentes para el estudio dentro de la base de datos, se procedió a realizar la prueba de dependencia entre ellas, que se dividió en cuatro pasos:

- Paso 1. Plantear la hipótesis de relación entre dos variables (Reguant et al., 2018):

H0: No existe relación entre las variables “categoría”, “causa” y “servicio”.

H1: Sí existe relación entre las variables “categoría”, “causa” y “servicio”.

- Paso 2. Nivel de significancia.

Se consideró utilizar un coeficiente de confianza para pruebas exactas del 95 %; el nivel de significancia es 5 %, es decir, 0.05 (Micu y Popa, 2021).

- Paso 3. Prueba chi-cuadrado.

La cantidad de datos procesados fue de 23 203, por lo que se utilizó estadística descriptiva (Espinosa, 2021) a través de tabla cruzada y del inferencial chi-cuadrado (Witkov y Zengel, 2019), que permitió analizar el nivel de significancia de los resultados al relacionar las variables seleccionadas. La Tabla 1 muestra el resultado de la significancia asintótica obtenida, 0.000; al ser menor de 0.05, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 1. Prueba de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	14791.000 ^a	165	.000
Razón de verosimilitudes	17143.327	165	.000
N de casos válidos	23203		

Fuente. Elaboración de los autores con el *software* SPSS

- Paso 4. Criterio de decisión.

Un estadístico de chi-cuadrado mayor al nivel de significancia indica una discrepancia mayor entre los recuentos de casillas observados y esperados; lo que demostraría que las proporciones de columna no son iguales y que la hipótesis de independencia no es correcta. Por lo tanto, se acepta la hipótesis

H1, en la que las variables “categoría”, “causa” y “servicio” están relacionadas. Existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que sí existe relación entre las variables “categoría”, “causa” y “servicio”.

Al validar la relación entre las variables seleccionadas, se procedió a continuar con el análisis para identificar las causas con mayor impacto en la afectación de los servicios de la red de telecomunicaciones. Se generó una tabla de contingencia con las variables “categoría de la causa” y “servicio”, categorizada por la variable “tipo de causa”, sea esta interna o externa. La Figura 3 muestra las causas que tuvieron un mayor grado de ocurrencia en los dos últimos años de estudios para cada uno de los servicios de la red de telecomunicaciones. Asimismo, se refleja la categorización de las causas, sean por factores internos como externos a la organización. En los factores externos, la causa que más afecta el servicio de datos, en un 100 % de los casos, son las fallas de las fuentes HFC, que son los elementos que alimentan de energía eléctrica a los elementos activos de la red HFC, como los nodos ópticos y los amplificadores. En los servicios de internet y telefonía, la causa con mayor cantidad de casos de afectación fue el fallo de cables de fibra óptica, con un 45.99 %; este fallo se refiere a cortes o atenuaciones de cables. Respecto al servicio de televisión, la causa de mayor impacto fue TelevisionRXSatelital (problema con los receptores de TV satelitales en la cabecera), con un 54.55 %.

Entre las causas internas, generadas por la propia organización, la más frecuente en el servicio de internet son los CoreServicioIPSwitches (*switch* de ruteo o capa 3 instalados en la cabecera), con un 28 %; en el servicio de telefonía, las HFCFFuentesBaterias (fallas de las baterías en las fuentes HFC en la red de distribución), con un 26.99 %, y TelevisiónMultiplexor (multiplexores ubicados en la cabecera y en la red de distribución) en el servicio de televisión, con un 19.76 %.

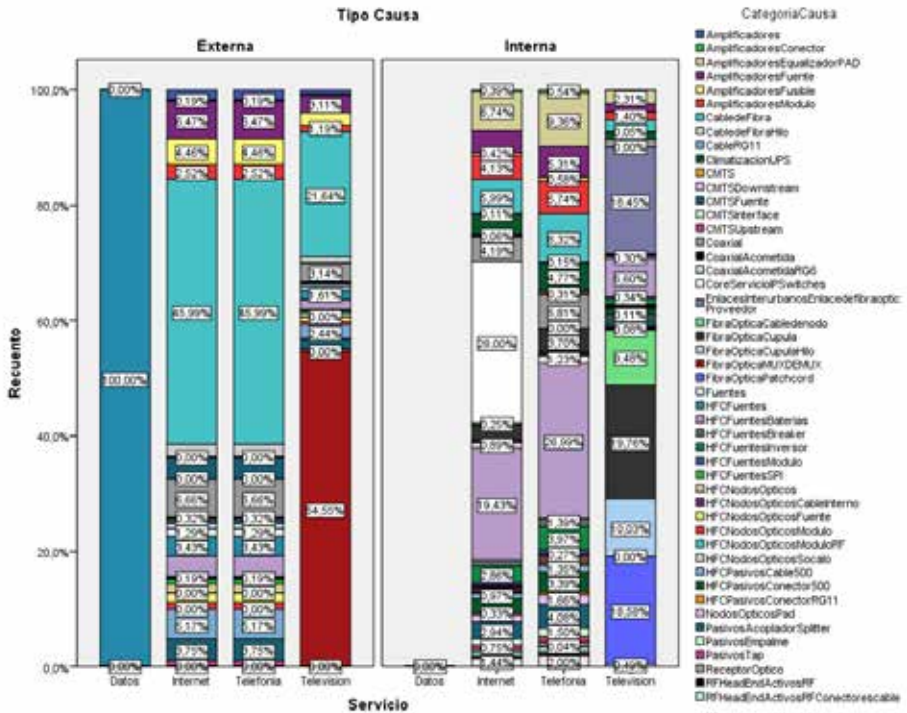


Figura 3. Asociación de variables
Fuente. Elaboración de los autores con el software SPSS

En la Tabla 2 (Pallauta et al., 2020) se aprecia en número de casos afectados en cada servicio por año de estudio. En consecuencia, la Tabla 3 resume el total de casos afectados por servicios; el servicio de televisión es el más afectado en los dos años, seguido de internet, telefonía y datos.

Tabla 2. Casos afectados por año de acuerdo a los servicios

	Datos	Servicio			Total
		Internet	Telefonía	Televisión	
Año	2020	0	2309	1299	3216
	2021	4	2844	2844	10 687
Total		4	5153	4143	13 903

Fuente. Elaboración de los autores con el software SPSS

Tabla 3. Casos afectados por servicios

	Frecuencia	Porcentaje
Datos	4	.0
Internet	5153	22.2
Válidos Telefonía	4143	17.9
Televisión	13 903	59.9
Total	23 203	100.0

Fuente. Elaboración de los autores con el *software* SPSS

De acuerdo al estudio realizado, en la Tabla 4 se muestra que el mayor número de casos de afectación del servicio se dieron por causas internas.

Tabla 4. Resumen de casos afectados

	Frecuencia	Porcentaje
Externa	6381	27.5
Válidos Interna	16 822	72.5
Total	23 203	100.0

Fuente. Elaboración de los autores con el *software* SPSS

Conclusiones

La relación entre las variables “categoría”, “tipo de causa” y “servicio” permitió identificar el servicio que mayor indisponibilidad presenta, a fin de evaluar y clasificar su origen. Estas asociaciones se pudieron presentar a través de una interfaz amigable de los datos procesados que genera el programa informático SPSS. En cuanto a los factores externos a la organización que originan las afectaciones, la causa de corte de fibra óptica tiene un impacto considerable en los servicios de internet, telefonía y televisión; por ello, se precisa asignar responsabilidades para la revisión del proceso de mantenimiento correctivo y preventivo en la red de fibra óptica, incluyendo el análisis, desarrollo e implementación de acciones correctivas y preventivas que minimicen el impacto de estos eventos.

Es importante resaltar que los eventos ocurridos dentro del segmento de red de la cabecera son de mayor impacto, dado que esta alberga el equipamiento donde se configuran y convergen todos los servicios antes de salir a la planta externa y a la red de distribución; por tanto, si se presentan fallos, la cantidad de clientes afectados será mayor y serán denominados daños masivos. Los dos eventos con alto porcentaje de afectación, Rx TV satelitales y *switch core* de ruteo, forman parte de los equipos principales de la cabecera, como se detalló con anterioridad.

En el mismo orden de ideas, los resultados obtenidos sugieren la revisión del proceso de mantenimiento y de las políticas de identificación de equipamiento de vital funcionamiento en la red que requieran ser respaldados para suplir la ejecución de funciones ante eventos fortuitos relacionados con fallas en el funcionamiento.

La red HFC, al ser una red activa, necesita alimentación eléctrica para su funcionamiento y demanda mayores esfuerzos de mantenimiento, por lo que es de vital importancia identificar si la frecuencia definida para el mantenimiento de la red de distribución es suficiente. Se destaca que los resultados muestran cantidades elevadas de fallas en los equipos activos de la red, fuentes, baterías y nodos.

Referencias

- ARCOTEL. (2019). *Boletín estadístico Arcotel 2019*. <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/boletin-febrero-2020-.pdf>
- ARCOTEL. (2022). *Plan Estratégico Institucional ARCOTEL 2021-2025* (Vol. 1999, Número December).
- Arellano, S. F. (2018). Design the hybrid optic fiber-coax network (HFC) to provide IP-TV service in cable operator Multicable from the city of Otavalo. *Universidad Técnica del Norte*, 1–14.
- Corso, D. D., Camarchia, V., Quaglia, R. y Bardella, P. (2020a). *Telecommunication Electronics*. Artech House. <https://books.google.com.ec/books?id=aaYCEAAAQBAJ>
- Corso, D. D., Camarchia, V., Quaglia, R. y Bardella, P. (2020b). *Telecommunication Electronics*. Artech House.
- Enrique, M., Ángel, M. y Miranda, M. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia Mexico*, 63(4), 397–407.
- Espinosa, J. L. S. (2021). Descriptive Statistics IV : Presentation of data I (Tables , histograms , polygons and ogives). Estadística Descriptiva IV : Presentación de datos I (Tablas , histogramas , polígonos y ojivas). *Revista Red de Investigación en Salud en el Trabajo*, 4(7), 101–112.

- Fernández, N. A., García, J. I., Calderón, D. y Arredondo, E. H. (2021). Juicios de asociación en tablas de contingencia 2x2 por estudiantes de Educación Media en Chile. *TANGRAM - Revista de Educação Matemática*, 4(1), 03–23. <https://doi.org/10.30612/tangram.v4i1.13176>
- Horvath, T., Munster, P., Oujezsky, V. y Bao, N. H. (2020). Passive optical networks progress: A tutorial. *Electronics (Switzerland)*, 9(7), 1–31. <https://doi.org/10.3390/electronics9071081>
- Ioan, L., Niculescu, G. y Vochin, M. (2021). *Transmission, Switching and Routing in communication networks*. Editura Politehnica Press. <https://books.google.com.ec/books?id=MAM9EAAAQBAJ>
- Lee, W. T., Chung, K. C., Chu, K. C. y Pan, J. Y. (2006). DOCSIS performance analysis under high traffic conditions in the HFC networks. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 52(1), 21–30. <https://doi.org/10.1109/TBC.2005.860539>
- Ley Orgánica De Telecomunicaciones, Tercer Sup Registro Oficial Órgano N° 439 del Gobierno del Ecuador I (2015). <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Organica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- Luque, J. (2015). Unión Internacional de Telecomunicaciones. *Global ICT developments*, 3400, <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat>. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>
- Micu, A. y Popa, D. (2021). Coaching and Mentoring Study Hypothesis Testing with the SPSS Software. *Ovidius*, XXI(2), 830–835.
- Millan, E. (2018). *Técnicas y procesos en infraestructuras de telecomunicaciones*. Ediciones Paraninfo, S.A. <https://books.google.com.ec/books?id=qk9tDwAAQBAJ>
- Oscar Tinoco Gómez. (2008). Una aplicación de la prueba chi cuadrado con SPSS. *Industrial Data*, 11(1), 73–77. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81611211011>
- Pallauta, J. D., Gea, M. M. y Batanero, C. (2020). Un análisis semiótico del objeto tabla estadística en libros de texto chilenos. *Zetetike*, 28, e020001. <https://doi.org/10.20396/zet.v28i0.8656257>
- Panagiev, O. B. (2005). HFC Networks – Status and Perspectives. *ICEST 2005*, 626–629.
- Pedrycz, W. y Vasilakos, A. (2018). *Computational Intelligence in Telecommunications Networks*. CRC Press. <https://books.google.com.ec/books?id=dE6d-jPoDEEC>
- Pita, S. y Pértega, S. (2004). Asociación de variables cualitativas. *Metofología de la Investigación*, 1, 1–5.
- Reglamento para la Prestación y Servicios de Telecomunicaciones y Servicios de Radiodifusión por Suscripción, 37 (2016). https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/015_reglamento-prestacion-servicios-telecomunicaciones-servicios-radiodifusion.pdf

- Reguant, M., Vilà, R. y Torrado, M. (2018). La relación entre dos variables según la escala de medición con SPSS. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 11(11 (2)), 45–60. <https://doi.org/10.1344/reire2018.11.221733>
- Rivadeneira, J., De La Hoz, A. y Barrera, M. (2020). Análisis general del spss y su utilidad en la estadística. *E-IDEA-Journal of Business Sciences*, 2(4), 17–25. <https://orcid.org/0000-0001-6230-8869>.
- Robertazzi, T. G. y Shi, L. (2020). *Networking and Computation: Technology, Modeling and Performance*. Springer International Publishing. <https://books.google.com.ec/books?id=qF7XDwAAQBAJ>
- Román, D., Placencio, R., Delgado, J. y Arias, D. (2020). Análisis bivariado de tablas de contingencia para medir la relación entre el sexo y motivos de migración. *Investigación, Tecnología e Innovación*, 12(12), 13–23. <https://doi.org/10.53591/iti.v12i12.177>
- Reglamento de las Telecomunicaciones Internacionales, Conferencia administrativa mundial telegrafica y telefonica 3 (1988). http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/3F/01/T3F010000010001PDFS.pdf
- Witkov, C. y Zengel, K. (2019). *Chi-Squared Data Analysis and Model Testing for Beginners*. Oxford University Press.