

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN ESTADÍSTICA APLICADA”

TEMA:

“ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS TELECOMUNICACIONES
MÓVILES CELULARES EN EL ECUADOR DURANTE EL AÑO 2021.”

Autor:

ALVARO GABRIEL BENITEZ BRAVO

Tutor:

ANDREA CRISTINA GARCIA ANGULO Ph.D.

Guayaquil - Ecuador

2022

RESUMEN

Las telecomunicaciones a nivel mundial representan un sector de gran importancia en la comunicación e innovación de los países, en el caso específico de Ecuador y tras la última reforma de la constitución se ha considerado como uno de los sectores estratégicos, generando gran interés el estudio de su evolución a través del tiempo y así facilitar la toma de decisiones en las empresas para nuevos mercados. El objetivo principal de esta investigación en el sector de las telecomunicaciones es entender el impacto del comportamiento y evolución de las comunicaciones móviles celulares en el Ecuador a lo largo del tiempo, haciendo referencia a temas de cobertura móvil celular, así como número de abonados en prepago y postpago, de los tres operadores del Ecuador: Claro, Telefónica Movistar y CNT. Para lograr este objetivo se utilizan los datos públicos de ARCOTEL – Agencia de regulación y control de las Telecomunicaciones del Ecuador, utilizando estadística descriptiva para entender la participación de mercado, series temporales para estimar la demanda de los servicios prepago y postpago desde el 2019 hasta la fecha y por último el uso de estadística multivariante para comprender la distribución de radio bases en las diferentes provincias del Ecuador, así identificar posibles carencias de servicios, recordando que parte del buen vivir es tener acceso a las comunicaciones móviles en el Ecuador.

Palabras Clave: comunicaciones móviles celulares, radio bases, servicio móvil prepago, servicio móvil postpago, estadística descriptiva, análisis de componentes principales, modelo ARIMA.

ABSTRACT

Telecommunications worldwide represent a sector of great importance in the communication and innovation of the countries, in the specific case of Ecuador and after the last reform of the constitution it has been considered as one of the strategic sectors, generating great interest in the study of its evolution over time and thus facilitate decision-making in companies for new markets. The main objective of this research in the telecommunications sector is to understand the impact of the behavior and evolution of mobile cellular communications in Ecuador over time, referring to mobile cellular coverage issues, as well as the number of prepaid subscribers and postpaid, from the three operators in Ecuador: Claro, Telefónica Movistar and CNT. To achieve this objective, public data from ARCOTEL - Ecuadorian Telecommunications Regulation and Control Agency is used, using descriptive statistics to understand market share, time series to estimate the demand for prepaid and postpaid services from 2019 to date and finally the use of multivariate statistics to understand the distribution of radio bases in the different provinces of Ecuador, thus identifying possible lack of services, remembering that part of living well is having access to mobile communications in Ecuador.

Keywords: comunicaciones móviles, radio bases, servicio móvil prepago, servicio móvil postpago, estadística descriptiva, análisis de componentes principales, modelo ARIMA.

DEDICATORIA

A mi familia pues con su ejemplo de superación me enseñan día a día la importancia de superar los obstáculos para ser un mejor ser humano de provecho y servicio a los demás , Víctor Hugo y Mercy Elizabeth, nos formaron bien. A Paula Andrea Vallejo mi compañera de vida siempre.

Álvaro Gabriel Benítez Bravo

AGRADECIMIENTO

A mis docentes quienes en cada paso de esta carrera supieron llegar con sus saberes y con una palabra de aliento me animaron a continuar el camino.

A Andrea García PhD., mentora y guía, quien con sabiduría y conocimiento me permitió recibir sus enseñanzas, para usted, mi respeto y consideración.

A quienes a mi lado han sido parte de este logro gracias eternas por ser incondicionales.

Álvaro Gabriel Benítez Bravo

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación me corresponde exclusivamente y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. El patrimonio intelectual del mismo corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Alvaro Gabriel Benítez Bravo

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Jhony Javier Pambabay Calero Ph.D.

PRESIDENTE

Andrea Cristina García Angulo Ph.D.

TUTOR

Francisco Antonio Moreira Villegas Ms.C.

DOCENTE EVALUADOR

ABREVIATURAS O SIGLAS

ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.
B2B	Business to Business
B2C	Business to Customer
UMTS	Universal Mobile Telecommunicatios System
GSM	Global System for Mobile communication
LTE	Long Term Evolution
2G	Segunda Generación
3G	Tercera Generación
4G	Cuarta Generación
ARIMA	Modelo autorregresivo de promedio móvil
ADF	Prueba estacionaria de Dickey Fuller
Partial ACF	Función de autocorrelación parcial
ACF	Autocorrelación parcial
AIC	Criterio de información de Akaike
ACP	Análisis de Componentes Principales

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	II
ABSTRACT.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DECLARACIÓN EXPRESA	VI
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Descripción del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.2 Objetivo General.....	5
1.3.1 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Hipótesis	6
1.5 Alcance	6
2. Marco Teórico.....	7
2.1 Las Radiobases.....	7
2.2 Espectro radio eléctrico	9
2.3 Redes de comunicación móvil.....	10
2.4 Estadística Descriptiva.....	11

2.4.1 El análisis univariante.....	11
2.4.2 El análisis bivariante	12
2.4 Series de tiempo ARIMA.....	12
2.4.1 Modelo Autorregresivo AR (p)	13
2.4.2 Modelo de medias móviles MA (q).....	13
2.4.3 Modelo de series no estacionarias ARIMA (p,d,q).....	15
2.5 Análisis Multivariante.....	17
2.5.1 Análisis de componentes principales (ACP).....	17
2.5.2 Método basado en la matriz de correlación.....	20
2.5.3 Método basado en la matriz de covarianzas	21
2.5.4 Selección del número de componentes principales.....	23
2.5.5 Biplots	23
3. Metodología	26
3.1 Datos	26
3.2 Tipo de Investigación.....	26
3.3 Diseño de la investigación	27
3.3.1 Localización del estudio	28
3.3.2 Población de estudio.....	28
3.3.3 Técnicas de recolección de datos.....	28
3.4 Análisis de Estadística Descriptiva	29
3.4.1 Definición de variables para Estadística Descriptiva.....	29

3.5 Modelos ARIMA – Box Jenkins	30
3.5.1 Pasos a seguir para el análisis de datos	30
3.5.2 Definición de variables en series de tiempo	32
3.6 Componentes Principales ACP	34
3.6.1 Definición de variables para Análisis Multivariante ACP	34
4. Resultados.....	38
4.1 Estadística descriptiva participación de mercado.....	38
4.2 Series temporales en los servicios prepago y postpago de telefonía celular	44
4.2.1 Representación gráfica de los datos.....	45
4.2.2 Transformación previa de la serie.....	51
4.2.3 Eliminación de la tendencia.....	51
4.2.5 Efecto de estacionalidad	58
4.6.6 Contraste de validez del modelo.....	64
4.6.7 Modelación y predicción.....	67
4.3 Estadística Multivariante modelo ACP.....	84
Conclusiones.....	90
Recomendaciones	91
Bibliografía.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Radiobase de cobertura celular	8
Figura 2	Red de cobertura móvil celular - Ecuador	10
Figura 3	Recta que minimiza distancias ortogonales (ACP)	18
Figura 4	Ejemplo de biplot	24
Figura 5	Metodología Box - Jenkins	33
Figura 6	Participación de mercado en Ecuador	38
Figura 7	Participación de mercado prepago	39
Figura 8	Participación de mercado pospago	40
Figura 9	Participación de mercado pospago y prepago	41
Figura 10	Servicio móvil celular	44
Figura 11	Representación gráfica serie ROJO_PREPAGO	45
Figura 12	Representación gráfica serie ROJO_POSPAGO	46
Figura 13	Representación gráfica serie AZUL_PREPAGO	47
Figura 14	Representación gráfica serie AZUL_POSPAGO	48
Figura 15	Representación gráfica serie CELESTE PREPAGO	49
Figura 16	Representación gráfica serie CELESTE POSPAGO	50
Figura 17	Gráfico serie en diferencias ROJO_PREPAGO	53
Figura 18	Gráfico serie en diferencias ROJO_POSPAGO	53
Figura 19	Gráfico serie en diferencias AZUL_PREPAGO	54
Figura 20	Gráfico serie en diferencias AZUL_POSPAGO	55
Figura 21	Gráfico serie en diferencias CELESTE_PREPAGO	55
Figura 22	Gráfico serie en diferencias CELESTE_POSPAGO	56

Figura 23	Gráfico serie en diferencias TOTAL_PREPAGO	57
Figura 24	Gráfico serie en diferencias TOTAL_POSPAGO	57
Figura 25	Gráfico serie en diferencias TOTAL	58
Figura 26	Logaritmo en diferencias de ROJO_PREPAGO	59
Figura 27	Logaritmo en diferencias de ROJO POSPAGO	59
Figura 28	Logaritmo en diferencias de AZUL_PREPAGO	60
Figura 29	Logaritmo en diferencias de AZUL_POSPAGO	61
Figura 30	Logaritmo en diferencias de CELESTE_PREPAGO	61
Figura 31	Logaritmo en diferencias de CELESTE_POSPAGO	62
Figura 32	Logaritmo en diferencias de TOTAL_PREPAGO	63
Figura 33	Logaritmo en diferencias de TOTAL_POSPAGO	63
Figura 34	Logaritmo en diferencias de TOTAL	64
Figura 35	Correlogramas de los residuos serie ROJO_PREPAGO	68
Figura 36	Correlogramas ajustados al modelo ROJO_PREPAGO	69
Figura 37	Correlogramas de los residuos serie ROJO_POSPAGO	70
Figura 38	Correlogramas ajustados al modelo ROJO_POSPAGO	71
Figura 39	Correlogramas de los residuos serie AZUL_PREPAGO	72
Figura 40	Correlogramas ajustados al modelo AZUL_PREPAGO	73
Figura 41	Correlogramas de los residuos serie AZUL_POSPAGO	74
Figura 42	Correlogramas ajustados al modelo AZUL_POSPAGO	76
Figura 43	Correlogramas de los residuos serie TOTAL_PREPAGO	77
Figura 44	Correlogramas ajustados al modelo TOTAL_PREPAGO	78
Figura 45	Correlogramas de los residuos serie TOTAL_POSPAGO	79
Figura 46	Correlogramas ajustados al modelo TOTAL_POSPAGO	80
Figura 47	Correlogramas de los residuos serie TOTAL	81
Figura 48	Correlogramas ajustados al modelo TOTAL_PREPAGO	82

Figura 49 Aportación de componentes	84
Figura 50 Provincias Radiobases ACP	85
Figura 51 Ejemplo de distribución de radiobases	86
Figura 52 Variables PCA	87
Figura 53 Análisis de componentes principales Biplot	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Funciones de autorrelación y autocorrelación parcial	16
Tabla 2	Operador móvil celular ROJO	42
Tabla 3	Operador móvil celular AZUL	42
Tabla 4	Operado móvil celular CELESTE	43
Tabla 5	Prueba ADF	52
Tabla 6	Criterio de información de akaike para ROJO_PREPAGO	68
Tabla 7	Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL ROJO_PREPAGO	70
Tabla 8	Criterio de información de akaike para ROJO_POSPAGO	71
Tabla 9	Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL ROJO_POSPAGO	72
Tabla 10	Criterio de información de akaike para AZUL_PREPAGO	73
Tabla 11	Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL AZUL_PREPAGO	74
Tabla 12	Criterio de información de akaike para AZUL_POSPAGO	75
Tabla 13	Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL AZUL_POSPAGO	76
Tabla 14	Criterio de información de akaike para TOTAL_PREPAGO	78
Tabla 15	Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL AZUL PREPAGO	79
Tabla 16	Criterio de información de akaike para TOTAL_POSPAGO	80
Tabla 17	Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL TOTAL_POSPAGO	81
Tabla 18	Criterio de información de akaike para TOTAL	82
Tabla 19	Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL TOTAL	83

CAPITULO 1

1. Introducción

1.1 Antecedentes

El sector de la telefonía móvil se caracteriza por sus frecuentes cambios, como la fuerte inversión, la revolución tecnológica, el incremento de la competencia y la intervención regulatoria mínima, además de la modificación en el comportamiento del consumidor, donde los operadores móviles se han convertido en proveedores de servicios nacionales en el Ecuador encargados de mantenernos conectados entre todas las regiones: Costa Sierra, Oriente, Galápagos, a cualquier hora del día y a su vez mantenernos conectados e informados de lo que acontece en el país, provincia, ciudad o inclusive a nivel mundial, demostrando que las telecomunicaciones móviles son esenciales para nuestra vida cotidiana acortando distancias.

Las telecomunicaciones móviles con la que cuenta cualquier persona hoy en día, es un plan que le permite la movilidad y el uso de los smartphones, en planes prepagos o postpago: haciendo referencia a los planes prepago al segmento B2C y los planes post pago al segmento B2B o corporativo respectivamente, con los cuales podemos llamar, navegar por internet o utilizar datos móviles en los diferentes planes de acuerdo a la cartera de productos que nos brindan las diferentes operadores móviles de Ecuador que a la fecha son tres Claro, Telefónica y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones - CNT, permitiéndonos estar siempre conectados e informados. Incluso con el avance tecnológico de IoT, Bid Data entre otros, podemos identificar el avance a Smart Sities.

Para que todos los beneficios antes mencionados se puedan conseguir, también se debe contar con una red de telefonía móvil eficiente, que brinde la cobertura necesaria en el país para satisfacer la demanda de la población ecuatoriana, ante ello se requiere de un gran despliegue de infraestructura tecnológica a nivel de Data Centers, redes de transporte, radio

bases, la cual acompañada de una planificación estratégica, marketing estratégico y mejora continua, expandiendo las redes de telefonía móvil celular a base de cobertura con las nuevas demandas de las tecnologías 2G, 3G, 4G y próximamente 5G la cual en los últimos años ha ido incrementándose de forma acelerada.

El sector de la telefonía móvil se caracteriza por sus frecuentes cambios, como la fuerte inversión, la revolución tecnológica, el incremento de la competencia y la intervención regulatoria mínima, además de la modificación en el comportamiento del consumidor, ante la generación de externalidades de red, donde los operadores móviles se han convertido en proveedores de servicios que antes sólo estaban asociados a tecnologías específicas.

Dentro la evolución de la telefonía móvil en Ecuador existió dos grandes etapas, que marcaron un antes y un después, de la liberación del mercado. La primera caracterizada por la penetración del mercado, donde se avizoraba un nuevo nicho de negocio futurista que lleva la movilidad de las comunicaciones por medio de llamadas telefónicas además de la masificación y accesibilidad de los servicios, con el fin de lograr economías de escala.

La segunda etapa estuvo enfocada en la rentabilización de los clientes a través del fortalecimiento del negocio, el ingreso de telefonía celular, datos e internet empaquetados, por medio de un smartphone logrando una ampliación de la oferta comercial, ambas estrategias permitieron consolidar las economías en el sector de las telecomunicaciones en Ecuador.

Las operadoras de telefonía móvil celular en Ecuador son tres:

- Proveedor 1 - Rojo.

Razón social: Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones CONECEL S.A – Nombre comercial: **Claro Ecuador**

- Proveedor 2 - Azul.

Razón social: Operadora de Telecomunicaciones Celulares OTECEL S.A. – Nombre comercial: **Movistar / TUENTI**

- Proveedor 3 - Celeste.

Razón social: Corporación Nacional de Telecomunicaciones -CNT EP – Nombre comercial: **CNT**

Proveedor 1: Claro Ecuador

El consorcio ecuatoriano de telecomunicaciones CONECEL S.A inició sus operaciones en el año de 1993 bajo el nombre comercial de PORTA, para luego en el año 2000 pasar a ser parte del grupo américa móvil cuyo propietario es el mexicano Carlos Slim empresa líder en servicios integrados de telecomunicaciones en Latinoamérica bajo el nombre comercial de Claro Ecuador (CLARO ECUADOR, 2022).

Proveedor 2: Telefónica Movistar

Él tiene presencia en Ecuador desde noviembre de 1993 bajo el nombre comercial de Celular Power obteniendo la concesión por parte del estado ecuatoriano para brindarle el servicio de telefonía móvil celular. En 1996 lanza su red TDMA ya bajo el nombre de Bellsouth. En octubre del 2004 pasa a formar parte de la empresa española Telefónica Movistar, la cual se mantiene vigente en el mercado ecuatoriano hasta la fecha (Telefónica Movistar, 2022).

Proveedor 3: CNT

En el año 2003 en el mes de diciembre tenemos la aparición de la operadora móvil celular Alegro PCS, siendo parte del estado, es decir empieza la operadora de telecomunicaciones móviles del estado ecuatoriano. El 30 de octubre del año 2008 con la fusión de PACIFICTEL y ANDINATEL, se forma la corporación nacional de telecomunicaciones para brindar servicios estatales a los ecuatorianos, con una presencia de 13 años, Brindando servicios de conectividad telefonía fija y telefonía móvil celular (Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT-EP, 2021).

Diversas razones han impulsado el dinamismo del mercado de las telecomunicaciones, llevando a que los operadores móviles modifiquen su posición, en la búsqueda de ser más proactivos ante la agresividad de la competencia y la necesidad de adaptarse a las expectativas del cliente. Dadas estas condiciones, las empresas de telefonía móvil tienen el reto mantener cautiva su base de usuarios, lo cual puede ser logrado sólo a través del fortalecimiento de la relación con el cliente.

1.2 Descripción del problema

En época de transformación digital a través de las tecnologías móviles celulares, el mundo entero se encuentra interconectado, acortando distancias, siendo la internet y la telefonía móvil celular en los equipos terminales (smarthphones), el pilar de este principio, donde se evidencia la necesidad de conectar a millones de dispositivos, más aún con la pandemia de COVID-19 que nos llevó a la virtualidad.

Según el portal www.telesemana.com, desde el año 2019 con el plan Ecuador Digital, el MINTEL proponía que para el 2021 el 98% de la población posea accesibilidad a servicios de telecomunicaciones (Telesemana Ecuador, 2021)

Tras la pandemia de COVID-19 se logró evidenciar las falencias existentes en comunicaciones móviles, a nivel urbano y rural, al tener un salto drástico a la virtualidad de la población, dificultando el desarrollo normal de las operaciones de empresas públicas y privadas, de bienes y servicios, más la población en general, quedando al descubierto la falta de cobertura móvil celular por parte de las operadoras de telecomunicaciones móviles para abonados en el Ecuador.

Siendo así importante identificar la cantidad de radio bases existentes de las tres operadoras móviles celulares, para brindar comunicaciones en el Ecuador, bajo las tecnologías 2G(GSM), 3G(UMTS), 4G(LTE), permitirán entender la oferta-demanda, siendo la oferta el nivel de cobertura celular y la demanda la cantidad de abonados prepago y postpago por operadora

móvil celular en base a su cobertura. Esto permitirá establecer estrategias de expansión de nuevos mercados para captar más clientes y por ende conocer donde se debe expandir y mejorar la cobertura celular, al implementar más radio bases que brinden un mejor acceso a servicios de telecomunicaciones.

Con esta premisa, surge la necesidad de identificar qué provincias tienen un mayor número de radio bases, por ende, mayor acceso a las tecnologías de la información y comunicación, así como entender el número de abonados durante el periodo 2021 y la participación de mercado de las 3 operadoras celulares con el de entender cuáles son las provincias que necesitan mayor atención para ser parte de la Transformación Digital.

1.3 Objetivos

1.3.2 Objetivo General

Analizar el comportamiento y evolución de las comunicaciones móviles celulares en el mercado del Ecuador en el año 2021 mediante el uso de estadística multivariante y series temporales para la identificación de las provincias con mayor y menor acceso a las tecnologías de comunicación e información.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Estudiar mediante estadística descriptiva la participación de mercado de las tres operadoras móviles en las diferentes provincias del Ecuador.
- Estimar la demanda de los servicios prepago y postpago de telefonía celular mediante series temporales.
- Comprender la distribución de radio bases de las operadoras en las provincias del Ecuador para identificar posibles carencias de servicio y necesidades de ampliación de cobertura mediante el uso de técnicas multivariantes.

1.4 Hipótesis

- En los servicios PrePago B2C y PostPago B2B cual tiene mayor participación de mercado.
- La demanda en prepago y postpago seguirá teniendo un crecimiento a lo largo de los años.
- La provincia que tiene el mayor número de radiobases y por ende la mayor cobertura es Guayas.
- La provincia que tiene el menor número de radio bases y por ende la peor cobertura es Galápagos.

1.5 Alcance

El presente estudio de investigación se enfoca en el sector de las telecomunicaciones específicamente en las comunicaciones móviles celulares, para conocer la disposición de radio bases, bajo tecnologías 2G(GSM), 3G(UMTS), 4G(LTE) en las 24 provincias del Ecuador. Se busca establecer la participación de mercado de las operadoras móviles que dan servicio en el país, así como su cantidad de abonados y su comportamiento mediante series de tiempo.

Con esta información, haciendo uso de la estadística aplicada, se conocerá el número de radio bases por provincia, participación de mercado, tecnologías existentes, abonados prepago y postpago de las operadoras durante la última década con énfasis en el año 2021, tras la pandemia de COVID19, alineados a dar respuesta a los objetivos específicos de una manera estadística.

CAPITULO 2

2. Marco Teórico

La Transformación Digital y el acelerado crecimiento de la tecnología en las dos últimas décadas donde se han creado un sinnúmero de productos en telecomunicaciones que permiten conectar a la población, rompiendo fronteras y permitiendo desarrollar estilos de vida donde el uso de la tecnología y las telecomunicaciones, no solo toman fuerza sino que, se han convertido en la base de las economías de los pueblos, dato que puede ser observado sobre todo tras la pandemia de COVID 19, donde el uso de las telecomunicaciones permitió continuar interconectados bajo la movilidad de la telefonía móvil celular en sus planes pre pago y post pago, con la cobertura de las distintas operadoras.

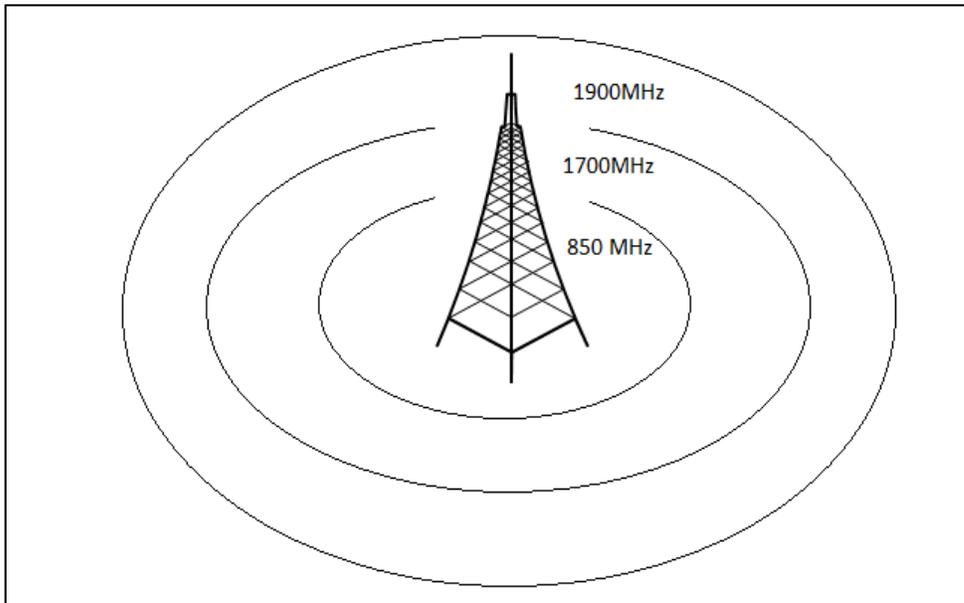
Para el caso de Ecuador existen tres operadoras móviles celulares: Claro, Telefónica y CNT, las mismas que han sido llamadas a apoyar la innovación y evolución del país en los temas de conectividad, buscando romper la brecha digital mediante el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones implementando sistemas de radio bases a lo largo y ancho del país, con el único fin de interconectar a la población ecuatoriana indistinto de la ubicación geográfica.

2.1 Las Radiobases

Son infraestructura de telecomunicaciones las cuales alojan diferentes tipos de equipos entre ellos: antenas, radios moduladores y demoduladores, switches, routers, cableado estructurado, fibra óptica, baliza y aterrizaje a tierra , entre otros, los cuales en su conjunto permiten irradiar cobertura móvil celular en la población donde se encuentran ubicados o instalados, cada una de estas ubicaciones se las conoce como nodos de acceso ya que son

los que permitirán interconectar los Data centers de los diferentes operadores móviles celulares por medio de una red de transporte en fibra óptica o radio enlace hacia estos nodos de accesos o radiobases.

Figura 1 Radiobase de cobertura celular



Fuente propia

En la figura 2.1 podemos identificar los diferentes tipos de frecuencias asignadas en Ecuador por parte del ente regulador, Agencia de Regulación y Control de las telecomunicaciones – ARCOTEL, donde podemos identificar la frecuencia de 1900MHz, 1700MHz y 850MHz, siendo importante mencionar que mientras más alta es la frecuencia, mayor será la velocidad de transmisión, mientras la cobertura se reduce y viceversa.

Con ello podemos identificar que las redes de telecomunicaciones bajo las tecnologías 2G o segunda Generación, 3G o tercera generación, 4 G o cuarta generación, nos brindan una mayor velocidad en nuestros dispositivos terminales como celulares, siendo la distancia de cobertura reducida, es decir, es inversamente proporcional, a mayor velocidad menor cobertura a mayor

Esta infraestructura que es de carácter estático que alojan diferente tipo de coberturas, requieren de uso de varias frecuencias en el rango de los mega Hertz, como lo menciona ARCOTEL, De acuerdo con lo establecido en el Artículo 142 del Reglamento para otorgar Títulos Habilitantes para Servicios del Régimen General de Telecomunicaciones Y Frecuencias del Espectro Radioeléctrico (ARCOTEL, 2022)

2.2 Espectro radio eléctrico

El espectro radioeléctrico constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial, A través del espectro radioeléctrico es posible brindar una variedad de servicios de telecomunicaciones que tienen una importancia creciente para el desarrollo social y económico de un país. (ARCOTEL, 2021)

En el Ecuador el espectro radioeléctrico es considerado como un sector estratégico, dentro de la Constitución según el Artículo 313, dentro de este contexto, la legislación de telecomunicaciones ecuatoriana lo define como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio público del Estado, inalienable e imprescriptible donde textualmente se menciona que:

“El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.” (CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

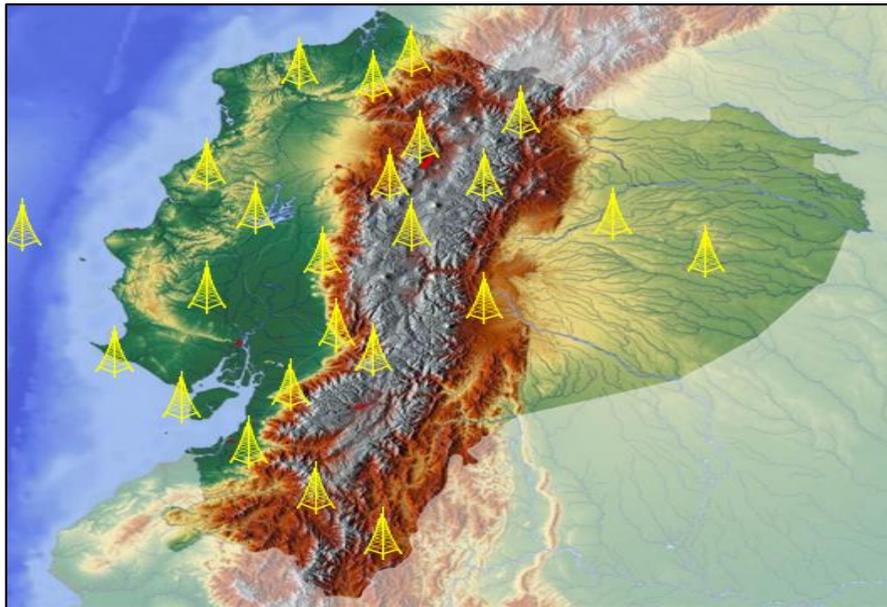
El Art 261 numeral 10 de la Constitución señala que el Estado central tendrá competencia exclusiva sobre “El espectro radio eléctrico y el régimen general de comunicaciones y telecomunicaciones”, dando paso para la creación del al Ley Orgánica de

Telecomunicaciones LOT, publicada en el registro oficial 439 de 18 de febrero 2015
(CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

2.3 Redes de comunicación móvil

Las redes de comunicaciones móviles es el conjunto o agrupación de diferentes tecnologías móviles irradiadas por las radiobases, las cuales en su conjunto crean una malla dentro de una geografía insista al país, esta se conoce como cobertura. (VIU, 2022)

Figura 2 Red de cobertura móvil celular - Ecuador



Fuente propia

Al evidenciar la evolución de las redes móviles celulares se puede distinguir tres tecnologías las cuales son:

- **Primera generación 1 G.**- lanzada en Japón en 1979, es un estándar de servicios de voz con tecnología analógica y velocidad de 1 kbps hasta 2.4 kbps operando en la frecuencia de 800-900 MHz.

- **Segunda generación 2 G.**- tiene vigencia desde los 80 siendo una tecnología digital que va desde los 14 kbps a 64 kbps en las frecuencias de 850- 1900 MHz y 825-849 MHz
- **Tercera generación 3 G.**- lanzada en el año 2000 bajo estándares UMTS (Universal Mobile Telecommunicatios System), con velocidad de 348 kbps hasta 2 Mbps y un ancho de banda de 5 a 20 MHz
- **Cuarta generación 4G .**- inicio en el año 2008 bajo estándares LTE (Long Term Evolution) brindando una velocidad e 100 Mbps hasta 1 Gbps 2 Mbps y un ancho de banda de 5 a 20 MHz

2.4 Estadística Descriptiva

2.4.1 El análisis univariante

Lo conocemos como estadística descriptiva, se utiliza para estudiar el comportamiento de una variable de forma individual. Como menciona (Myers Sharon, 2012): Existen ocasiones en las que no se desea llegar al detalle de la estadística inferencial, sino que únicamente se desea obtener la información resumen de un conjunto de datos representados a través de la muestra; para estos casos se utiliza un análisis univariante (p. 25).

Para una evaluación de datos obtenidos el análisis univariante es el de optima aplicación así por ejemplo son de uso común, en los siguientes casos:

- Calcular medidas de tendencia central y de dispersión
- Determinar distribuciones de frecuencias
- Obtener índices sobre la característica de la distribución de frecuencias (curtosis, simetría)
- Realizar inferencias estadísticas
- Graficas como: histogramas, de cajas, tallo y hojas

2.4.2 El análisis bivariante

Consiste en estudiar las relaciones que existen entre variables observadas o agrupadas de dos en dos, así como el comportamiento de una variable en función de otra. Se caracteriza por tener una variable predictora y otra de respuesta. Algunas de las metodologías utilizadas son:

- Tabla de doble entrada o de contingencia
- Distribución de frecuencias marginales
- Distribución conjunta de frecuencias marginales
- Distribución de frecuencias condicionadas
- Diagramas de dispersión

Una vez realizado los análisis univariantes y bivariante, el siguiente paso es realizar un análisis con más de dos variables, es decir, un análisis multivariante.

2.4 Series de tiempo ARIMA

El modelo ARIMA fue desarrollado en la década de 1970 por George Box y Gwilym Jenkins intentado de describir los cambios en la serie temporal utilizando un enfoque matemático (Sato, 2013). ARIMA (AutoRegresive Integrated Moving Average), que deriva de sus tres componentes AR (Autoregresivo), I (Integrado) y MA (Medias Móviles).

En ciertos casos, el nombre ARIMA y Box-Jenkins se utilizan como sinónimos. El modelo se basa en el ajuste de los valores observados, con el objetivo de reducir la diferencia entre los valores producidos en el modelo y los valores observados a cerca de cero. Este modelo tiene la posibilidad de describir el comportamiento de series estacionarias y no estacionarias, brindando versatilidad para una variedad de situaciones (Sato, 2013).

2.4.1 Modelo Autorregresivo AR (p)

Un modelo autorregresivo AR describe una clase particular de proceso en que las observaciones en un momento dado son predecibles a partir de las observaciones previas del proceso más un término de error (Fernandez, 2016). El caso más simple es el ARIMA(1,0,0) o AR(1) o de primer orden, cuya expresión matemática es:

$$AR(1) \equiv X_t = \phi_1 X_{t-1} + a_t$$

El proceso autorregresivo de orden p, representado por ARIMA(p,0,0) o simplemente por AR(p):

$$AR(p) \equiv X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t$$

que puede ponerse, mediante el operador de cambio retroactivo B, en la forma:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) X_t = a_t \quad B^k (X_t) = X_{t-k}$$

Un proceso autorregresivo AR(p) es estacionario si las raíces del polinomio en B dado

por: $(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$ caen fuera del círculo unidad.

Esta condición es equivalente a que las raíces de la ecuación:

$$x^p - \phi_1 x^{p-1} - \phi_2 x^{p-2} - \dots - \phi_{p-1} x - \phi_p = 0$$

sean todas inferiores a uno en módulo. Es importante mencionar que un proceso autorregresivo en estadística siempre es invertible (Fernandez, 2016).

2.4.2 Modelo de medias móviles MA (q)

Un modelo de medias móviles MA describe una serie temporal estacionaria. En este modelo el valor actual puede predecirse a partir de la componente aleatoria de este momento y, en menor medida, de los impulsos aleatorios anteriores (Fernandez, 2016). El modelo ARIMA(0,0,1), también denotado por MA(1), viene dado por la expresión:

$$X_t = a_t - v_1 a_{t-1}$$

El proceso de medias móviles de orden q, representado por ARIMA(0,0,q) o también por Ma(q), viene dado por la expresión:

$$X_t = a_t - v_1 a_{t-1} - v_2 a_{t-2} - \dots - v_q a_{t-q}$$

que puede ponerse, mediante el operador de cambio retroactivo B, en la forma:

$$X_t = (1 - v_1 B - v_2 B^2 - \dots - v_q B^q) a_t$$

Por lo cual un proceso estadístico de medias móviles será siempre estacionario.

Un proceso de medias móviles Ma(q) es invertible si las raíces del polinomio en B definido por $(1 - v_1 B - v_2 B^2 - \dots - v_q B^q)$ caen fuera del círculo unidad (Fernandez, 2016).

Esta condición es equivalente a que las raíces de la ecuación

$$x^q - \phi_1 x^{q-1} - \phi_2 x^{q-2} - \dots - \phi_{q-1} x - \phi_q = 0$$

sean todas inferiores a uno en módulo.

Así Identificamos que modelo ARIMA permite describir un valor como una función lineal de datos anteriores y errores debidos al azar, nos permite, incluir un componente cíclico o estacional. Es decir, se debe colocar o contener todos los elementos necesarios para describir el fenómeno. Box y Jenkins el cual recomiendan como mínimo 50 observaciones en la serie temporal (Fernandez, 2016).

La metodología de Box y Jenkins se resume en cuatro fases:

La primera fase consiste en identificar el posible modelo ARIMA que sigue la serie, lo que requiere:

- Decidir qué transformaciones aplicar para convertir la serie observada en una serie estacionaria.

- Determinar un modelo ARMA para la serie estacionaria, es decir, los órdenes p y q de su estructura autorregresiva y de media móvil.

La segunda fase: Seleccionado provisionalmente un modelo para la serie estacionaria, se pasa a la segunda etapa de estimación, donde los parámetros AR y MA del modelo se estiman por máxima verosimilitud y se obtienen sus errores estándar y los residuos del modelo.

La tercera fase: es el diagnóstico, donde se comprueba que los residuos no tienen estructura de dependencia y siguen un proceso de ruido blanco. Si los residuos muestran estructura se modifica el modelo para incorporarla y se repiten las etapas anteriores hasta obtener un modelo adecuado.

La cuarta fase es la predicción: una vez que se ha obtenido un modelo adecuado se realizan predicciones con el mismo.

2.4.3 Modelo de series no estacionarias ARIMA (p, d, q)

Los modelos de series no estacionarias, también llamados modelos autorregresivos integrados de promedio móvil, los cuales se denota como ARIMA (p, d, q) es una serie temporal, donde p indica el orden de la parte autorregresiva, mientras que d indica el número de diferenciaciones y q indica el orden de la parte de promedio móvil (Fernandez, 2016).

El modelo $(0, d, 0)$ se expresa mediante $(1 - B)^d X_t = a_t$

El modelo general ARIMA (p, d, q) nos facilita describir una serie de tiempo y sus observaciones después de ser diferenciado d veces, con el único fin de extraer las fuentes de no estacionalidad (Fernandez, 2016). Por lo cual esta fórmula puede aplicarse a cualquier modelo.

Tabla 1 Funciones de autorrelación y autocorrelación parcial

Proceso	Función de auctorrelación (ACF)	Función de autocorrelación parcial (ACFP)
MA(q)	Los q primeros coeficientes son significativos. El resto son anulados. Coeficiente 0 para retardo > q	Decrecimiento rápido exponencial atenuado u ondas sinusoidales.
AR(p)	Se evidencia un decrecimiento rápido exponencial u ondas sinusoidales	Solo los p primeros coeficientes son significativos. El resto se anulan bruscamente (coef. 0 para retardo > q)
ARIMA(p, d, q)	Comportamiento irregular en los retardos (1, ..., q) con q picos. Decrecimiento para retardos posteriores a q.	Decrece (aproximadamente con exponenciales atenuados y ondas sinusoidales). No cero pronto.

Fuente: Box y Jenkins

Además, es necesario mencionar algunos estudios referentes al tema bajo publicaciones indexadas, las cuales permiten tener una base sobre la cual sentar nuestro estudio así, por ejemplo:

El modelar el tipo de cambio de Euro a Dólar para predecir el tipo de cambio Euro-Dólar, para lo cual se analiza los datos de la plataforma virtual Investing.com cuyo acceso es libre; se realizó un análisis exploratorio para identificar el comportamiento de los datos. Se aplicó tres técnicas las cuales son: Box-Jenkins, redes neuronales recurrentes de tipo Elman y Long Short-Term Memory para modelar y predecir la serie. (Manya, 2020)

Es importante mencionar que los modelos ARIMA, son un procedimiento mediante el cual, se representa un determinado comportamiento de las variables a través de medias móviles integradas autorregresivas, aplicación que se utiliza cuando nos encontramos con series de tiempo que tienen un comportamiento empírico ya que no cuentan con una media constante (Casimiro, 2015).

2.5 Análisis Multivariante

Un análisis Multivariante se aplica cuando se analiza las relaciones que existen entre más de 2 variables estadísticas estudiadas conjuntamente sobre una muestra de individuos, las cuales pueden ser cualitativas, cuantitativas o una mezcla de ambas, donde la información estadística en análisis multivariantes es de carácter multidimensional, por lo tanto, la geometría, el cálculo matricial y las distribuciones multivariantes juegan un papel fundamental (Cuadras, 2004, pp. 13 - 40).

La cantidad de datos y variables que pueden ser analizados mediante este método al ser amplia requiere el uso de un software que facilite su análisis como R.

El análisis multivariante persigue algunos objetivos:

- Crear nuevas variables a partir del conjunto original.
- Evaluar si es posible crear grupos con los datos
- Utilizar agrupaciones definidas para clasificar nueva información.
- Relacionar dos conjuntos de variables.

Ya que los datos levantados presentan una gran cantidad de variables predictoras, se reducirá su cantidad utilizando una técnica conocida como análisis de componentes principales.

2.5.1 Análisis de componentes principales (ACP)

El Análisis de Componentes Principales Lineales (LPCA) es conocido por su sencillez para reducir la dimensionalidad de las características. Una extensión de LPCA, Kernel Principal Análisis de componentes (KPCA), supera a LPCA cuando se aplica a datos no lineales en alta dimensión espacio de características. Los experimentos se llevaron a cabo en un gran conjunto de datos de telecomunicaciones del mundo real y fueron evaluados en una tarea de predicción de abandono. Los experimentos muestran que el enfoque propuesto, cuando combinado con

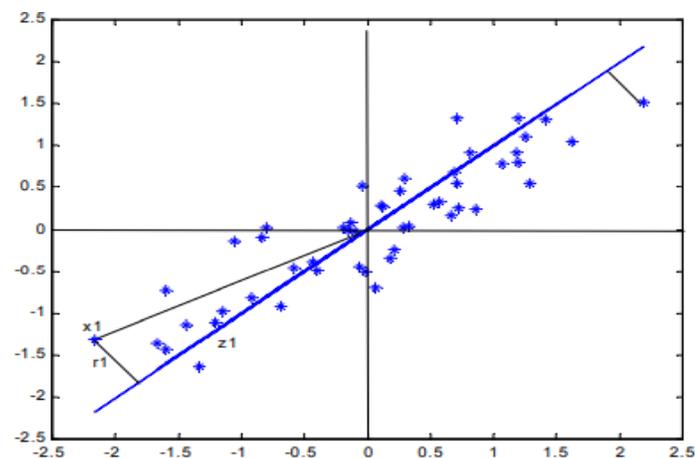
técnicas de agrupamiento, puede eficientemente reducir la dimensión de la característica y superar el estándar PCA para la predicción de abandono de clientes (Sato T., 2009)

La técnica de componentes principales constituye como la más utilizadas para el análisis multivariante, esta fue desarrollada en 1933 por Hotelling, más su origen viene de los ajustes ortogonales por mínimos cuadrados planteados por K. Pearson en 1901 (Peña, 2002).

Su objetivo es reducir la dimensionalidad de la información, mediante, la reducción de la cantidad de variables explicando un problema y disminuyendo la precisión lo menos posible para evitar perder la menor cantidad posible de información. Este es el paso inicial para detectar variables que podrían estar generando variabilidad de los datos, pero que no han sido observadas.

Si se está trabajando con variables altamente dependientes, con frecuencia uno encontrará que una pequeña cantidad de variables nuevas (menor al 20% original) explican la mayor cantidad de la variabilidad original (más del 80%) (Peña, 2002).

Figura 3 Recta que minimiza distancias ortogonales (ACP)



Fuente: Cuadras

ACP, geoméricamente tiene el objetivo de encontrar un subespacio a partir del original, pero que sea de menor dimensión y en el cual al proyectar los puntos, éstos conserven su

estructura, con la menor distorsión posible, así por ejemplo, la figura 3 presenta un diagrama de dispersión y una recta colocada intuitivamente, buscando que ésta proporcione un buen resumen de los datos donde se dibujó la recta tratando de que pase cerca de todos los puntos, de tal manera que, al analizar la distancia entre cada punto y su proyección sobre la recta, estas resulten lo más pequeñas posible.

Considerando entonces un punto x_i y una dirección $a_1 = (a_{11}, \dots, a_{1p})$, definida por un vector a_1 de norma uno, el vector del punto sobre esta dirección será $z_i a_1$ y su proyección será el escalar:

$$z_i = a_{11}x_{i1} + \dots + a_{1p}x_{ip} = a_1' x_i$$

El objetivo entonces será minimizar la distancia r_i entre el punto x_i y su proyección sobre la dirección a_1 , esto es:

$$\text{minimizar } \sum_{i=1}^n r_i^2 = \sum_{i=1}^n |x_i - z_i a_1|^2$$

donde $|u|$ es la norma euclídea o módulo del vector u .

La figura 3 también muestra que se forma un triángulo rectángulo entre el punto x_i , su proyección sobre la recta y el origen. Así, aplicando el Teorema de Pitágoras tenemos:

$$x_i^2 = z_i^2 + r_i^2,$$

o para todos los puntos:

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n z_i^2 + \sum_{i=1}^n r_i^2$$

Minimizar la longitud de las proyecciones es equivalente a maximizar la distancia entre las proyecciones y el origen, dado que la distancia de cualquier punto al origen es constante. Las proyecciones z_i son variables de media cero, por lo que maximizar la suma de sus cuadrados equivale a maximizar su varianza. (Peña, 2002)

Llegando entonces a la conclusión de que esto es correcto, pues observando la recta de la Figura 3 se puede evidenciar que es adecuada, pues conserva tanto como es posible la variabilidad original de los puntos; contrariamente a esto, si se dibuja una recta en sentido perpendicular, los puntos proyectados tendrían muy poca variabilidad y se perdería información de sus distancias, sentido perpendicular, los puntos proyectados tendrían muy poca variabilidad y se perdería información de sus distancias (Cuadras, 2004).

Para explicar la forma de cálculo de los componentes principales, consideremos que se tiene una matriz de n individuos con m variables aleatorias, el ACP permite encontrar un número de factores subyacentes (cada uno denominado componente principal) $p < m$ que corresponde a una buena aproximación de los valores de las variables (m) para cada individuo (n). Para aplicar el ACP se pueden aplicar dos métodos básicos:

Cuando las variables aleatorias tienen diferentes órdenes de magnitud cuando las observaciones no tienen dimensiones homogéneas, se aplica el método basado en la matriz de correlación.

Cuando los datos tienen valores promedio similares y los datos son homogéneos, se aplica el método basado en la matriz de covarianzas.

2.5.2 Método basado en la matriz de correlación

Partiendo de la matriz de correlaciones y teniendo los valores de las m variables aleatorias correspondientes a n individuos, tomaremos el conjunto de datos y los escribiremos en una matriz:

$$(F\beta) \begin{matrix} \beta=1, \dots, n \\ j=1, \dots, m \end{matrix}$$

Cada conjunto de datos $M_j = \{F | \beta = 1, \dots, n\}$ puede considerarse una

muestra aleatoria para la variable F_j . La matriz de correlación puede elaborarse a partir de los $m \times n$ datos correspondientes a las m variables aleatorias.

Dado que la matriz de correlaciones es simétrica es posible diagonalizarla y sus valores propios λ_i verifican:

$$\sum_{i=1}^m \lambda_i = m$$

Dado que se cumple esta igualdad, a los m valores propios correspondientes a la misma cantidad de componentes principales, se les da la denominación de pesos. La base de vectores propios de la matriz R representa a los factores principales que fueron reconocidos matemáticamente (Peña, 2002).

Además, es importante recalcar que cada variable original puede ser planteada como una combinación lineal de los componentes principales o los vectores propios.

2.5.3 Método basado en la matriz de covarianzas

Se utilizará la matriz de covarianza para obtener una matriz Y de dimensión $n \times l$ a partir de una matriz de datos X de dimensión $n \times m$, perdiendo la menor cantidad de información útil.

Partiendo de un conjunto de datos con n muestras y sus correspondientes m variables descriptivas, se buscará describir cada muestra con una menor cantidad de variables (l) y que la cantidad de componentes principales sea menor que la menor de las dimensiones de X .

$$l \leq \min\{n, m\}$$

Antes de poder aplicar este método se debe centrar y/o autoescalar los datos. Lo primero se realiza restándoles la media de cada columna y lo segundo centrándolos y dividiendo cada columna por su desviación estándar.

$$X = \sum_{a=1}^l t_a p^T + E$$

Los vectores t_a son ortogonales y se los denomina scores. Éstos contienen la información sobre cómo las muestras se relacionan unas con otras.

Los vectores p_a son ortonormales y se los denomina loadings; estos contienen la información sobre la relación entre las variables. El error que se produce, debido a que se toman menos componentes principales que variables y por el mismo error de ajuste del modelo con respecto a los datos, se acumula en la matriz E (Cuadras, 2004).

La base de este método está en la descomposición de la matriz de covarianza en vectores propios, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} cov(X) &= \frac{X^T X}{n-1} \\ cov(X)p_a &= \lambda_a p_a \\ \sum_{a=1}^m \lambda_a &= 1 \end{aligned}$$

Donde λ_a es el valor propio asociado al vector propio p_a . Por último,

$$t_a = X p_a$$

Esta ecuación la podemos entender como que t_a son las proyecciones de X en p_a .

La información representada por cada componente principal, es decir la cantidad de varianza explicada, se mide mediante los valores propios λ_a .

La cantidad de varianza explicada disminuye a medida que se avanza por cada componente principal. Es decir que el primer componente dará más información que el segundo, el segundo más que el tercero y así sucesivamente.

Una vez obtenidos los componentes principales, se debe definir la cantidad que se utilizará para el estudio.

2.5.4 Selección del número de componentes principales

Siguiendo el esquema propuesto por Peña, para seleccionar el número de componentes principales se debe

1. Realizar un gráfico donde se visualice cada componente (eje X) y su valor propio (eje Y). Se seleccionarán componentes hasta que en el gráfico se visualice una especie de “codo”, es decir, hasta que los valores propios sean similares y bajos.
2. Seleccionar componentes hasta cubrir una proporción determinada de varianza (80% o 90%).
3. Definir una cota mínima para los valores propios, debajo de la cual se descartarán los componentes. Esta cota suele fijarse como la varianza media $\sum a_i^2/p$.

Una vez seleccionado el número de componentes principales de estudio, se sugiere utilizar gráficos denominados biplots, para la interpretación visual de los resultados.

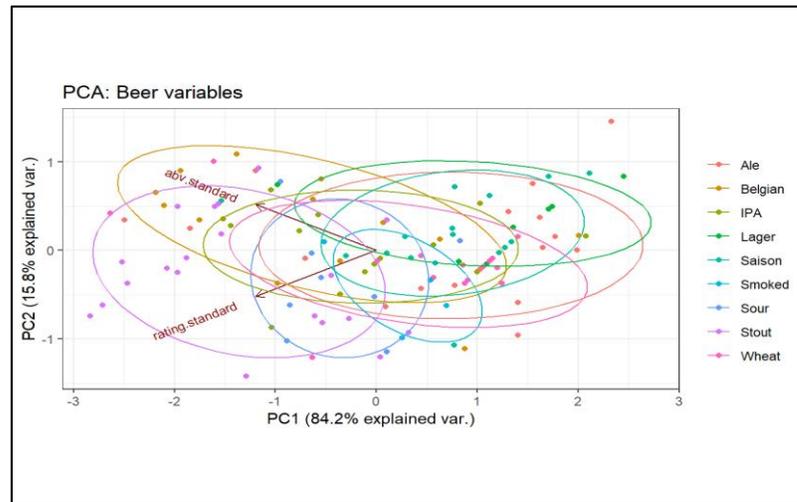
2.5.5 Biplots

Los biplots son gráficos que nos permiten plasmar en una sola imagen tanto las observaciones como las variables estudiadas. Así como un diagrama de dispersión muestra la distribución conjunta de dos variables, los biplots representan a 3 o más variables. Dado que ya se cuenta con los componentes principales, para graficar el biplot se utilizarán los 2 primeros componentes como ejes X y Y. En el eje de las X estará el primer componente principal, es decir, aquel que explique la mayor cantidad de variación.

Las variables estudiadas se dibujan como vectores que parten del origen y las observaciones como puntos. Aquellos vectores que tengan direcciones similares tendrán mayor correlación, aquellos que tengan direcciones opuestas tendrán correlaciones altas negativas y aquellos que formen ángulos de 90° tendrán correlaciones cercanas a cero. Con respecto a los ejes, mientras mayor sea la longitud de un vector con respecto a un eje, mayor será su correlación, ya sea esta positiva o negativa. De contar con agrupaciones para los datos,

también es posible visualizar estas agrupaciones en el biplot mediante elipses que agrupen un porcentaje predefinido de los datos (Purificación, 2017).

Figura 4 Ejemplo de biplot



Fuente. Introducción a los métodos EPI sociales

Siendo necesario citar algunos estudios previos determinan que:

El Análisis de Componentes Principales (ACP), mediante la organización de un conjunto de observaciones multivariantes, se aplicará a través de la reducción de la cantidad de variables y, generar nuevas que conlleven la información intrínseca del conjunto de datos utilizado; esta metodología es de tipo algebraico para lo cual, no resulta obligatorio asumir alguna distribución de probabilidad (Pambabay, 2021).

Para la construcción de cada componente principal, los valores propios se toman en orden decreciente, si de estos se consideran los (m) primeros, entonces la eficiencia marcada será, la proporción que acumula la variación total, explicada por ellos (Pambabay, 2021).

Los métodos aplicados para el análisis de datos multivariantes se aplican al trabajar con un conjunto de variables relacionadas sobre un conjunto de individuos; es decir, se trabaja con tablas de individuos por variables y por condiciones (Purificación, 2017).

CAPITULO 3

3. Metodología

3.1 Datos

Para el presente trabajo de investigación se ha tomado la base de datos públicos de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL, la cual es entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones, así como del espectro radioeléctrico y su gestión, también de temas técnicos en cuanto a la gestión de medios de comunicación social los cuales usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes.

Dentro de la base de datos Obtenida podemos citar varios aspectos como:

- Número de abonados por año y meses.
- Tipo de servicio PrePago o segmento B2C.
- Tipo de servicio Postpago o segmento B2B.
- Número de Radio Bases por año y su crecimiento en las diferentes provincias al año 2021.

Los datos en mención se encuentran publicados cada mes en la página web de estadísticas de ARCOTEL, en el siguiente link:

- <https://www.arcotel.gob.ec/estadisticas-2/>

3.2 Tipo de Investigación

La investigación mencionada es:

Por su método de investigación podemos mencionar que es cuantitativa, puesto que se va analizar varias variables como: número de abonados, número de radiobases, provincias,

donde los datos representan un reporte mensual de las estadísticas obtenidas por el regulador ARCOTEL.

De acuerdo al nivel de profundización en la presente investigación, nuestro estudio es predictivo, puesto que se evidenciara una predicción a futuro usando técnicas estadísticas, en este caso estadística descriptiva, modelos ARIMA y análisis multivariante de componentes principales.

Por la manipulación de variables de esta investigación es no experimental ya que los datos de estudio se obtuvieron de la plataforma estadísticas ARCOTEL (ARCOTEL, 2022), la misma que tiene un registro mensual.

Según el periodo temporal esta investigación es longitudinal puesto que los datos son en el tiempo.

3.3 Diseño de la investigación

El trabajo de investigación es considerado o clasificado como un diseño no experimental, debido a que la data es obtenida de los registros realizados por ARCOTEL – Agencia de regulación y Control de las Telecomunicaciones, es decir, realizamos el estudio sin considerar alteraciones en las variables, para observar el comportamiento de estas sin alterar su naturaleza, obteniendo datos longitudinales.

Es importante mencionar que nuestro objeto de investigación es el comportamiento y evolución de las comunicaciones móviles en la población ecuatoriana en servicios prepago y postpago, abarcando toda la geografía del territorio nacional, así como la cantidad de radio bases en las diferentes provincias ocupando toda la geografía nacional para brindar cobertura móvil celular a la población ecuatoriana.

3.3.1 Localización del estudio

Para la localización de estudio nos hemos referido al territorio ecuatoriano que cuenta con 256.370 km cuadrados, con aproximadamente a la fecha 17268 000 habitantes, cuenta con 24 provincias, 221 cantones, 1499 parroquias, los cuales conforman los diferentes niveles territoriales de la república (Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana, 2008)

Esta base datos contiene la data desde el año 2009 hasta la fecha de los proveedores de telefonía móvil celular, dentro de la pestaña de servicios móviles avanzados por sus siglas SMA. Podemos identificar 3 grandes bloques como son:

- Líneas activas.
- Infraestructura.
- Portabilidad numérica.

Donde tenemos variables cuantitativas, con un vasto historial para poder dar respuesta a los 3 objetivos específicos que nos hemos planteado en la presente investigación. Incluso podemos realizar varios estudios estadísticos donde podremos identificar tendencias, visualizar comportamientos anómalos debido a varios factores como el económico y de salud tras la pandemia de COVID19 si analizamos el año 2021.

3.3.2 Población de estudio

Para el estudio se consideran de la data obtenida del ente regulador de las telecomunicaciones ARCOTEL un total de 156 muestras como reportes mensuales desde enero del 2009 hasta diciembre del 2021

3.3.3 Técnicas de recolección de datos

Los datos se obtuvieron del registro de estadísticas del ARCOTEL que se encuentra ubicado en su página web: <https://www.arcotel.gob.ec/estadisticas-2/> . La cual presenta

registros desde el 2009 hasta la fecha y mensualmente se actualiza, de acuerdo las diferentes circunstancias que se van a presentando mes a mes en el sector de las telecomunicaciones.

3.4 Análisis de Estadística Descriptiva

En el análisis de estadística descriptiva donde debemos recoger almacenar ordenar, obtener tablas o gráficos que describan el escenario y calcular varios parámetros sobre el conjunto de datos de análisis, donde se evidencia la: media, mediana , moda, mínimo, máximo, etc. Para el Análisis estadístico descriptivo se ha utilizado los datos públicos de ARCOTEL donde tenemos variables como:

- Número de abonados o línea activas en servicio prepago por operadora.
- Número de abonados o línea activas en servicio pospago por operadora.

3.4.1 Definición de variables para Estadística Descriptiva.

Para ello hemos renombrado las variables de la siguiente manera:

- ROJO_PREPAGO
- ROJO_POSPAGO
- AZUL_PREPAGO
- AZUL_POSPAGO
- CELESTE_PREPAGO
- CELESTE_POSPAGO
- TOTAL_PREPAGO
- TOTAL_POSPAGO
- TOTAL

3.5 Modelos ARIMA – Box Jenkins

Al analizar las series temporales desde un punto de vista determinista o clásico. Se puede estudiar desde una perspectiva hacia lo estocástico o moderno, donde los métodos que se utilizan cada vez son más complejos y su aplicación requiere series más largas.

Box y Jenkins en conjunto han desarrollado modelos estadísticos para series temporales los mismos que tienen en cuenta la dependencia existente entre los datos, esto se debe a que, cada observación en un instante dado es modelada en función de los valores anteriores (Fernandez, 2016). Por lo cual los análisis se basan en un modelo explícito. Dichos modelos se conocen con el nombre genérico de ARIMA (AutoRegresive Integrated Moving Average), que deriva de sus tres componentes AR (Autoregresivo), I(Integrado) y MA (Medias Móviles).

3.5.1 Pasos a seguir para el análisis de datos

1.- Recogida de datos: Es conveniente contar una base de datos de 50 o más datos, y en el caso de series mensuales, trabajar entre seis y diez años completos.

2.- Representación gráfica: Es un gran aporte disponer de un gráfico de la serie así poder determinar la estacionariedad. En ocasiones, se utilizan medias y desviaciones típicas por subperiodo que nos permitan emitir criterios sobre la estacionariedad de la serie.

3.- Transformación previa de la serie: Se la utiliza cuando la serie no es estacionaria en varianza, para lo cual se requiere una transformación logarítmica. No obstante, la transformación logarítmica es llamada con frecuencia incluso en series con dispersión relativamente constante en el tiempo. Una práctica habitual es ensayar con la serie original y en logaritmos y comprobar resultados (Fernandez, 2016).

4.- Eliminación de la tendencia: La observación del gráfico de la serie indica la existencia o no de tendencia. Una tendencia lineal será corregida tomando primeras

diferencias, que será el caso más frecuente. Una tendencia no lineal suele llevar en la práctica al uso de dos diferencias como mucho.

5.- Identificación del modelo: Consiste en determinar el tipo de modelo más adecuado, esto es, el orden de los procesos autorregresivos y de medias móviles de las componentes regular y estacional.

Técnicamente esta decisión se toma en base a las funciones de autocorrelación (FAC) y autocorrelación parcial (FAC parcial), tanto en la parte regular como estacional. Es habitual terminar eligiendo entre los procesos más simples $AR(1)$, $AR(2)$, $MA(1)$, $MA(2)$ y $ARMA(1,1)$, tanto en la parte regular como estacional. En caso de duda pueden seleccionarse varios modelos alternativos que serán estimados y contrastados posteriormente, para definir finalmente el modelo adoptado (Fernandez, 2016).

6.- Estimación de los coeficientes del modelo: Decidido el modelo, se procede a la estimación de sus parámetros, dado que se trata de un procedimiento iterativo de cálculo, pueden sugerirse valores iniciales.

7.- Contraste de validez del modelo: Se utilizan distintos procedimientos para valorar el modelo o modelos inicialmente seleccionados: contraste de significación de parámetros, covarianzas entre estimadores, coeficiente de correlación, suma de cuadrados de errores, etc.

8.- Análisis detallado de los errores: Se debe considerar las diferencias históricas entre valores reales y estimados por el modelo para su valoración final de los resultados. Hay que verificar un comportamiento no sistemático de los mismos, así como analizar la posible existencia de errores especialmente significativos (Fernandez, 2016).

9.- Selección del modelo: En base a los resultados de pasos anteriores, se decide sobre el modelo a aplicar.

10.- Predicción: El modelo seleccionado se utilizará como fórmula inicial de predicción.

3.5.2 Definición de variables en series de tiempo

Para el modelo Box y Jenkins el cual recomiendan como mínimo 50 observaciones en la serie temporal nosotros disponemos de 156 muestras desde el año 2009 a la fecha divididas en valores mes a mes, lo cual permitirá evidenciar el comportamiento de las comunicaciones móviles celulares en un periodo de tiempo hasta diciembre del 2021 .

Donde hemos renombrado las variables de la siguiente manera:

- ROJO_PREPAGO
- ROJO_POSPAGO
- AZUL_PREPAGO
- AZUL_POSPAGO
- CELESTE_PREPAGO
- CELESTE_POSPAGO
- TOTAL_PREPAGO
- TOTAL_POSPAGO
- TOTAL

Este modelado en estudios recientes ha sido utilizado:

Para este análisis se utilizará el modelo autorregresivo de media móvil propuestos por Box-Jenkins (Box & Jenkins, 1976). La metodología Box-Jenkins ha sido utilizada para predecir los comportamientos futuros en Reubicando la Región: Tecnologías de Medios y Formas de Medios en India, para identificar escenarios postpandemia en dicho país, tras la pandemia de COVID19 (Tripathy, 2022)

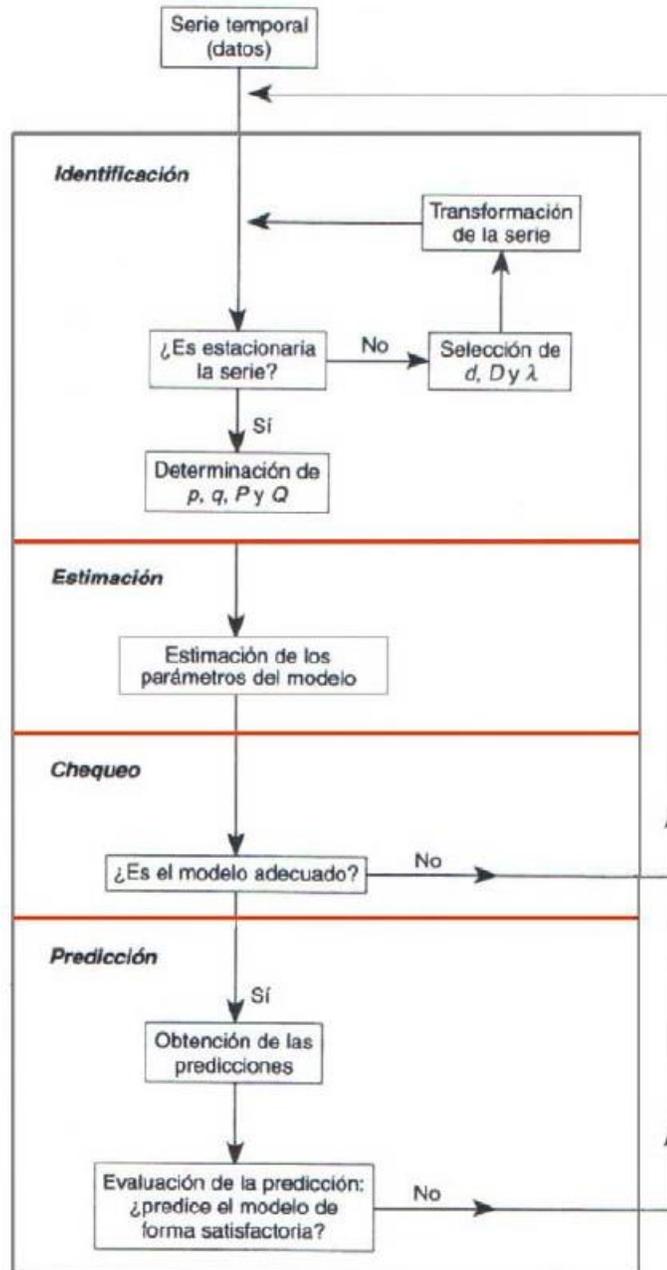
Incluso ha sido muy utilizada para poder entender el nivel de desempleo por parte del banco Mundial en su pagina web:

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.UEM.TOTL.ZS?locations=EC> donde menciona la realidad y la proyección en el tiempo a nivel global y de cada país, para con ello combatir el

desempleo desde los diferentes gobiernos vigentes en el Ecuador y el mundo (Banco Mundial, 2021)

Entre otras aplicaciones interesantes en el sector de la salud como la fabricación de fármacos, tras la pandemia de COVID19, fabricación de bienes o servicios, población, etc.

Figura 5 Metodología Box - Jenkins



Fuente: Box – Jenkins

3.6 Componentes Principales ACP

El análisis de componentes principales es un algoritmo de *machine learning* no supervisado, su objetivo es estudiar las variables que conforman el conjunto de datos, donde es importante estandarizar los datos, así como optimizarlos. Donde los componentes deben guardar una ortogonalidad

$$-P_{\max} = \min(N^{\circ} \text{muestras}, N^{\circ} \text{variables}) - 1$$
$$\sum_{n=1}^{\sqrt{P_{\max}}} \text{Var}(X_n) = \sum_{p=1}^{P_{\max}} \text{Var}(Q_p)$$
$$\text{Var}_K = \frac{\sum_{p=1}^K \text{Var}(Q_p)}{\sum_{n=1}^N \text{Var}(X_n)}$$

Fuente: Carles Cuadras

Donde la suma total para el número de componentes principales es 1. El análisis de componentes principales (ACP) consiste en expresar un conjunto de variables en un conjunto de combinaciones lineales de factores no correlacionados entre sí, estos factores dando cuenta una fracción cada vez más débil de la variabilidad de los datos. Este método permite representar los datos originales (individuos y variables) en un espacio de dimensión inferior del espacio original, mientras limite al máximo la pérdida de información.

La representación de los datos en espacios de dimensión débil (2 dimensiones) le facilita considerablemente el análisis.

3.6.1 Definición de variables para Análisis Multivariante ACP

Con un análisis de la data se identifica las variables que se van a utilizar para la aplicación del Análisis de Componentes Principales para ello usaremos las provincias del Ecuador las cuales son 24 en total, también tendremos como variables las diferentes radiobases y sus respectivas frecuencias y tecnologías que albergan para su operación.

GSM850: Es una variable cuantitativa que indica el número de radio bases en la frecuencia de 850MHz bajo tecnología 2G o segunda generación, bajo el nombre técnico GSM *Global System Mobile Communications*.

GSM 1900: Es una variable cuantitativa que indica el número de radio bases en la frecuencia de 1900MHz bajo tecnología 2G o segunda generación, bajo el nombre técnico GSM *Global System Mobile Communications*.

UMTS850: Es una variable cuantitativa que indica el número de radio bases en la frecuencia de 850MHz bajo tecnología 3G o tercera generación, bajo el nombre técnico UMTS *Universal Mobile Telecommunications System* o Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.

UMTS1900: Es una variable cuantitativa que indica el número de radio bases en la frecuencia de 1900MHz bajo tecnología 3G o tercera generación, bajo el nombre técnico UMTS *Universal Mobile Telecommunications System* o Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.

LTE850: Es una variable cuantitativa que indica el número de radio bases en la frecuencia de 850MHz bajo tecnología 4G o cuarta generación, con el nombre técnico LTE que responde a las siglas *Long Term Evolution* (evolución a largo plazo) y hace referencia a la tecnología de banda ancha inalámbrica.

LTE1700: Es una variable cuantitativa que indica el número de radio bases en la frecuencia de 1700MHz bajo tecnología 4G o cuarta generación, con el nombre técnico LTE

que responde a las siglas *Long Term Evolution* (evolución a largo plazo) y hace referencia a la tecnología de banda ancha inalámbrica.

LTE1900: Es una variable cuantitativa que indica el número de radio bases en la frecuencia de 1900MHz bajo tecnología 4G o cuarta generación, con el nombre técnico LTE que responde a las siglas *Long Term Evolution* (evolución a largo plazo) y hace referencia a la tecnología de banda ancha inalámbrica.

Variables Radio bases:

- ROJO GSM850
- ROJO GSM1900
- ROJO UMTS850
- ROJO UMTS1900
- ROJO LTE850
- ROJO LTE1700
- ROJO LTE1900
- AZUL GSM1900
- AZUL UMTS850
- AZUL UMTS1900
- AZUL LTE850
- AZUL LTE1900
- CELESTE LTE700
- CELESTE LTE1700
- CELESTE UMTS1900
- CELESTE LTE1900

Variables Provincias del Ecuador:

- AZUAY
- BOLIVAR
- CAÑAR
- CARCHI
- CHIMBORAZO
- COTOPAXI
- EL ORO
- ESMERALDAS
- GALAPAGOS
- GUAYAS
- IMBABURA
- LOJA
- LOS RIOS
- MANABI
- MORONA SANTIAGO
- NAPO
- ORELLANA
- PASTAZA
- PICHINCHA
- SANTA ELENA
- SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS
- SUCUMBOS
- TUNGURAHUA
- ZAMORA CHINCHIPE

CAPITULO 4

4. Resultados

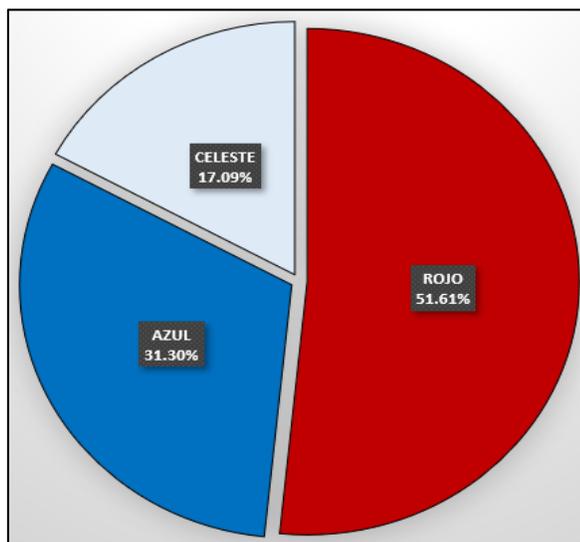
4.1 Estadística descriptiva participación de mercado

La participación de mercado se la considera en base al conjunto de todas las provincias que constituyen el territorio ecuatoriano. En el segmento de prepago viene definida por la cantidad de líneas activas que tiene los tres operadores móviles celulares en Ecuador, que para nuestro estudio los hemos denominado como:

- ROJO
- AZUL
- CELESTE

Al analizar la data en cada uno de los tres operadores logramos obtener la siguiente gráfica de participación de mercado en el Ecuador tomando en cuenta todas las provincias que corresponden al territorio ecuatoriano:

Figura 6 Participación de mercado en Ecuador



Fuente propia

Con esta premisa podemos identificar que existen dos datos importantes de análisis la de prepago y la de pospago, donde al analizar el mercado prepago se puede evidenciar una participación significativa de mercado del 51,61% por parte del competidor ROJO, seguido de una participación de mercado del 31% del competidor AZUL para concluir con una participación de mercado del 19% del competidor CELESTE, esto en el mercado prepago.

Figura 7 Participación de mercado prepago



Fuente: Propia

Es decir, en el mercado prepago el cual se maneja por recargas, se tiene una total de 13'174.530 líneas activas dividiéndose en los siguientes números de líneas activas por proveedor a diciembre 2021:

- ROJO: 6'576.325 líneas activas.
- AZUL: 4'058.862 líneas activas.
- CELESTE: 2'539.343 líneas activas.

Donde queda en evidencia que el operador ROJO es el que tiene una mayor participación de mercado, seguido del proveedor AZUL y por último el proveedor CELESTE.

Figura 8 Participación de mercado postpago



Fuente: Propia

Para la participación de mercado postpago, el cual se maneja por medio de planes corporativos, es decir aquellos planes móviles celulares donde el abonado dispone de una cierta cantidad de megas para navegación en internet, datos móviles celulares para uso de redes sociales, minutos para llamadas multidestino con tarifas por minuto preferenciales ya que son servicios prepago podemos identificar que existe una totalidad de 3'598.383 líneas activas para diciembre del 2021 de las cuales:

- ROJO: 2'089.313 líneas activas.
- AZUL: 1'182.821 líneas activas.
- CELESTE: 326.249 líneas activas.

Para el segmento B2B o planes corporativos móviles podemos identificar que la participación de mercado está liderada por el operador ROJO con un 58%, seguido del proveedor azul por un 33%, para luego dejar al proveedor CELESTE con un 9%.

Figura 9 Participación de mercado postpago y prepago



Fuente: Propia

Con lo antes mencionado podemos también realizar un análisis comparativo entre prepago y postpago, donde podemos identificar que de un total de 16'772.913 donde prepago corresponde a 13'174.530 y postpago corresponde a 3'598.383 de líneas activas, podemos concluir que en el Ecuador predomina línea activas prepago sobre postpago, es decir tenemos más abonados en el segmento B2C Business to Customer, sobre el segmento B2B Business to Business.

Los datos que usamos son datos que se reportan de forma mensual por parte de ARCOTEL, teniendo un total de 156 muestras desde enero 2009 hasta diciembre 2021, donde hemos obtenido los siguientes resultados al aplicar estadística descriptiva:

Tabla 2 Operador móvil celular ROJO

	ROJO_PREPAGO	AZUL_PREPAGO	CELESTE_PREPAGO
Mínimo	5,327,336.00	2,611,348.00	121,410.00
Máximo	9,926,208.00	4,202,361.00	2,595,287.00
Mediana	7,238,022.00	3,371,085.00	474,213.50
Moda			169,096.00
Media	7,324,991.70	3,449,857.64	616,506.81
Primer Cuartil	5,953,536.25	3,167,975.50	237,304.75
Segundo Cuartil	7,238,022.00	3,371,085.00	474,213.50
Tercer Cuartil	9,391,261.25	3,870,672.50	2,167,810.75

Fuente: Propia

Donde un dato interesante es referente a la moda ya que al ser datos de línea activas por abonado podemos es realmente poco usual encontrar datos que se repitan de mes a mes, siendo el caso del operador CELESTE donde se puede evidenciar un valor repetitivo de 169.096 línea activas.

También podemos evidenciar que el máximo del operador ROJO es 7'238.022 y el mínimo 5'327.336, del operador AZUL es 4'202.361 y el mínimo 2'611.348 y el operador CELESTE 7'238.022 y el mínimo 5'327.336 quedando en evidencia que el mínimo del proveedor ROJO es el que mas se acerca al máximo del proveedor AZUL.

Tabla 3 Operador móvil celular AZUL

	ROJO_POSPAGO	AZUL_POSPAGO	CELESTE_POSPAGO
Mínimo	937,029.00	468,235.00	48,961.00
Máximo	2,680,074.00	1,366,428.00	691,178.00
Mediana	2,300,846.50	1,148,611.00	338,590.00
Moda			173,230.00
Media	2,007,905.06	969,378.50	239,651.99
Primer Cuartil	1,718,438.75	740,388.25	112,382.25
Segundo Cuartil	2,300,846.50	1,148,611.00	338,590.00
Tercer Cuartil	2,544,580.50	1,274,546.50	534,103.25

Fuente: Propia

De igual manera para el segmento pospago tenemos un valor interesante como es la moda con 173.230 por el mismo motivo que se mencionó con anterioridad al repetirse en varios meses cuando las líneas activas o abonados siempre están en constante movimiento .

También podemos evidenciar que el máximo del operador ROJO es 2'680.074 y el mínimo 937.029, del operador AZUL es 1'148.611 y el mínimo 468.235 y el operador CELESTE 338.590 y el mínimo 48.961 quedando en evidencia que el mínimo del proveedor ROJO es casi tres veces más el valor del proveedor CELESTE identificándose que existe una brecha considerable entre el primer y el tercer competidor.

Tabla 4 Operado móvil celular CELESTE

	TOTAL_PREPAGO	TOTAL_POSPAGO	TOTAL
Mínimo	9,414,069.00	1,474,609.00	11,644,041.00
Máximo	14,319,798.00	4,530,977.00	17,973,875.00
Mediana	11,685,439.50	3,610,050.50	15,542,909.00
Moda			
Media	11,920,475.65	3,257,009.42	15,374,905.72
Primer Cuartil	10,704,060.50	2,571,209.25	14,770,331.25
Segundo Cuartil	11,685,439.50	3,610,050.50	15,542,909.00
Tercer Cuartil	13,393,899.75	4,339,625.00	16,222,222.50

Fuente: Propia

Algo interesante de analizar los totales tiene que ver con los cuartiles donde cada cuartil muestra la separación entre un grupo y otro subgrupo, dentro de la data o conjunto de valores que se están analizando, con lo cual podemos ver que el operador ROJO tiene mucha más separación referente al segundo y tercer competidor en el primer cuartil, segundo cuartil y tercer cuartil.

4.2 Series temporales en los servicios prepago y postpago de telefonía celular

Dentro de los resultados obtenidos en la última década, realmente el periodo comprendido desde diciembre 2008 – diciembre 2021, podemos evidenciar varios comportamientos como:

Figura 10 Servicio móvil celular



Fuente: Propia

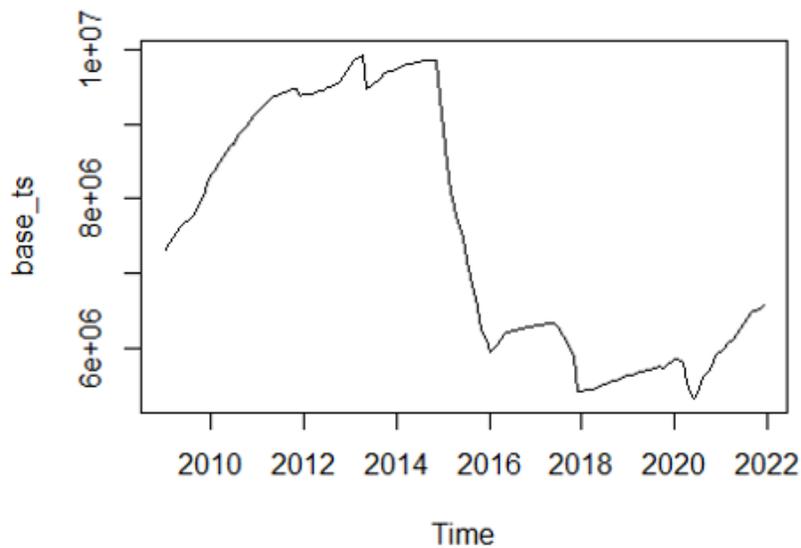
Las telecomunicaciones, y de forma especial las comunicaciones móviles celulares han ido evolucionando en el tiempo, tras los diferentes avances tecnológicos. El siguiente análisis de series de tiempo prepago vs postpago, se puede evidenciar que la presencia del mercado prepago es mayor a la presencia del mercado postpago incluso en el periodo de tiempo comprendido entre 2009-2014 podemos evidenciar una creciente constante de abonados, para luego empezar un periodo de austeridad y esto se debe a la crisis económica mundial que se dio en el año 2015, evidenciándose que a partir del 2017 tanto los servicios en prepago como en postpago vuelven a tomar fuerza en el mercado para aptar nuevamente abonados.

Para un estudio más minucioso nos enfocaremos al utilizar el modelo ARIMA para entender y predecir esta evolución en el tiempo de las diferentes series de tiempo de los 3 operadores móviles de Ecuador tanto en prepago como en postpago.

4.2.1 Representación gráfica de los datos

Tras haber evidenciado el comportamiento de los datos de forma general, ahora procederemos a graficar cada una de las 9 series de tiempo antes mencionadas, para ello es importante primero entender su comportamiento y después de ejecutar los pasos respectivos para poder predecir los mismos bajo el modelo ARIMA.

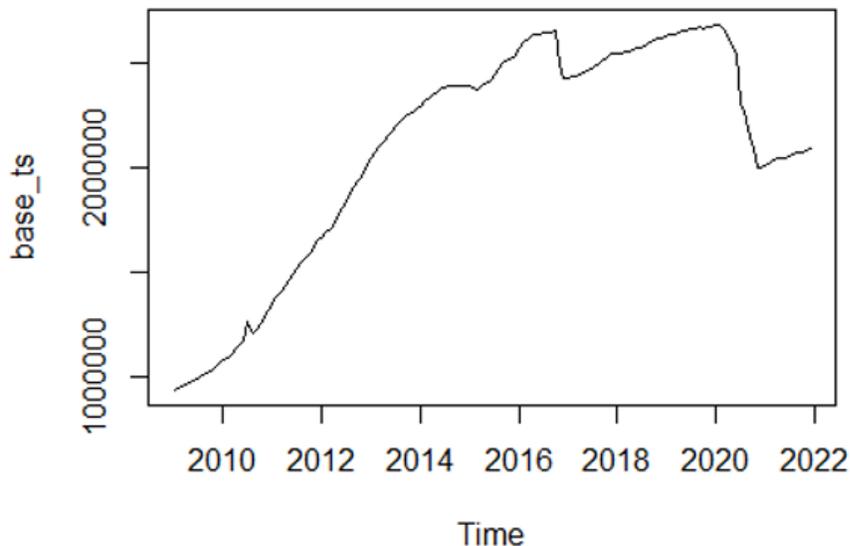
Figura 11 Representación gráfica serie ROJO_PREPAGO



Fuente Propia

Tras el gráfico podemos evidenciar que la tendencia ha sido creciente durante sus primeros años, donde en el 2014, ha empezado a ser decreciente en el operador móvil celular ROJO específicamente en el segmento prepago es decir el sector de recargas, a partir del año 2015 entre altos y bajos el número de abonados ha ido creciendo no de una forma exponencial, para luego en el inicio de la pandemia de COVID19 volver a tener una caída como se puede observar y esto tiene mucha lógica debido al confinamiento.

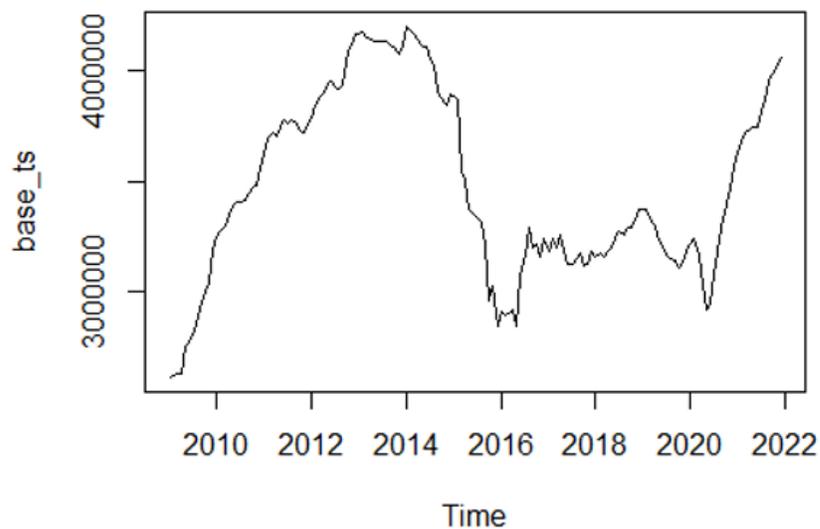
Figura 12 Representación gráfica serie ROJO_POSPAGO



Fuente propia;

Se puede evidenciar que el competidor con el mayor número de líneas activas o abonados siempre está en constante crecimiento, incluso en la crisis económica del 2014-2015 no le afecta de sobremanera ya que tiene un mercado consolidado al ser el primer oferente de los tres operadores móviles celulares, donde si se evidencia un decrecimiento en su número de abonados es en la pandemia de COVID19 donde no ha podido volver a recuperar el número de abonados que mantenía pre pandemia, es importante a nivel de marketing, negociación y ventas los temas relacionados: a precio producto, plaza y promoción. Para volver a captar esos abonados que disminuyeron, más se evidencia que está creciendo poco a poco nuevamente en la recuperación de esa cartera de líneas activas. Esto nos da a entender que existe una excelente planificación estratégica y una visión correcta del giro de negocio, al analizar a sus competidores, para mantenerse en el mercado como líder.

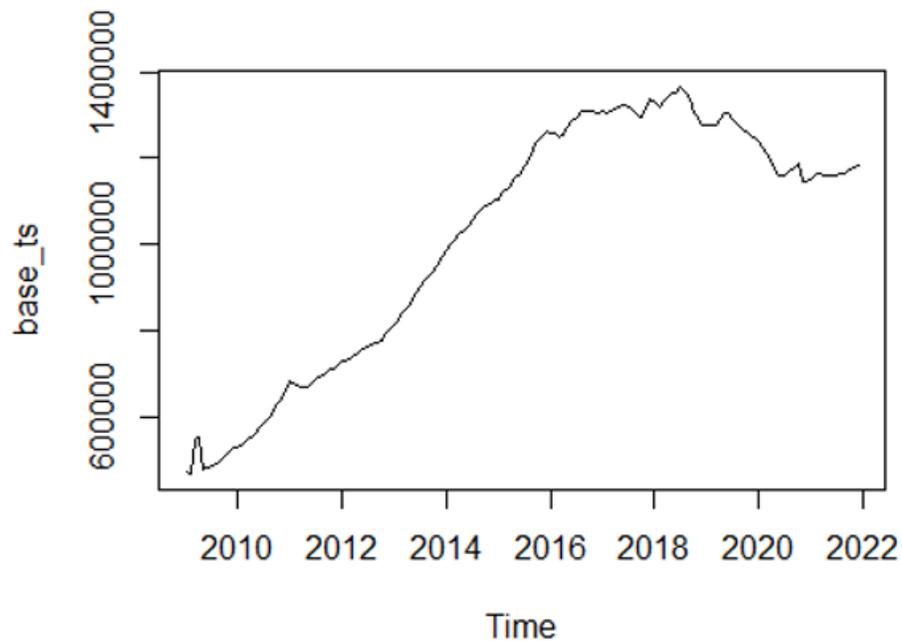
Figura 13 Representación gráfica serie AZUL_PREPAGO



Fuente Propia

Para el caso de AZUL PREPAGO en comparación con el grafico 11 podemos evidenciar que la demanda de los servicios de ROJO PREPAGO está prácticamente duplicando la demanda de servicios AZUL PREPAGO incluso la crisis económica del 2015 se nota que fue más notoria en este competidor móvil, al igual que el grafico anterior en el periodo de la pandemia de COVID19 de igual forma se evidencia un bajón en el numero de abonados o línea activas, de igual forma debido al confinamiento. Se mantiene con una tendencia relativamente igual entre ROJO PREPAGO y AZUL PREPAGO.

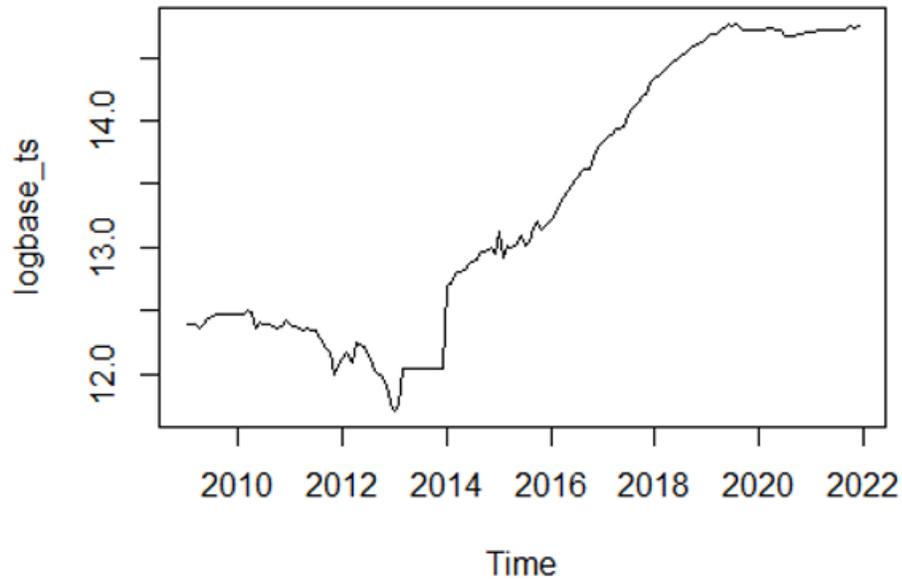
Figura 14 Representación gráfica serie AZUL_POSPAGO



Fuente propia

Por los valores preferenciales en servicios pospago, en la gráfica se puede observar que las líneas activas van creciendo de forma exponencial y esto tiene mucha lógica ya que los abonados tienen llamadas ilimitadas dentro de la misma operadora y tarifas preferenciales en planes pospago o corporativo, incluso permite evidenciar la gráfica que la crisis económica del 2014-2015 no golpea a este operador móvil celular en este periodo de tiempo, más si se ve una afectación o decrecimiento en el periodo 2019-2021 tras la pandemia de COVID 2019 donde existe un decrecimiento.

Figura 15 Representación gráfica serie CELESTE PREPAGO

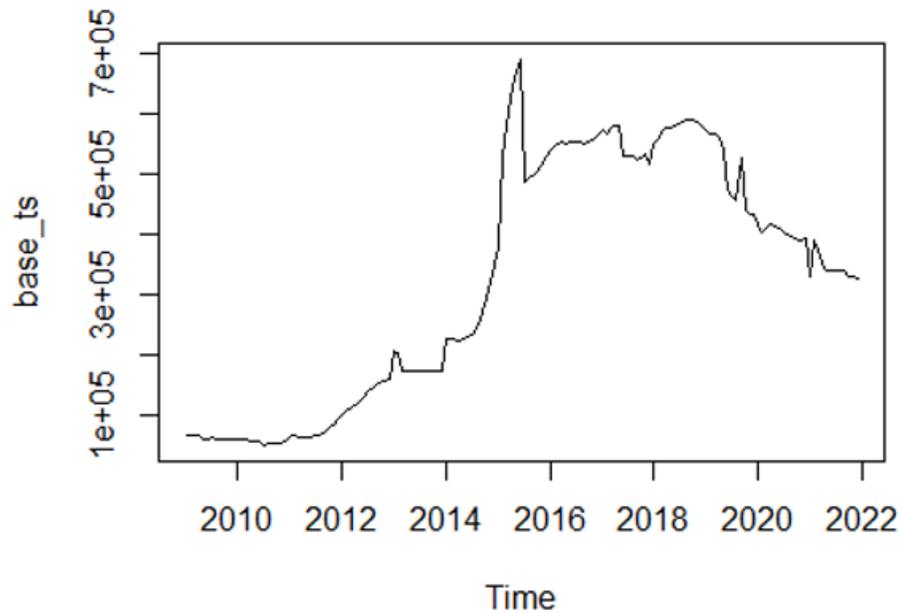


Fuente propia

Para el caso de CELESTE PREPAGO podemos darnos cuenta de que en sus inicios no disponía de muchos abonados o línea activas, este competidor en el tiempo ha venido madurando, logrando incrementar su número de línea activas, de una forma variante entre altos y bajos, a partir de la crisis economía del 2015 se evidencia un mejor manera del incremento en abonados, incluso en la época de pandemia por COVID19 comprendido entre los años 2019-2021 se pude visualizar un pequeño pero no muy notorio decrecimiento de línea activas.

Ahora procederemos a realizar el mismo análisis pero para los servicios pospago o corporativos, que son aquellos que por un valor mensual fijo tienen mayores beneficios como: una tarifa preferencial para llamadas ONNET dentro de la misma operadora móvil celular y OFFNET a otras operadoras, megas incluidos en navegación de internet y datos para redes sociales.

Figura 16 Representación gráfica serie CELESTE POSPAGO



Fuente: Propia

En el competidor CELESTE POSTPAGO es interesante y notorio como las diferentes crisis se evidencian de mejor manera en este competidor, específicamente en pospago, la crisis económica del Ecuador del 2014-2015 podemos ver como afecto de forma abrupta en este operador móvil celular teniendo una caída importante en sus líneas activas o abonados del segmento pospago, a pesar de todo ello poco a poco logra reponer su participación de mercado en número de abonados, pero nuevamente una crisis sanitaria como la pandemia de COVID19 golpea al operador móvil celular CELESTE en sus servicios pospago en el periodo 2019-2021, sin poder recuperarse y tener ese importante número de abonados.

Por lo cual nos encontramos con un caso de ruido blanco, White noise que se debe analizar, incluso se evidencia que no sigue una tendencia por lo cual es muy probable que para CELESTE_POSPAGO tras el análisis nos encontremos con un evento de innovación ya que no se puede definir una serie temporal bajo un comportamiento o tendencia.

Se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria en todas las series menos en la serie TOTAL_POSPAGO, esto quiere decir que todas las series menos TOTAL_POSPAGO son estacionarias en la primera diferencia, debido a que su p valor y un error menor al 5%.

Por lo cual podemos concluir que en las series ROJO_PREPAGO, ROJO_POSTPAGO, AZUL_PREPAGO, AZUL POSPAGO se evidencia que existe una tendencia lineal por lo cual son series que claramente se identifican como no estocásticas, para confirmar si la tendencia es o no es estocástica usaremos la prueba ADF con tendencia de la raíz unitaria.

4.2.2 Transformación previa de la serie

Son las pruebas de raíz unitaria, donde se identifica la existencia o no existencia de tendencia estocástica, para ello se corrige con la primera diferencia con tendencia lineal bajo el uso de su primer logaritmo, de las 156 muestras trabajaremos con 155 muestras tras aplicar la prueba ADF, la cual nos permite corroborar que existe tendencia. Donde podremos también evidenciar tendencias determinísticas como la crisis tras la pandemia COVID19 o la crisis económica del año 2015, las cuales nos muestran ciertas variaciones que si fueran muy prolongadas en el tiempo serían bastante perjudiciales para nuestro análisis, volviéndose una serie determinística lo cual implicaría que no podríamos predecir la serie, esto sucede con el proveedor móvil celular CELESTE donde se evidencia eventos de innovación .

4.2.3 Eliminación de la tendencia

Para nuestro análisis de series de tiempo bajo la aplicación de la prueba ADF o ADF test Dickey Fuller, el número de diferencias máximo que se va a permitir es de 12, lo cual representa el número de veces hasta cuanto podemos predecir las autocorrelaciones, se considera un error del 5% en todos los análisis.

Tabla 5 Prueba ADF

SERIE DE TIEMPO	ADF	Valor de p	Menor al 5%
ROJO_PREPAGO	2	0,7292	Si
ROJO_POSPAGO	2	0,8036	Si
AZUL_PREPAGO	3	0,9085	Si
AZUL POSPAGO	1	0,9534	Si
CELESTE_PREPAGO	0	0,5693	Si
CELESTE_POSPAGO	0	0,9962	Si
TOTAL_PREPAGO	2	0,6694	Si
TOTAL_POSPAGO	0	0,974	Si
TOTAL	2	0,389	Si

Fuente: propia

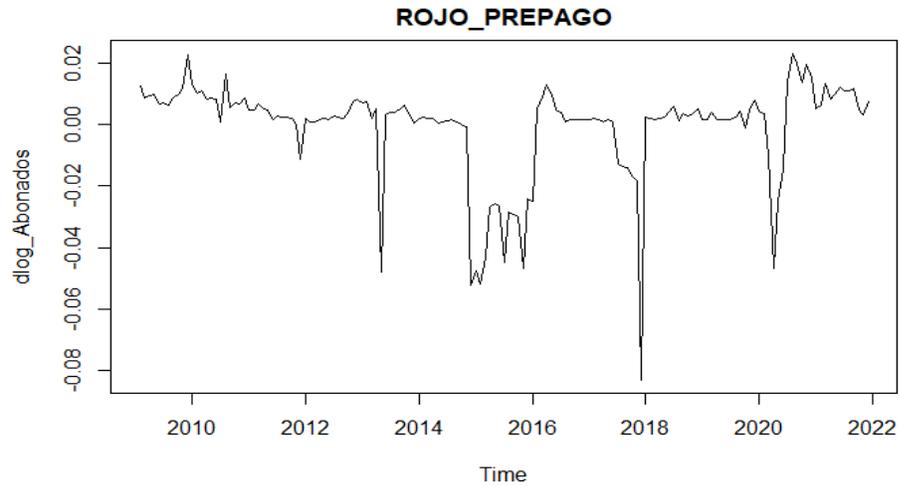
En la tabla podemos evidenciar que el valor de p no se rechaza al ser menor que uno, por lo tanto, podemos concluir que es una tendencia estocástica, lo cual nos permite indicar que con estadística se puede trabajar la serie, ya que no existe evidencia suficiente de que sean tendencias determinísticas y podemos trabajar con una diferencia para ver si las series son estacionarias es importante mencionar que existen dos tipos de hipótesis:

- Hipótesis nula: tendencia estocástica
- Hipótesis determinística: tendencia determinística.

Al aplicar la diferencia sobre nuestra serie de tiempo obtenemos una nueva serie en diferencias, donde obtendremos gráficas más lineales, más constantes, donde los picos o espurios nos muestran valores eventuales que no siguen un parámetro.

Obteniendo los siguientes resultados:

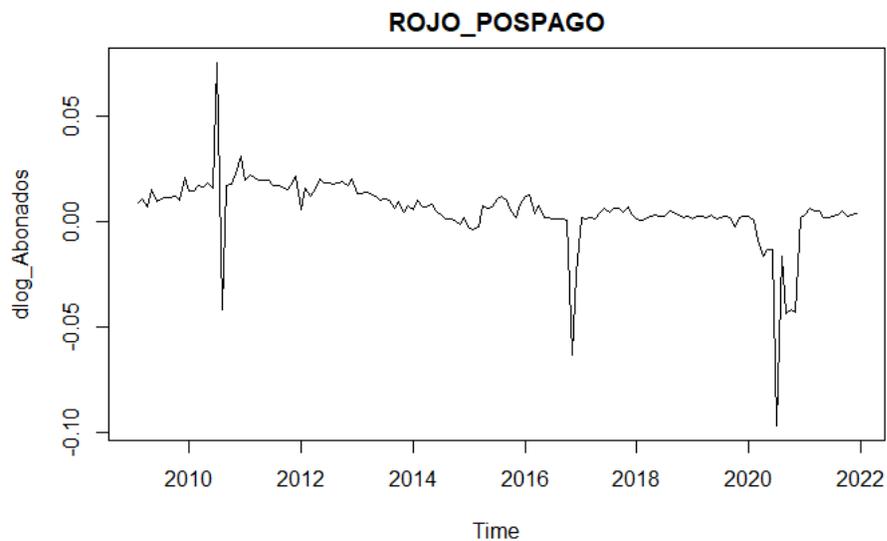
Figura 17 Gráfico serie en diferencias ROJO_PREPAGO



Fuente: propia

Podemos evidenciar que el valor esperado de la serie es constante con ciertos picos lo cual es normal en una serie de tiempo, generándose un cambio relativo en cada una de las muestras que para ROJO_PREPAGO con 9 picos.

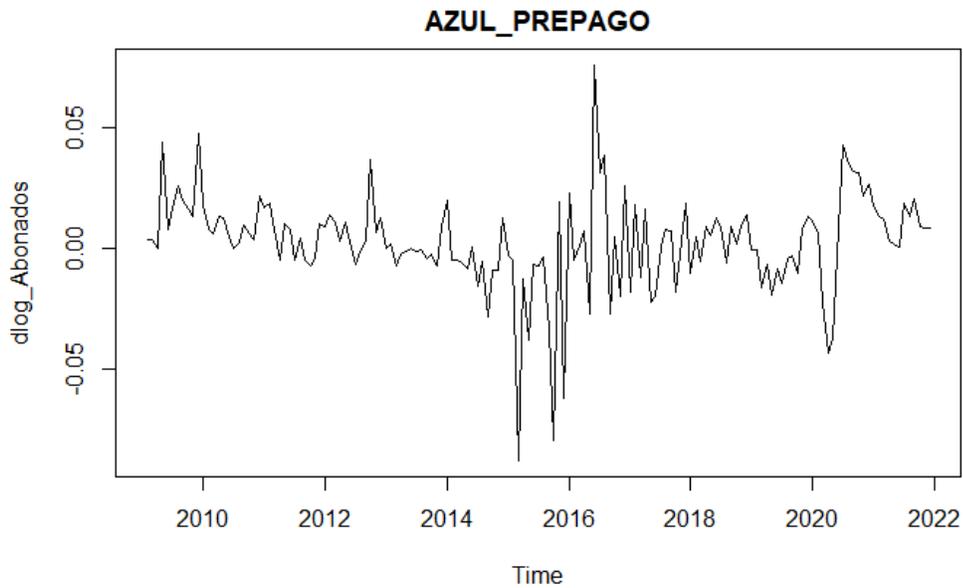
Figura 18 Gráfico serie en diferencias ROJO_POSPAGO



Fuente: propia

Podemos evidenciar que el valor esperado de la serie es constante con ciertos picos lo cual es normal en una serie de tiempo, generándose un cambio relativo en cada una de las muestras que para ROJO_POSPAGO con 4 picos.

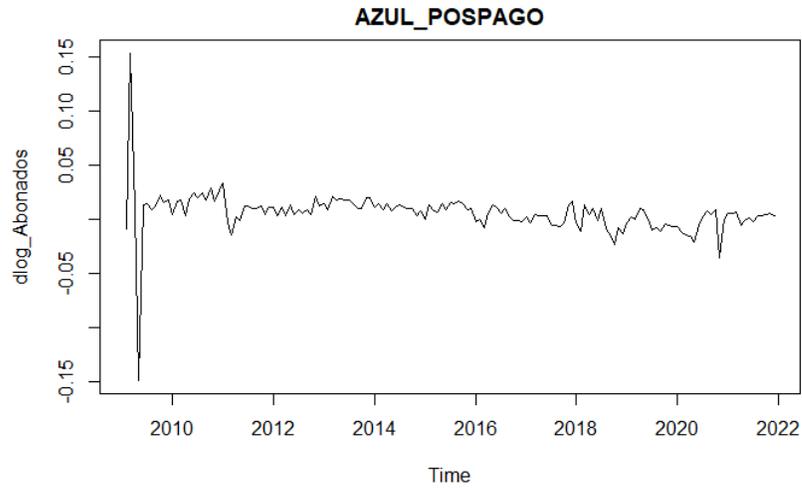
Figura 19 Gráfico serie en diferencias AZUL_PREPAGO



Fuente: propia

Podemos evidenciar que el valor esperado de la series es constante con ciertos picos lo cual es normal en una serie de tiempo, generándose un cambio relativo en cada una de las muestras que para AZUL_PREPAGO se evidencias varios picos los cuales no son pronunciados y se encentran cerca a cero menos 4 los cuales son picos pronunciados.

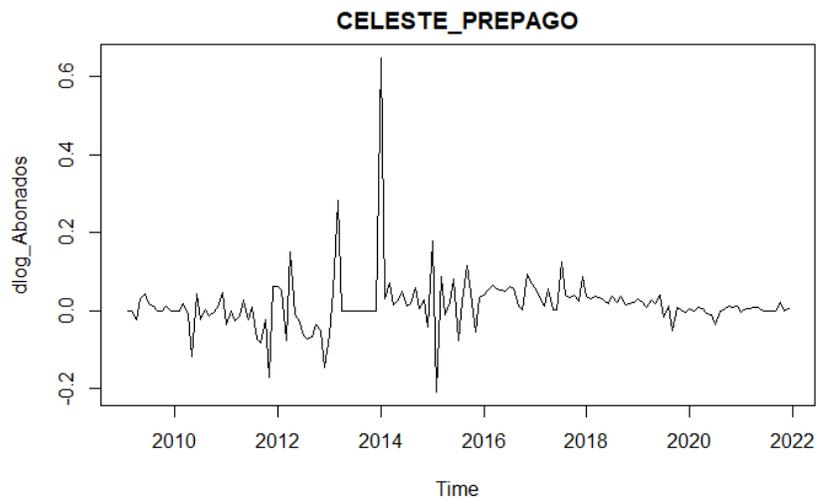
Figura 20 Gráfico serie en diferencias AZUL_POSPAGO



Fuente: propia

Podemos evidenciar que el valor esperado de la serie es constante con ciertos picos lo cual es normal en una serie de tiempo, generándose un cambio relativo en cada una de las muestras que para AZUL_POSPAGO con apenas 2 picos desplazados del eje central de una manera pronunciada.

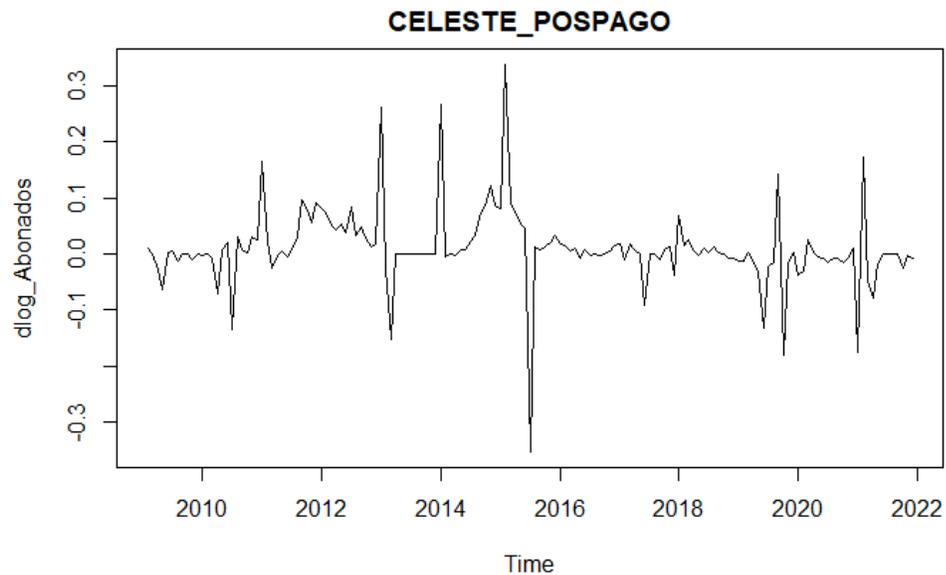
Figura 21 Gráfico serie en diferencias CELESTE_PREPAGO



Fuente: propia

Podemos evidenciar que el valor esperado de la serie es constante con ciertos picos lo cual es normal en una serie de tiempo, generándose un cambio relativo en cada una de las muestras que para CELESTE_PREPAGO con 3 picos desplazados del eje central de una manera pronunciada.

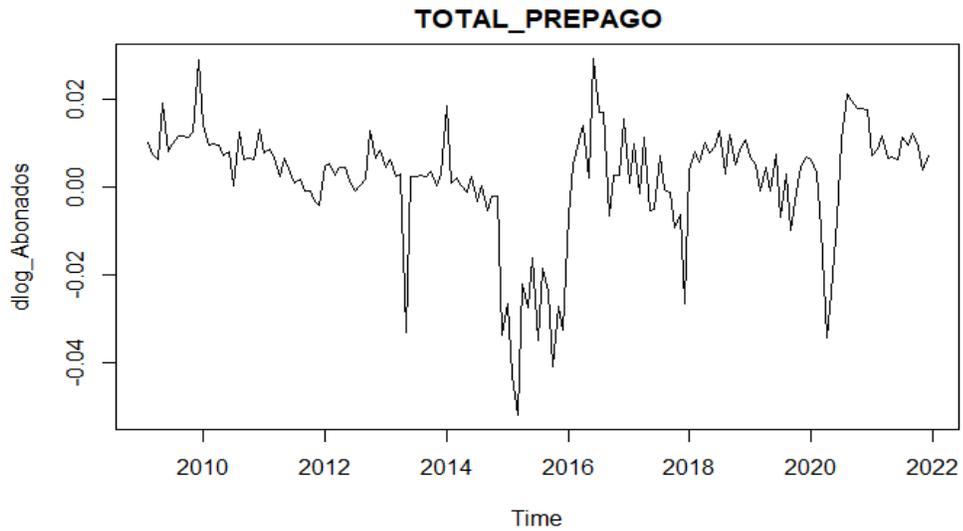
Figura 22 Gráfico serie en diferencias CELESTE_POSPAGO



Fuente: propia

Podemos evidenciar que el valor esperado de la serie es constante con ciertos picos lo cual es normal en una serie de tiempo, generándose un cambio relativo en cada una de las muestras que para CELESTE_PREPAGO con 12 picos desplazados del eje central de una manera pronunciada.

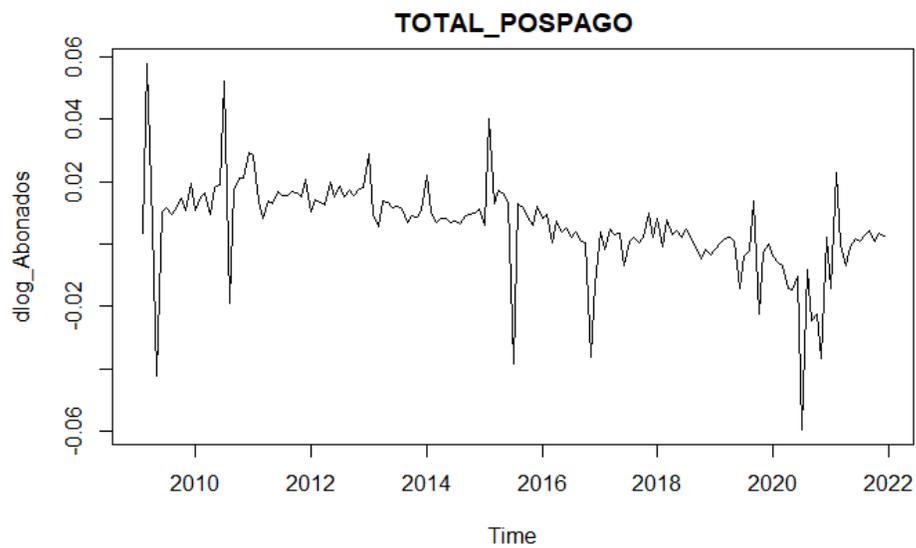
Figura 23 Gráfico serie en diferencias TOTAL_PREPAGO



Fuente: propia

Podemos evidenciar que el valor esperado de la serie es constante con ciertos picos lo cual es normal en una serie de tiempo, generándose un cambio relativo en cada una de las muestras que para TOTAL_PREPAGO con picos pronunciados.

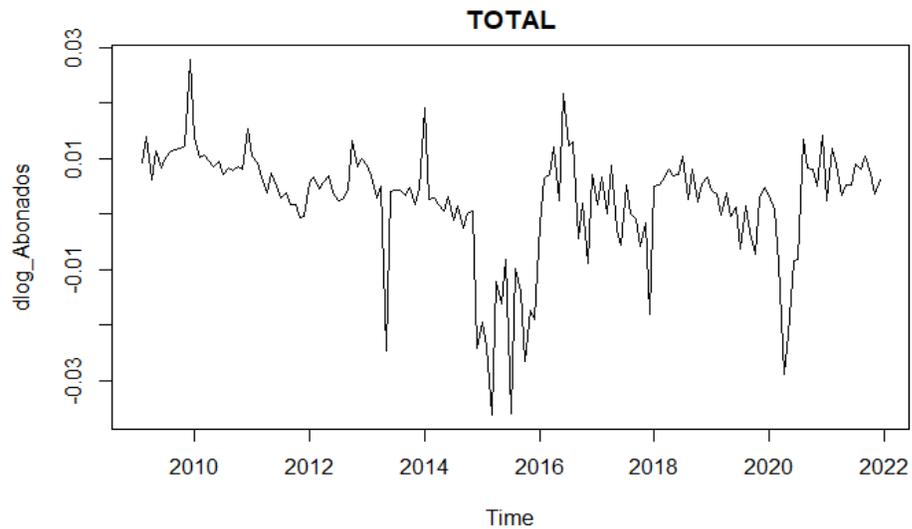
Figura 24 Gráfico serie en diferencias TOTAL_POSPAGO



Fuente: propia

Podemos evidenciar que el valor esperado de la serie es constante con ciertos picos lo cual es normal en una serie de tiempo, generándose un cambio relativo en cada una de las muestras que para TOTAL_POSPAGO con 8 picos pronunciados.

Figura 25 Gráfico serie en diferencias TOTAL



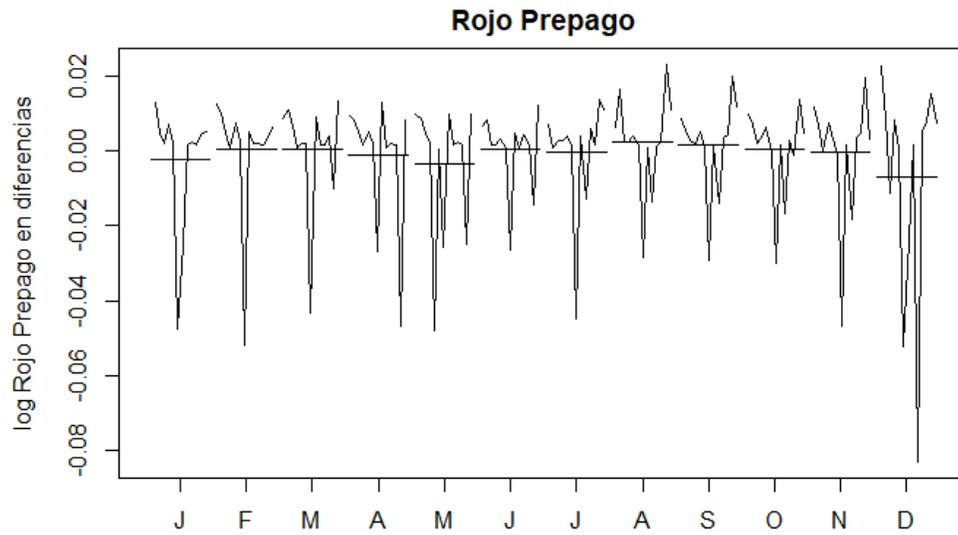
Fuente: propia

Podemos evidenciar que el valor esperado de la serie es constante con ciertos picos lo cual es normal en una serie de tiempo, generándose un cambio relativo en cada una de las muestras que para TOTAL_POSPAGO con 9 picos pronunciados.

4.2.5 Efecto de estacionalidad

Para detectar la estacionalidad es importante fijarnos en el gráfico de la serie, así obtener por inspección el periodograma, que no es otra cosa que transformar la serie temporal en su dominio de tiempo al dominio de la frecuencia, bajo la aplicación de series de Fourier, donde el eje X se representan las frecuencias y en eje Y amplitudes.

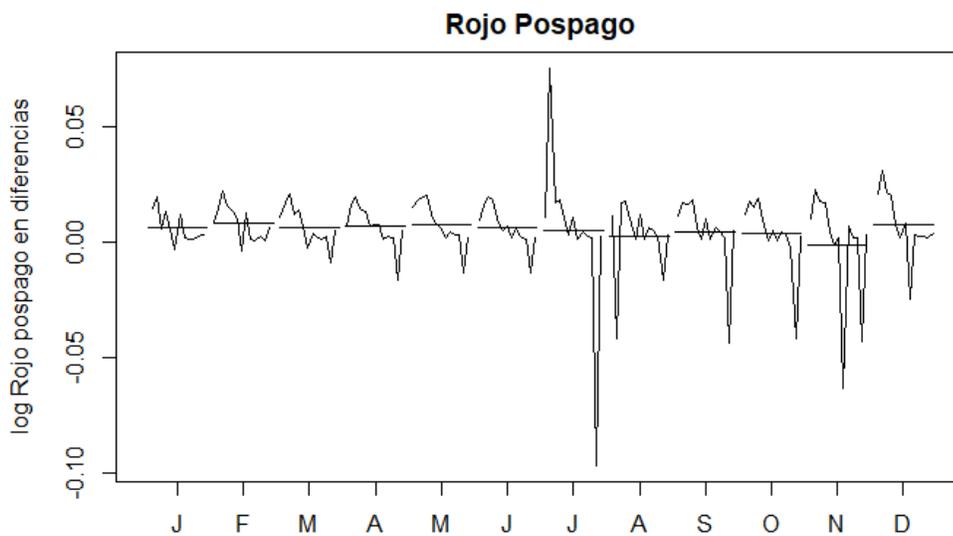
Figura 26 Logaritmo en diferencias de ROJO_PREPAGO



Fuente propia

Se puede evidenciar que en promedio cada uno de los meses considerados, significa que en promedio los meses tiene un valor similar para el análisis de la serie de tiempo ROJO_PREPAGO, sin tener problema de estacionalidad. Por lo cual no existe un efecto de estacionalidad, no es necesario ajustarlo.

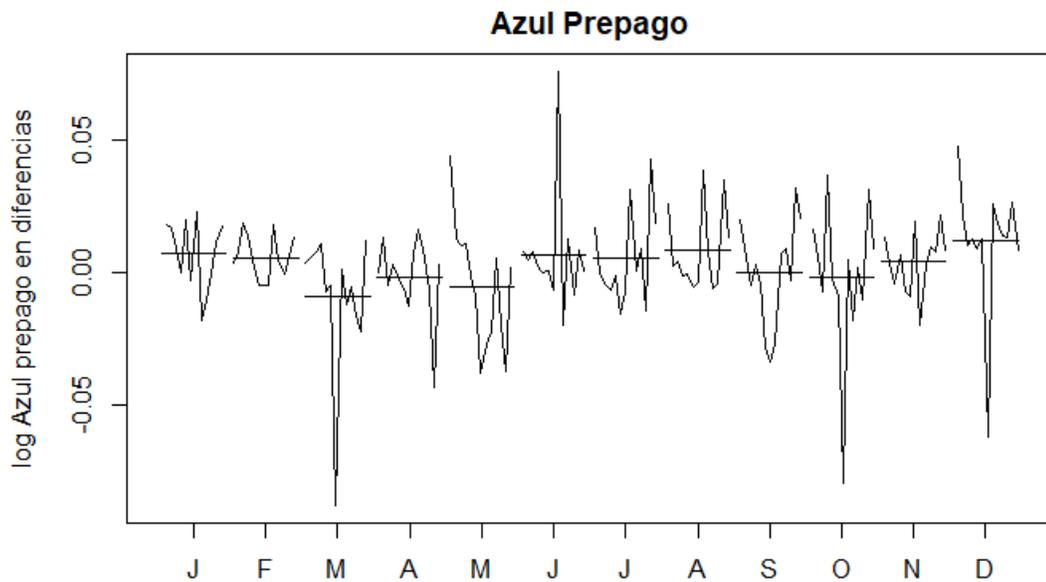
Figura 27 Logaritmo en diferencias de ROJO POSPAGO



Fuente propia

Se puede evidenciar que en promedio cada uno de los meses considerados, significa que en promedio los meses tiene un valor similar para el análisis de la serie de tiempo ROJO_POSPAGO, sin tener problema de estacionalidad. Por lo cual no existe un efecto de estacionalidad, no es necesario ajustarlo.

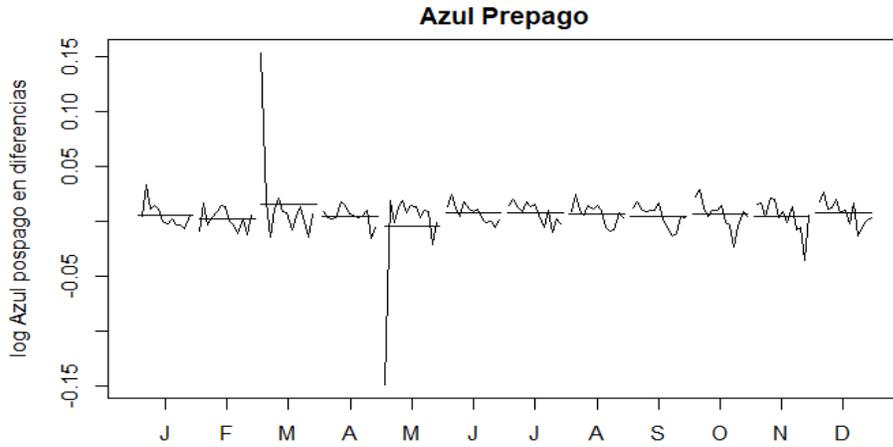
Figura 28 Logaritmo en diferencias de AZUL_PREPAGO



Fuente propia

Se puede evidenciar que en promedio cada uno de los meses considerados, significa que en promedio los meses tiene un valor similar para el análisis de la serie de tiempo AZUL_PREPAGO, sin tener problema de estacionalidad. Por lo cual no existe un efecto de estacionalidad muy fuerte, por lo cual trabajamos como que no existiera, sin ser necesario ajustarlo.

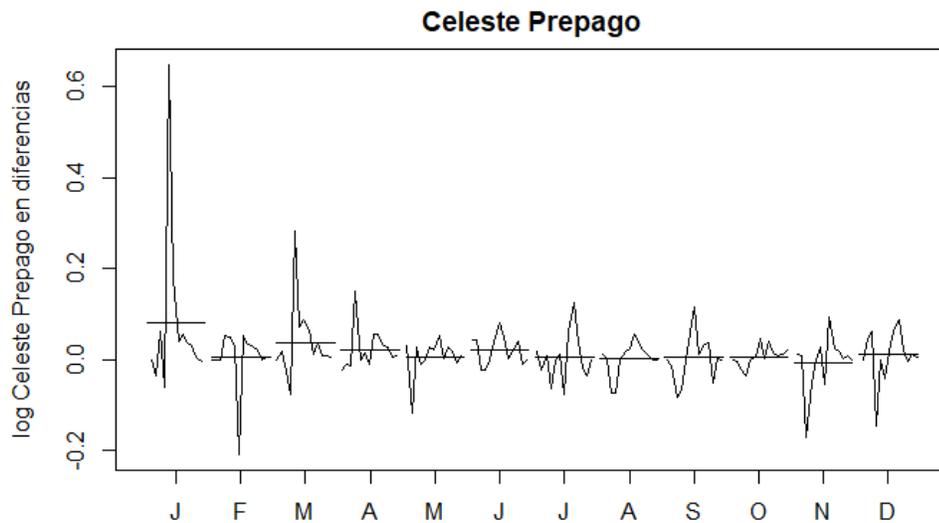
Figura 29 Logaritmo en diferencias de AZUL_POSPAGO



Fuente propia

Se puede evidenciar que en promedio cada uno de los meses considerados, significa que en promedio los meses tiene un valor similar para el análisis de la serie de tiempo AZUL_POSPAGO, sin tener problema de estacionalidad. Por lo cual no existe un efecto de estacionalidad, no es necesario ajustarlo.

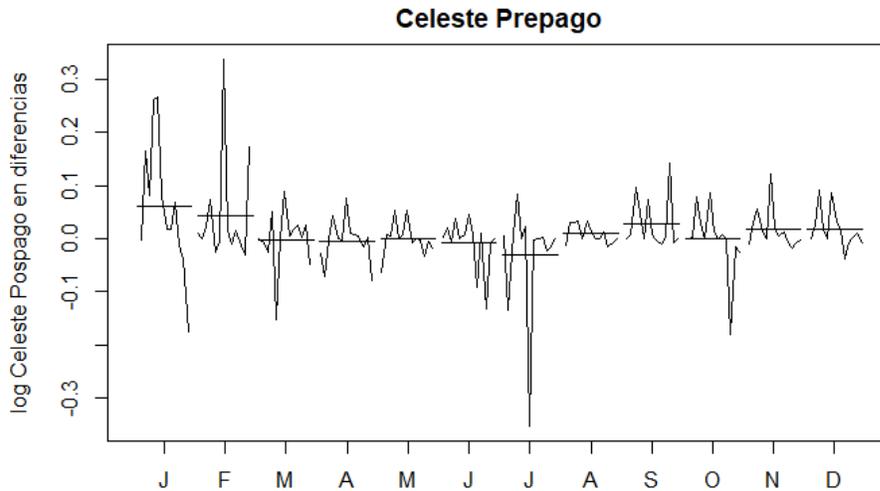
Figura 30 Logaritmo en diferencias de CELESTE_PREPAGO



Fuente propia

Se puede evidenciar que en promedio cada uno de los meses considerados, significa que en promedio los meses tiene un valor similar para el análisis de la serie de tiempo CELESTE_PREPAGO, sin tener problema de estacionalidad. Por lo cual no existe un efecto de estacionalidad, no es necesario ajustarlo.

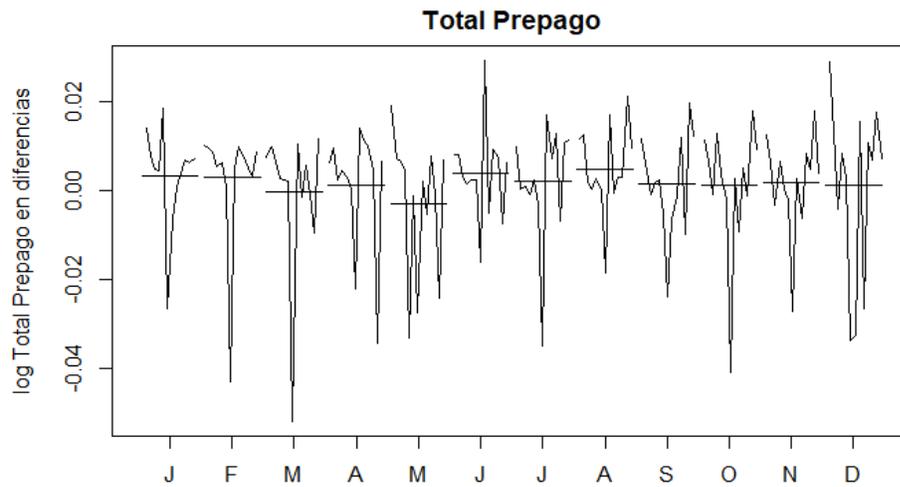
Figura 31 Logaritmo en diferencias de CELESTE_POSPAGO



Fuente propia

Se puede evidenciar que en promedio cada uno de los meses considerados, significa que en promedio los meses tiene un valor similar para el análisis de la serie de tiempo CELESTE_POSPAGO, sin tener problema de estacionalidad. Por lo cual no existe un efecto de estacionalidad, no es necesario ajustarlo.

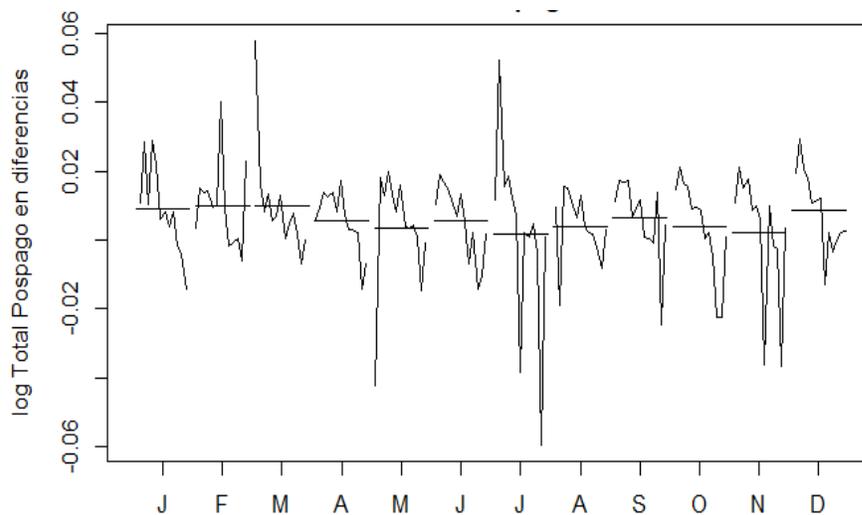
Figura 32 Logaritmo en diferencias de TOTAL_PREPAGO



Fuente propia

Se puede evidenciar que en promedio cada uno de los meses considerados, significa que en promedio los meses tiene un valor similar para el análisis de la serie de tiempo TOTAL_PREPAGO, sin tener problema de estacionalidad. Por lo cual no existe un efecto de estacionalidad, no es necesario ajustarlo.

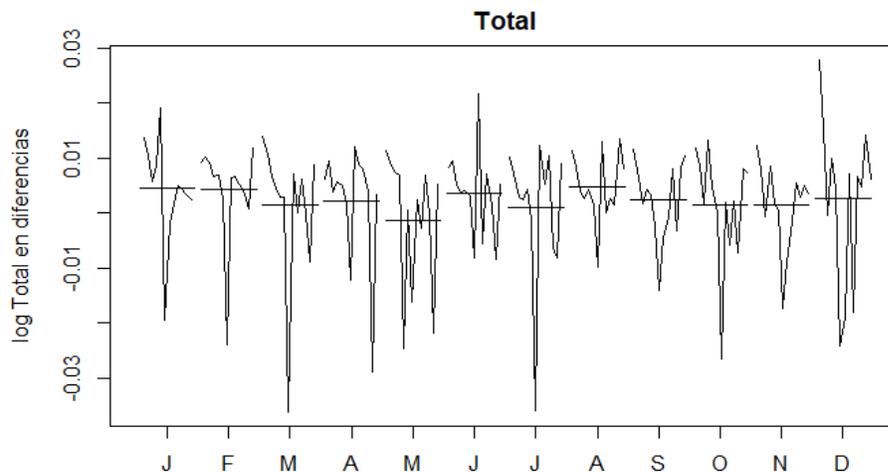
Figura 33 Logaritmo en diferencias de TOTAL_POSPAGO



Fuente propia

Se puede evidenciar que en promedio cada uno de los meses considerados, significa que en promedio los meses tiene un valor similar para el análisis de la serie de tiempo TOTAL_POSPAGO, sin tener problema de estacionalidad. Por lo cual no existe un efecto de estacionalidad muy fuerte, por lo cual trabajamos como que no existiera, sin ser necesario ajustarlo.

Figura 34 Logaritmo en diferencias de TOTAL



Fuente propia

Se puede evidenciar que en promedio cada uno de los meses considerados, significa que en promedio los meses tiene un valor similar para el análisis de la serie de tiempo TOTAL, sin tener problema de estacionalidad. Por lo cual no existe un efecto de estacionalidad muy fuerte, por lo cual trabajamos como que no existiera, sin ser necesario ajustarlo.

4.6.6 Contraste de validez del modelo

Serie en diferencia de logaritmos

Una de las propiedades de los logaritmos es que estabiliza una serie de tiempo y reduce escalas; una propiedad de las diferencias de una serie es que elimina la tendencia de una serie y la convierte en estacionaria. La combinación de la diferencia y logaritmos de una serie produce resultados muy buenos al momento de realizar pronósticos.

- Tras el análisis en diferencias de la serie de tiempo ROJO_PREPAGO. Se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria. Esto quiere decir que la serie es estacionaria en la primera diferencia.

$$X\text{-squared} = 199.82, df = 12, p\text{-value} < 2.2e-16$$

- Tras el análisis en diferencias de la serie de tiempo ROJO POSPAGO. Se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria. Esto quiere decir que la serie es estacionaria en la primera diferencia.

$$X\text{-squared} = 190.69, df = 12, p\text{-value} < 2.2e-16$$

- Tras el análisis en diferencias de la serie de tiempo AZUL_PREPAGO. Se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria. Esto quiere decir que la serie es estacionaria en la primera diferencia.

$$X\text{-squared} = 54.437, df = 12, p\text{-value} = 2.283e-07$$

- Tras el análisis en diferencias de la serie de tiempo AZUL_POSPAGO. Se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria. Esto quiere decir que la serie es estacionaria en la primera diferencia.

$$X\text{-squared} = 30.142, df = 12, p\text{-value} = 0.002658$$

- Tras el análisis en diferencias de la serie de tiempo CELESTE_PREPAGO. No se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria. Esto quiere decir que la serie no se pudo modelar al ser ruido blanco o White noise, siendo considerados como procesos de innovación

$$X\text{-squared} = 19.837, df = 12, p\text{-value} = 0.07023$$

- Tras el análisis en diferencias de la serie de tiempo CELESTE_POSPAGO. No se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria. Esto quiere decir que la serie no se puede modelar al ser ruido blanco o White noise. siendo considerados como procesos de innovación.

$$X\text{-squared} = 18.777, df = 12, p\text{-value} = 0.09404$$

- Tras el análisis en diferencias de la serie de tiempo TOTAL_PREPAGO. Se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria. Esto quiere decir que la serie es estacionaria en la primera diferencia.

$$X\text{-squared} = 245.34, df = 12, p\text{-value} < 2.2e-16$$

- Tras el análisis en diferencias de la serie de tiempo TOTAL_POSPAGO. Se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria. Esto quiere decir que la serie es estacionaria en la segunda diferencia, es decir es estocástica y se puede utilizar estadística para poder predecir, tras ser estacionaria en dos diferencias.

$$X\text{-squared} = 30.142, df = 12, p\text{-value} = 0.002658$$

- Tras el análisis en diferencias de la serie de tiempo TOTAL. Se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria. Esto quiere decir que la serie es estacionaria en la primera diferencia.

$$X\text{-squared} = 228.33, df = 12, p\text{-value} < 2.2e-16$$

4.6.7 Modelación y predicción

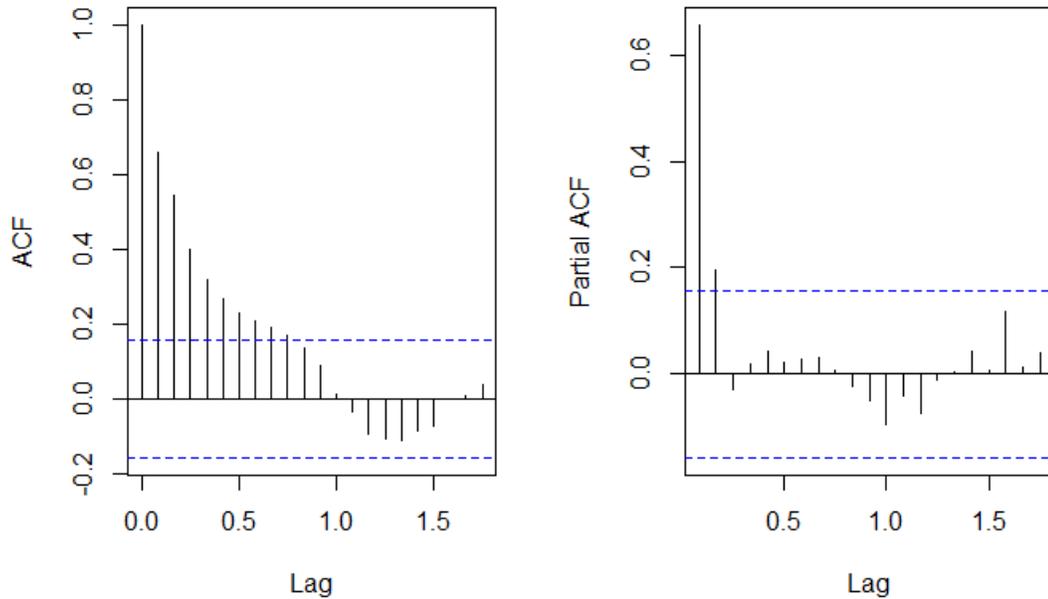
Para poder aplicar un modelo ARIMA es necesario, identificar si existe autocorrelación restante, que se pueda modelar por medio de los correlogramas, si se puede modelar una autocorrelación, entonces se puede trabajar con modelos ARIMA, por lo contrario, se puede decir que la serie es: un white noise, o ruido blanco, o procesos de innovación, que no puede ser predecible, es decir no tiene una tendencia, eso lo evidenciamos con CELESTE_PREPAGO y CELESTE POSPAGO.

Para los correlogramas de los residuos es importante para establecer los coeficientes (Ma, i, Ar) , al contar en ACF los diferentes lag o retrasos que existen como autocorrelaciones significativas existen, nos brinda la parte Ma que representa el modelo de medias móviles, la parte i nos indica a que diferencia debemos trabajar y para el caso de Partial ACF se cuenta desde el primer lag, Partial ACF nos brinda el modelo autorregresivo. Con lo anteriormente mencionado podemos identificar que el modelo que mejor se ajuste donde los coeficientes nos brindan $(1, 1, 1)$ debemos trabajar con el criterio de información de akaike (AIC), más bajo que es el que mejor se ajusta. Esto aplicaremos a todas las series de tiempo.

Serie de tiempo ROJO_PREPAGO

Esta serie considera los servicios PREPAGO del operador móvil más grande en Ecuador, en la parte descriptiva habíamos visto que los servicios prepago tienen un mayor número de abonados en comparación con pospago y el proveedor ROJO es quien se lleva la mayor participación a través del tiempo en Ecuador.

Figura 35 Correlogramas de los residuos serie ROJO_PREPAGO



Fuente propia

Podemos identificar en la gráfica de ACF y Partial ACF, que el modelo (0,1,5) es el mejor criterio de información de akaike (AIC) al tener el AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -920,87. Es importante mencionar que en ACF el lag 0 es la autocorrelación con ella mismo, por lo cual siempre estará presente y no se lo cuenta. Para el caso de Partial ACF si se cuentan todas las autocorrelaciones significativas que quedan por fuera de nuestras bandas de confianza.

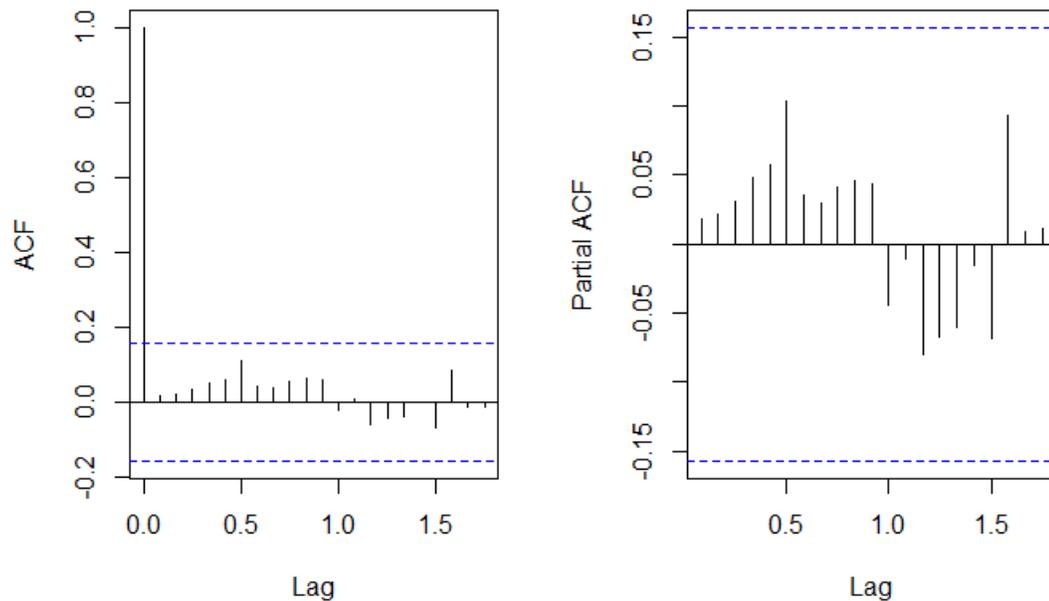
Tabla 6 Criterio de información de akaike para ROJO_PREPAGO

Orden	AIC	AIC que se acepta
(1,1,1)	-928.23	
(0,1,5)	-920,17	Se acepta
(1,1,0)	-924,87	

Fuente propia

Obteniendo la siguiente gráfica para (0, 1, 5) como la mejor opción, en ningún lag existe una autocorrelación significativa de los residuos ya que todo están dentro de las bandas, esto significa que va a ser un buen modelo para predecir y ha sido aceptado por AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -920,17, como lo podemos evidenciar en la siguiente gráfica:

Figura 36 Correlogramas ajustados al modelo ROJO_PREPAGO



Fuente propia

Al predecir con nuestro modelo ARIMA en primera diferencia obtenemos los siguientes resultados donde queda en evidencia que nuestro modelo esta correcto y se ajusta eficientemente a los datos reales.

Tabla 7 Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL ROJO_PREPAGO

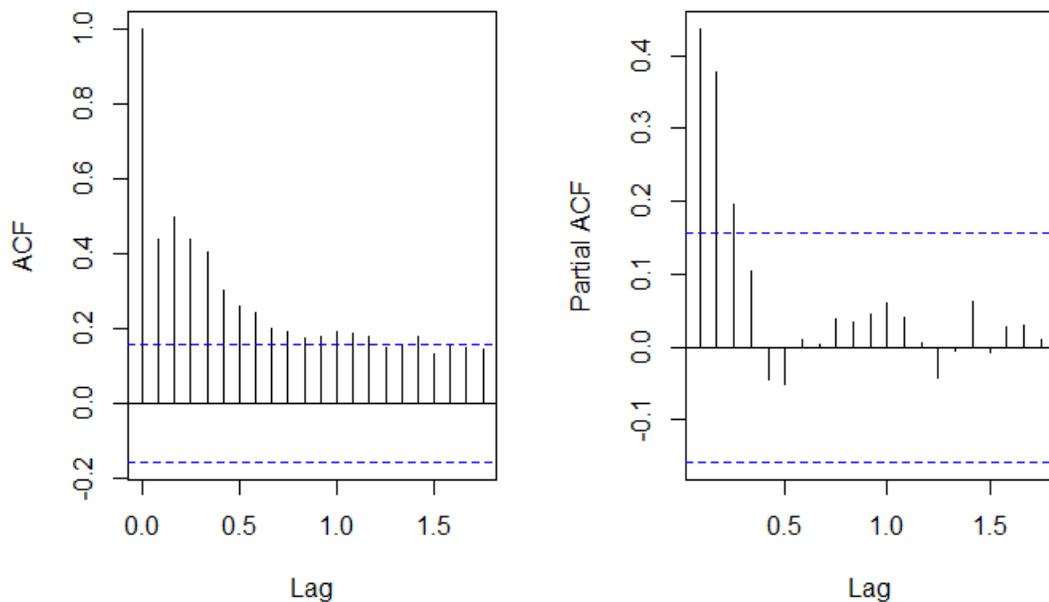
Enero predicción ARIMA	Febrero predicción ARIMA	Marzo predicción ARIMA
15,70384	15,70773	15,71084
Enero reporte real 2022 logaritmo (6601352)	Febrero reporte real 2022 logaritmo (6621439)	Marzo reporte real 2022 logaritmo (6636392)
15,70279	15,70582	15,70808

Fuente propia

Serie de tiempo ROJO_POSPAGO

Esta serie considera los servicios POSPAGO, del proveedor ROJO, quien tiene la mayor participación de mercado en el tiempo, habíamos visto anteriormente en la parte de estadística descriptiva que su porcentaje de participación va mas allá del 50% del mercado en Ecuador.

Figura 37 Correlogramas de los residuos serie ROJO_POSPAGO



Fuente propia

Podemos identificar en la gráfica de ACF y Partial ACF, que el modelo (0,1,5) es el mejor AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -882,71.

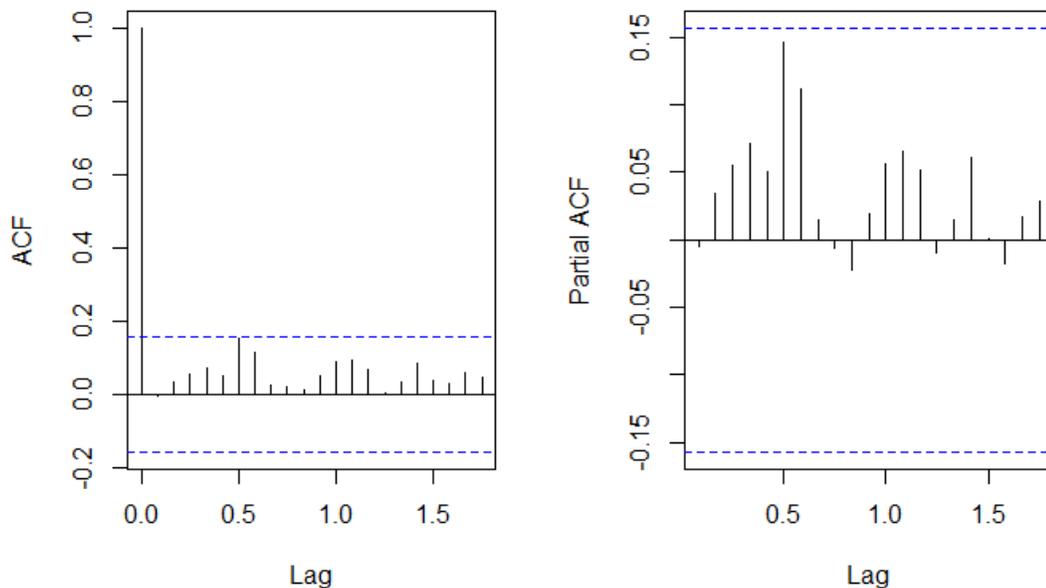
Tabla 8 Criterio de información de akaike para ROJO_POSPAGO

Orden	AIC	AIC que se acepta
(1,1,1)	-893.4	
(0,1,5)	-882,71	Se acepta
(2,1,0)	-889,36	

Fuente propia

Obteniendo la siguiente gráfica para (0, 1,5) como la mejor opción, al graficar en ningún lag existe una autocorrelación significativa de los residuos ya que todo están dentro de las bandas, esto significa que va a ser un buen modelo para predecir y ha sido aceptado por AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -882,71, como lo podemos evidenciar en la siguiente gráfica:

Figura 38 Correlogramas ajustados al modelo ROJO_POSPAGO



Fuente propia

Al predecir con nuestro modelo ARIMA en primera diferencia obtenemos los siguientes resultados donde queda en evidencia que nuestro modelo esta correcto y funcionando adecuadamente:

Tabla 9 Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL ROJO_POSPAGO

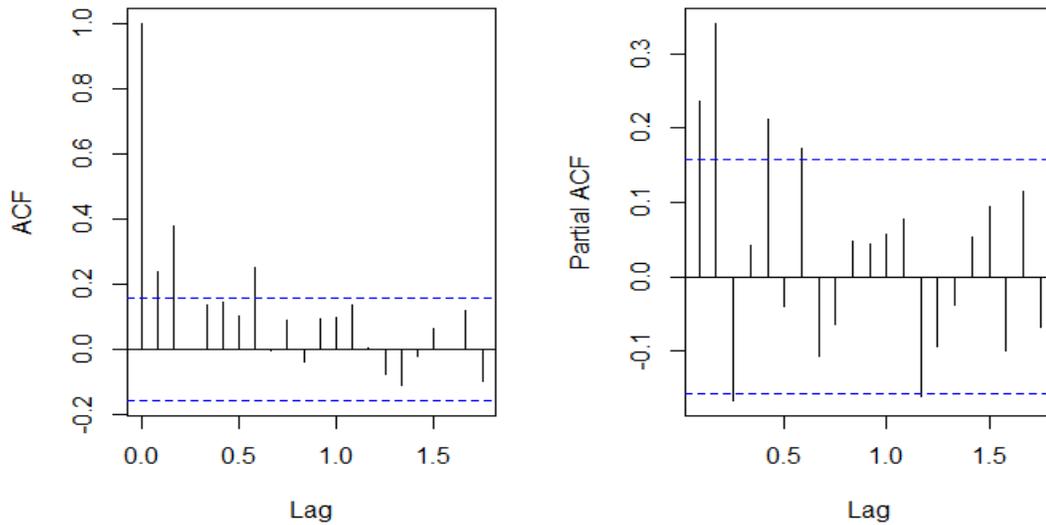
Enero predicción ARIMA	Febrero predicción ARIMA	Marzo predicción ARIMA
14,55491	14,55729	14,55950
Enero reporte real 2022 logaritmo (2093902)	Enero reporte real 2022 logaritmo (2100426)	Enero reporte real 2022 logaritmo (2110488)
14,55454	14,55765	14,56243

Fuente propia

Serie de tiempo AZUL_PREPAGO

Es el segundo competidor móvil celular en su participación de mercado, en este análisis de series de tiempo se considera los servicios PREPAGO, del proveedor AZUL en el mercado de Ecuador.

Figura 39 Correlogramas de los residuos serie AZUL_PREPAGO



Fuente propia

Podemos identificar en la gráfica de ACF y Partial ACF, que el modelo (1,1,1) es el mejor AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -784,89.

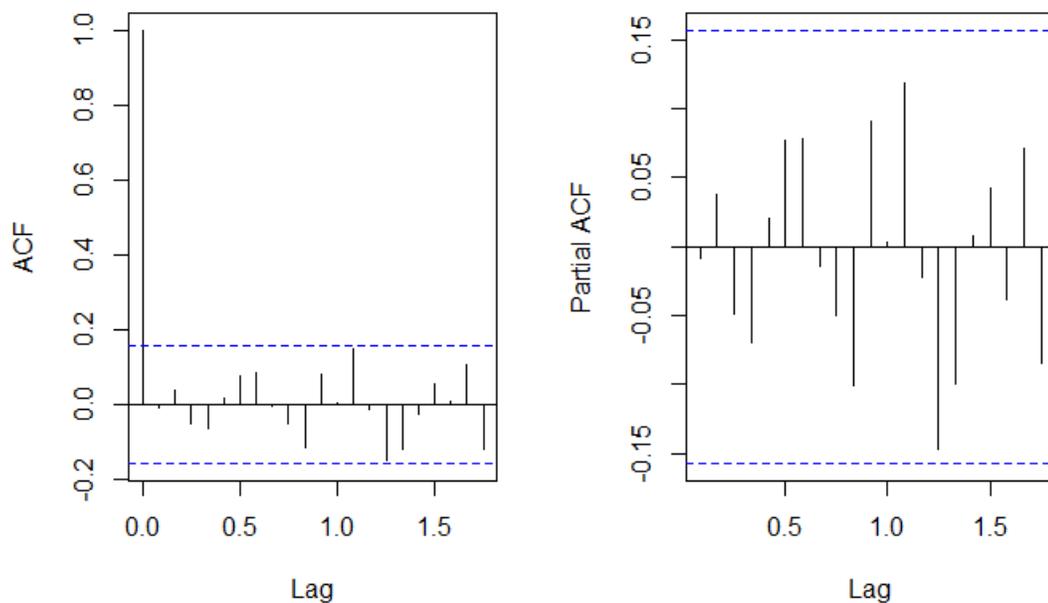
Tabla 10 Criterio de información de akaike para AZUL_PREPAGO

Orden	AIC	AIC que se acepta
(1,1,1)	-784,89	Se acepta
(4,1,3)	-803,27	
(4,1,0)	-794,81	

Fuente propia

Obteniendo la siguiente gráfica para (1,1,1) como la mejor opción, al graficar en ningún lag existe una autocorrelación significativa de los residuos ya que todo están dentro de las bandas, esto significa que va a ser un buen modelo para predecir y ha sido aceptado por AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -784,89, como lo podemos evidenciar en la siguiente gráfica:

Figura 40 Correlogramas ajustados al modelo AZUL_PREPAGO



Fuente propia

Al predecir con nuestro modelo ARIMA en primera diferencia obtenemos los siguientes resultados donde queda en evidencia que nuestro modelo esta correcto y funcionando adecuadamente:

Tabla 11 Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL AZUL_PREPAGO

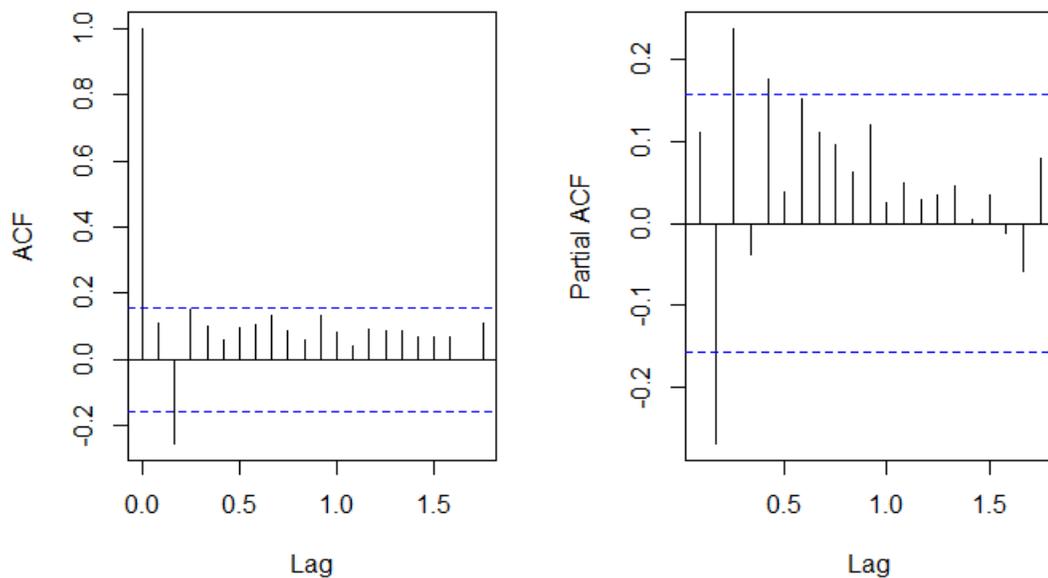
Enero predicción ARIMA	Febrero predicción ARIMA	Marzo predicción ARIMA
15,22227	15,22721	15,23137
Enero reporte real 2022 logaritmo (4068001)	Enero reporte real 2022 logaritmo (4093170)	Enero reporte real 2022 logaritmo (4105926)
15,21866	15,22483	15,22794

Fuente propia

Serie de tiempo AZUL_POSPAGO

Esta serie considera los servicios POSPAGO, del proveedor AZUL en cuanto habíamos visto anteriormente es el segundo competidor de los tres en cuanto a participación en el mercado en Ecuador.

Figura 41 Correlogramas de los residuos serie AZUL_POSPAGO



Fuente propia

Podemos identificar en la gráfica de ACF y Partial ACF, que el modelo (1,1,1) es el mejor AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -784,89.

Tabla 12 Criterio de información de akaike para AZUL_POSPAGO

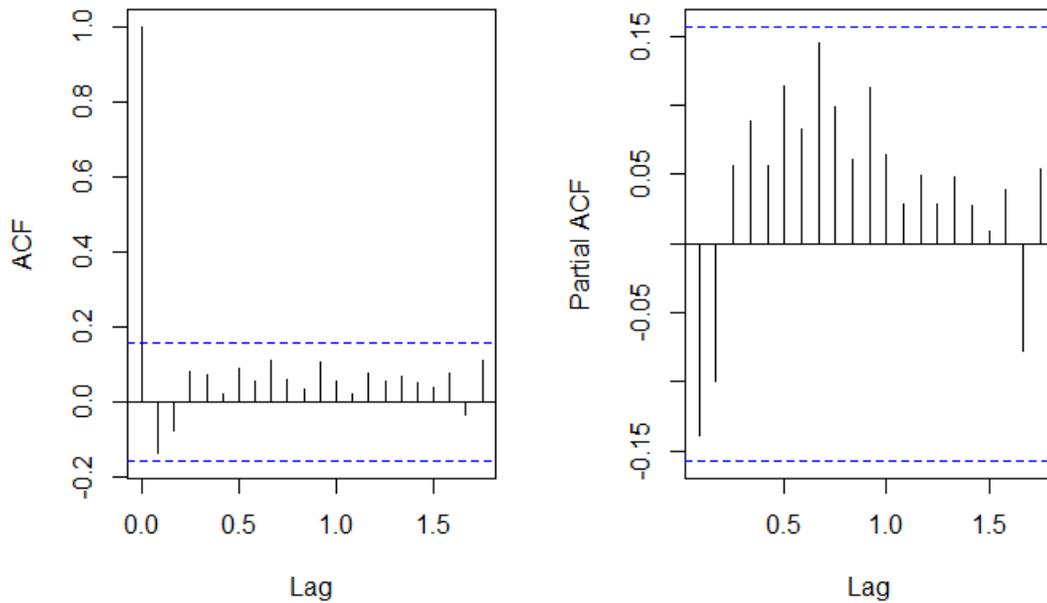
Orden	AIC	AIC que se acepta
(1,1,1)	-776,76	Se acepta
(0,1,2)	-778,73	
(2,1,1)	-781,3	

Fuente propia

Obteniendo las siguientes gráficas para (1,1,1) en ningún lag existe una autocorrelación significativa de los residuos ya que todo están dentro de las bandas, esto significa que va a ser un buen modelo para predecir, mientras mas sencillo el modelo mejor y (1,1,1) lo demuestra.

Obteniendo la siguiente gráfica para (1,1,1) como la mejor opción, al graficar en ningún lag existe una autocorrelación significativa de los residuos ya que todo están dentro de las bandas, esto significa que va a ser un buen modelo para predecir y ha sido aceptado por AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -776,76, como lo podemos evidenciar en la siguiente gráfica:

Figura 42 Correlogramas ajustados al modelo AZUL_POSPAGO



Fuente propia

Al predecir con nuestro modelo ARIMA en primera diferencia obtenemos los siguientes resultados donde queda en evidencia que nuestro modelo esta correcto y funcionando adecuadamente:

Tabla 13 Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL AZUL_POSPAGO

Enero predicción ARIMA	Febrero predicción ARIMA	Marzo predicción ARIMA
13,98474	13,98422	13,98442
Enero reporte real 2022 logaritmo (1192204)	Enero reporte real 2022 logaritmo (1192193)	Enero reporte real 2022 logaritmo (1198822)
13,99131	13,99131	13,99685

Fuente propia

Serie de tiempo CELESTE_PREPAGO

Para celeste prepago se considera como eventos de innovación, es decir no es una serie estocástica por lo cual CELESTE_PREPAGO no se puede predecir bajo un modelo de series temporales.

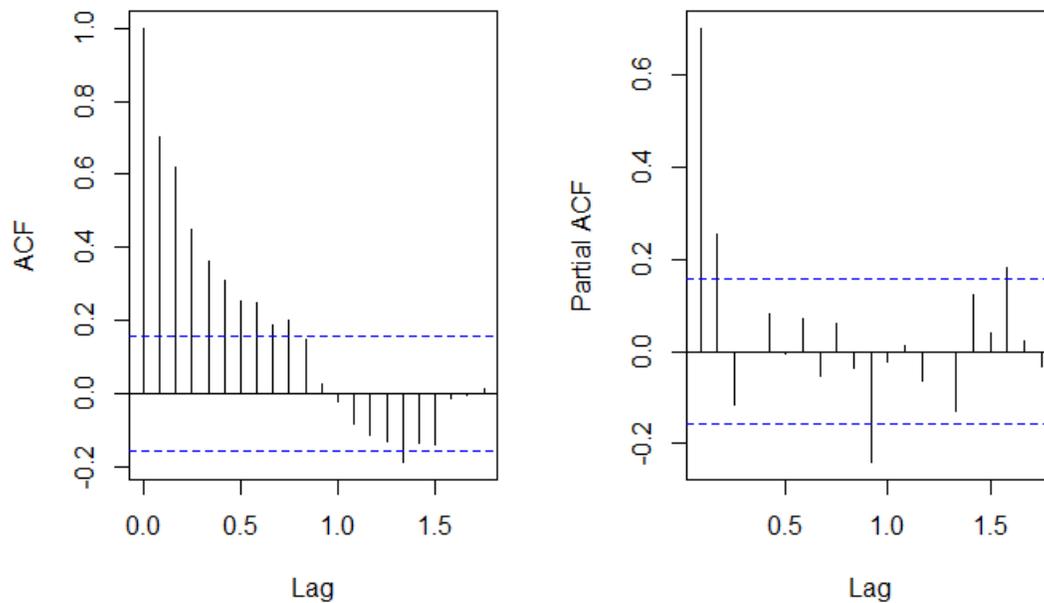
Serie de tiempo CELESTE_POSPAGO

Lo propio sucede con el proveedor CELESTE en su parte POSPAGO o corporativa se considera como eventos de innovación, es decir no se pueden predecir, de igual manera se considera como una serie no estocástica, la misma que no sigue una tendencia para CELESTE_POSPAGO.

Serie de tiempo TOTAL_PREPAGO

Esta serie considera la suma de todas las tres operadoras en sus servicios PREPAGO, agrupándolas en una sola para poder entender el comportamiento global o total de los servicios PREPAGO indistinto de la operadora en Ecuador.

Figura 43 Correlogramas de los residuos serie TOTAL_PREPAGO



Fuente propia

Podemos identificar en la gráfica de ACF y Partial ACF, que el modelo (0,1,5) es el mejor AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -997,53.

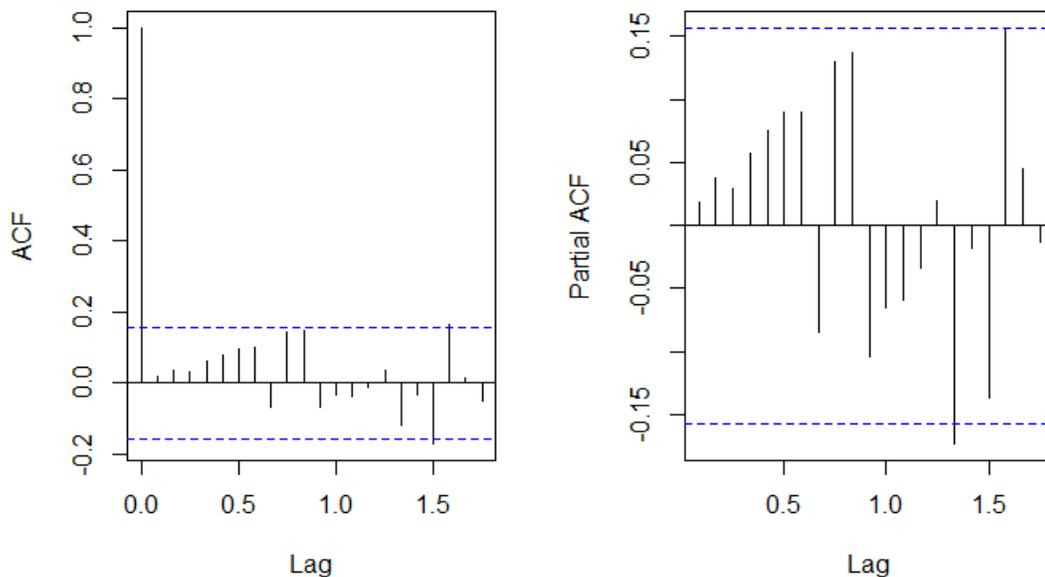
Tabla 14 Criterio de información de akaike para TOTAL_PREPAGO

Orden	AIC	AIC que se acepta
(1,1,1)	-1002,48	
(0,1,5)	-997,53	Se acepta
(3,1,0)	-1005,26	

Fuente propia

Obteniendo la siguiente gráfica para (0,1,5) como la mejor opción, al graficar en ningún lag existe una autocorrelación significativa de los residuos ya que todo están dentro de las bandas, esto significa que va a ser un buen modelo para predecir y ha sido aceptado por AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -997,53, como lo podemos evidenciar en la siguiente gráfica:

Figura 44 Correlogramas ajustados al modelo TOTAL_PREPAGO



Fuente propia

Al predecir con nuestro modelo ARIMA en primera diferencia obtenemos los siguientes resultados donde queda en evidencia que nuestro modelo esta correcto y funcionando adecuadamente:

Tabla 15 Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL AZUL PREPAGO

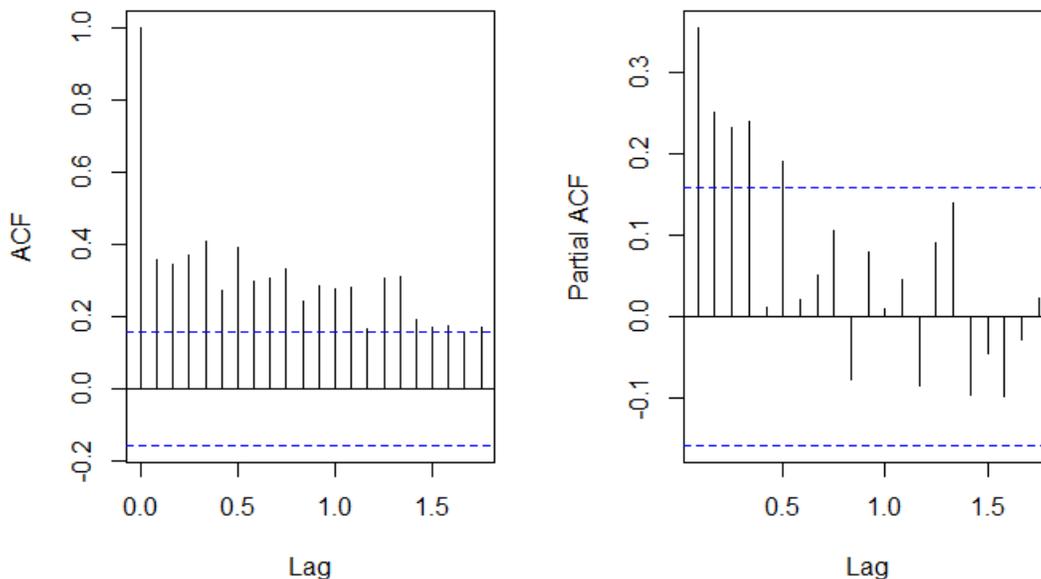
Enero predicción ARIMA	Febrero predicción ARIMA	Marzo predicción ARIMA
16,39904	16,40342	16,40708
Enero reporte real 2022 logaritmo (13220510)	Enero reporte real 2022 logaritmo (13277237)	Enero reporte real 2022 logaritmo (13319621)
16,39728	16,40156	16.40475

Fuente propia

Serie de tiempo TOTAL_POSPAGO

Esta serie considera la suma de todas las tres operadoras en sus servicios POSPAGO, agrupándolas en una sola para poder entender el comportamiento global o total de los servicios POSPAGO indistinto de la operadora en Ecuador.

Figura 45 Correlogramas de los residuos serie TOTAL_POSPAGO



Fuente propia

Podemos identificar en la gráfica de ACF y Partial ACF, que el modelo (0,1,5) es el mejor AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -891,7.

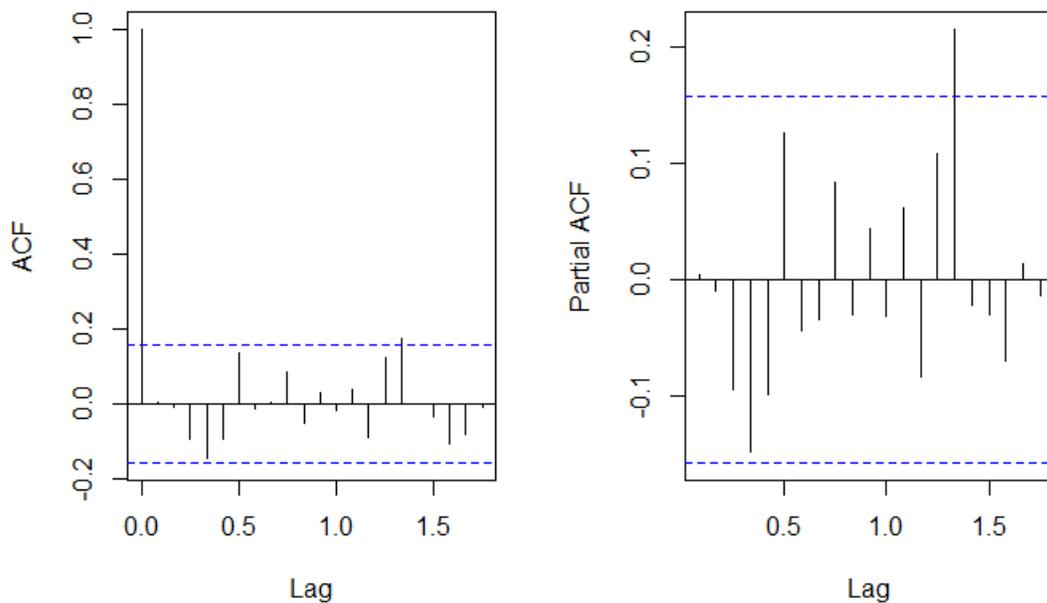
Tabla 16 Criterio de información de akaike para TOTAL_POSPAGO

Orden	AIC	AIC que se acepta
(1,1,1)	-915,44	
(5,1,0)	-907,65	
(0,1,5)	-891,7	Se acepta

Fuente propia

Obteniendo la siguiente gráfica para (0,1,5) como la mejor opción, al graficar en ningún lag existe una autocorrelación significativa de los residuos ya que todo están dentro de las bandas, esto significa que va a ser un buen modelo para predecir y ha sido aceptado por AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -891,7, como lo podemos evidenciar en la siguiente gráfica:

Figura 46 Correlogramas ajustados al modelo TOTAL_POSPAGO



Fuente propia

Al predecir con nuestro modelo ARIMA en primera diferencia obtenemos los siguientes resultados donde queda en evidencia que nuestro modelo esta correcto y funcionando adecuadamente:

Tabla 17 Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL TOTAL_POSPAGO

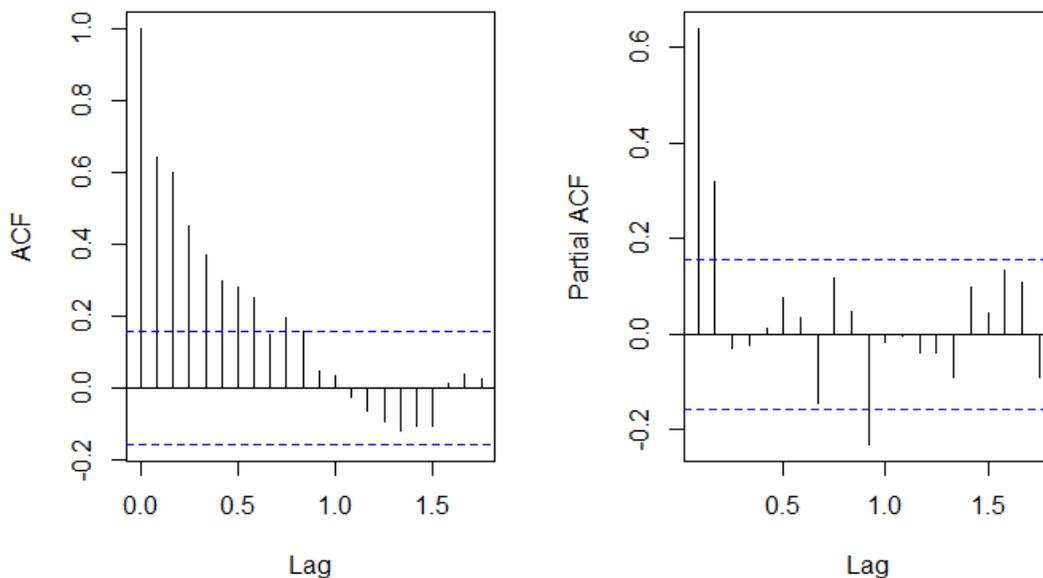
Enero predicción ARIMA	Febrero predicción ARIMA	Marzo predicción ARIMA
15,09540	15,09481	15,09424
Enero reporte real 2022 logaritmo (3611202)	Enero reporte real 2022 logaritmo (3612124)	Enero reporte real 2022 logaritmo (3621700)
15,09955	15,09981	15,10245

Fuente propia

Serie de tiempo TOTAL

Esta serie considera la suma de todas las tres operadoras en sus servicios POSPAGO y PREPAGO, agrupándolas en una sola para poder entender el comportamiento global o total de los servicios indistinto de la operadora en Ecuador.

Figura 47 Correlogramas de los residuos serie TOTAL



Fuente propia

Podemos identificar en la gráfica de ACF y Partial ACF, que el modelo (0,1,5) es el mejor AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -1062,21.

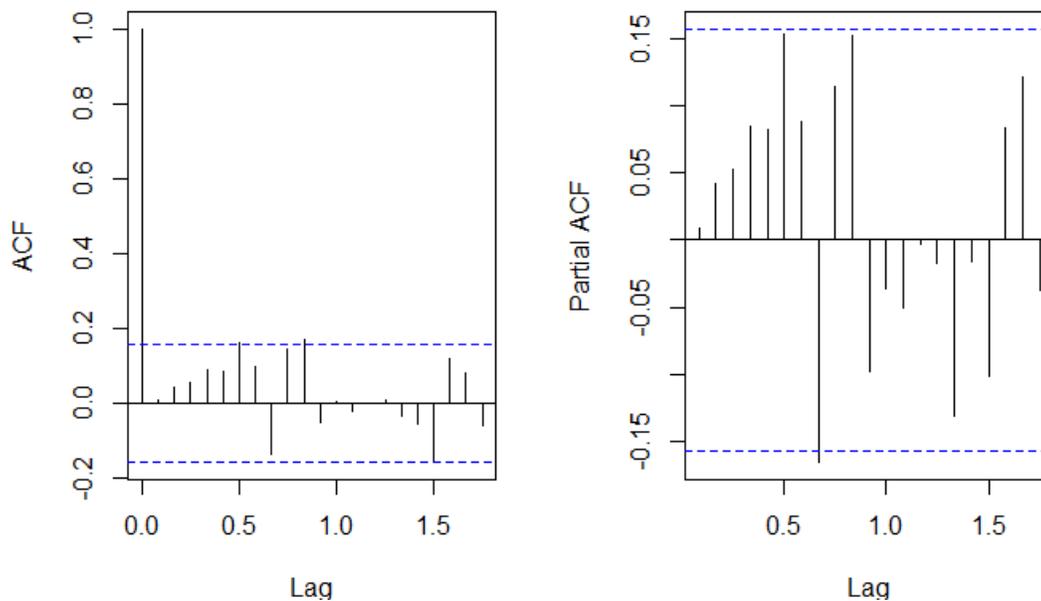
Tabla 18 Criterio de información de akaike para TOTAL

Orden	AIC	AIC que se acepta
(1,1,1)	-1071,4	
(0,1,5)	-1062,21	Se acepta
(3,1,5)	-1073,02	

Fuente propia

Obteniendo la siguiente gráfica para (1,1,1) como la mejor opción, al graficar en ningún lag existe una autocorrelación significativa de los residuos ya que todo están dentro de las bandas, esto significa que va a ser un buen modelo para predecir y ha sido aceptado por AIC o criterio de información de akaike, con un valor de -784,89, como lo podemos evidenciar en la siguiente gráfica:

Figura 48 Correlogramas ajustados al modelo TOTAL_PREPAGO



Fuente propia

Al predecir con nuestro modelo ARIMA en primera diferencia obtenemos los siguientes resultados donde queda en evidencia que nuestro modelo esta correcto y funcionando adecuadamente:

Tabla 19 Predicción modelo ARIMA VS. Reporte real ARCOTEL TOTAL

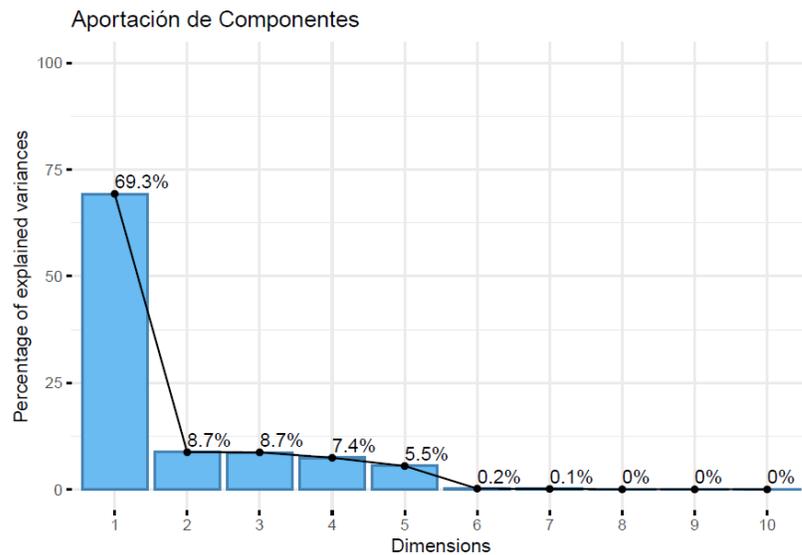
Enero predicción ARIMA	Febrero predicción ARIMA	Marzo predicción ARIMA
16,63991	16,64393	16,64741
Enero reporte real 2022 logaritmo (16848189)	Enero reporte real 2022 logaritmo (16905838)	Enero reporte real 2022 logaritmo (16949693)
16,63975	16,64317	16,64576

Fuente propia

4.3 Estadística Multivariante modelo ACP

Distribución de radiobases de las operadoras móviles celulares en todas la provincias del Ecuador, al representar las varianzas de nuestros componentes podemos identificar que existen 3 componentes que generan un impacto en nuestro análisis partiendo de los 10 análisis de componentes principales ACP:

Figura 49 Aportación de componentes



Fuente: Propia

- La primera componente principal explica el 69,3%
- La segunda componente representa 8,7%
- La tercera componente representa 8,7%
- La cuarta componente representa 7,4%
- La quinta componente representa 5,5%

Con lo cual podemos indicar que con las 5 primeras componentes está explicado el 99,6% de los datos obtenidos, lo cual permite corroborar el análisis ACP ya que lo que pretende es explicar lo más posible sus datos con el mínimo error.

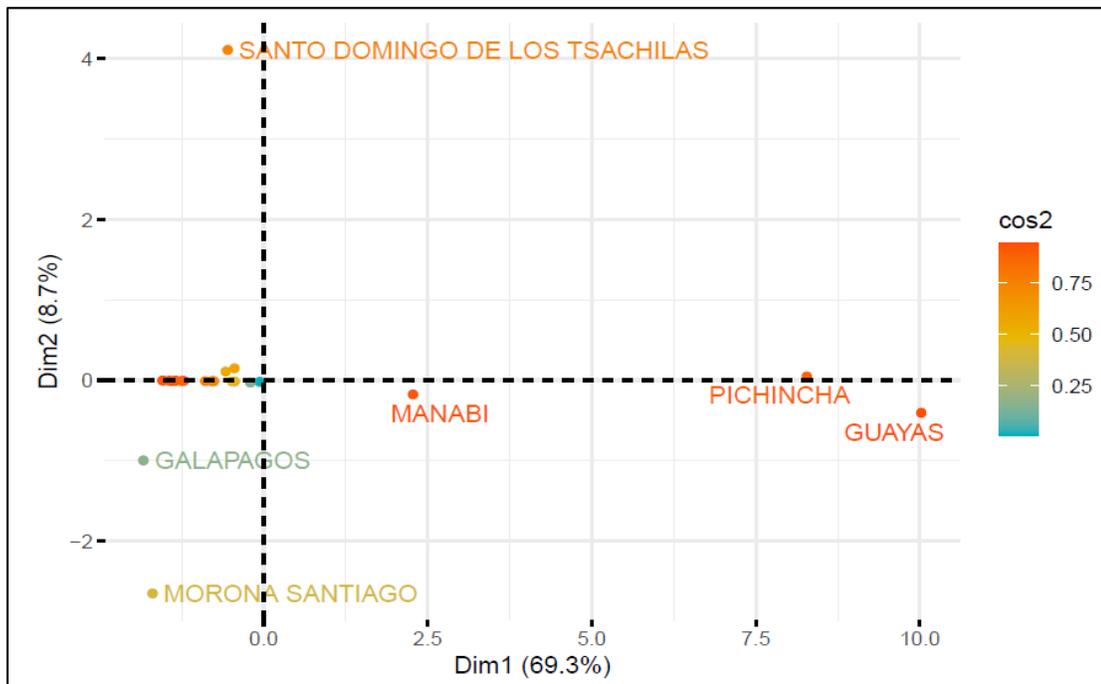
En la siguiente figura podemos evidenciar, tres estratificaciones:

- Guayas
- Pichincha
- Manabí
- Santo Domingo de los Tsáchilas

Donde existe una correlación entre las provincias más grandes por su número de habitantes y lo propio en las provincias pequeñas. Santo Domingo de los Tsáchilas es un caso aparte, ya que es punto de interconexión entre la Sierra y la Costa, adicional que es el punto medio entre Quito – Guayaquil que son las matrices económicas del Ecuador.

- Quito: Capital del Ecuador
- Guayaquil: Puerto principal del Ecuador
- Manabí: Segundo puerto principal del Ecuador

Figura 50 Provincias Radiobases ACP



Fuente: Propia

Podemos evidenciar en la figura 9 que las provincias con el mayor número de radiobases son GUAYAS, PICHINCHA, MANABÍ, guardando mayor información sobre la data, las cuales interactúan de una forma semejante, en función de la data las provincias con el menor número de radiobases y como nos muestra el gráfico guardan semejanza entre ellas son GALAPAGOS, MORONA SANTIAGO y SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS, este último con una correlación positiva contraria a las otras; es un caso particular, esto se debe a que esta provincia es el punto de interconexión entre la sierra y la costa, es decir el tráfico entre regiones pasa por esta provincia, por lo cual esta SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS.

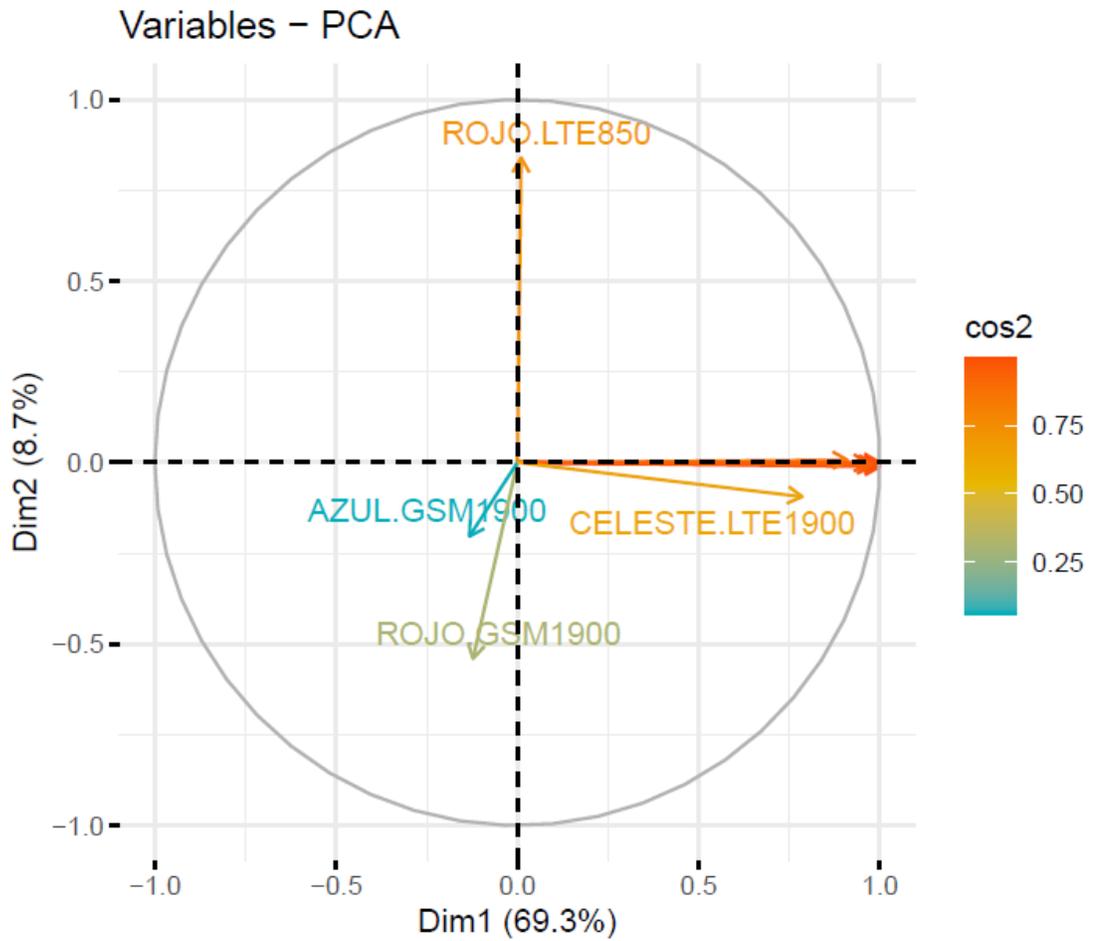
Figura 51 Ejemplo de distribución de radiobases



Fuente: Propia

En la figura 10, se puede mencionar que cada uno de los colores representan los diferentes tipos de frecuencias de las diferentes tecnologías como GSM, UMTS, LTE, donde se puede evidenciar que en algunas radiobases se dispone de dos colores, esto significa que coexisten dos tecnologías.

Figura 52 Variables PCA

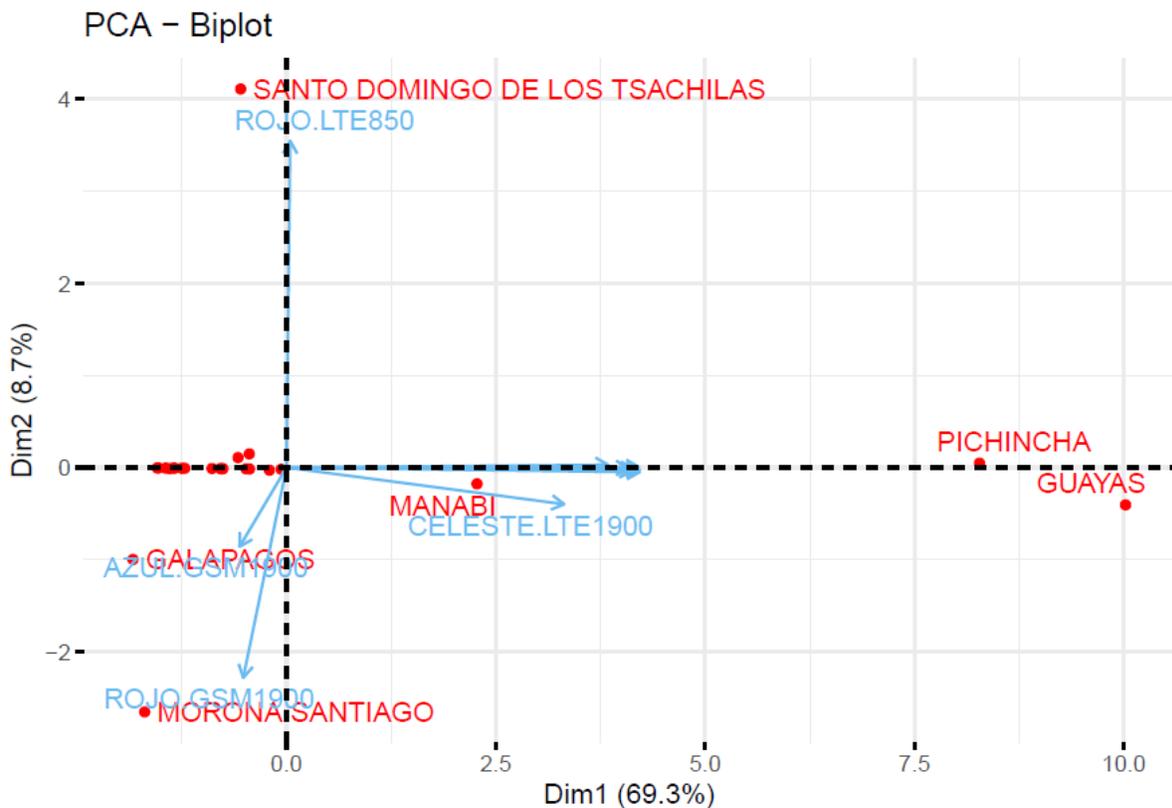


Fuente: Propia

La radiobase CELESTE LTE1900, guarda mayor información ya que se encuentra sobre el eje 1; en tanto que, las radiobases ROJO_LTE850 marca una correlación positiva sobre el eje 2, contrario a la radiobase AZUL_GSM1900 y ROJO_GSM1900 que se encuentra sobre el mismo eje pero con una correlación negativa.

Figura 53 Análisis de componentes principales Biplot

- Se recomienda realizar un nuevo análisis para el 2023, que permita determinar la evolución de las comunicaciones móviles celulares en abonados o línea activas, así como el crecimiento en radiobases para brindar mayor cobertura a los ecuatorianos, con ello poder elaborar una planificación estratégica y por ende mayor redito económico a las operados.



Fuente: Propia

El presente gráfico es unión de los gráficos anteriores por lo que se puede evidenciar la tendencia de las provincias con mayor información tanto para el eje 1 como para el eje 2; así tenemos, que las provincias de GUAYAS PICHINCHA MANABI tiene mayor correlación con las radiobases CELESTE_LTE1900, ROJO_LTE1900; en el eje 2 para las radiobases

ROJO_LTE850 tiene mayor información en la provincia de SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS, lo propio para AZUL_GSM1900 con la provincia de GALAPAGOS y las radiobases ROJO_GSM1900 en la provincia de MORONA SANTIAGO, estas dos últimas con una correlación negativa frente a la de Santo Domingo.

Podemos evidenciar que en provincias de: Guayas, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Galápagos, y Manabí, Morona Santiago y Galápagos, presentan características particulares en comparación con las demás provincias del Ecuador debido a que poseen mayor información, esto se debe a factores como:

- Conexión (Número de Radio Bases)
- Tecnologías existentes
- Puntos de interconexión Sierra – Costa

CAPITULO 5

Conclusiones

- En la participación de mercado de los 3 operadores móviles celulares, se dispone de 16'772,913 abonados a nivel nacional, tras el uso de estadística descriptiva se puede evidenciar que la mayor participación de mercado la tiene ROJO con un 51,61%, en segundo lugar, AZUL con un 31,30% y el tercer lugar le corresponde a CELESTE con un 17,09% tras el análisis de los datos públicos del ente regulador ARCOTEL, evidenciándose un constante crecimiento.
- Podemos concluir que el mercado prepago es mucho mayor al mercado pospago, donde se evidencia que un 21% corresponde a las líneas activas en pospago y un 79% a línea prepago, entendiéndose que los usuarios prefieren contratar lo que consumen a tener un plan pospago con megas y voz incluido.
- En las series de tiempo bajo el modelo ARIMA los resultados indican que el proveedor CELESTE tanto en servicios PREPAGO como POSPAGO presenta white noise, o ruido blanco, por lo cual se considera procesos de innovación, es decir no sigue una tendencia, no es estocástico, no es estacionario y por lo tanto no se puede predecir su comportamiento. Para las demás series de tiempo se puede evidenciar que son estocásticas y nos permiten predecir su comportamiento tras la aplicación del modelo ARIMA.

- La provincia con el mayor número de radiobases es Guayas, siendo la provincia que dispone de la mayor cobertura móvil celular del país, la segunda provincia con mayor número de radiobases es Pichincha, mientras que las provincias con el menor número de radiobases es Galápagos y por ende la de mejor cobertura.

Recomendaciones

- Para que la participación de mercado de las otras operadoras incrementa se recomienda utilizar estrategias de marketing como planes promocionales que permitan captar clientes del competidor número uno que es ROJO y de esa manera reducir la brecha de abonados entre un operado y otro con el fin de que sea más homogénea la competencia.
- Al aplicar el modelo ARIMA es importante mencionar que (MA, i, AR), siempre se debe trabajar con los coeficientes más simples (1,1,1), y validar si se ajusta el modelo para luego, poco a poco ir estimando los coeficientes de acuerdo a las autocorrelaciones significativas que se van presentando, con ello poder identificar el mejor modelo para nuestra serie de tiempo.
- Se recomienda la construcción de radiobases en la provincia de las Galápagos que es la de menor número de radiobases y por ende la más desatendida en el país, en acceso a telefonía móvil celular, considerando que es una zona turística del Ecuador y del mundo, por sus atractivos particulares.
- Para el competidor CELESTE y AZUL por temas regulatorios y por temas de la agencia de Regulación y Control de Poder de Mercado, si desean expandir su participación de mercado por medio de una estrategia de posicionamiento, podrían rentar coubicación en las radiobases del proveedor ROJO así por

contabilidad de costos no tendrían que considerar el valor de inversión, más si un valor de uso de infraestructura.

- Se recomienda realizar un nuevo análisis para el 2023, que permita determinar la evolución de las comunicaciones móviles celulares en abonados o línea activas, así como el crecimiento en radiobases para brindar mayor cobertura a los ecuatorianos, con ello poder elaborar una planificación estratégica y por ende mayor redito económico a los operados.

Bibliografía

ARCOTEL. (2021). *arcotel.gob.ec*. Recuperado el 07 de 2022, de arcotel.gob.ec:

<https://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>

ARCOTEL. (06 de 2022). *ARCOTEL*. Obtenido de ARCOTEL:

<https://www.arcotel.gob.ec/registro-de-servicios-de-acceso-a-internet-y-concesion-de-uso-y-explotacion-de-frecuencias-del-espectro-radioelectrico/>

Banco Mundial. (Diciembre de 2021). *Banco Mundial Economía* . Recuperado el 12 de Septiembre de 2022, de Estudio de Desempleo :

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.UEM.TOTL.ZS?locations=EC>

Casimiro, M. G. (2015). *Análisis de series temporales: Modelos ARIMA* (Vol. 1). Bilbao, País

Vasco, España: Universidad del País Vasco. Recuperado el 11 de Septiembre de 2022

CLARO ECUADOR. (23 de Julio de 2022). *CLARO*. Obtenido de CLARO:

<https://www.claro.com.ec/personas/institucional/quienes-somos/#:~:text=El%20Consortio%20Ecuatoriano%20de%20Telecomunicaciones,integrados%20de%20telecomunicaciones%20en%20Latinoam%C3%A9rica.>

CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR*. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial.

doi:https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT-EP. (Julio de 2021). *CNT* . Obtenido de CNT

: <https://institucional.cnt.com.ec/noticias/cnt-ep-trece-anos-conectados-contigo>

Cuadras, C. (2004). *Análisis Multivariante*. Barcelona, España: CMC Editions. Recuperado el

27 de 08 de 2022

Fernandez, S. d. (Enero de 2016). *Estadística Aplicada*. (U. A. Madrid, Editor, & Universidad Autónoma de Madrid) Recuperado el 10 de Septiembre de 2022, de Modelo ARIMA series temporales : <https://www.estadistica.net/ECONOMETRIA/SERIES-TEMPORALES/modelo-arima.pdf>

Manya, W. A. (26 de Agosto de 2020). Redes neuronales artificiales y modelos arima aplicadas a la modelación y predicción del tipo de cambio euro-dólar. *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*, 91. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 11 de Septiembre de 2022, de Redes neuronales artificiales y modelos arima aplicadas a la modelación y predicción del tipo de cambio euro-dólar

Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana. (2008). Recuperado el 12 de Septiembre de 2022, de Cancillería del Ecuador: <https://www.cancilleria.gob.ec/bolivia/wp-content/uploads/sites/22/2021/07/ECUADOR.pdf>

Myers Sharon, M. T. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. (novena ed.). México, Ciudad de México: PEARSON. Recuperado el 27 de 8 de 2022

Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*. Barcelona, España. Recuperado el 27 de 08 de 2022

Purificación, G. (27 de Octubre de 2017). Analysing the Effect of Legal System on Corporate Social Responsibility (CSR) at the Country Level, from a Multivariate Perspective. *Social Indicators Research*, 140. doi:<https://doi.org/10.1007/s11205-017-1782-2>

Sato, R. C. (7 de Febrero de 2013). Manejo de enfermedades mediante series temporales con el modelo ARIMA. *REVIEWING BASIC SCIENCES*, 4. doi:<https://doi.org/10.1590/S1679-45082013000100024>

Telefónica Movistar. (Julio de 2022). *Telefónica* . Obtenido de Telefónica :

<https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/los-10-anos-de-telefonica-movistar-en-ecuador-en-datos/>

Telesemana Ecuador. (Septiembre de 2021). *Telesemana Ecuador*. Recuperado el 06 de 2022,

de Telesemana Ecuador: <https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado/ecuador/>

Tripathy, B. M. (11 de Mayo de 2022). Re-situating the Region: Media Technologies and Media

Forms in India. *South Asian Popular Culture*, 20.

doi:<https://doi.org/10.1080/14746689.2022.2047447>

VIU. (2022). *Evolucion de la red de comunicacion movil del 1G al 5G*. Recuperado el 07 de

2022, de Universidad VIU: <https://www.universidadviu.com/int/actualidad/nuestros-expertos/evolucion-de-la-red-de-comunicacion-movil-del-1g-al-5g>

APENDICES Y ANEXOS

Espectro Radio Eléctrico del Ecuador

Data para análisis de estadística descriptiva y series de tiempo bajo el modelo ARIMA

AÑO	MES	NUMERO_MES	ROJO_PRE PAGO	ROJO_POS PAGO	AZUL_PRE PAGO	AZUL_POS PAGO	CELESTE_PR EPAGO	CELESTE_PO SPAGO	TOTAL_PRE PAGO	TOTAL_POS PAGO	TOTAL
2009	Enero	Enero/2009	7,318,093	937,029	2,611,348	472,223	239,991	65,357	10,169,432	1,474,609	11,644,041
2009	Febrero	Febrero/2009	7,410,599	945,573	2,621,078	468,235	239,991	65,953	10,271,668	1,479,761	11,751,429
2009	Marzo	Marzo/2009	7,476,774	955,898	2,630,575	546,126	239,991	65,953	10,347,340	1,567,977	11,915,317
2009	Abril	Abril/2009	7,547,727	962,465	2,630,702	551,002	234,534	64,047	10,412,963	1,577,514	11,990,477
2009	Mayo	Mayo/2009	7,623,908	976,811	2,749,282	474,993	241,626	60,034	10,614,816	1,511,838	12,126,654
2009	Junio	Junio/2009	7,676,322	985,786	2,772,101	481,521	252,207	60,174	10,700,630	1,527,481	12,228,111
2009	Julio	Julio/2009	7,730,410	996,049	2,819,143	488,778	257,008	60,487	10,806,561	1,545,314	12,351,875
2009	Agosto	Agosto/2009	7,779,300	1,007,055	2,894,031	493,150	259,501	59,645	10,932,832	1,559,850	12,492,682
2009	Septiembre	Septiembre/2009	7,848,200	1,018,711	2,952,859	499,186	259,501	59,645	11,060,560	1,577,542	12,638,102
2009	Octubre	Octubre/2009	7,926,239	1,030,666	3,002,226	510,239	259,501	59,645	11,187,966	1,600,550	12,788,516
2009	Noviembre	Noviembre/2009	8,021,581	1,040,814	3,043,819	518,249	262,487	59,070	11,327,887	1,618,133	12,946,020
2009	Diciembre	Diciembre/2009	8,205,895	1,062,919	3,193,912	527,849	262,487	59,070	11,662,294	1,649,838	13,312,132
2010	Enero	Enero/2010	8,312,259	1,078,387	3,252,545	530,195	262,487	58,860	11,827,291	1,667,442	13,494,733
2010	Febrero	Febrero/2010	8,398,670	1,094,356	3,278,635	539,145	262,487	58,860	11,939,792	1,692,361	13,632,153
2010	Marzo	Marzo/2010	8,491,549	1,112,857	3,299,431	548,688	267,301	58,419	12,058,281	1,719,964	13,778,245
2010	Abril	Abril/2010	8,564,026	1,131,388	3,345,109	550,648	264,676	54,452	12,173,811	1,736,488	13,910,299
2010	Mayo	Mayo/2010	8,638,340	1,151,994	3,389,253	561,017	234,895	54,816	12,262,488	1,767,827	14,030,315
2010	Junio	Junio/2010	8,710,698	1,170,285	3,405,832	575,118	245,047	55,951	12,361,577	1,801,354	14,162,931
2010	Julio	Julio/2010	8,719,875	1,261,689	3,405,861	586,760	239,494	48,961	12,365,230	1,897,410	14,262,640
2010	Agosto	Agosto/2010	8,864,879	1,210,206	3,415,192	601,071	239,643	50,494	12,519,714	1,861,771	14,381,485
2010	Septiembre	Septiembre/2010	8,914,506	1,230,897	3,448,673	612,055	236,074	50,823	12,599,253	1,893,775	14,493,028

2010	Octubre	Octubre/2010	8,977,601	1,252,947	3,469,494	629,890	234,939	50,896	12,682,034	1,933,733	14,615,767
2010	Noviembre	Noviembre/2010	9,039,100	1,281,510	3,483,724	640,824	236,972	52,523	12,759,796	1,974,857	14,734,653
2010	Diciembre	Diciembre/2010	9,119,702	1,321,759	3,561,618	658,199	247,720	53,856	12,929,040	2,033,814	14,962,854
2011	Enero	Enero/2011	9,165,304	1,348,054	3,624,016	680,978	238,825	63,583	13,028,145	2,092,615	15,120,760
2011	Febrero	Febrero/2011	9,207,751	1,377,966	3,693,515	678,938	238,303	64,973	13,139,569	2,121,877	15,261,446
2011	Marzo	Marzo/2011	9,270,268	1,406,500	3,723,312	669,085	231,685	63,346	13,225,265	2,138,931	15,364,196
2011	Abril	Abril/2011	9,320,291	1,434,038	3,706,740	671,047	228,527	63,230	13,255,558	2,168,315	15,423,873
2011	Mayo	Mayo/2011	9,363,416	1,462,657	3,745,175	670,307	234,530	63,594	13,343,121	2,196,558	15,539,679
2011	Junio	Junio/2011	9,380,540	1,491,389	3,775,567	678,630	229,053	63,277	13,385,160	2,233,296	15,618,456
2011	Julio	Julio/2011	9,406,972	1,517,139	3,758,929	686,869	230,912	63,763	13,396,813	2,267,771	15,664,584
2011	Agosto	Agosto/2011	9,429,021	1,543,592	3,776,638	693,519	214,603	65,752	13,420,262	2,302,863	15,723,125
2011	Septiembre	Septiembre/2011	9,452,344	1,568,824	3,758,807	700,539	197,604	72,418	13,408,755	2,341,781	15,750,536
2011	Octubre	Octubre/2011	9,472,572	1,592,676	3,731,572	709,420	192,758	78,386	13,396,902	2,380,482	15,777,384
2011	Noviembre	Noviembre/2011	9,472,541	1,621,108	3,717,510	712,808	162,067	82,808	13,352,118	2,416,724	15,768,842
2011	Diciembre	Diciembre/2011	9,366,923	1,655,651	3,756,480	720,993	172,431	90,734	13,295,834	2,467,378	15,763,212
2012	Enero	Enero/2012	9,386,330	1,665,362	3,791,232	729,460	183,230	98,298	13,360,792	2,493,120	15,853,912
2012	Febrero	Febrero/2012	9,392,905	1,691,730	3,845,376	731,680	192,859	105,803	13,431,140	2,529,213	15,960,353
2012	Marzo	Marzo/2012	9,401,782	1,712,265	3,887,626	739,759	178,698	111,157	13,468,106	2,563,181	16,031,287
2012	Abril	Abril/2012	9,418,665	1,736,960	3,901,277	742,276	207,637	116,058	13,527,579	2,595,294	16,122,873
2012	Mayo	Mayo/2012	9,438,207	1,772,199	3,944,398	752,604	205,685	122,506	13,588,290	2,647,309	16,235,599
2012	Junio	Junio/2012	9,453,856	1,804,275	3,954,113	756,188	200,847	127,389	13,608,816	2,687,852	16,296,668
2012	Julio	Julio/2012	9,481,094	1,837,177	3,928,000	762,682	188,180	138,647	13,597,274	2,738,506	16,335,780
2012	Agosto	Agosto/2012	9,502,686	1,870,159	3,923,293	767,147	174,795	143,148	13,600,774	2,780,454	16,381,228

2012	Septiembre	Septiembre/2012	9,523,353	1,904,171	3,936,278	773,812	163,571	150,264	13,623,202	2,828,247	16,451,449
2012	Octubre	Octubre/2012	9,556,871	1,940,819	4,085,651	776,970	157,851	154,362	13,800,373	2,872,151	16,672,524
2012	Noviembre	Noviembre/2012	9,627,863	1,973,591	4,114,873	793,389	149,811	156,491	13,892,547	2,923,471	16,816,018
2012	Diciembre	Diciembre/2012	9,709,279	2,013,625	4,169,528	803,298	129,297	159,271	14,008,104	2,976,194	16,984,298
2013	Enero	Enero/2013	9,779,572	2,040,592	4,169,669	815,230	121,410	207,066	14,070,651	3,062,888	17,133,539
2013	Febrero	Febrero/2013	9,854,247	2,067,390	4,177,632	822,683	127,370	201,685	14,159,249	3,091,758	17,251,007
2013	Marzo	Marzo/2013	9,875,504	2,096,318	4,148,425	839,921	169,096	173,230	14,193,025	3,109,469	17,302,494
2013	Abril	Abril/2013	9,926,208	2,123,839	4,140,477	854,829	169,096	173,230	14,235,781	3,151,898	17,387,679
2013	Mayo	Mayo/2013	9,463,204	2,149,457	4,136,661	871,463	169,096	173,230	13,768,961	3,194,150	16,963,111
2013	Junio	Junio/2013	9,494,257	2,171,164	4,138,628	886,926	169,096	173,230	13,801,981	3,231,320	17,033,301
2013	Julio	Julio/2013	9,531,195	2,194,652	4,134,729	902,677	169,096	173,230	13,835,020	3,270,559	17,105,579
2013	Agosto	Agosto/2013	9,570,834	2,217,318	4,133,394	916,155	169,096	173,230	13,873,324	3,306,703	17,180,027
2013	Septiembre	Septiembre/2013	9,621,500	2,230,789	4,117,176	925,625	169,096	173,230	13,907,772	3,329,644	17,237,416
2013	Octubre	Octubre/2013	9,682,257	2,251,676	4,107,845	935,030	169,096	173,230	13,959,198	3,359,936	17,319,134
2013	Noviembre	Noviembre/2013	9,713,014	2,261,462	4,079,738	954,185	169,096	173,230	13,961,848	3,388,877	17,350,725
2013	Diciembre	Diciembre/2013	9,718,065	2,278,310	4,117,965	973,737	169,096	173,230	14,005,126	3,425,277	17,430,403
2014	Enero	Enero/2014	9,738,599	2,290,855	4,202,361	985,198	323,794	225,941	14,264,754	3,501,994	17,766,748
2014	Febrero	Febrero/2014	9,760,871	2,313,391	4,183,566	1,000,076	333,171	224,840	14,277,608	3,538,307	17,815,915
2014	Marzo	Marzo/2014	9,782,371	2,329,144	4,165,405	1,009,067	357,610	224,820	14,305,386	3,563,031	17,868,417
2014	Abril	Abril/2014	9,802,721	2,344,508	4,142,222	1,023,765	362,222	224,189	14,307,165	3,592,462	17,899,627
2014	Mayo	Mayo/2014	9,807,704	2,363,954	4,107,835	1,031,912	372,254	225,852	14,287,793	3,621,718	17,909,511
2014	Junio	Junio/2014	9,816,815	2,375,339	4,111,924	1,043,512	391,059	227,814	14,319,798	3,646,665	17,966,463
2014	Julio	Julio/2014	9,829,989	2,382,885	4,048,951	1,057,177	395,306	233,229	14,274,246	3,673,291	17,947,537

2014	Agosto	Agosto/2014	9,847,089	2,386,337	4,027,608	1,069,738	401,816	241,287	14,276,513	3,697,362	17,973,875
2014	Septiembre	Septiembre/2014	9,857,260	2,389,838	3,915,052	1,080,870	426,248	259,794	14,198,560	3,730,502	17,929,062
2014	Octubre	Octubre/2014	9,856,755	2,391,549	3,881,802	1,091,503	427,857	282,973	14,166,414	3,766,025	17,932,439
2014	Noviembre	Noviembre/2014	9,849,611	2,387,836	3,847,179	1,095,814	440,134	319,895	14,136,924	3,803,545	17,940,469
2014	Diciembre	Diciembre/2014	9,347,049	2,392,579	3,897,845	1,104,667	421,177	349,025	13,666,071	3,846,271	17,512,342
2015	Enero	Enero/2015	8,912,641	2,385,438	3,887,913	1,105,170	504,124	378,597	13,304,678	3,869,205	17,173,883
2015	Febrero	Febrero/2015	8,462,130	2,375,577	3,870,380	1,120,465	409,076	530,936	12,741,586	4,026,978	16,768,564
2015	Marzo	Marzo/2015	8,103,996	2,368,723	3,545,627	1,129,688	446,195	580,457	12,095,818	4,078,868	16,174,686
2015	Abril	Abril/2015	7,888,186	2,386,048	3,502,614	1,137,038	440,671	626,071	11,831,471	4,149,157	15,980,628
2015	Mayo	Mayo/2015	7,687,636	2,400,769	3,372,621	1,153,599	449,993	660,863	11,510,250	4,215,231	15,725,481
2015	Junio	Junio/2015	7,487,122	2,416,905	3,351,987	1,164,562	487,076	691,178	11,326,185	4,272,645	15,598,830
2015	Julio	Julio/2015	7,157,951	2,443,020	3,328,529	1,182,552	450,923	485,984	10,937,403	4,111,556	15,048,959
2015	Agosto	Agosto/2015	6,957,853	2,472,971	3,317,363	1,199,661	461,351	492,712	10,736,567	4,165,344	14,901,911
2015	Septiembre	Septiembre/2015	6,756,901	2,497,659	3,207,042	1,219,674	517,804	496,060	10,481,747	4,213,393	14,695,140
2015	Octubre	Octubre/2015	6,556,782	2,509,720	2,962,164	1,237,327	542,166	502,365	10,061,112	4,249,412	14,310,524
2015	Noviembre	Noviembre/2015	6,256,314	2,514,690	3,020,997	1,248,473	513,150	512,545	9,790,461	4,275,708	14,066,169
2015	Diciembre	Diciembre/2015	6,106,181	2,535,557	2,839,799	1,261,455	530,260	529,925	9,476,240	4,326,937	13,803,177
2016	Enero	Enero/2016	5,955,820	2,565,826	2,906,957	1,258,499	551,292	538,716	9,414,069	4,363,041	13,777,110
2016	Febrero	Febrero/2016	5,986,052	2,598,108	2,893,748	1,258,204	581,343	547,432	9,461,143	4,403,744	13,864,887
2016	Marzo	Marzo/2016	6,041,793	2,607,028	2,897,529	1,249,059	619,958	549,542	9,559,280	4,405,629	13,964,909
2016	Abril	Abril/2016	6,120,652	2,627,241	2,919,450	1,255,771	655,277	555,010	9,695,379	4,438,022	14,133,401
2016	Mayo	Mayo/2016	6,182,352	2,631,814	2,842,394	1,272,280	689,563	550,267	9,714,309	4,454,361	14,168,670
2016	Junio	Junio/2016	6,212,558	2,636,053	3,068,067	1,286,925	723,244	554,392	10,003,869	4,477,370	14,481,239

2016	Julio	Julio/2016	6,238,529	2,639,173	3,165,653	1,294,916	770,210	552,729	10,174,392	4,486,818	14,661,210
2016	Agosto	Agosto/2016	6,244,435	2,642,227	3,290,523	1,307,663	813,649	553,194	10,348,607	4,503,084	14,851,691
2016	Septiembre	Septiembre/2016	6,254,463	2,645,270	3,202,515	1,310,086	823,631	551,872	10,280,609	4,507,228	14,787,837
2016	Octubre	Octubre/2016	6,264,877	2,647,587	3,219,571	1,309,455	823,946	552,456	10,308,394	4,509,498	14,817,892
2016	Noviembre	Noviembre/2016	6,275,684	2,485,645	3,156,155	1,308,001	904,873	555,411	10,336,712	4,349,057	14,685,769
2016	Diciembre	Diciembre/2016	6,285,874	2,424,773	3,240,237	1,304,912	972,356	563,741	10,498,467	4,293,426	14,791,893
2017	Enero	Enero/2017	6,296,032	2,428,701	3,182,766	1,307,676	1,027,179	573,584	10,505,977	4,309,961	14,815,938
2017	Febrero	Febrero/2017	6,308,678	2,431,959	3,240,909	1,303,748	1,061,783	567,006	10,611,370	4,302,713	14,914,083
2017	Marzo	Marzo/2017	6,318,375	2,436,395	3,201,954	1,309,224	1,073,435	576,663	10,593,764	4,322,282	14,916,046
2017	Abril	Abril/2017	6,323,871	2,439,808	3,254,403	1,314,458	1,136,078	580,313	10,714,352	4,334,579	15,048,931
2017	Mayo	Mayo/2017	6,334,630	2,450,552	3,182,844	1,319,590	1,138,622	579,862	10,656,096	4,350,004	15,006,100
2017	Junio	Junio/2017	6,339,934	2,465,603	3,120,375	1,324,649	1,142,158	529,015	10,602,467	4,319,267	14,921,734
2017	Julio	Julio/2017	6,259,865	2,475,705	3,122,700	1,317,530	1,294,900	529,314	10,677,465	4,322,549	15,000,014
2017	Agosto	Agosto/2017	6,174,772	2,491,233	3,148,818	1,309,817	1,347,378	529,861	10,670,968	4,330,911	15,001,879
2017	Septiembre	Septiembre/2017	6,089,287	2,506,242	3,173,006	1,301,389	1,394,875	524,575	10,657,168	4,332,206	14,989,374
2017	Octubre	Octubre/2017	5,989,105	2,516,429	3,117,696	1,296,725	1,453,082	528,153	10,559,883	4,341,307	14,901,190
2017	Noviembre	Noviembre/2017	5,879,675	2,534,126	3,126,974	1,314,557	1,487,581	535,159	10,494,230	4,383,842	14,878,072
2017	Diciembre	Diciembre/2017	5,411,485	2,541,515	3,186,236	1,336,468	1,621,736	515,720	10,219,457	4,393,703	14,613,160
2018	Enero	Enero/2018	5,424,185	2,544,282	3,154,992	1,332,559	1,680,355	551,837	10,259,532	4,428,678	14,688,210
2018	Febrero	Febrero/2018	5,436,268	2,546,122	3,171,871	1,317,570	1,732,715	559,950	10,340,854	4,423,642	14,764,496
2018	Marzo	Marzo/2018	5,444,309	2,549,335	3,155,021	1,334,976	1,799,470	574,174	10,398,800	4,458,485	14,857,285
2018	Abril	Abril/2018	5,455,575	2,554,827	3,185,026	1,340,883	1,863,019	576,657	10,503,620	4,472,367	14,975,987
2018	Mayo	Mayo/2018	5,468,445	2,562,102	3,202,416	1,354,084	1,915,603	575,760	10,586,464	4,491,946	15,078,410

2018	Junio	Junio/2018	5,493,521	2,567,902	3,244,378	1,352,528	1,947,767	581,824	10,685,666	4,502,254	15,187,920
2018	Julio	Julio/2018	5,527,244	2,574,740	3,273,802	1,366,428	2,022,404	582,957	10,823,450	4,524,125	15,347,575
2018	Agosto	Agosto/2018	5,535,323	2,587,382	3,255,533	1,353,987	2,065,063	589,608	10,855,919	4,530,977	15,386,896
2018	Septiembre	Septiembre/2018	5,555,414	2,599,215	3,285,943	1,336,629	2,144,029	591,064	10,985,386	4,526,908	15,512,294
2018	Octubre	Octubre/2018	5,572,002	2,607,988	3,292,858	1,306,251	2,175,738	591,302	11,040,598	4,505,541	15,546,139
2018	Noviembre	Noviembre/2018	5,592,223	2,613,288	3,325,487	1,296,831	2,216,243	586,910	11,133,953	4,497,029	15,630,982
2018	Diciembre	Diciembre/2018	5,622,294	2,619,913	3,372,705	1,279,261	2,259,169	581,801	11,254,168	4,480,975	15,735,143
2019	Enero	Enero/2019	5,632,705	2,623,580	3,372,178	1,275,302	2,325,626	574,470	11,330,509	4,473,352	15,803,861
2019	Febrero	Febrero/2019	5,642,879	2,629,266	3,369,992	1,278,873	2,374,380	566,415	11,387,251	4,474,554	15,861,805
2019	Marzo	Marzo/2019	5,666,360	2,636,295	3,317,159	1,278,842	2,392,772	567,764	11,376,291	4,482,901	15,859,192
2019	Abril	Abril/2019	5,676,510	2,641,323	3,296,463	1,291,530	2,454,611	558,857	11,427,584	4,491,710	15,919,294
2019	Mayo	Mayo/2019	5,686,813	2,650,337	3,235,033	1,303,419	2,495,310	540,628	11,417,156	4,494,384	15,911,540
2019	Junio	Junio/2019	5,696,911	2,652,878	3,208,503	1,303,635	2,595,287	473,829	11,500,701	4,430,342	15,931,043
2019	Julio	Julio/2019	5,707,385	2,657,898	3,162,453	1,291,077	2,550,266	463,529	11,420,104	4,412,504	15,832,608
2019	Agosto	Agosto/2019	5,722,478	2,663,723	3,150,697	1,281,572	2,580,566	456,819	11,453,741	4,402,114	15,855,855
2019	Septiembre	Septiembre/2019	5,747,784	2,668,286	3,142,357	1,268,001	2,452,151	527,138	11,342,292	4,463,425	15,805,717
2019	Octubre	Octubre/2019	5,742,011	2,661,506	3,111,531	1,261,915	2,475,367	440,178	11,328,909	4,363,599	15,692,508
2019	Noviembre	Noviembre/2019	5,768,854	2,665,997	3,136,692	1,254,669	2,478,555	432,133	11,384,101	4,352,799	15,736,900
2019	Diciembre	Diciembre/2019	5,815,764	2,671,732	3,179,691	1,246,850	2,466,593	433,104	11,462,048	4,351,686	15,813,734
2020	Enero	Enero/2020	5,840,847	2,678,537	3,216,620	1,239,343	2,475,753	416,511	11,533,220	4,334,391	15,867,611
2020	Febrero	Febrero/2020	5,861,807	2,680,074	3,237,110	1,224,572	2,471,725	403,832	11,570,642	4,308,478	15,879,120
2020	Marzo	Marzo/2020	5,803,318	2,656,219	3,166,677	1,207,722	2,491,522	414,429	11,461,517	4,278,370	15,739,887
2020	Abril	Abril/2020	5,539,195	2,613,134	3,032,276	1,189,861	2,502,186	414,916	11,073,657	4,217,911	15,291,568

20 20	Mayo	Mayo/2020	5,403,501	2,578,743	2,921,257	1,164,631	2,481,898	412,574	10,806,656	4,155,948	14,962,604
20 20	Junio	Junio/2020	5,327,336	2,544,680	2,945,900	1,158,663	2,452,674	409,226	10,725,910	4,112,569	14,838,479
20 20	Julio	Julio/2020	5,401,680	2,310,838	3,075,588	1,161,160	2,365,488	403,022	10,842,756	3,875,020	14,717,776
20 20	Agosto	Agosto/2020	5,528,870	2,272,760	3,186,280	1,169,981	2,359,598	399,777	11,074,748	3,842,518	14,917,266
20 20	Septiembre	Septiembre/2020	5,641,372	2,175,603	3,290,860	1,175,503	2,361,987	397,024	11,294,219	3,748,130	15,042,349
20 20	Octubre	Octubre/2020	5,718,905	2,086,434	3,395,464	1,186,744	2,385,271	391,346	11,499,640	3,664,524	15,164,164
20 20	Noviembre	Noviembre/2020	5,833,018	1,998,176	3,471,227	1,145,289	2,404,340	388,801	11,708,585	3,532,266	15,240,851
20 20	Diciembre	Diciembre/2020	5,922,717	2,001,634	3,564,830	1,145,248	2,430,150	392,310	11,917,697	3,539,192	15,456,889
20 21	Enero	Enero/2021	5,952,775	2,007,952	3,629,028	1,151,933	2,422,146	329,104	12,003,949	3,488,989	15,492,938
20 21	Febrero	Febrero/2021	5,990,315	2,020,542	3,679,017	1,158,213	2,437,115	390,745	12,106,447	3,569,500	15,675,947
20 21	Marzo	Marzo/2021	6,071,616	2,030,690	3,723,919	1,165,867	2,450,753	372,589	12,246,288	3,569,146	15,815,434
20 21	Abril	Abril/2021	6,122,143	2,040,769	3,736,445	1,159,807	2,466,724	344,333	12,325,312	3,544,909	15,870,221
20 21	Mayo	Mayo/2021	6,182,772	2,043,869	3,744,409	1,159,275	2,482,974	338,590	12,410,155	3,541,734	15,951,889
20 21	Junio	Junio/2021	6,259,968	2,047,757	3,746,767	1,160,968	2,482,974	338,590	12,489,709	3,547,315	16,037,024
20 21	Julio	Julio/2021	6,330,018	2,053,397	3,818,860	1,158,254	2,482,974	338,590	12,631,852	3,550,241	16,182,093
20 21	Agosto	Agosto/2021	6,400,026	2,059,446	3,870,770	1,162,580	2,482,974	338,590	12,753,770	3,560,616	16,314,386
20 21	Septiembre	Septiembre/2021	6,476,641	2,069,840	3,951,777	1,166,829	2,482,974	338,590	12,911,392	3,575,259	16,486,651
20 21	Octubre	Octubre/2021	6,506,657	2,075,400	3,988,407	1,172,172	2,535,482	330,006	13,030,546	3,577,578	16,608,124
20 21	Noviembre	Noviembre/2021	6,526,761	2,081,707	4,024,069	1,178,556	2,528,104	329,209	13,078,934	3,589,472	16,668,406
20 21	Diciembre	Diciembre/2021	6,576,325	2,089,313	4,058,862	1,182,821	2,539,343	326,249	13,174,530	3,598,383	16,772,913

Data para el Análisis de Estadística Multivariante bajo el modelo ACP (Análisis de componentes principales)

	PR OVI NCI A	A Z U A Y	C A Ñ A R	C A R H	CHI M B O R A Z	CO T O P A X	EL O R O	ESM E R A L D A	GAL A P A G O S	G U A Y A S	IM B A B U R A	L O O J A	LO S R I O S	M A N A B I L	MORO N A S A N T I A G O	N A P O O	OR E L L A N A	PA S T A Z A	PIC H I N C H A	SAN T A E L E N A	SANTO D O M I N G O D E L O S T S A C H I L A S	SUC U M B I O S	TUN G U R A H U A	ZAMO R A C H I N C H I P E	
ROJO	GS M8 50	8	21	19	28	51	38	83	83	7	9	50	4	3	8	15	7	25	9	456	55	71	32	54	14
ROJO	GS M1 900 UM 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ROJO	TS8 50 UM TS1	0	23	26	30	56	50	89	92	12	6	71	4	7	2	18	1	32	13	642	66	79	36	69	12
ROJO	900 LTE	6	16	17	17	38	14	78	66	12	8	57	1	96	3	4	7	24	7	430	66	73	26	57	12
ROJO	850 LTE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	25	0	0	0
ROJO	170 LTE	9	19	19	23	53	47	78	88	7	2	60	2	91	2	14	1	25	13	584	60	75	29	61	8
ROJO	190 0	7	12	7	10	36	30	66	68	0	7	49	1	82	8	7	8	23	6	482	63	62	20	51	3
AZUL	GS M8 50	7	12	23	16	42	41	42	36	6	2	21	7	41	8	13	9	24	13	267	20	31	18	51	8
AZUL	GS M1 900 UM TS8	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AZUL	50 UM TS1	9	13	24	12	46	50	44	55	3	8	38	8	42	4	6	2	13	11	668	44	43	20	72	7
AZUL	900 LTE	6	3	12	7	24	32	29	13	3	3	21	1	23	82	1	3	3	5	12	23	16	2	52	0
AZUL	850 LTE	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AZUL	190 0	7	1	6	4	24	31	26	34	0	8	25	4	25	6	2	3	4	7	614	39	40	4	55	0
CELEST E	LTE 700	4	4	13	7	22	13	39	19	5	9	22	7	21	44	3	4	11	4	181	28	20	13	21	5

CELEST	LTE	170	2								30	1	14													
E	0	5	18	1	0	25	6	21	15	0	0	13	0	60	7	18	0	2	0	296	59	24	0	35	2	
CELEST	UM	TS1	6								37	3	16		1											
E	900	7	18	16	24	46	53	46	48	11	9	57	7	58	5	18	6	24	10	505	57	51	31	73	16	
CELEST	LTE	190									18															
E	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	55	2	0	0	0	0	12	18	0	0	0	0