

Proyecciones de algunas variables de interés del sector de telecomunicaciones y radiodifusión – junio 2018

1. Introducción

Mediante este documento el Centro de Estudios presenta proyecciones estadísticas de algunas variables clave del sector de telecomunicaciones y radiodifusión en México, en cumplimiento con lo dispuesto en el artículo 69, fracción XI, del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT).

Las variables para las cuales se realizan las proyecciones son “Accesos de Banda Ancha Fija por Velocidades” y “Accesos de Banda Ancha Fija por Tecnología de Acceso”. La selección particular de estas variables resulta del interés general que se tiene sobre el análisis del posible impacto que ha tenido la aprobación y desarrollo de la Oferta de Referencia para la Desagregación del Bucle Local (OREDA) del Agente Económico Preponderante (AEP) en los servicios fijos de telecomunicaciones, a partir de la aprobación de la “RESOLUCIÓN MEDIANTE LA CUAL EL PLENO DEL INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES FORMALIZA Y RESUELVE EN DEFINITIVA LAS CONDICIONES MEDIANTE LAS CUALES SE REALIZARÁ LA DESAGREGACIÓN EFECTIVA DE LA RED LOCAL DEL AGENTE ECONÓMICO PREPONDERANTE” del 23 de junio de 2015.

Con este fin, el presente reporte tiene como objetivos principales: 1) observar si existe un cambio significativo en la tendencia histórica que han experimentado las variables seleccionadas a partir de la aprobación de la OREDA en junio de 2015; y 2) presentar proyecciones de estas variables al año 2020, tomando como datos históricos los acontecidos inmediatamente después de la aprobación de dicha OREDA. Asimismo, como complemento de las variables seleccionadas, presentamos una serie del Promedio Ponderado de Accesos de Banda Ancha Fija por Velocidad a partir de los accesos observados de 2013 a 2017.

Finalmente, con el único propósito de actualizar las proyecciones que se realizaron en marzo de 2018 respecto al número de Suscripciones de Banda Ancha Fija y de Accesos a Telefonía Fija, en este mismo reporte presentamos las proyecciones de dichas variables al año 2020, así como un escenario contrafactual o inercial, tomando como referencia la fecha de aprobación de las condiciones mediante las cuales se realizaría la desagregación del bucle local, aprobadas por el Pleno del IFT en junio de 2015. El propósito del escenario contrafactual es observar la diferencia entre la tendencia que habrían tenido las variables sin la existencia de la OREDA y su comportamiento real observado a la fecha.

La información estadística, a partir de la cual se prepararon las proyecciones de las variables antes mencionadas, se obtuvo del Banco de Información de Telecomunicaciones (BIT) del IFT.

Las técnicas estadísticas que se utilizan en este reporte se basan en el modelo univariado ARIMA de Box y Jenkins, el modelo de suavizado exponencial (exponential smoothing) de Holt (1959) y Winters (1960) y el modelo de función tipo Gompertz. Estos modelos estadísticos permiten realizar proyecciones de valores futuros de las variables seleccionadas. Con respecto a los datos, es importante señalar que el nivel de desagregación temporal al que se tiene acceso en el BIT para la mayoría de las variables es mensual desde enero de 2013 a diciembre de 2017. Sin embargo, para la realización de las proyecciones al año 2020 utilizando el método de Holt-Winters se consideraron los datos históricos posteriores a la aprobación de la OREDA en junio de 2015, con el propósito de eliminar variaciones pronunciadas que afectarían la eficacia del método estadístico en la predicción de valores futuros.

2. Metodología

2.1 Modelos auto-regresivos integrados de medias móviles (ARIMA)

Los modelos dinámicos de series temporales univariantes en los que una variable (y_t) se explica a partir de sus propios valores pasados ($y_{t-1,2,\dots}$), y de un término de errores aleatorios (ϵ_t), se conocen como metodología de Box y Jenkins (1970). A nivel técnico, esta metodología se basa en modelos auto-regresivos (AR) integrados (I) de medias móviles (MA), normalmente conocidos como ARIMA. Se trata de modelos paramétricos cuyo objetivo es inferir las características de la estructura probabilística subyacente de la serie temporal, que a su vez es una realización específica de un proceso estocástico.

La notación general del modelo es “ARIMA (p,d,q)”, en la cual el componente p se refiere a la parte auto-regresiva y el componente q a los promedios móviles. Por su parte, el componente d está relacionado con el hecho de que los modelos se basan en el uso de series de tiempo estacionarias, es decir, aquellas cuya media y covarianza no varían en el tiempo. Teniendo esto en cuenta, el componente d indica el número de veces que se tiene que diferenciar la serie para lograr que sea estacionaria. Para determinar la estacionariedad de la serie se utilizan pruebas que permiten detectar la presencia o ausencia de raíces unitarias. En concreto, para un proceso $y_t = \rho y_{t-1} + \epsilon_t$, la presencia de raíces unitarias, es decir $|\rho| \geq 1$, indica que la serie es no estacionaria y por consiguiente tiene que ser diferenciada.

Así pues, las etapas que conlleva la estimación de un modelo ARIMA son: análisis de la estacionariedad de la serie en medias, con el propósito de detectar la presencia de tendencias determinísticas y, en tal caso, corrección mediante filtros de tendencia; análisis de estacionariedad en varianza mediante la aplicación de pruebas de raíces unitarias; análisis de la estacionalidad de la serie estacionaria y su eventual filtrado; identificación de la estructura ARIMA (p,d,q) para la serie estacionaria; y estimación de los parámetros del modelo ARIMA.

La estimación de los modelos ARIMA que aquí se presentan se basa en el algoritmo Hyndman-Khandakar que utiliza la función “auto.arima”, contenida en la librería “forecast” del programa “R”.¹

Este algoritmo obtiene el número de diferencias d utilizando de forma repetida la prueba de raíces unitarias KPSS. El número de términos auto-regresivos (p) y de medias móviles (q) los selecciona con base en la minimización del criterio de Akaike (AIC).²

2.2 Holt-Winters

El método de Holt y Winters es una técnica de suavizado exponencial que no requiere de ningún supuesto acerca de las correlaciones de los valores sucesivos en una serie de tiempo. Asimismo, a diferencia de la metodología contenida en los modelos ARIMA, la filosofía de los modelos de suavizado exponencial no requiere que las series de tiempo sean estacionarias. En esencia, el método se basa en la fórmula $\hat{y}_{T+\tau} = a_T + \tau b_T$. Dicha especificación se considera adecuada para series con tendencia lineal y sin variación estacional. En ésta, la serie suavizada \hat{y} depende de:

- El intercepto a_T , que es un componente permanente y se refiere al suavizado del nivel para obtener un valor promedio para la serie. Este término se define a partir de la fórmula $a_T = \alpha Y_t + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$. En ésta se puede observar cómo el estadístico de suavizado (α) consiste en un promedio ponderado entre la observación actual de la variable en cuestión (y) y el valor del estadístico de suavizado en el periodo anterior, más el suavizado de tendencia que gracias a esta fórmula es posible apreciar que valores cercanos a uno tienen un menor efecto de suavizado, dando mayor peso a cambios recientes en los datos.
- El término τb_T que consiste en el suavizado de la tendencia, e incluye la fórmula $b_T = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$. De modo similar a lo observado con respecto al componente “permanente”, en este caso valores de β cercanos a uno darán mayor peso a cambios recientes.

2.3 Gompertz

Una metodología que se ha popularizado para el modelado de la evolución de variables como las series temporales de actividades relativas a las tecnologías de la información y las comunicaciones, consiste en el uso de curvas de crecimiento de tipo sigmoide. Es decir, se trata de funciones no lineales que permiten replicar el comportamiento asociado al ciclo de vida que tienen diversos bienes o servicios con características tecnológicas. Dicho ciclo suele

¹ The R Project for Statistical Computing: <https://www.r-project.org/>

² El AIC permite elegir entre distintos modelos o especificaciones de un proceso ARIMA, es decir, entre modelos que se distinguen entre sí por del número de términos auto-regresivos y medias móviles. Dicho criterio selecciona el modelo que produce el máximo valor de la verosimilitud esperada del proceso ARIMA. La selección de la verosimilitud esperada equivale a seleccionar el modelo con el mínimo valor del resultado del AIC.

representarse por una pequeña etapa de introducción, seguida por un acelerado crecimiento y un punto de saturación, de modo tal que su forma es similar a la de una “s”.

Si bien este tipo de comportamiento solía aproximarse mediante el uso de curvas logísticas, hoy en día se reconoce que estas presentan el inconveniente de estar acotadas entre los valores cero y uno, debido a que se basan en procesos probabilísticos. Es por ello que hoy en día se dispone de una serie de alternativas, entre las cuales la función de tipo Gompertz destaca por su popularidad, tanto para distintos sectores y variables macroeconómicas clave (Meade, 1985; Meade and Islam, 1995; Pflaumer, 2012; Trappey and Wu, 2008), como dentro del propio sector de las telecomunicaciones.

La estimación del comportamiento de las variables a partir del modelo Gompertz se basa en la siguiente fórmula:

$$x_t = \alpha \exp(-\beta \exp(-\gamma t))$$

Donde x puede ser cualquiera de las series temporales de telecomunicaciones que aquí se consideran. α , β y γ son parámetros positivos, el primero de los cuales es el nivel de saturación, mientras que t es una tendencia lineal determinística definida como $t = 0, 1, 2, \dots$ (Hanz-Franses, 1994).

El programa estadístico Stata tiene incorporada dicha función y la calcula dentro del marco de los modelos no lineales, estimando para ello los tres parámetros antes mencionados.

3. Medición de la capacidad predictiva de los modelos

Existen diversos indicadores de la capacidad predictiva de los modelos de series temporales que se estiman y que permiten comparar dichos modelos. Entre los indicadores más populares se encuentran la raíz cuadrada del error cuadrático medio (en inglés, Root Mean Square Error), el error medio absoluto (Mean Absolute Error), el error porcentual promedio (Mean Percentage Error) y el error porcentual absoluto promedio (Mean Absolute Percentage Error). Puesto que todos ellos están diseñados para el mismo fin, es posible elegir sólo uno para realizar la mencionada comparación. En este caso se utiliza el Root Mean Square Error, usualmente identificado con las siglas RMSE, que es un estadístico de bondad de ajuste conocido como error estándar ajustado, y constituye una métrica estándar para evaluar el ajuste del modelo propuesto (Chai y Draxler, 2014). Su cálculo se basa en la siguiente fórmula:

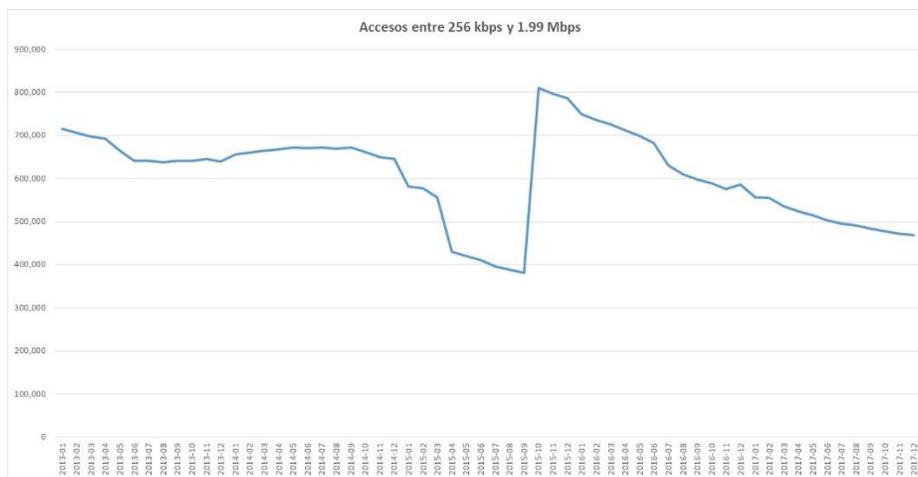
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Donde la letra e es el error o diferencia entre el valor estimado a partir del modelo elegido y el observado en la serie original, para la variable en cuestión. Uno de los supuestos

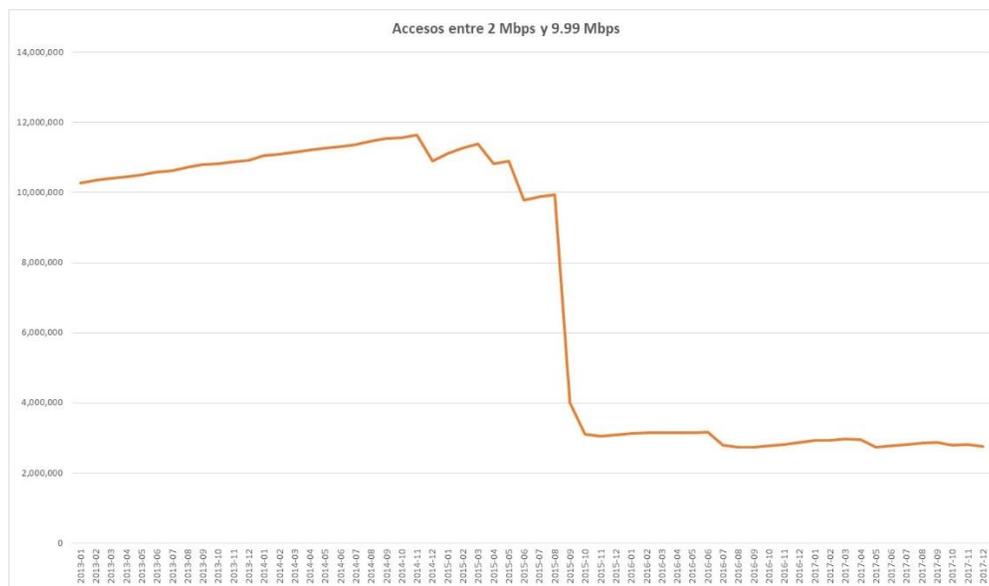
subyacentes a este estadístico es que los errores son insesgados y siguen una distribución normal.

4. Resultados

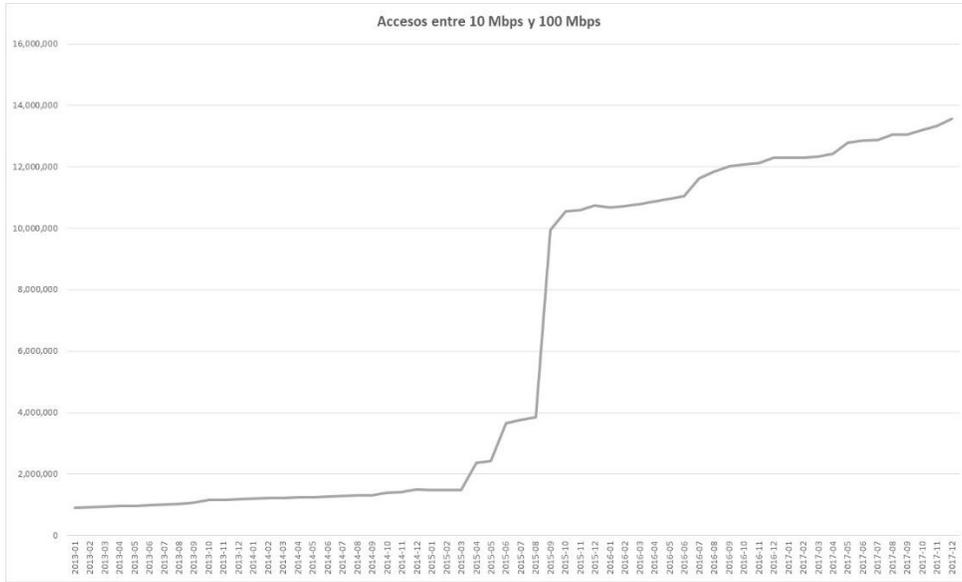
4.1 Históricos de Accesos de Banda Ancha Fija por Velocidades



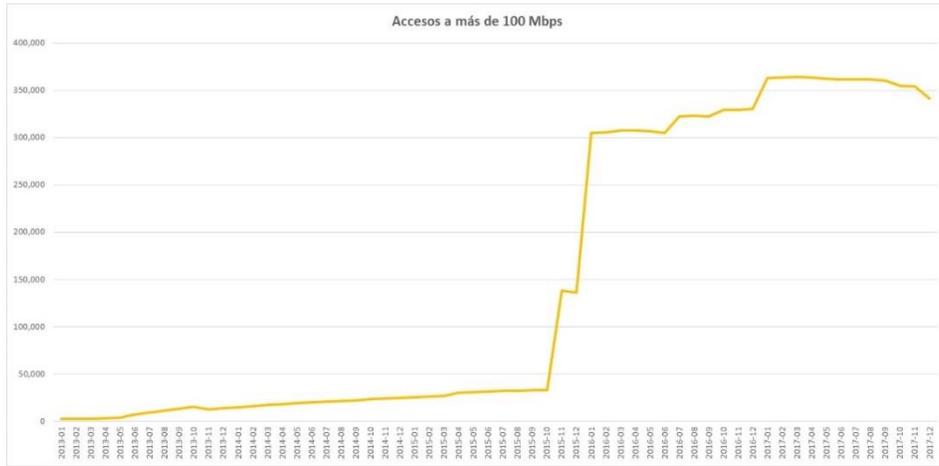
Gráfica 1



Gráfica 2

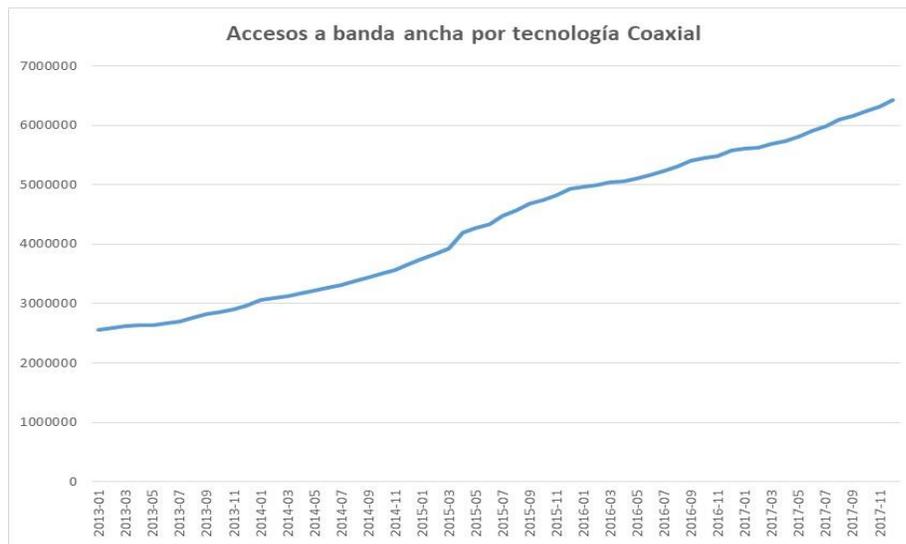


Gráfica 3



Gráfica 4

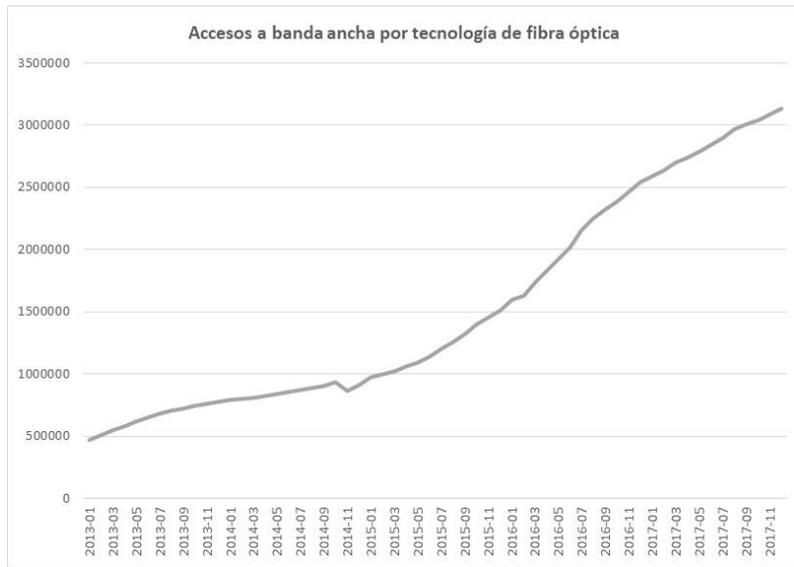
4.2 Históricos de Accesos de Banda Ancha Fija por Tecnología de Acceso



Gráfica 5



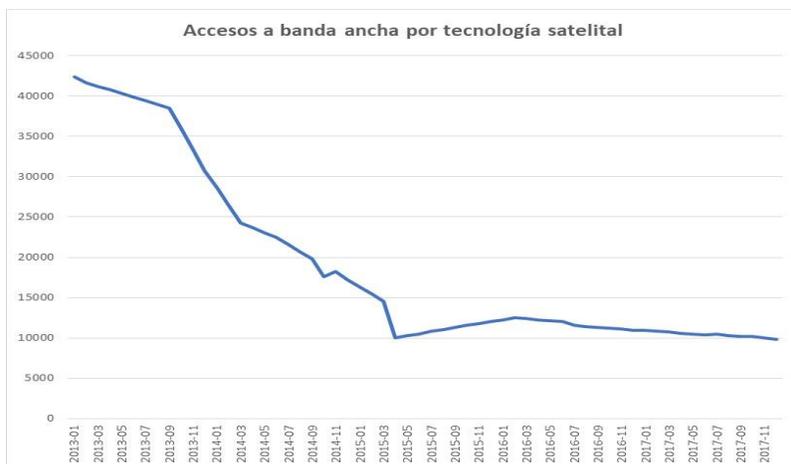
Gráfica 6



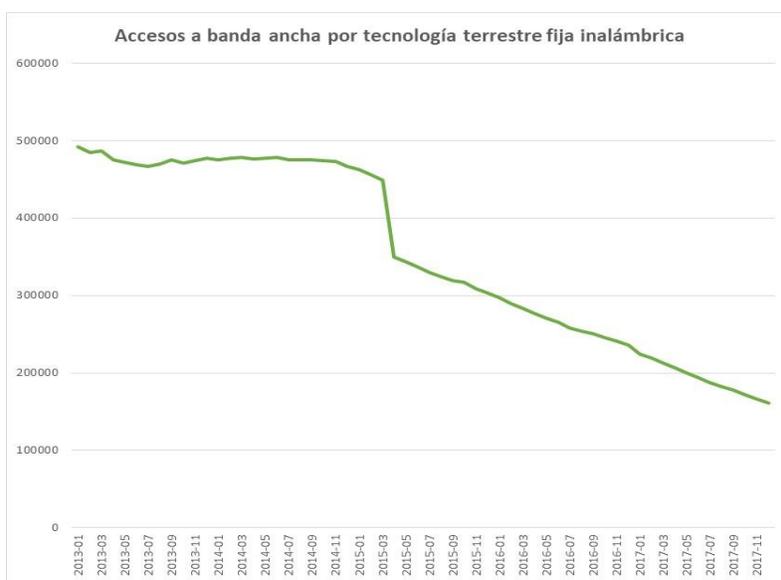
Gráfica 7



Gráfica 8



Gráfica 9



Gráfica 10

Análisis:

Por una parte, observamos que en todas las gráficas anteriores que muestran los históricos de Accesos de Banda Ancha Fija por Velocidades (Gráficas 1 a 4) existe una variación pronunciada significativa, entre el final del primer semestre e inicios del segundo semestre de 2015.

Por otra parte, observamos que las gráficas que muestran los históricos de Accesos de Banda Ancha Fija por Tecnología de Acceso (Gráficas 5 a 10) no presentan una variación tan pronunciada a mediados del 2015, como las gráficas de accesos por velocidad; sin embargo, sí se observan algunos cambios en dicho periodo, siendo éstos más notorios para algunas tecnologías como DSL, satelital y terrestre fija inalámbrica en comparación con el resto de las otras tecnologías. Para el caso de Accesos de Banda Ancha por otras Tecnologías no fue viable determinar la existencia de un cambio significativo a mediados del 2015, debido a que su tendencia histórica presenta variaciones muy pronunciados desde el 2013.

4.3 Proyecciones de Accesos de Banda Ancha Fija por Velocidades: 256 Kbps – 1.9 Mbps

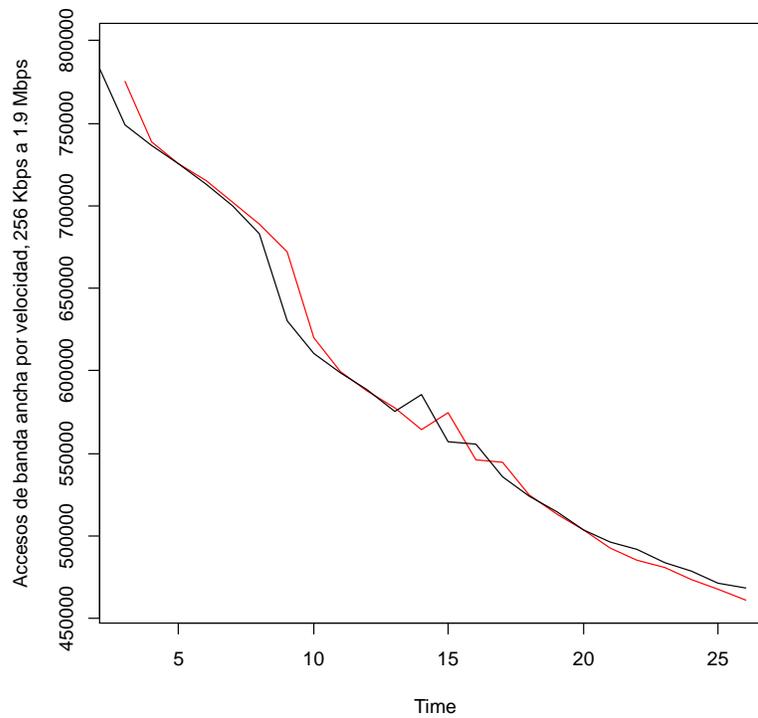
La variable de Accesos de Banda Ancha Fija para Velocidades entre 256 Kbps y 1.9 Mbps no presenta ninguna estructura ARIMA, motivo por el cual sólo presentamos proyecciones con la metodología Holt-Winters. El Cuadro 1 muestra las proyecciones mediante este método a partir del primer mes del 2018 hasta el doceavo mes del 2020, es decir 36 datos pronosticados. En la Gráfica 13 se observan los datos históricos y los pronosticados, acentuándose la continuación de la tendencia descendente original.

Cuadro 1

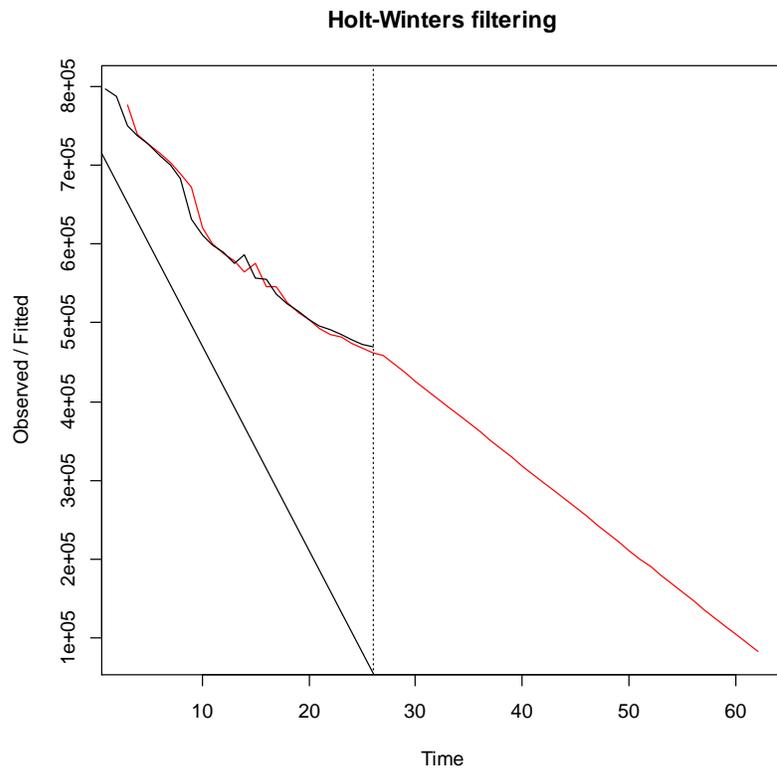
Año/Mes	Holt-Winters
2018 m01	457999.76
2018 m02	447283.52
2018 m03	436567.27
2018 m04	425851.03
2018 m05	415134.79
2018 m06	404418.55
2018 m07	393702.30
2018 m08	382986.06
2018 m09	372269.82
2018 m10	361553.58
2018 m11	350837.33
2018 m12	340121.09
2019 m01	329404.85
2019 m02	318688.61
2019 m03	307972.36
2019 m04	297256.12
2019 m05	286539.88
2019 m06	275823.64
2019 m07	265107.40
2019 m08	254391.15
2019 m09	243674.91
2019 m10	232958.67

2019 m11	222242.43
2019 m12	211526.18
2020 m01	200809.94
2020 m02	190093.70
2020 m03	179377.46
2020 m04	168661.21
2020 m05	157944.97
2020 m06	147228.73
2020 m07	136512.49
2020 m08	125796.25
2020 m09	115080.00
2020 m10	104363.76
2020 m11	93647.52
2020m12	82931.28

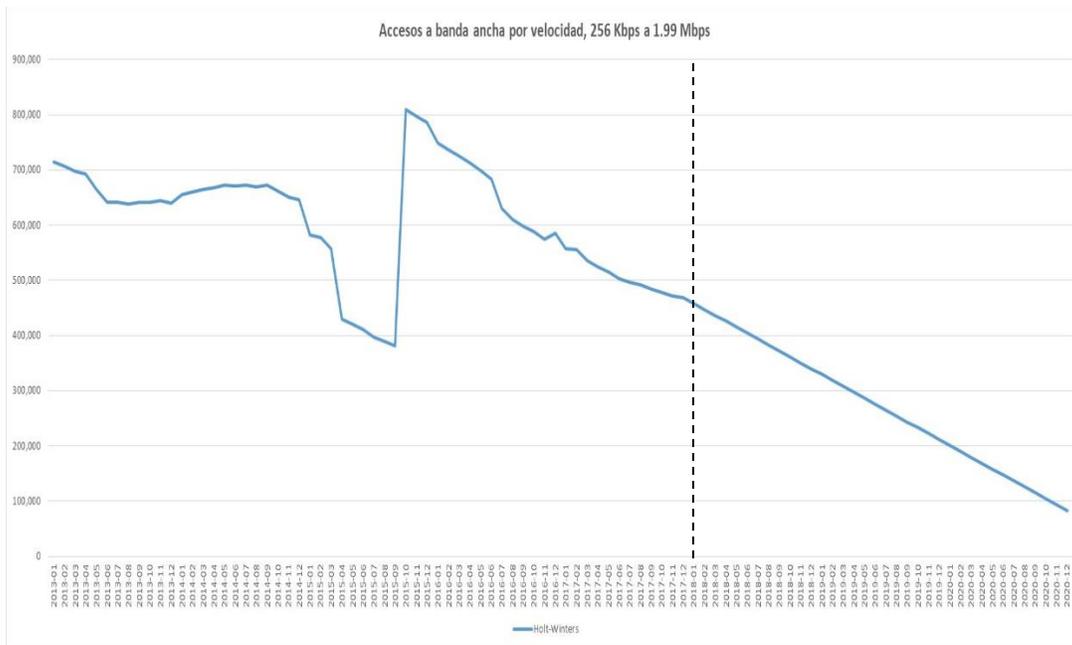
Holt-Winters filtering



Gráfica 11



Gráfica 12



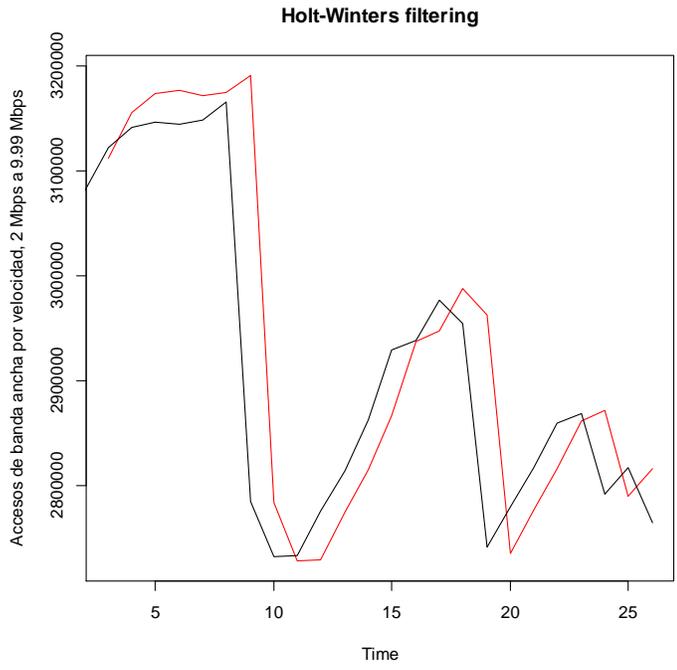
Gráfica 13

4.4 Proyecciones de Accesos de Banda Ancha Fija por Velocidades: 2 Mbps – 9.99 Mbps

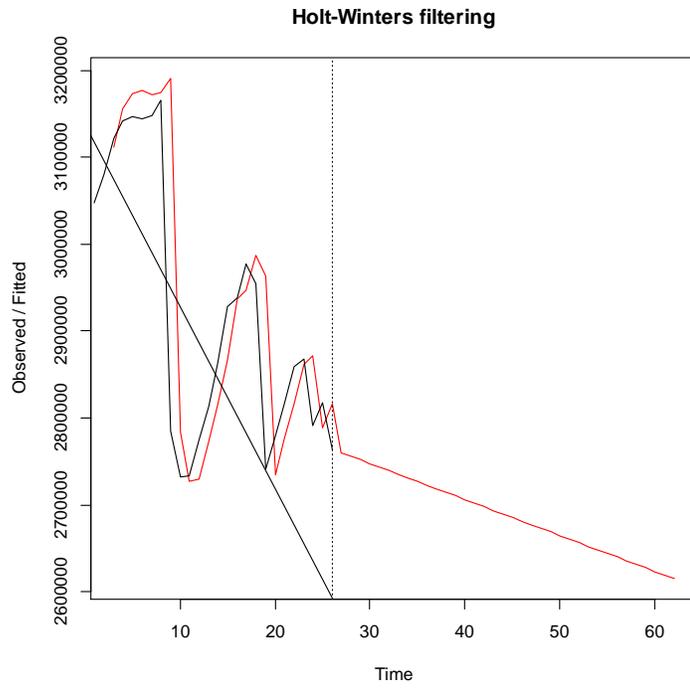
La variable de accesos a velocidades entre 2 Mbps y 9.99 Mbps no presenta una estructura ARIMA, por lo que solamente presentamos las proyecciones con las metodologías Holt-Winters y Gompertz. En el Cuadro 2 se muestran los resultados de ambas metodologías. La Gráfica 16 muestra la serie y las proyecciones para ambos métodos.

Cuadro 2

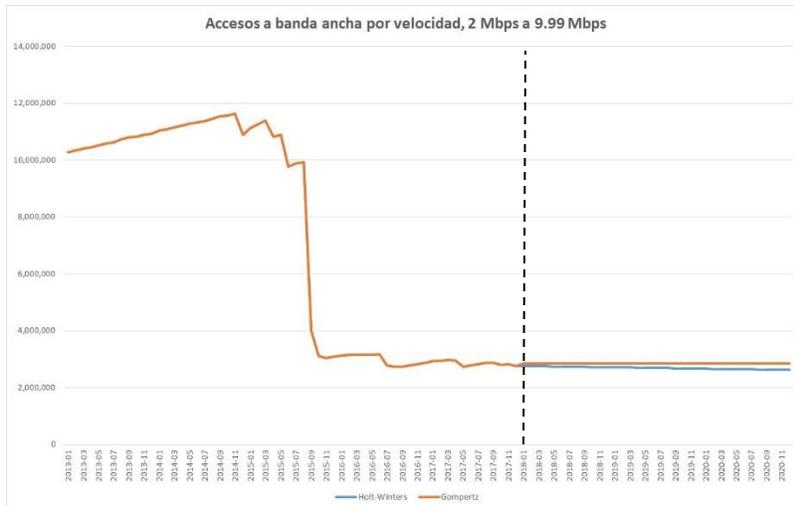
Año/Mes	Holt-Winters	Gompertz
2018 m01	2760045	2836821
2018 m02	2755904	2836827
2018 m03	2751764	2836834
2018 m04	2747624	2836840
2018 m05	2743484	2836847
2018 m06	2739343	2836853
2018 m07	2735203	2836860
2018 m08	2731063	2836866
2018 m09	2726923	2836873
2018 m10	2722782	2836879
2018 m11	2718642	2836886
2018 m12	2714502	2836892
2019 m01	2710362	2836899
2019 m02	2706221	2836905
2019 m03	2702081	2836912
2019 m04	2697941	2836918
2019 m05	2693800	2836925
2019 m06	2689660	2836932
2019 m07	2685520	2836938
2019 m08	2681380	2836945
2019 m09	2677239	2836951
2019 m10	2673099	2836958
2019 m11	2668959	2836964
2019 m12	2664819	2836971
2020 m01	2660678	2836977
2020 m02	2656538	2836984
2020 m03	2652398	2836990
2020 m04	2648258	2836997
2020 m05	2644117	2837003
2020 m06	2639977	2837010
2020 m07	2635837	2837016
2020 m08	2631696	2837023
2020 m09	2627556	2837029
2020 m10	2623416	2837036
2020 m11	2619276	2837043
2020m12	2615135	2837049



Gráfica 14



Gráfica 15



Gráfica 16

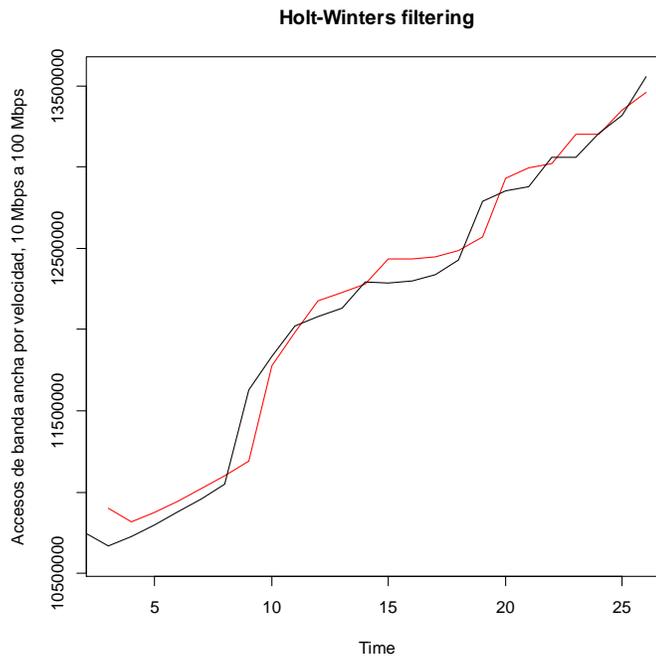
4.5 Proyecciones de Accesos de Banda Ancha Fija por Velocidades: 10 Mbps – 100 Mbps

La proyección para esta variable de accesos de banda ancha fija para velocidades entre 10 Mbps y 100 Mbps muestra una continuación de la tendencia ascendente (ver Gráfica 19).

Cuadro 3

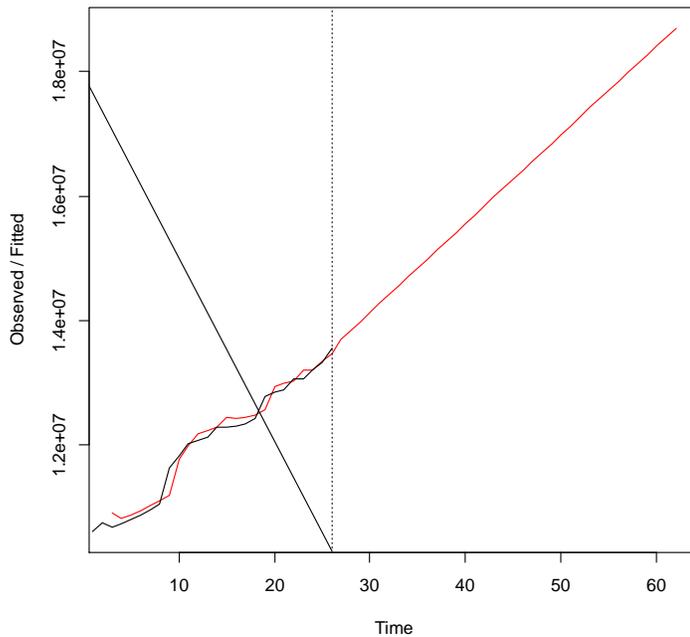
Año/Mes	Holt-Winters
2018 m01	13700715
2018 m02	13843587
2018 m03	13986459
2018 m04	14129330
2018 m05	14272202
2018 m06	14415074
2018 m07	14557946
2018 m08	14700818
2018 m09	14843690
2018 m10	14986561
2018 m11	15129433
2018 m12	15272305
2019 m01	15415177
2019 m02	15558049
2019 m03	15700921
2019 m04	15843792
2019 m05	15986664
2019 m06	16129536
2019 m07	16272408
2019 m08	16415280
2019 m09	16558152

2019 m10	16701023
2019 m11	16843895
2019 m12	16986767
2020 m01	17129639
2020 m02	17272511
2020 m03	17415383
2020 m04	17558254
2020 m05	17701126
2020 m06	17843998
2020 m07	17986870
2020 m08	18129742
2020 m09	18272614
2020 m10	18415485
2020 m11	18558357
2020m12	18701229

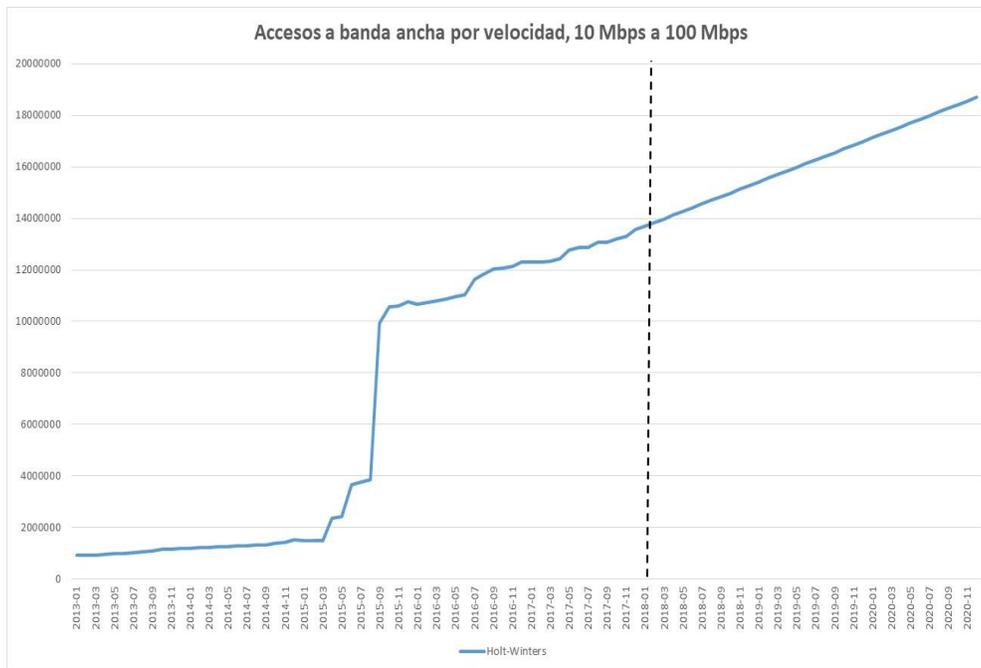


Gráfica 17

Holt-Winters filtering



Gráfica 18



Gráfica 19

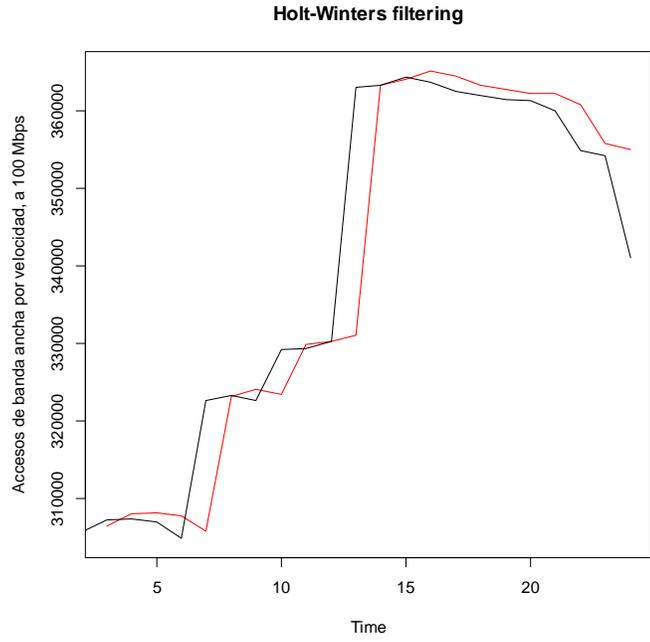
4.6 Proyecciones de Accesos de Banda Ancha Fija por Velocidades: más de 100 Mbps

De igual manera que en los casos anteriores, la variable de accesos de banda ancha para velocidades de más de 100 Mbps no presenta una estructura ARIMA, por lo que presentamos proyecciones usando únicamente las metodologías Holt-Winters y Gompertz. En la Gráfica 22 observamos que la proyección mediante la metodología Holt-Winters presenta una tendencia ascendente positiva; en tanto que las proyecciones mediante la metodología Gompertz no muestran tendencia y su gráfica es plana.

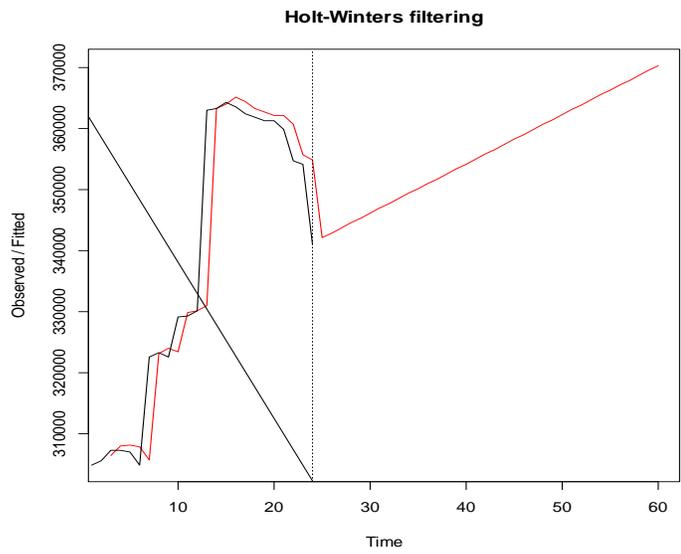
Cuadro 4

	Holt-Winters	Gompertz
2018 m01	342121	346410.6
2018 m02	342929	346410.6
2018 m03	343737	346410.7
2018 m04	344545	346410.7
2018 m05	345353	346410.7
2018 m06	346161	346410.7
2018 m07	346969	346410.7
2018 m08	347777	346410.7
2018 m09	348585	346410.8
2018 m10	349393	346410.8
2018 m11	350201	346410.8
2018 m12	351009	346410.8
2019 m01	351817	346410.8
2019 m02	352625	346410.8
2019 m03	353433	346410.8
2019 m04	354241	346410.8
2019 m05	355049	346410.8
2019 m06	355857	346410.8
2019 m07	356665	346410.8
2019 m08	357473	346410.8
2019 m09	358281	346410.8
2019 m10	359089	346410.8
2019 m11	359897	346410.8
2019 m12	360705	346410.8
2020 m01	361513	346410.8
2020 m02	362321	346410.8
2020 m03	363129	346410.8
2020 m04	363937	346410.8
2020 m05	364745	346410.8
2020 m06	365553	346410.8
2020 m07	366361	346410.8
2020 m08	367169	346410.8
2020 m09	367977	346410.8
2020 m10	368785	346410.8
2020 m11	369593	346410.8

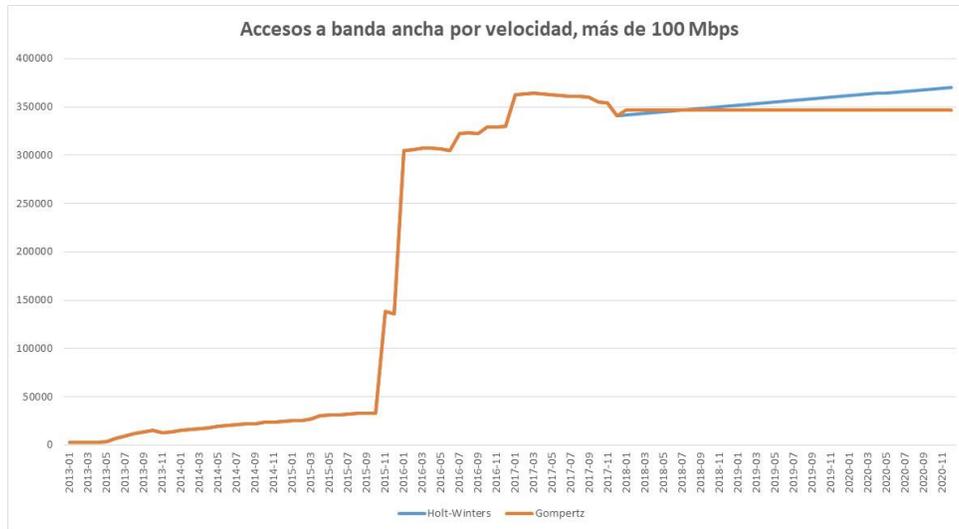
2020m12	370401	346410.8
---------	--------	----------



Gráfica 20



Gráfica 21



Gráfica 22

4.7 Proyecciones de Accesos de Banda Ancha Fija por Tecnología de Acceso: Cable coaxial

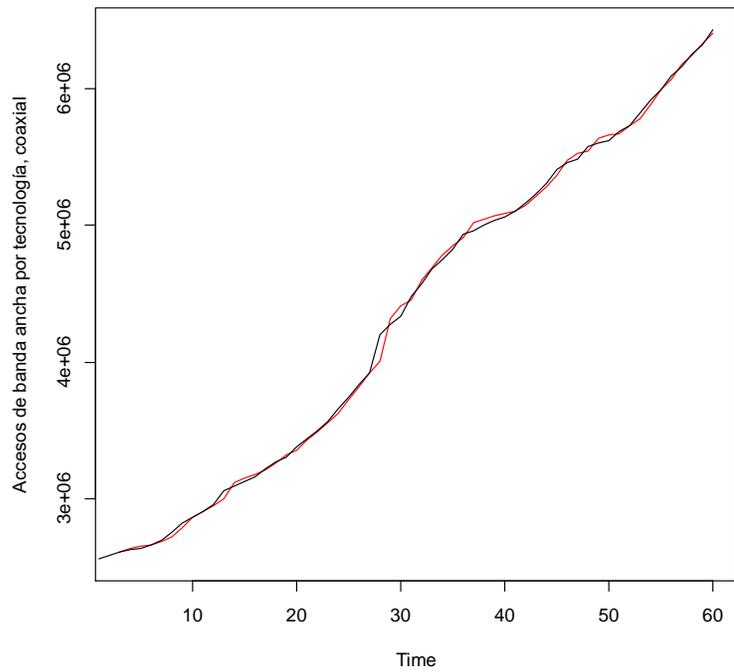
Para el caso de los accesos de banda ancha fija por tecnología coaxial las proyecciones muestran un comportamiento ascendente, usando las metodologías de Holt-Winters y Gompertz; sin embargo, observamos que con Holt-Winters las proyecciones llegan más rápido a los 8 millones de accesos y muestran una pendiente más pronunciada en comparación con los resultados de la metodología Gompertz.

Cuadro 5

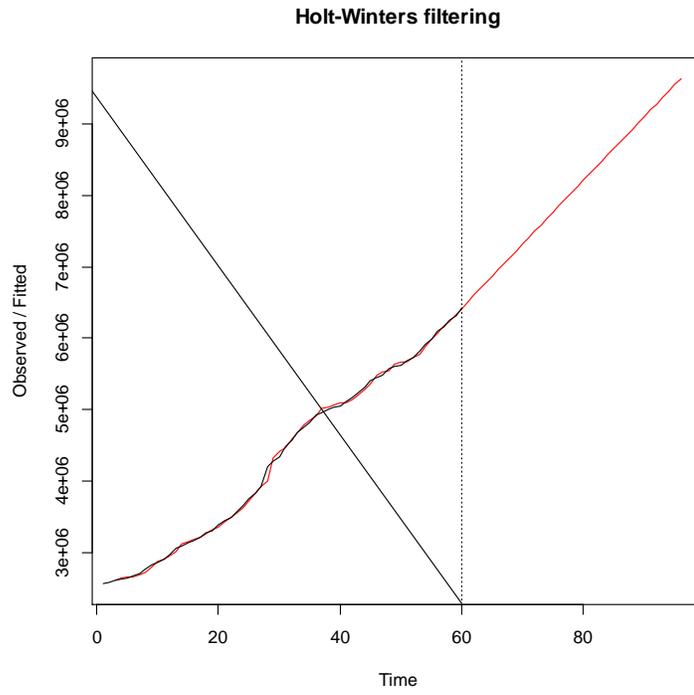
	Holt-Winters	Gompertz
2018 m01	6515345	6470102
2018 m02	6604550	6538344
2018 m03	6693755	6606286
2018 m04	6782961	6673919
2018 m05	6872166	6741233
2018 m06	6961372	6808220
2018 m07	7050577	6874872
2018 m08	7139783	6941181
2018 m09	7228988	7007140
2018 m10	7318193	7072741
2018 m11	7407399	7137977
2018 m12	7496604	7202841
2019 m01	7585810	7267326
2019 m02	7675015	7331427
2019 m03	7764221	7395138
2019 m04	7853426	7458452

2019 m05	7942631	7521365
2019 m06	8031837	7583870
2019 m07	8121042	7645963
2019 m08	8210248	7707640
2019 m09	8299453	7768895
2019 m10	8388659	7829725
2019 m11	8477864	7890125
2019 m12	8567069	7950092
2020 m01	8656275	8009622
2020 m02	8745480	8068711
2020 m03	8834686	8127357
2020 m04	8923891	8185557
2020 m05	9013097	8243308
2020 m06	9102302	8300607
2020 m07	9191508	8357452
2020 m08	9280713	8413841
2020 m09	9369918	8469772
2020 m10	9459124	8525244
2020 m11	9548329	8580254
2020m12	9637535	8634802

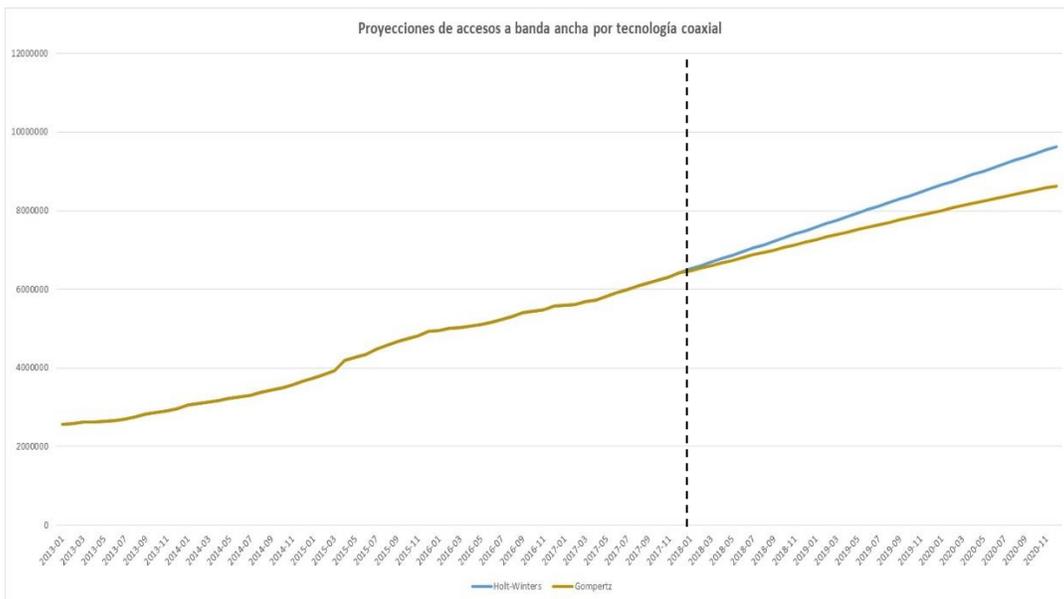
Holt-Winters filtering



Gráfica 23



Gráfica 24



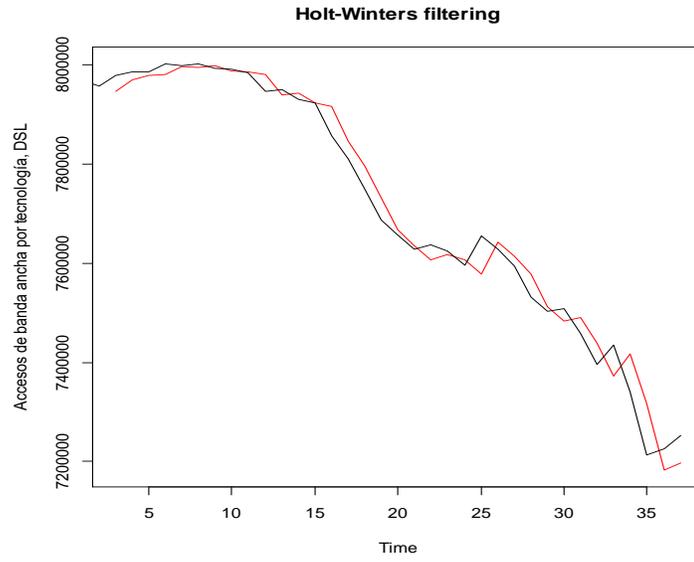
Gráfica 25

4.8 Proyecciones de Accesos de Banda Ancha Fija por Tecnología de Acceso: DSL

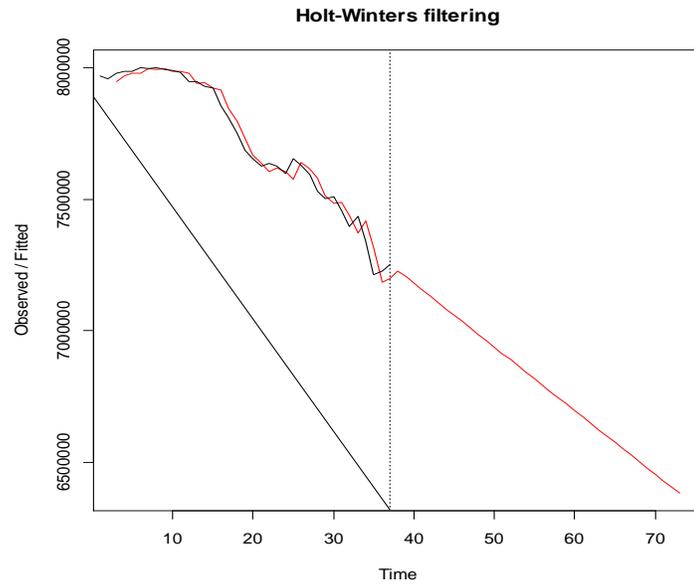
Respecto a los accesos de banda ancha fija mediante tecnología DSL, éstos muestran una caída progresiva. Los pronósticos mediante la metodología de Holt-Winters confirman dicha tendencia a la baja, hasta caer por debajo de la cifra de los 6,500,000 accesos para mediados del año 2020.

Cuadro 6

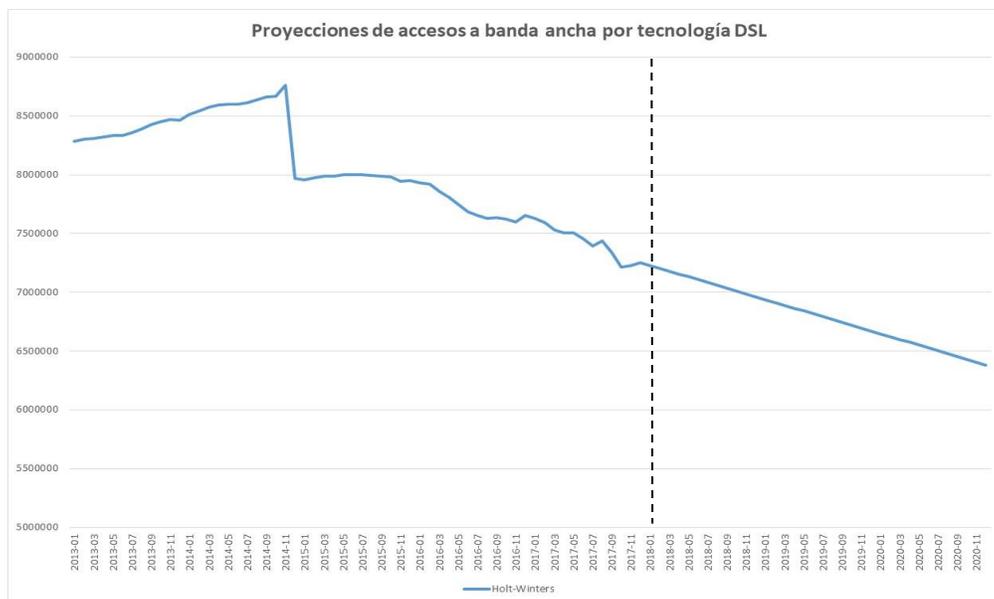
	Holt-Winters
2018 m01	7228265
2018 m02	7204069
2018 m03	7179872
2018 m04	7155675
2018 m05	7131479
2018 m06	7107282
2018 m07	7083085
2018 m08	7058889
2018 m09	7034692
2018 m10	7010495
2018 m11	6986299
2018 m12	6962102
2019 m01	6937905
2019 m02	6913709
2019 m03	6889512
2019 m04	6865315
2019 m05	6841119
2019 m06	6816922
2019 m07	6792725
2019 m08	6768529
2019 m09	6744332
2019 m10	6720135
2019 m11	6695939
2019 m12	6671742
2020 m01	6647545
2020 m02	6623349
2020 m03	6599152
2020 m04	6574956
2020 m05	6550759
2020 m06	6526562
2020 m07	6502366
2020 m08	6478169
2020 m09	6453972
2020 m10	6429776
2020 m11	6405579
2020m12	6381382



Gráfica 26



Gráfica 27



Gráfica 28

4.9 Proyecciones de Accesos de Banda Ancha Fija por Tecnología de Acceso: Fibra óptica

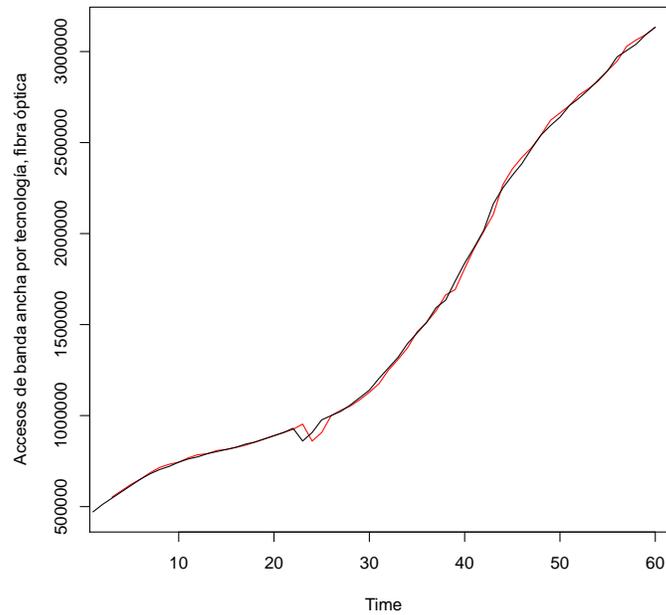
En el caso de la variable de accesos de banda ancha fija mediante tecnología de fibra óptica las proyecciones por medio de la metodología Gompertz muestran mayor pendiente, pronosticando que se rebasarán los 8 millones de accesos para finales del año 2020. En tanto que para el caso de la metodología de Holt-Winters el crecimiento es más lento, llegando apenas a los 4.7 millones de accesos para el último mes de 2020.

Cuadro 7

	Holt-Winters	Gompertz
2018 m01	3174831	3456327
2018 m02	3218835	3557088
2018 m03	3262839	3660230
2018 m04	3306843	3765793
2018 m05	3350848	3873817
2018 m06	3394852	3984345
2018 m07	3438856	4097416
2018 m08	3482860	4213073
2018 m09	3526864	4331356
2018 m10	3570868	4452308
2018 m11	3614873	4575971
2018 m12	3658877	4702387
2019 m01	3702881	4831598
2019 m02	3746885	4963649
2019 m03	3790889	5098581

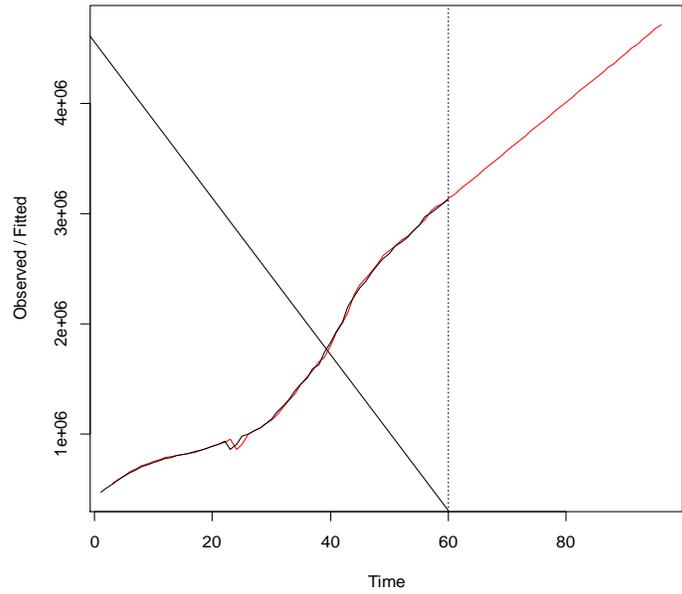
2019 m04	3834894	5236438
2019 m05	3878898	5377264
2019 m06	3922902	5521102
2019 m07	3966906	5667995
2019 m08	4010910	5817989
2019 m09	4054915	5971127
2019 m10	4098919	6127454
2019 m11	4142923	6287014
2019 m12	4186927	6449852
2020 m01	4230931	6616013
2020 m02	4274935	6785541
2020 m03	4318940	6958481
2020 m04	4362944	7134880
2020 m05	4406948	7314781
2020 m06	4450952	7498231
2020 m07	4494956	7685274
2020 m08	4538961	7875957
2020 m09	4582965	8070325
2020 m10	4626969	8268422
2020 m11	4670973	8470296
2020m12	4714977	8675991

Holt-Winters filtering

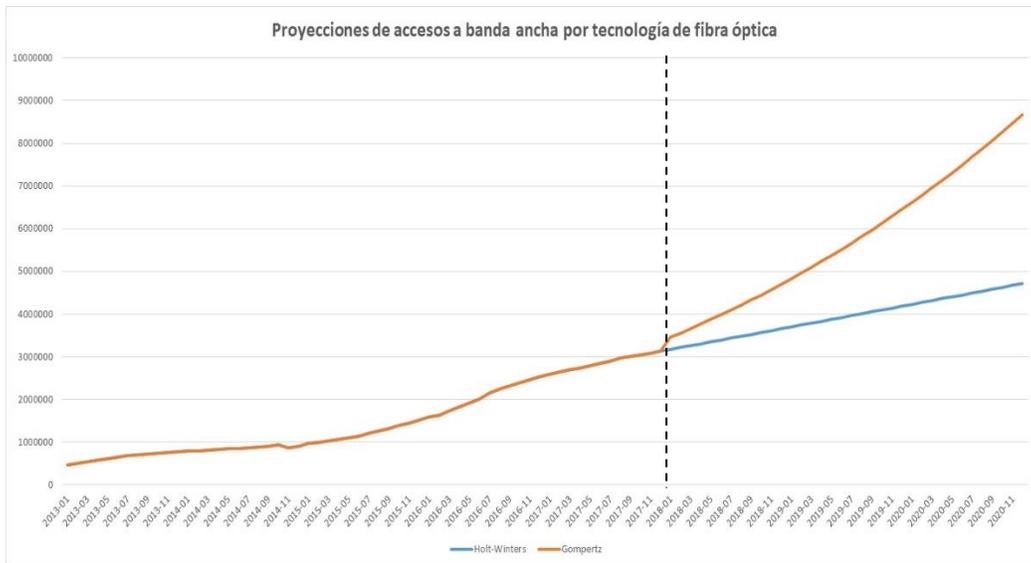


Gráfica 29

Holt-Winters filtering



Gráfica 30



Gráfica 31

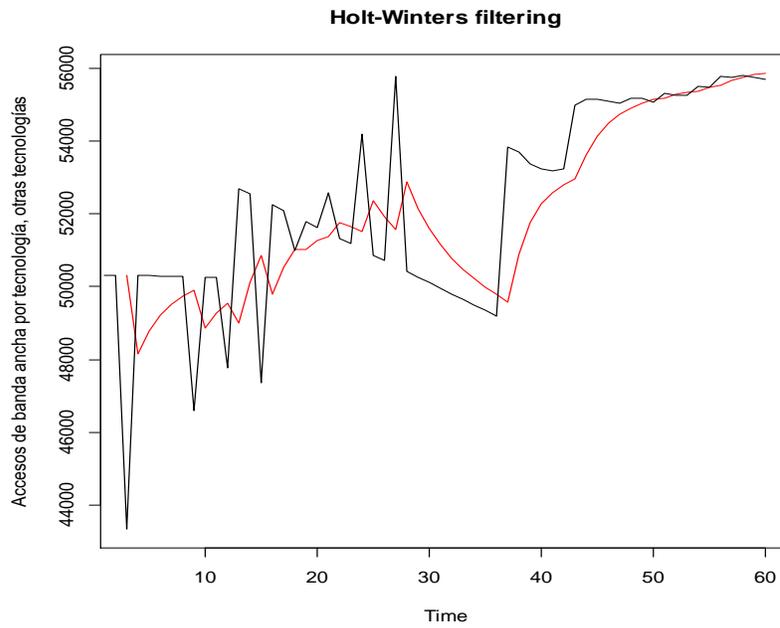
4.10 Proyecciones de Accesos de Banda Ancha Fija por Tecnología de Acceso: Otras tecnologías

Las proyecciones de la variable de accesos de banda ancha fija mediante otras tecnologías con ambas metodologías (Holt-Winters y Gompertz) muestran un comportamiento similar en los primeros meses del año 2018. Sin embargo, en el último año proyectado (2020) se forma una brecha considerable entre las proyecciones de ambas metodologías, con una mayor pendiente para las obtenidas mediante metodología Gompertz.

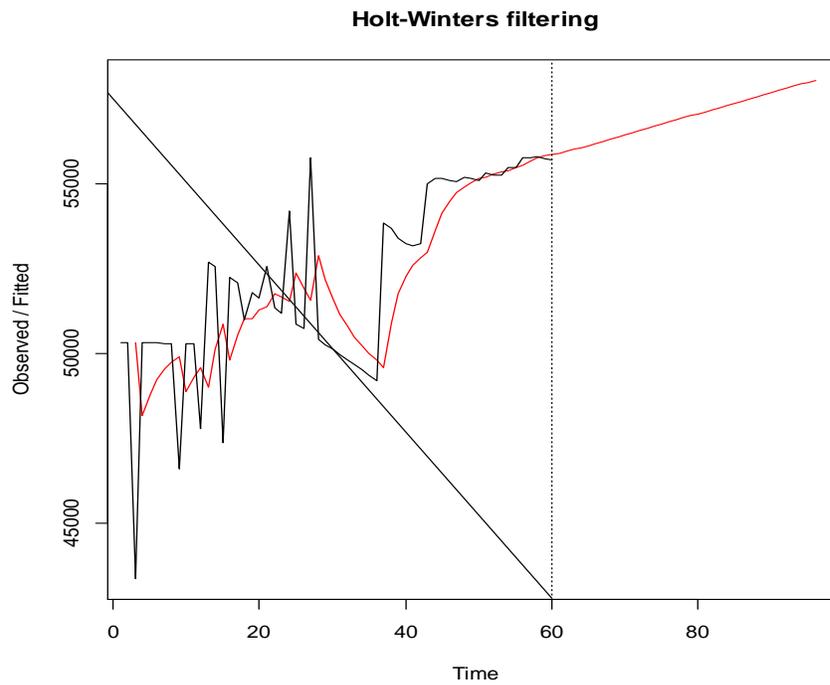
Cuadro 8

	Holt-Winters	Gompertz
2018 m01	55881.93	56030.54
2018 m02	55944.08	56160.07
2018 m03	56006.23	56289.84
2018 m04	56068.38	56419.86
2018 m05	56130.53	56550.1
2018 m06	56192.68	56680.59
2018 m07	56254.83	56811.32
2018 m08	56316.97	56942.28
2018 m09	56379.12	57073.49
2018 m10	56441.27	57204.93
2018 m11	56503.42	57336.61
2018 m12	56565.57	57468.54
2019 m01	56627.72	57600.7
2019 m02	56689.87	57733.11
2019 m03	56752.02	57865.75
2019 m04	56814.16	57998.64
2019 m05	56876.31	58131.77
2019 m06	56938.46	58265.14
2019 m07	57000.61	58398.76
2019 m08	57062.76	58532.61
2019 m09	57124.91	58666.71
2019 m10	57187.06	58801.05
2019 m11	57249.20	58935.64
2019 m12	57311.35	59070.47
2020 m01	57373.50	59205.54
2020 m02	57435.65	59340.86
2020 m03	57497.80	59476.42
2020 m04	57559.95	59612.23
2020 m05	57622.10	59748.28
2020 m06	57684.24	59884.57
2020 m07	57746.39	60021.12
2020 m08	57808.54	60157.91
2020 m09	57870.69	60294.94

2020 m10	57932.84	60432.23
2020 m11	57994.99	60569.75
2020m12	58057.14	60707.53



Gráfica 32



Gráfica 33



Gráfica 34

4.11 Proyecciones de Accesos de Banda Ancha Fija por Tecnología de Acceso: Satelital

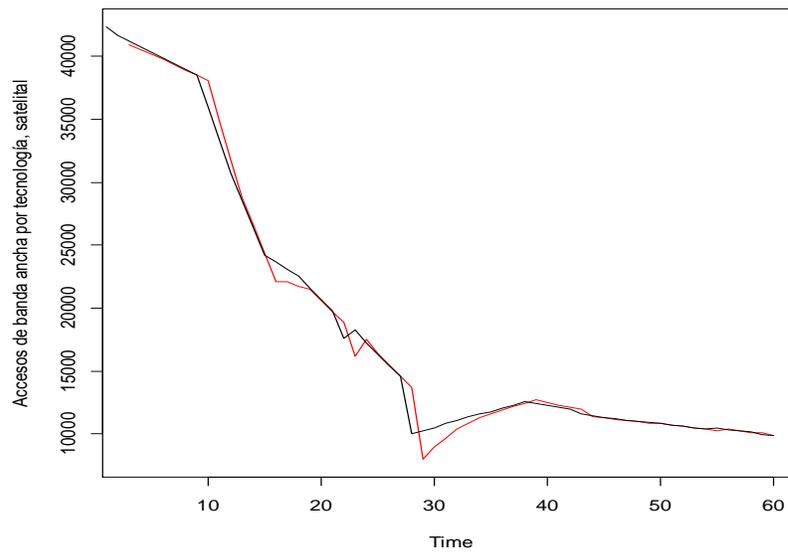
Los accesos de banda ancha fija mediante tecnología satelital muestran una tendencia descendente, por lo que las proyecciones mediante la metodología de Holt-Winters continúa dicha tendencia. En la Gráfica 37 se observa que el número de accesos caerá a casi 5,500 para finales del año 2020. A pesar de lo anterior, consideramos que los accesos satelitales tienen potencial de incrementarse debido a la necesidad de conectividad mixta que aparentemente requerirán los nuevos servicios 5G.

Cuadro 9

	Holt-Winters
2018 m01	9718.862
2018 m02	9598.724
2018 m03	9478.587
2018 m04	9358.449
2018 m05	9238.311
2018 m06	9118.173
2018 m07	8998.035
2018 m08	8877.898
2018 m09	8757.760
2018 m10	8637.622
2018 m11	8517.484
2018 m12	8397.346
2019 m01	8277.209
2019 m02	8157.071

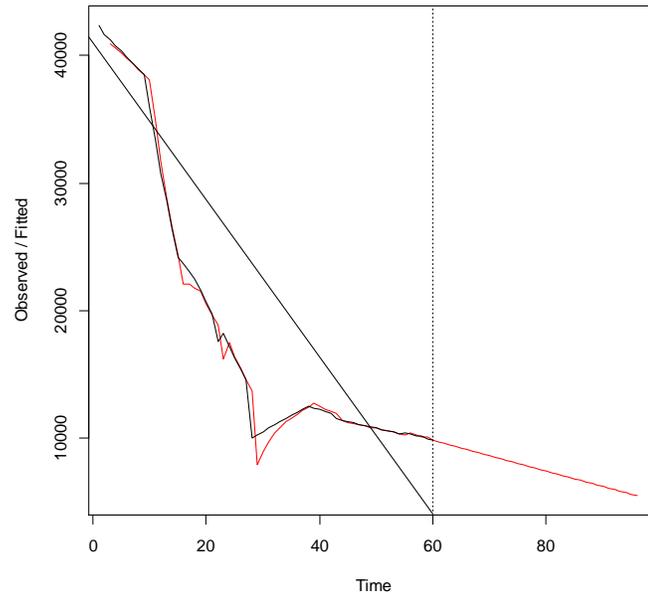
2019 m03	8036.933
2019 m04	7916.795
2019 m05	7796.657
2019 m06	7676.520
2019 m07	7556.382
2019 m08	7436.244
2019 m09	7316.106
2019 m10	7195.968
2019 m11	7075.831
2019 m12	6955.693
2020 m01	6835.555
2020 m02	6715.417
2020 m03	6595.279
2020 m04	6475.142
2020 m05	6355.004
2020 m06	6234.866
2020 m07	6114.728
2020 m08	5994.590
2020 m09	5874.453
2020 m10	5754.315
2020 m11	5634.177
2020m12	5514.039

Holt-Winters filtering

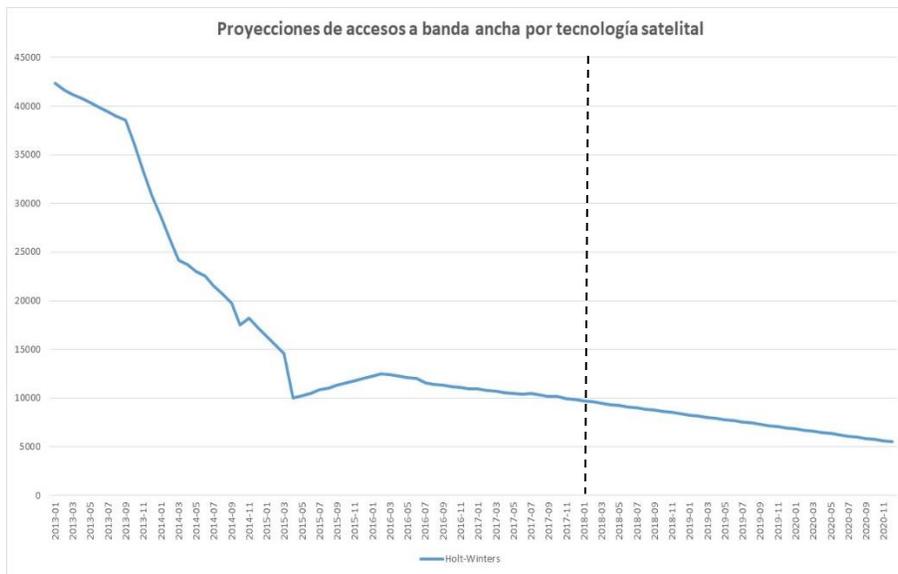


Gráfica 35

Holt-Winters filtering



Gráfica 36



Gráfica 37

4.12 Proyecciones de Accesos de Banda Ancha Fija por Tecnología de Acceso: Terrestre fijo inalámbrico

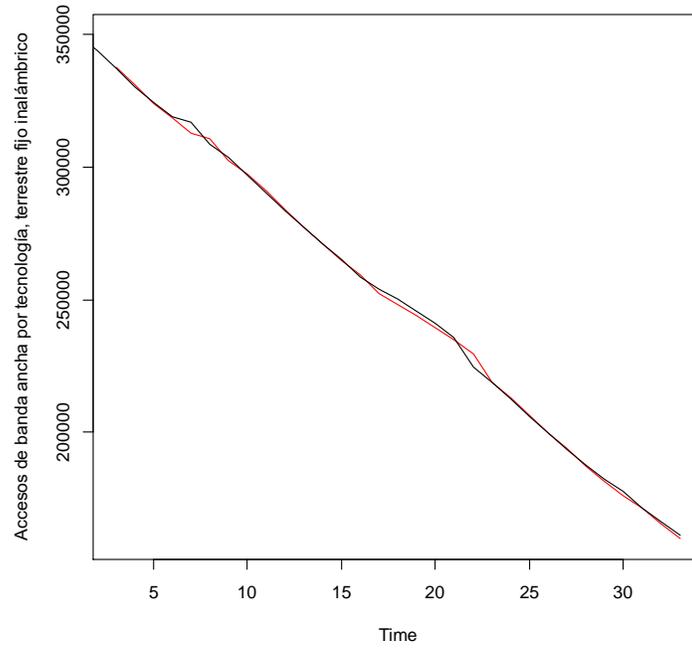
Las proyecciones para la variable de accesos de banda ancha fija mediante tecnología terrestre fija inalámbrica muestran una caída progresiva hasta llegar a cero accesos hacia el final del periodo proyectado (2020). A pesar de lo anterior, consideramos que los accesos terrestres fijos inalámbricos tienen potencial de incrementarse debido a la necesidad de conectividad mixta que aparentemente requerirán los nuevos servicios 5G.

Cuadro 10

	Holt-Winters
2018 m01	155149
2018 m02	149050
2018 m03	142951
2018 m04	136852
2018 m05	130753
2018 m06	124654
2018 m07	118555
2018 m08	112456
2018 m09	106357
2018 m10	100258
2018 m11	94159
2018 m12	88060
2019 m01	81961
2019 m02	75862
2019 m03	69763
2019 m04	63664
2019 m05	57565
2019 m06	51466
2019 m07	45367
2019 m08	39268
2019 m09	33169
2019 m10	27070
2019 m11	20971
2019 m12	14872
2020 m01	8773
2020 m02	2674
2020 m03	0
2020 m04	0
2020 m05	0
2020 m06	0
2020 m07	0
2020 m08	0
2020 m09	0
2020 m10	0

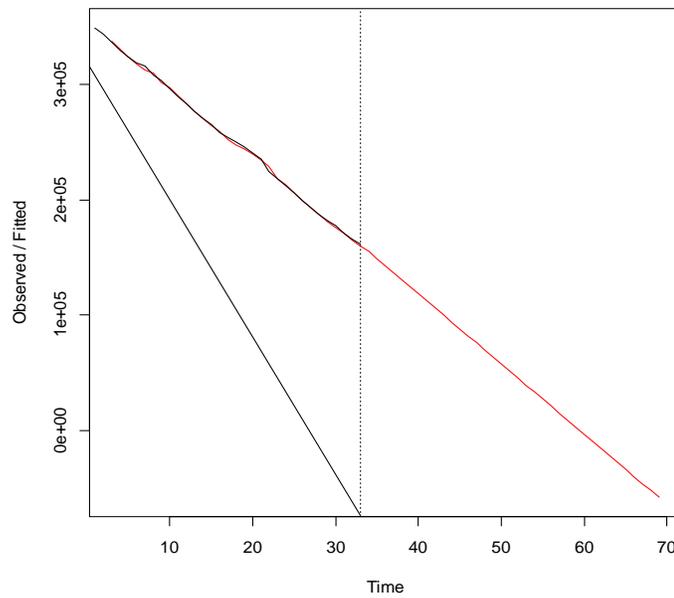
2020 m11	0
2020m12	0

Holt-Winters filtering

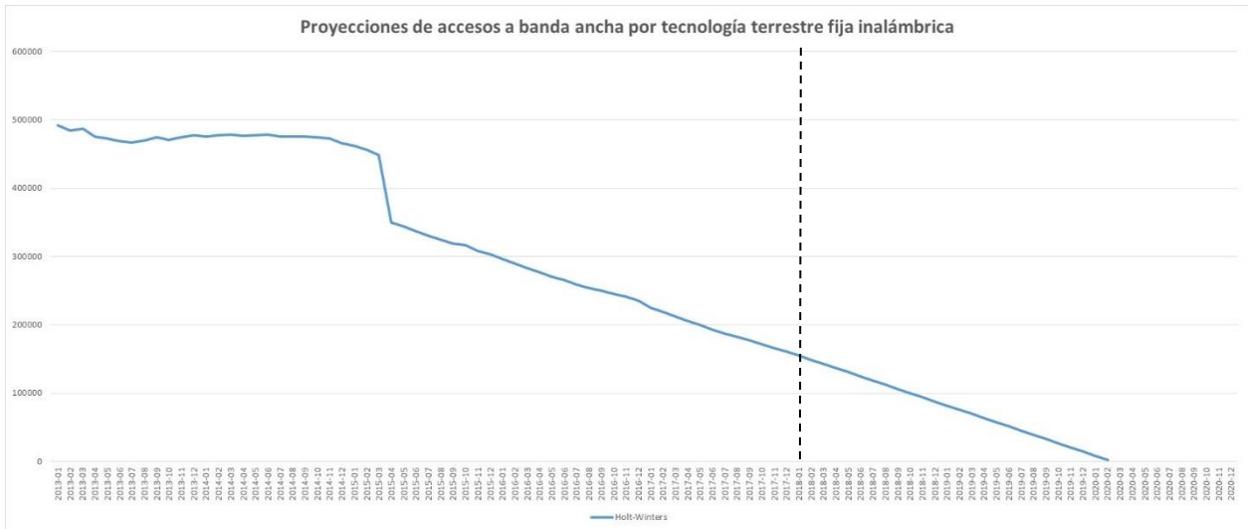


Gráfica 38

Holt-Winters filtering



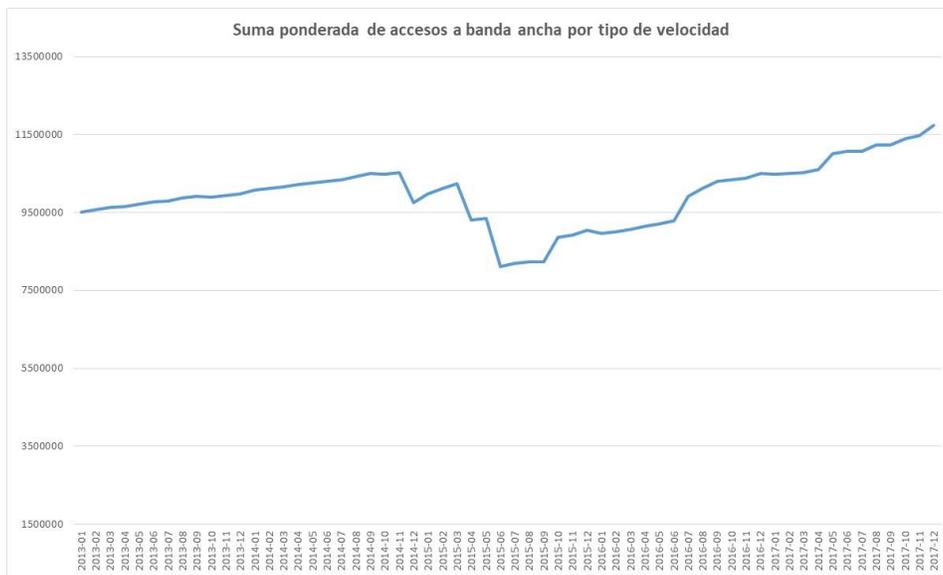
Gráfica 39



Gráfica 40

4.13 Promedio Ponderado de Accesos de Banda Ancha Fija por Velocidad

En este apartado presentamos el promedio ponderado del número de accesos de banda ancha fija, a partir de los datos históricos de los accesos observados para las velocidades de 2 Mbps a 9.99 Mbps y de 10 Mbps a 100 Mbps, considerando que son las velocidades con la mayor cantidad de accesos entre 2013 y 2017. Por lo tanto, el promedio ponderado se obtiene al obtener los pesos de cada valor, en función del total de accesos para cada fecha, al aplicar dichos pesos a cada valor, y finalmente al sumar ambos valores. Posteriormente, realizamos las proyecciones a 2020 del promedio ponderado utilizando las metodologías Holt-Winters y Gompertz. En la Gráfica 44 observamos que los pronósticos muestran una tendencia ascendente y positiva.

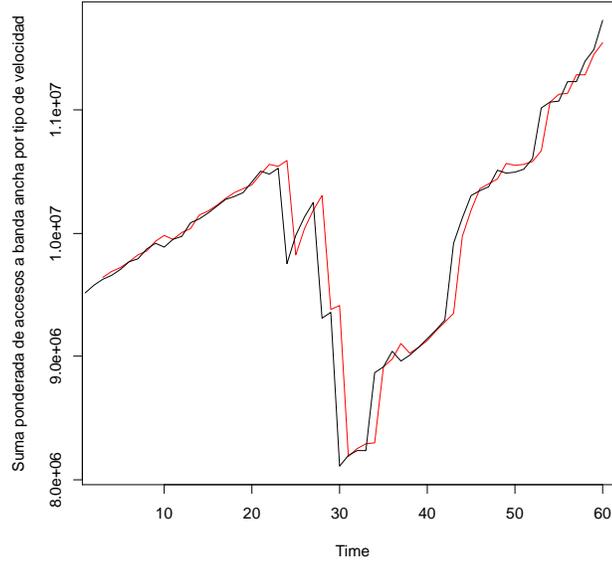


Gráfica 41

Cuadro 11

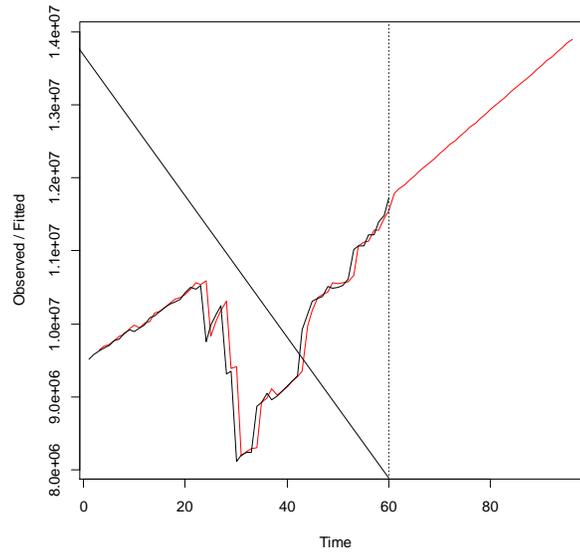
	Holt-Winters	Gompertz
2018 m01	11787429	1.05e+07
2018 m02	11847904	1.05e+07
2018 m03	11908379	1.05e+07
2018 m04	11968854	1.06e+07
2018 m05	12029329	1.06e+07
2018 m06	12089804	1.06e+07
2018 m07	12150279	1.06e+07
2018 m08	12210754	1.06e+07
2018 m09	12271229	1.07e+07
2018 m10	12331704	1.07e+07
2018 m11	12392179	1.07e+07
2018 m12	12452654	1.07e+07
2019 m01	12513129	1.07e+07
2019 m02	12573604	1.07e+07
2019 m03	12634079	1.08e+07
2019 m04	12694554	1.08e+07
2019 m05	12755029	1.08e+07
2019 m06	12815504	1.08e+07
2019 m07	12875979	1.08e+07
2019 m08	12936454	1.09e+07
2019 m09	12996929	1.09e+07
2019 m10	13057404	1.09e+07
2019 m11	13117879	1.09e+07
2019 m12	13178354	1.09e+07
2020 m01	13238829	1.09e+07
2020 m02	13299304	1.10e+07
2020 m03	13359779	1.10e+07
2020 m04	13420254	1.10e+07
2020 m05	13480729	1.10e+07
2020 m06	13541204	1.10e+07
2020 m07	13601679	1.11e+07
2020 m08	13662154	1.11e+07
2020 m09	13722629	1.11e+07
2020 m10	13783104	1.11e+07
2020 m11	13843579	1.11e+07
2020m12	13904054	1.12e+07

Holt-Winters filtering

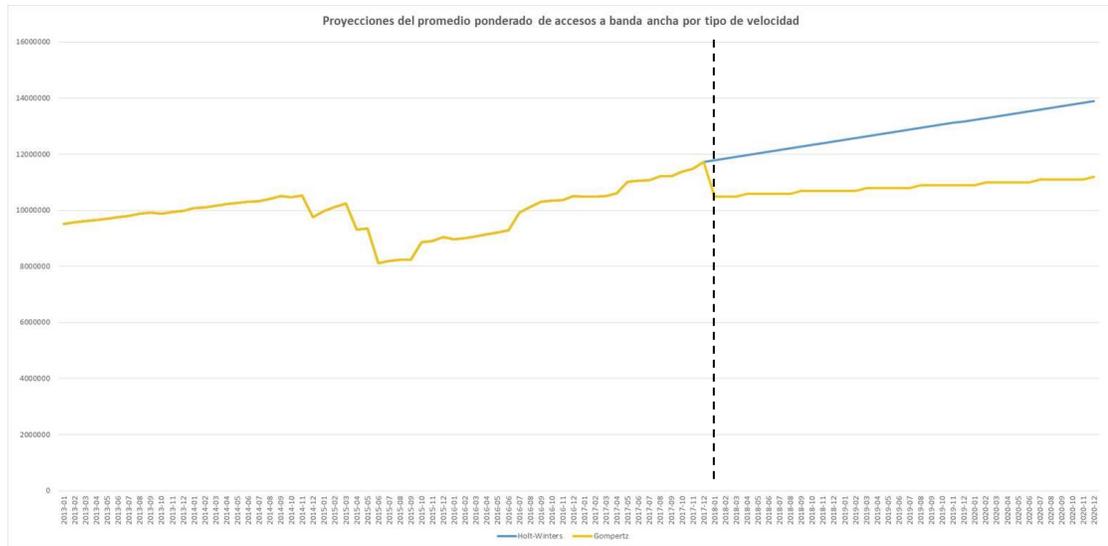


Gráfica 42

Holt-Winters filtering



Gráfica 43



Gráfica 44

Cuadro 12

Variable	Holt-Winters
Promedio de accesos por velocidad	Coefficientes: a: 11726954 b: 60475

4.14 Proyecciones de Suscriptores de Banda Ancha Fija

Esta variable sobre el número de suscriptores de banda ancha fija, a diferencia de los accesos por tipo de velocidad y tecnología, tiene una frecuencia trimestral desde el año 2005 al primer trimestre del 2018. Con base en estos datos obtuvimos proyecciones de un modelo ARIMA (1,1,1) con drift, así como con el método de Holt-Winters. La Gráfica 48 muestra los valores de las proyecciones que van en ascenso al aplicar ambos métodos, sobrepasando los 19.5 millones de accesos para finales del 2020.

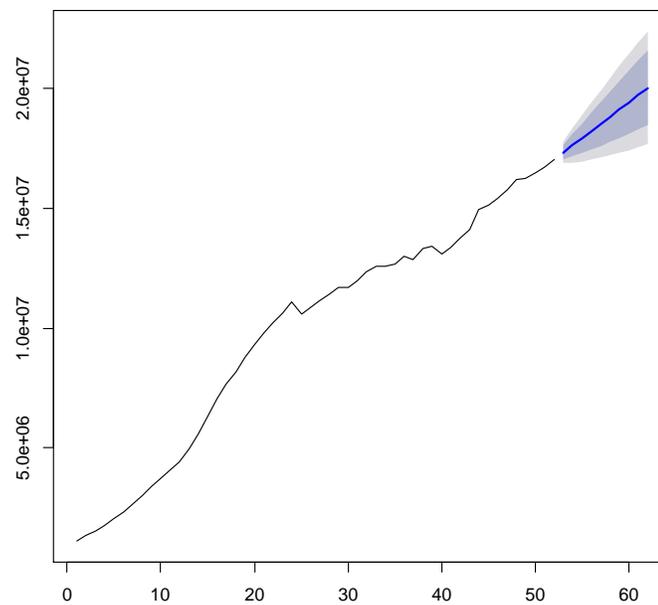
Cuadro 13

Trimestre	Valores pronosticados	
	ARIMA (1,1,1) c/ drift	Holt-Winters
2018 2do	17545192	17597698
2018 3ro	17781525	17870983
2018 4to	18011403	18144268
2019 1ro	18235003	18417552
2019 2do	18452495	18690837
2019 3ro	18664046	18964121

2019 4to	18869818	19237406
2020 1ro	19069970	19510690
2020 2do	19264655	19783975
2020 3ro	19454023	20057260
2020 4to	19638217	20330544

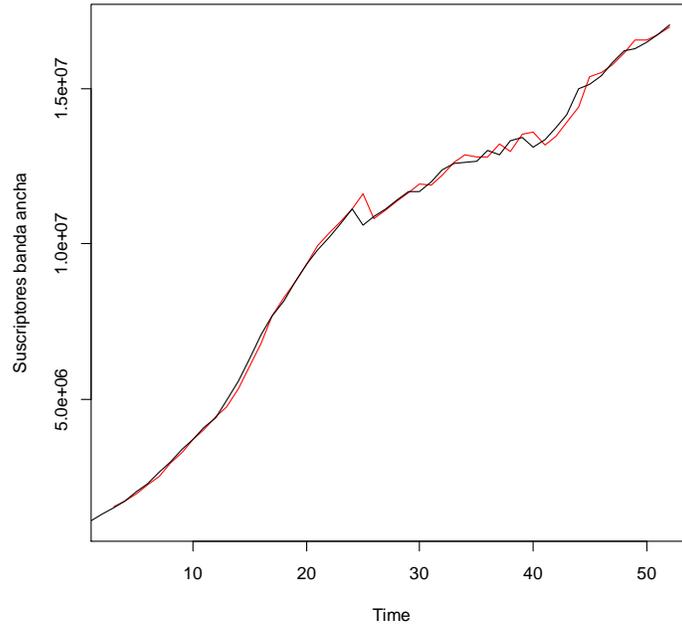
Modelo	RMSE
ARIMA (1,1,1) c/drift	6408961
Holt-Winters	229,278

Forecasts from ARIMA(1,1,1) with drift



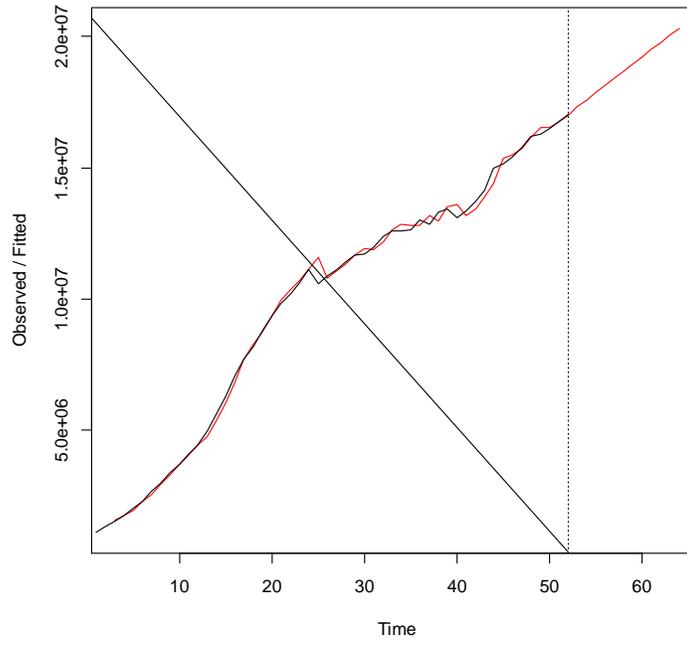
Gráfica 45

Holt-Winters filtering

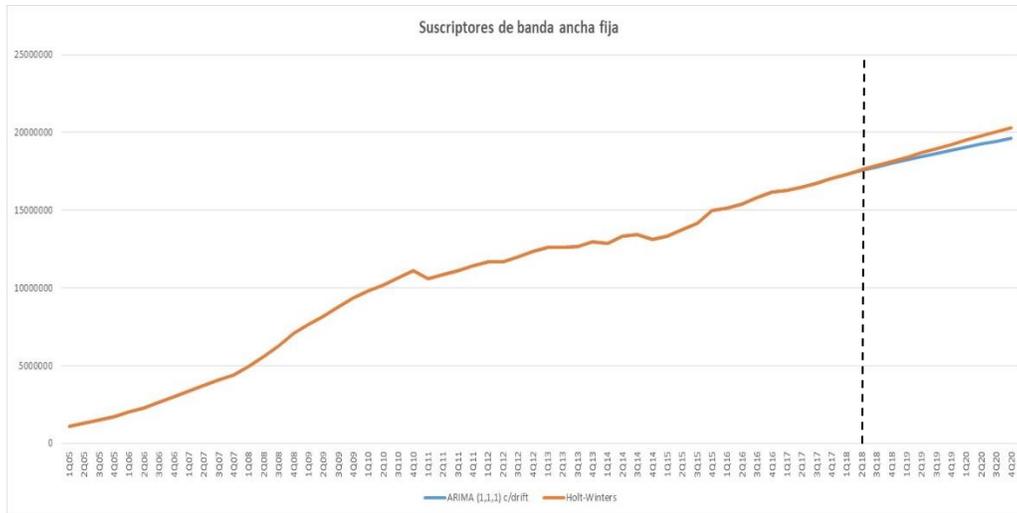


Gráfica 46

Holt-Winters filtering



Gráfica 47



Gráfica 48

4.15 Escenario contrafactual o inercial de Suscriptores de Banda Ancha Fija

Con el propósito de analizar el posible impacto que ha tenido la Oferta de Referencia para la Desagregación del Bucle Local (OREDA) del AEP, a partir de la aprobación de las condiciones mediante las cuales se realizaría la desagregación del bucle aprobadas el 23 de junio de 2015, en este apartado presentamos un escenario contrafactual o inercial de los suscriptores de banda ancha fija a partir del inicio de tercer trimestre de 2015 y hasta el primer trimestre de 2018. El objetivo es observar la diferencia entre la tendencia que hubiera tenido la variable sin el efecto de la OREDA, y su comportamiento real observado a la fecha. Con este fin, utilizamos el método ARIMA de Box y Jenkins para realizar la proyección hipotética de la variable a partir del tercer trimestre de 2015, tomando como datos históricos el número de suscriptores trimestrales desde 2005.

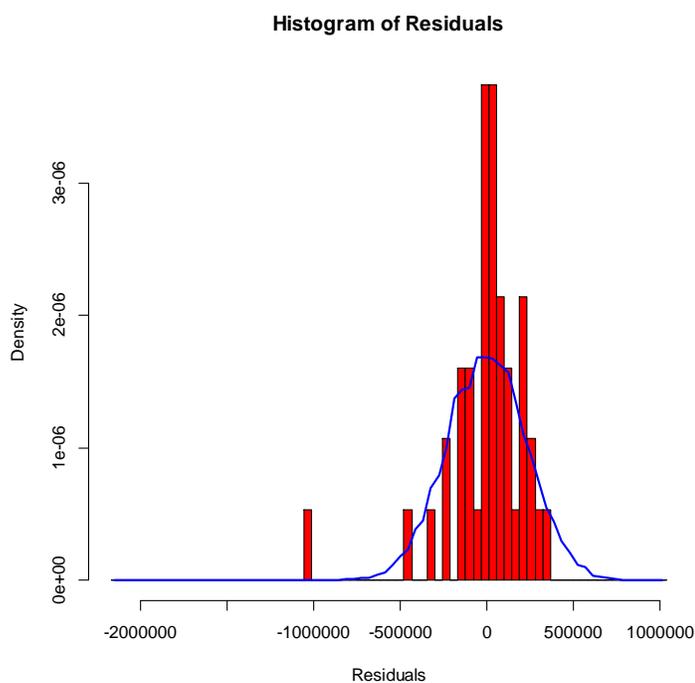
El resultado es un modelo ARIMA (0,2,1) del cual se realiza un pronóstico *in-sample* del número de suscriptores de banda ancha en el mencionado periodo. El modelo tiene un RMSE igual a 256,3826 y sus residuales se comportan asimilando una distribución normal (ver Gráfica 49). El resultado (ver Cuadro 14) muestra que, bajo un escenario inercial, sin el efecto de la OREDA, el número de suscriptores de banda ancha fija en México para el primer trimestre del año 2018 habría ascendido a poco más de 15.6 millones. Este número contrasta significativamente con la cantidad observada real del número de suscriptores para la misma fecha, que asciende a 17.3 millones. Si bien esta diferencia no se puede atribuir totalmente a los efectos de la OREDA, sí podemos decir que se observa una mejora sustancial en el número de suscriptores en México, a partir de la aprobación de las condiciones para realizar la desagregación del bucle que están ligadas a la OREDA. Aunado a lo anterior, aplicando el método de diferencias en diferencias sobre ambos escenarios, el observado y el

contrafactual, tenemos que la diferencia entre ambos durante el periodo alcanzaría una cifra de 1,156,284 suscriptores en favor del escenario real u observado.

Cuadro 14

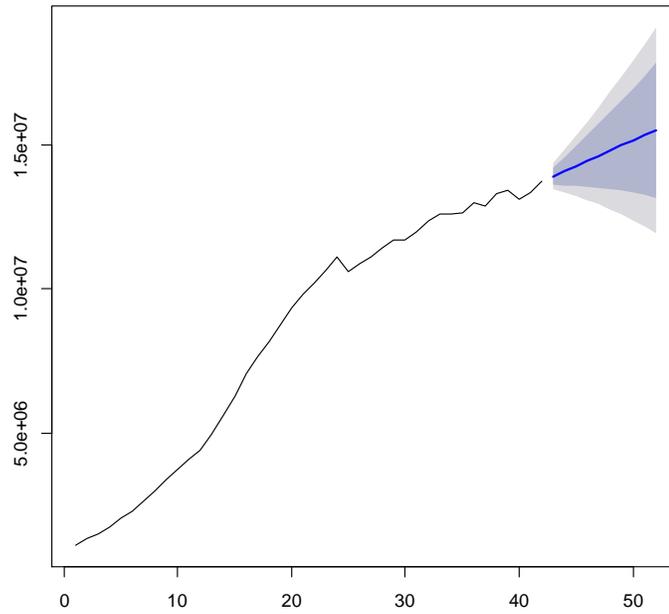
Trimestre	Valores observados	Escenario contrafactual. ARIMA (0,2,1)
2015 3ro	14141511	13911378
2015 4to	14968202	14088800
2016 1ro	15140158	14266221
2016 2do	15418166	14443643
2016 3ro	15803887	14621065
2016 4to	16194062	14798487
2017 1ro	16273501	14975909
2017 2do	16477839	15153330
2017 3ro	16730507	15330752
2017 4to	17052428	15508174
2018 1ro	17302221	15685596

Modelo	RMSE
ARIMA (0,2,1)	2563826



Gráfica 49

Forecasts from ARIMA(0,2,1)



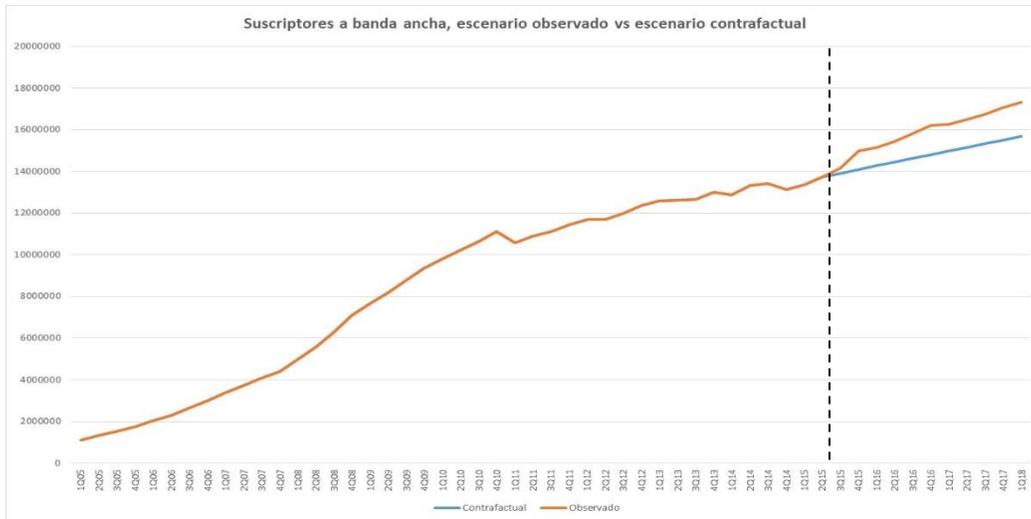
Gráfica 50

- $\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} X_{i_observado}$ si $post_{OREDA} = 0$ Valor 1
- $\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} X_{i_contrafactual}$ si $post_{OREDA} = 0$ Valor 2
- $\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} X_{i_observado}$ si $post_{OREDA} = 1$ Valor 3
- $\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} X_{i_contrafactual}$ si $post_{OREDA} = 1$ Valor 4

Posteriormente se realiza el cálculo siguiente:

$$(Valor\ 3 - Valor\ 4) - (Valor\ 1 - Valor\ 2)$$

Serie	Diferencia
Suscriptores de Banda Ancha	1,156,284



Gráfica 51

4.16 Proyecciones de Accesos a Telefonía Fija

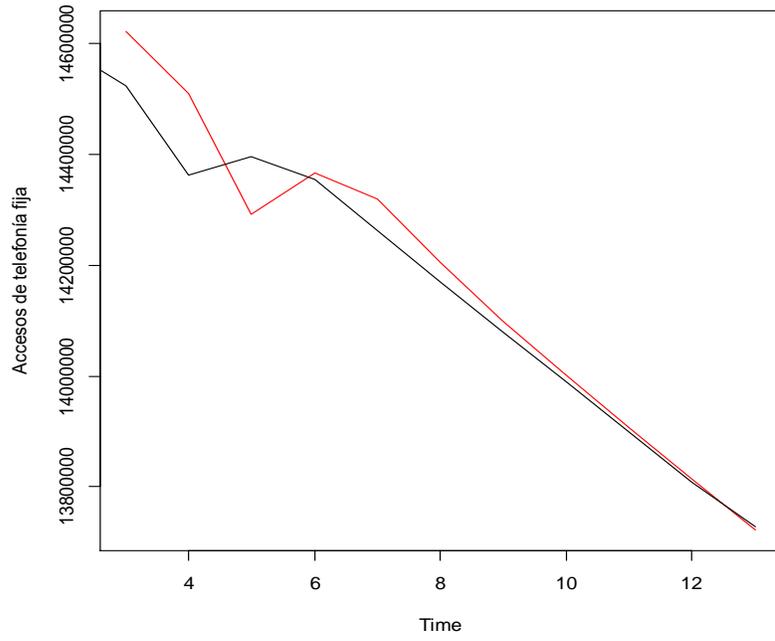
La variable de accesos a telefonía fija no presentó una estructura ARIMA, por lo que trabajamos exclusivamente con la metodología Holt-Winters. El pronóstico plantea una tendencia decreciente hacia el año 2020, cayendo por debajo de las 13 millones de líneas de telefonía fija (ver Gráfica 54).

Cuadro 15

Trimestre	Holt-Winters
2018 2do	13641911
2018 3ro	13556498
2018 4to	13471085
2019 1ro	13385672
2019 2do	13300260
2019 3ro	13214847
2019 4to	13129434
2020 1ro	13044021
2020 2do	12958608
2020 3ro	12873195
2020 4to	12787782

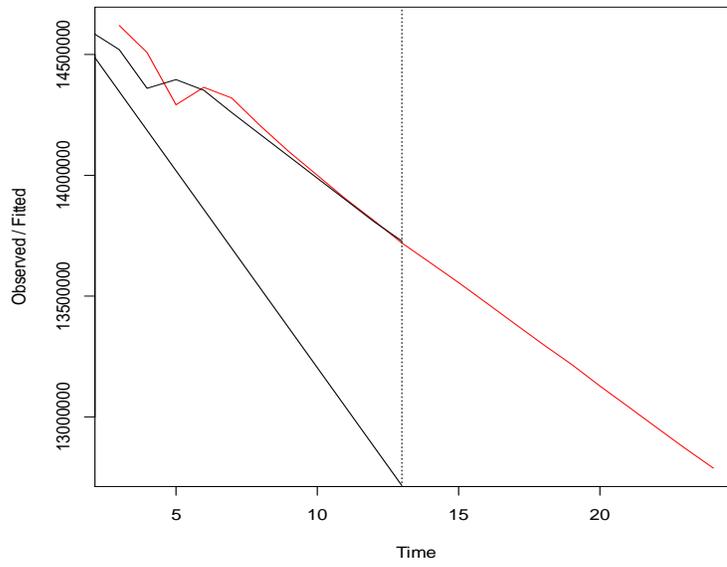
Modelo	RMSE
Holt-Winters	48400139593

Holt-Winters filtering

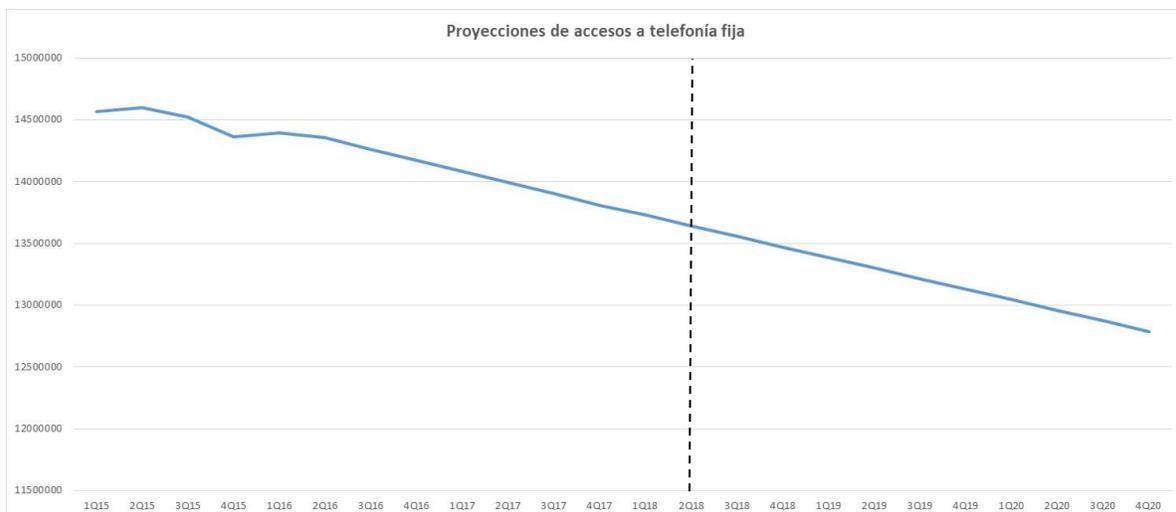


Gráfica 52

Holt-Winters filtering



Gráfica 53



Gráfica 54

4.17 Escenario contrafactual o inercial de Accesos de Telefonía Fija

A diferencia del caso de la variable anterior sobre suscriptores de banda ancha fija, este escenario inercial se construye a partir del final del cuarto trimestre del 2014 y hasta el primer trimestre de 2018, debido a que observamos que entre el primer y segundo trimestre de 2015 existe una variación significativa en el número de accesos que pudiera ocasionar que nuestro modelo no funcionara correctamente. La causa de esta variación pronunciada podría estar asociada con la puesta en marcha de la OREDA.

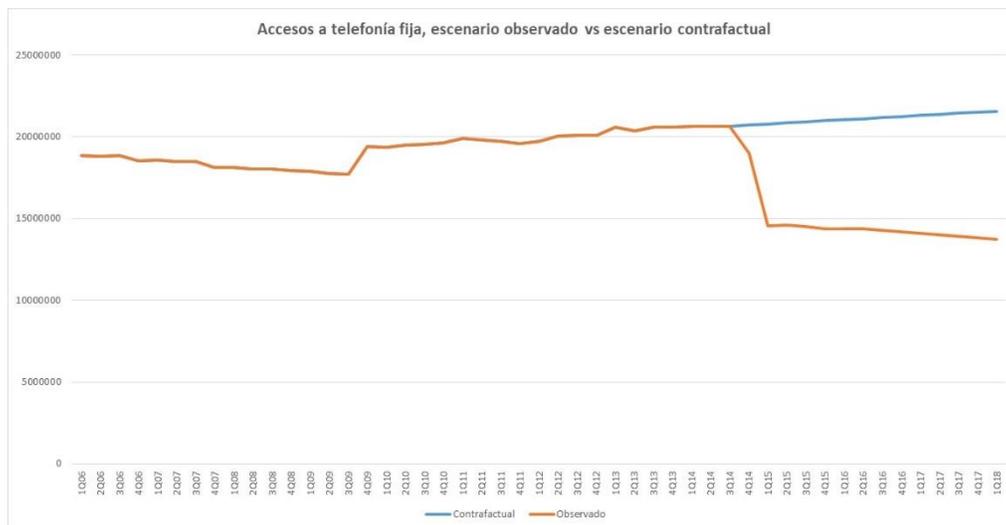
En virtud de que no logramos construir una estructura mediante el método ARIMA de Box y Jenkins, nos abocamos a la metodología Holt-Winters. De este modo, el escenario inercial muestra un crecimiento en el número de accesos de telefonía fija hasta llegar a una cifra de 21.5 millones, a diferencia de los accesos observados con una fuerte caída a partir del primer trimestre del 2015 hasta llegar a los 13.7 millones de accesos. Es importante mencionar que el pronóstico inercial supone un aumento de accesos debido a que justo antes del cuarto trimestre del 2014 la tendencia era ligeramente al alza, por lo que las proyecciones suponen un comportamiento similar hasta el primer trimestre de 2018. De esta manera, el método de diferencias en diferencias establece que a partir de la fecha mencionada el número de accesos a telefonía fija cayó en 6,592,025.

Cuadro 16

Trimestre	Valores observados	Escenario contrafactual. Holt-Winters
2014 4to	19000000	20717598
2015 1ro	14567820	20783293
2015 2do	14595300	20848988

2015 3ro	14522780	20914684
2015 4to	14362000	20980379
2016 1ro	14396000	21046074
2016 2do	14354000	21111769
2016 3ro	14262000	21177465
2016 4to	14170590	21243160
2017 1ro	14079765	21308855
2017 2do	13989523	21374550
2017 3ro	13899859	21440246
2017 4to	13809324	21505941
2018 1ro	13727324	21571636

Serie	Diferencia
Accesos a telefonía fija	-6,592,025



Gráfica 55

Referencias

Allen, P. G., & Fildes, R. (2001). *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*, J. Scott Armstrong (ed.): Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

Box, G., & Jenkins, G. (1970). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden-Day, San Francisco.

Chai, T., & Draxler, R. (2014). *Root Mean Square Error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? - Arguments against avoiding RMSE in the literature*. Geoscientific Model Devevelopment, 7, 1247–1250. www.geosci-model-dev.net/7/1247/2014/

Goodwin, P. (2010). *The Holt-Winters Approach to Exponential Smoothing: 50 Years Old and Going Strong*. Foresight, 19, 30-33.

González-Casimiro, M. (2009). *Análisis de series temporales: Modelos ARIMA*. Sarriko-on. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad del País Vasco. ISBN: 978-84-692-3814-1. 04-09.

Gujarati, D.N., (2004). *Basic Econometrics*, 4th Ed. The McGraw–Hill Companies, USA.

Holt, C.C. (1959). *Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages*. ONR Research Memorandum 52.

Hyndman, R., & Khandakar, Y. (2008). *Automatic Time Series Forecasting: The forecast Package for R*. Journal of Statistical Software, 27, 3.

Office for National Statistics (2008). *From Holt-Winters to ARIMA Modelling: Measuring the Impact on Forecasting Errors for Components of Quarterly Estimates of Public Service Output*. UK Centre for the Measurement of Government Activity. Disponible en [file:///D:/Usuarios/oscar.saenz/Downloads/holtwintersv1change_tcm77-238155%20\(1\).pdf](file:///D:/Usuarios/oscar.saenz/Downloads/holtwintersv1change_tcm77-238155%20(1).pdf)

Winters, P. R. (1960). *Forecasting sales by exponentially weighted moving averages*. Management Science, 6, 324-342.

Wooldridge, J. M. (2000). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*, 2nd ed. South Western College Publishing, Thomson Learning.