

Reporte Analítico de Indicadores

Indicadores de telecomunicaciones en países pertenecientes
a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos



CENTRO DE ESTUDIOS

Responsable

Mtro. José Alberto Candalaria Barrera

Introducción

La experiencia internacional sugiere que las telecomunicaciones tienen un rol esencial en el desarrollo económico de los países, mediante el incremento del empleo, la movilidad del capital, la redistribución del valor agregado entre factores como el propio capital y el trabajo, o, incluso, en la reducción del gasto de materiales y en contaminantes en la economía¹.

El progreso tecnológico de las telecomunicaciones es un fenómeno multifactorial que requiere de la consideración de distintos indicadores para ser capturado, por lo que su medición integral es compleja. La existencia de diferentes variables que señalan el avance de los distintos aspectos que conforman el desarrollo de las telecomunicaciones hace necesaria la evaluación de todas las variables para establecer conclusiones y definir una estrategia de conectividad acorde con las necesidades del país.

El objetivo del trabajo es proveer un diagnóstico del ritmo al que avanza México en la provisión de los servicios básicos de telecomunicaciones, así como en el fortalecimiento de la calidad de los mismos. El ejercicio busca generar un comparativo con respecto a naciones pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

En el contexto de la OCDE, históricamente México ha presentado un menor nivel de desarrollo socioeconómico, y algún rezago en cuanto a la dotación de infraestructura sectorial.

El análisis que se presenta en este Reporte busca aportar evidencia sobre el dinamismo sectorial registrado en México, medido a través de las tasas de crecimiento promedio de los servicios de telecomunicaciones en un periodo de 7 años. Dichas tasas dan cuenta de la capacidad de México para ir cerrando la brecha con respecto a las naciones más avanzadas en términos de telecomunicaciones a nivel de la OCDE.

El trabajo se basa en un análisis estadístico del contraste que existe en el crecimiento de diferentes servicios de telecomunicaciones tomando como base el año en el cual se promulgó la Reforma en Telecomunicaciones en México, 2013, y la evolución de estos servicios hasta el año 2020. Esto para un conjunto de veintisiete países de la OCDE, incluyendo a México.

Es así, que se utilizan técnicas estadísticas de agrupamiento de datos para aglutinar a subconjuntos de países según el grado de similitud en el ritmo de avance que registran en materia de telecomunicaciones. Se utilizan para ello diez de las

¹ Newsletter elac n° 14, marzo 2011.

principales variables del sector. Cada agrupamiento así integrado incluye a los países que exhiben niveles similares de crecimiento en el acceso a infraestructura y a servicios de telecomunicaciones, mientras que entre los diferentes agrupamientos hay divergencias significativas al respecto.

Como el análisis se realiza utilizando tasas de crecimiento, se establece qué países han alcanzado un dinamismo similar en cuanto a la dotación integral de los servicios de telecomunicaciones, considerando indicadores de crecimiento de la penetración de los servicios fijo, móvil, televisión restringida y OTT. Además, se incluyen indicadores que dan cuenta de la calidad y adopción de nuevas tecnologías, a saber: los servicios digitales M2M, el porcentaje de conexiones de fibra óptica con respecto al total de banda ancha fija y la velocidad media de conexión móvil en Mbps.

Los resultados de este análisis multifactorial sobre el avance del sector de las telecomunicaciones para 27 países pertenecientes a la OCDE permiten establecer seis grupos, cada uno con niveles similares de dinamismo en los servicios de telecomunicaciones, en el periodo considerado.

A partir de ese agrupamiento y el ordenamiento que se establece, se concluye que México, Chile, Hungría, Israel y Turquía, muestran un avance importante en el desarrollo integral de las telecomunicaciones en el periodo 2013-2020. Específicamente estos cinco países reportan un mayor ritmo de avance en la provisión y mejoría de la calidad de los servicios de telecomunicaciones durante esos años. El resultado permite concluir que, si bien la penetración de los servicios considerados en México es aún menor que en otros países de la OCDE, México ha registrado desde la Reforma de Telecomunicaciones un ritmo más acelerado de crecimiento de la penetración y mejora de los servicios, que le ha permitido ir cerrando la brecha respecto a esos países.

Información estadística

Para el ejercicio de definición de agrupamientos y ordenamiento de los países que se presenta en este reporte, se utilizan las tasas de crecimiento promedio de la penetración de diez servicios de telecomunicaciones que dan cuenta del ritmo avance que se reporta en los principales servicios e indicadores sectoriales, los cuales han sido ordenados de acuerdo al tipo de servicio.

➤ Servicios fijos

1. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha fija.
 2. Porcentaje² de conexiones de fibra óptica con respecto al total de banda ancha fija.
 3. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha fija con velocidad entre 30 mbps y 100 mbps.
- Servicios móviles
4. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de telefonía móvil.
 5. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha móvil.
 6. Tasa de crecimiento promedio de la proporción de suscriptores de banda ancha móvil por tecnología de red 4G con respecto del total de suscriptores a banda ancha móvil
 7. Tasa de crecimiento promedio de la velocidad media de conexión móvil en megabytes por segundo.
- TV restringida y OTT
8. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de TV restringida.
 9. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de OTT video.
- Otros servicios
10. Tasa de crecimiento promedio de la penetración a servicios M2M.

La muestra se integra por 27 países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), a saber³: Australia, Austria, Alemania, Bélgica, Canadá, Chile, Dinamarca, Finlandia, Francia, Estados Unidos, Hungría, Irlanda, Israel, Italia, Japón, México, Holanda, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, Corea del Sur, España, Suecia, Suiza, Turquía y Reino Unido. Brasil participa como invitado en esa organización, pero no se contempla en la muestra por no contarse con todos los indicadores estadísticos necesarios. Lo mismo ocurre con Colombia, a pesar de ser miembro oficial desde 2020.

Las tasas se estiman para el periodo que va el 2013 a 2020. La fuente de dos de los indicadores (porcentaje de conexiones de fibra óptica con respecto al total de

² Únicamente en el caso de esta variable se optó por no utilizar una tasa de crecimiento promedio, lo cual no afecta al análisis estadístico, en virtud de mostrar cómo es esta relación en la actualidad para los países de la OCDE.

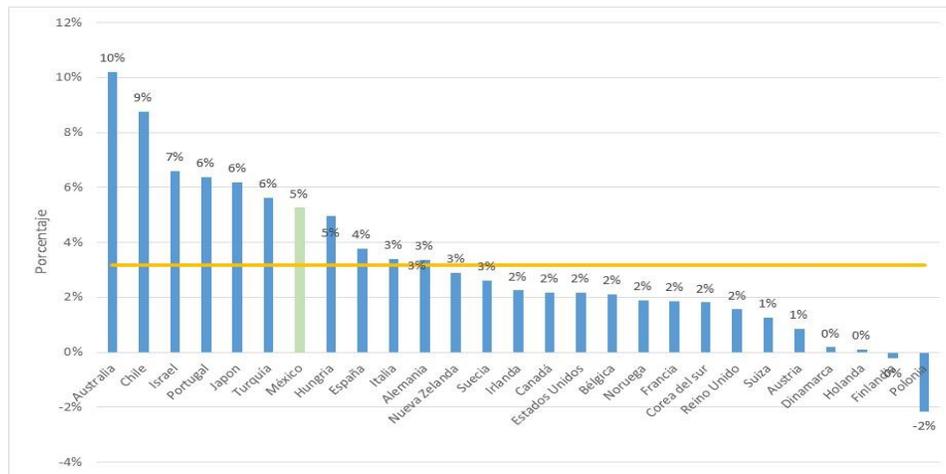
³ Brasil y Colombia no fueron considerados en la muestra a pesar de que el primero tiene un estatus de país miembro-observador y el segundo es miembro formal, debido a que en varios casos presentan faltantes de datos de sus indicadores.

banda ancha fija y penetración de banda ancha móvil) es la propia OCDE⁴. La fuente del indicador de velocidad media de conexión móvil en Mbps es Open Signal⁵. El resto de los indicadores estadísticos provienen del *World Cellular Information Service* y el *World Broadband Information Service* de la consultora OMDIA Knowledge Center⁶, (ver Cuadro 1).

Servicios fijos

La Gráfica 1 muestra la tasa de crecimiento promedio de la penetración de la banda ancha fija por cada 100 hogares entre el año 2013 y el año 2020, para cada uno de los 27 países de la muestra. En este caso Australia presenta la mayor tasa de crecimiento con un 10%; el segundo puesto lo ocupa Chile con una tasa de crecimiento del 9%. México ocupa la séptima posición con una tasa de crecimiento del 5%, superior al promedio para los 27 países de la organización que es 3%.

Gráfica 1. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha fija



Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

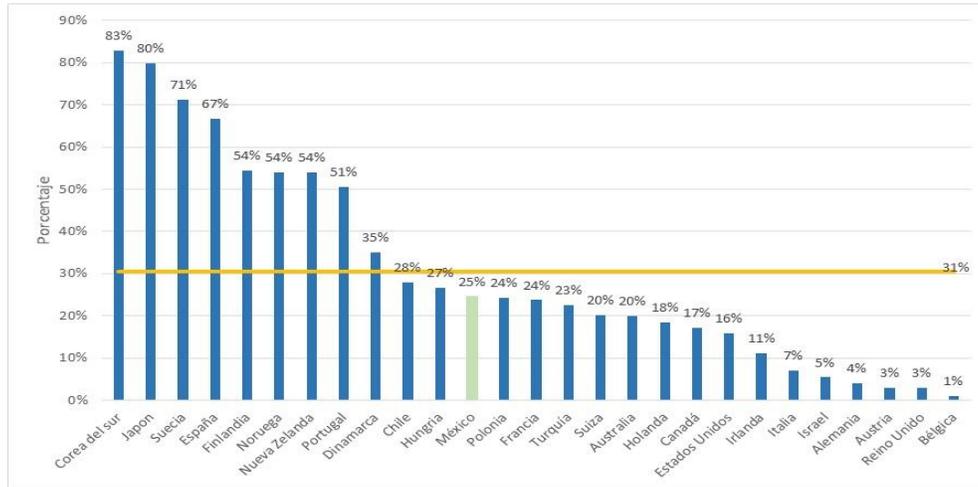
Por su parte, la Gráfica 2 muestra el porcentaje de conexiones de fibra óptica con respecto al total de banda ancha fija. En este caso Corea del Sur se encuentra en la primera posición con 83%, seguido de Japón con 80% y Suecia con 71%. México ocupa el doceavo puesto con un 25%; dicho porcentaje lo posiciona debajo del promedio de la OCDE que fue de 31%.

⁴ <https://data.oecd.org/searchresults/?q=telecommunications>

⁵ https://www.opensignal.com/sites/opensignal-com/files/data/reports/global/data-2019-05/the_state_of_mobile_experience_may_2019_0.pdf

⁶ <https://www.ovumkc.com/login>

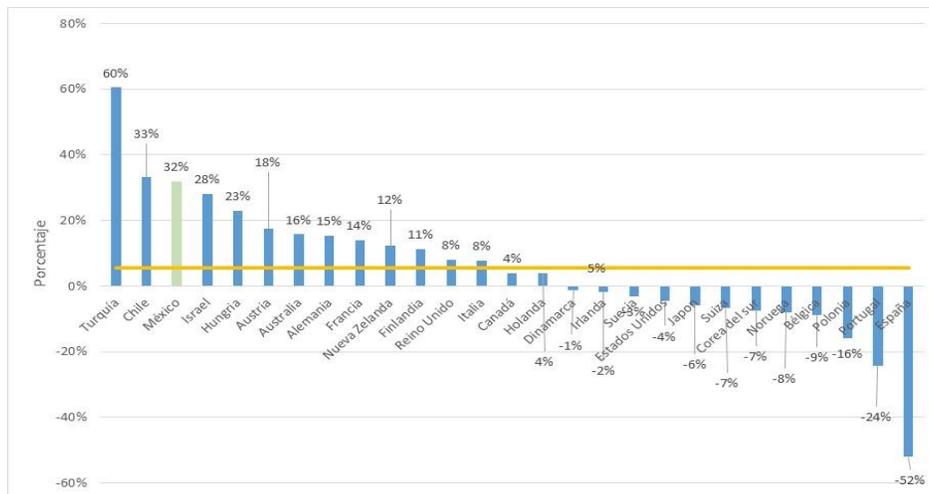
Gráfica 2. Porcentaje de conexiones de fibra óptica con respecto al total de banda ancha fija



Fuente: Elaboración propia con base en cifras de la OCDE.

La Gráfica 3 muestra la tasa de crecimiento promedio de la penetración de la banda ancha fija en un rango de velocidad de entre 30 mbps y 100 mbps. En este caso es Turquía la que ocupa la primera posición con una tasa crecimiento promedio del 60%, seguida de Chile y México con el 33% y el 32%. El promedio para la OCDE en dicho periodo fue una tasa del 5%.

Gráfica 3. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha fija por rango de velocidad entre 30 y 100 Mbps

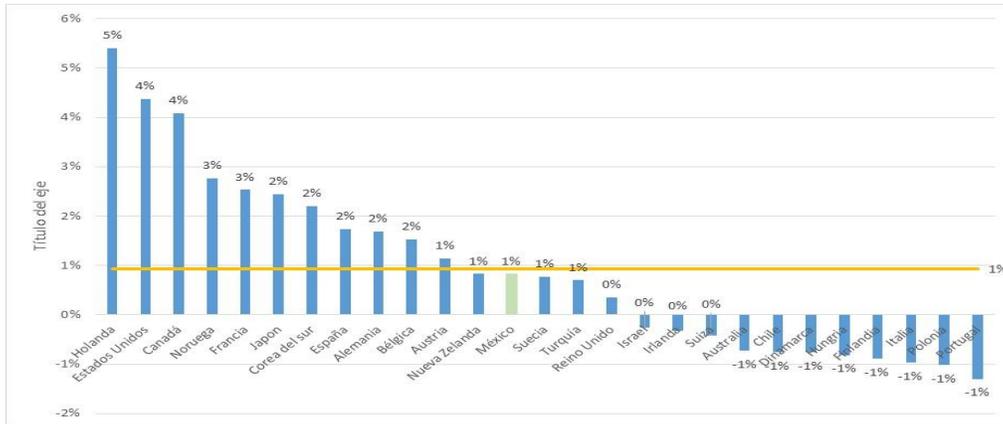


Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

Servicios móviles

La Gráfica 4 muestra la tasa de crecimiento promedio de la penetración de telefonía móvil por cada 100 habitantes. Holanda ocupa la primera posición con un 5%. Le sigue Estados Unidos con una tasa de crecimiento promedio de 4% en el periodo de tiempo. México se encuentra en la treceava posición con una tasa de crecimiento del 1% entre 2013 y 2020, el cual se equipara con el promedio de la OCDE.

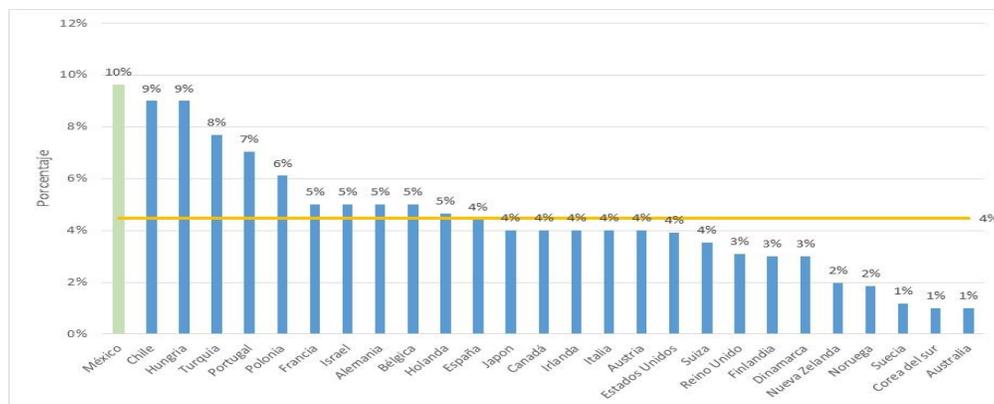
Gráfica 4. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de telefonía móvil



Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

La Gráfica 5 presenta a la tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha móvil. La primera posición es de México con una tasa de crecimiento promedio durante el periodo 2013 a 2020 de 10%, seguido de Chile y Hungría con el 9%. El promedio de la organización es de 4%.

Gráfica 5. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha móvil

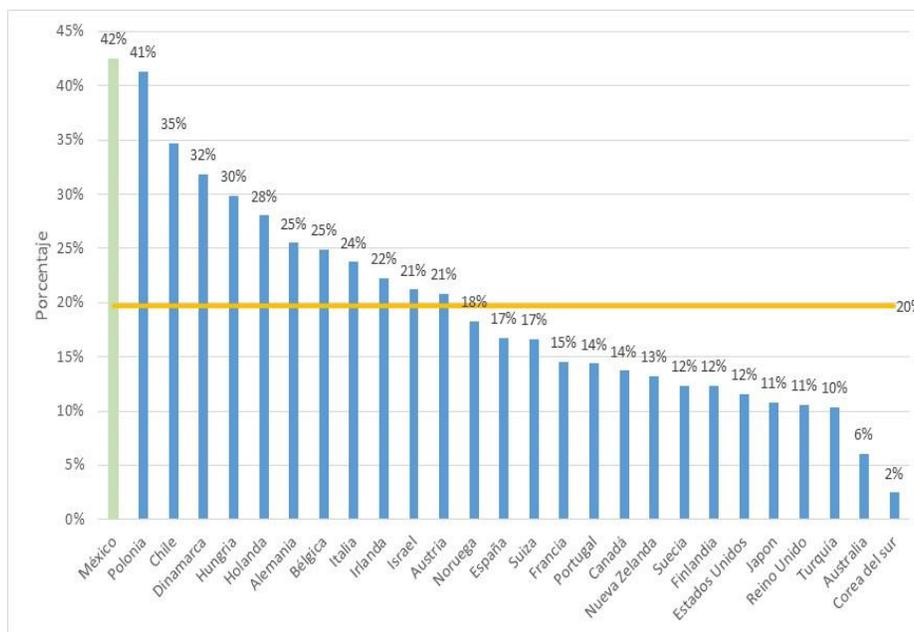


Fuente: Elaboración propia con base en cifras de la OCDE

La Gráfica 6 muestra la tasa de crecimiento promedio de la penetración del servicio móvil por tecnología de red 4G. Se observa que México ocupa el primer lugar con una tasa de crecimiento promedio en el periodo de 42%; el segundo sitio lo ocupa Polonia con una tasa de crecimiento promedio del 41%. Por su parte Chile se encuentra en la tercera posición con una tasa del 35%. El acelerado crecimiento del despliegue de redes 4G en México y Chile ha permitido cerrar la brecha tecnológica respecto a otros países de la OCDE. El promedio de la organización durante el mencionado periodo fue de un 20%.

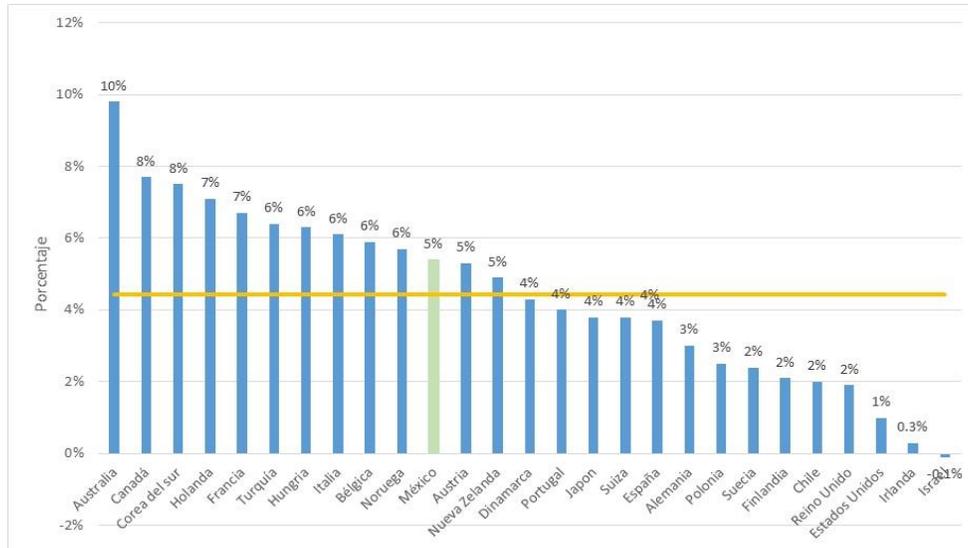
La gráfica 7 muestra la tasa de crecimiento promedio de la velocidad media de conexión móvil en megabytes por segundo (Mbps). Australia ocupa la primera posición con una tasa de crecimiento promedio del 10%; seguida de Canadá con una tasa de crecimiento promedio de 8%. México reporta una tasa de crecimiento de 5% en el periodo. El promedio de la organización fue del 4%.

Gráfica 6. Tasa de crecimiento promedio de la penetración del servicio móvil por tecnología de red 4G



Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

Gráfica 7. Tasa de crecimiento promedio de la velocidad media de conexión móvil en Mbps

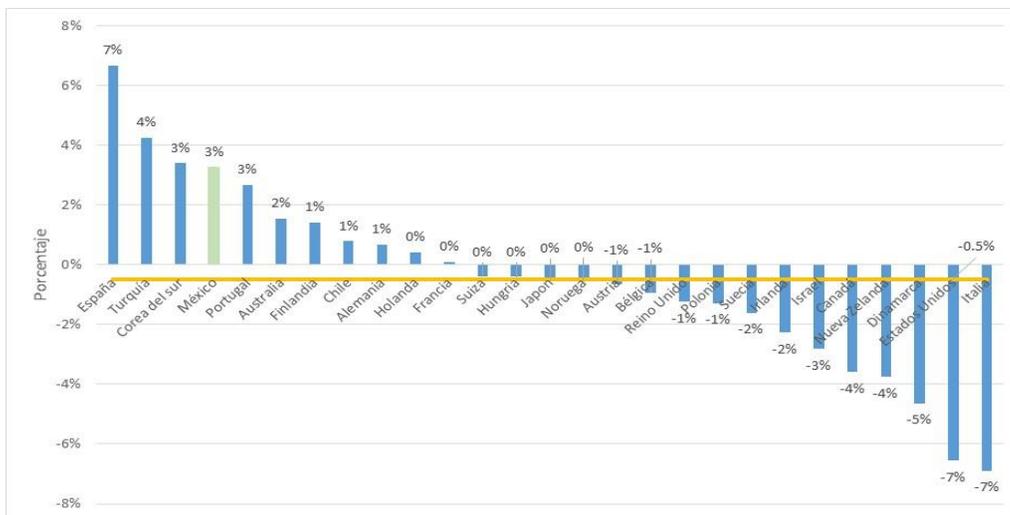


Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Open Signal.

TV restringida y OTT

La tasa de crecimiento promedio de la penetración de televisión restringida por hogares entre el año 2013 y el año 2020 se muestra en la Gráfica 8. España ocupa el primer lugar con una tasa de crecimiento del 7% en el mencionado periodo de tiempo. Turquía ocupa la segunda posición con una tasa de crecimiento promedio de 4%. Por otra parte, México presenta una tasa de crecimiento promedio de 3%. El promedio de la OCDE fue negativo del orden del -0.5%.

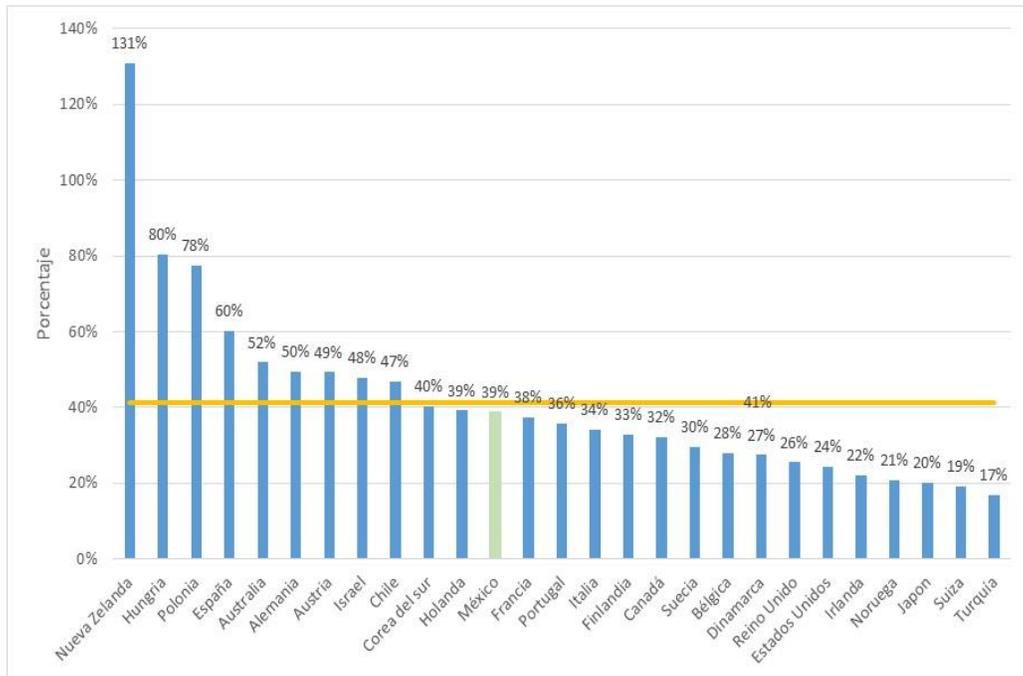
Gráfica 8. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de TV de paga



Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

Por otra parte, la Gráfica 9 muestra la tasa de crecimiento promedio de la penetración de video OTT. La primera posición la ocupa Nueva Zelanda con una tasa de crecimiento promedio en el periodo de 131%, seguida por Hungría con 80%. México tuvo un crecimiento del 39% para el periodo 2013-2020; Chile reportan una tasa de crecimiento de 47%, respectivamente.

Gráfica 9. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de video OTT

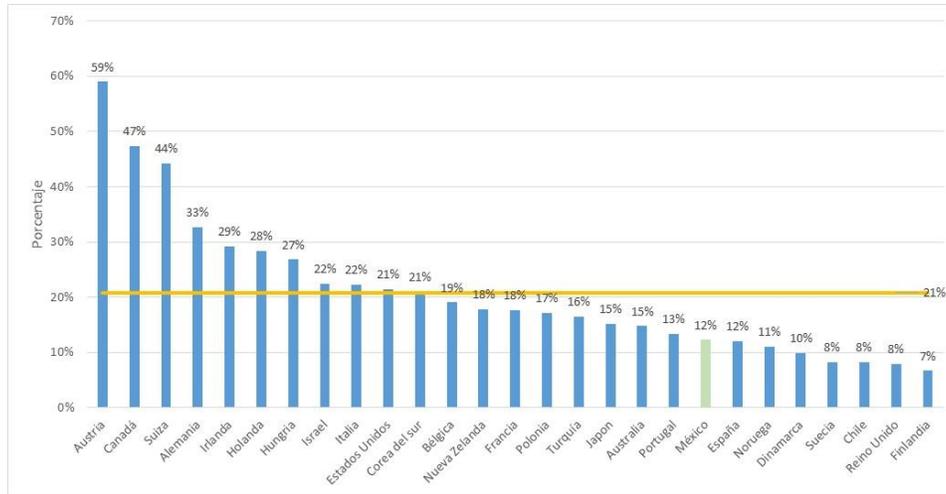


Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

Otros servicios

La Gráfica 10 muestra la tasa de crecimiento promedio de la penetración de servicios M2M. La mayor tasa de crecimiento la reporta Austria (59%), seguida de Canadá (47%) y Suiza (44%). México presenta una tasa de crecimiento del 12%. El promedio de la OCDE fue del 21%.

Gráfica 10. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de servicios M2M



Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

Cuadro 1. Tasas de crecimiento promedio de indicadores estadísticos del sector de las telecomunicaciones por país.

País	Penetración banda ancha fija	Porcentaje de conexiones de fibra óptica con respecto al total de banda ancha fija	Penetración banda ancha fija por rango de velocidad entre 30 y 100 mbps	Penetración de telefonía móvil	Penetración de banda ancha móvil	Penetración de servicio móvil por tecnología de red 4G	Velocidad media de conexión móvil en mbps	Penetración TV paga	Penetración OTT video	Penetración móvil M2M
Alemania	3%	4%	15%	2%	5%	25%	3%	1%	50%	33%
Australia	10%	20%	16%	-1%	1%	6%	10%	2%	52%	15%
Austria	1%	3%	18%	1%	4%	21%	5%	-1%	49%	59%
Bélgica	2%	1%	-9%	2%	5%	25%	6%	-1%	28%	19%
Canadá	2%	17%	4%	4%	4%	14%	8%	-4%	32%	47%
Chile	9%	28%	33%	-1%	9%	35%	2%	1%	47%	8%
Corea del sur	2%	83%	-7%	2%	1%	2%	8%	3%	40%	21%
Dinamarca	0%	35%	-1%	-1%	3%	32%	4%	-5%	27%	10%
España	4%	67%	-52%	2%	4%	17%	4%	7%	60%	12%
Estados Unidos	2%	16%	-4%	4%	4%	12%	1%	-7%	24%	21%
Finlandia	0%	54%	11%	-1%	3%	12%	2%	1%	33%	7%
Francia	2%	24%	14%	3%	5%	15%	7%	0%	38%	18%
Holanda	0%	18%	4%	5%	5%	28%	7%	0%	39%	28%
Hungría	5%	27%	23%	-1%	9%	30%	6%	0%	80%	27%
Irlanda	2%	11%	-2%	0%	4%	22%	0.3%	-2%	22%	29%
Israel	7%	5%	28%	0%	5%	21%	-0.1%	-3%	48%	22%
Italia	3%	7%	8%	-1%	4%	24%	6%	-7%	34%	22%
Japón	6%	80%	-6%	2%	4%	11%	4%	0%	20%	15%

México	5%	25%	32%	1%	10%	42%	5%	3%	39%	12%
Noruega	2%	54%	-8%	3%	2%	18%	6%	0%	21%	11%
Nueva Zelanda	3%	54%	12%	1%	2%	13%	5%	-4%	131%	18%
Polonia	-2%	24%	-16%	-1%	6%	41%	3%	-1%	78%	17%
Portugal	6%	51%	-24%	-1%	7%	14%	4%	3%	36%	13%
Reino Unido	2%	3%	8%	0%	3%	11%	2%	-1%	26%	8%
Suecia	3%	71%	-3%	1%	1%	12%	2%	-2%	30%	8%
Suiza	1%	20%	-7%	0%	4%	17%	4%	0%	19%	44%
Turquía	6%	23%	60%	1%	8%	10%	6%	4%	17%	16%

Determinación de agrupamientos según el crecimiento en los últimos años de los servicios de telecomunicaciones en los países miembros de la OCDE

Para integrar grupos de países con un avance similar en cuanto a su crecimiento en la penetración de diferentes servicios de telecomunicaciones fijas y móviles, o en el crecimiento de la penetración de servicios de video OTT, tomando en cuenta los diez indicadores de telecomunicaciones descritos en el Cuadro 1, se usa la técnica estadística conocida como K-Medias⁷. Dicha técnica es aceptada generalmente por la robustez de sus resultados y utiliza la distancia entre los datos para saber si éstos son parecidos o diferentes entre sí. La técnica permite identificar los países que son relativamente homogéneos entre sí, con base en la disponibilidad conjunta de los servicios de telecomunicaciones, y permite formar grupos integrados por países con la mayor similitud entre sí, pero diferentes respecto a otros grupos definidos.

En el análisis se emplea también una segunda técnica de agrupamiento, el método Ward⁸. El empleo de dos técnicas diferentes permite contrastar los resultados y tener mayor solidez en las conclusiones. Para una mayor descripción véase el Anexo Estadístico.

⁷ Para una descripción detallada, véase: Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

⁸ El segundo método se trata de una técnica jerárquica conocida como método Ward. La idea de ambas técnicas es que aquellas naciones que compartan características semejantes estarán juntas en un mismo grupo, y a su vez, separadas de los otros grupos definidos.

A partir de los indicadores descritos y a la aplicación de las técnicas de agrupamiento señaladas, se definieron seis grupos o *clústers* como el número óptimo a considerar. Se concluye que el número de agrupamientos obtenidos es óptimo, ya que es definido de tal manera que la agregación de un grupo adicional ya no aporta sustancialmente mayor calidad al resultado⁹. Estos agrupamientos se reportan en el Cuadro 2. Asimismo, en función de los resultados obtenidos, se consideró que el método de K-medias es el más apropiado para el análisis.

Cuadro 2. Agrupamientos

Agrupamiento	Países
1	Chile, México, Hungría, Israel, Turquía
2	Australia, Nueva Zelanda
3	Alemania, Austria, Suiza
4	Canadá, Estados Unidos, Francia, Holanda
5	Corea, España, Finlandia, Portugal, Japón, Suecia, Noruega
6	Bélgica, Dinamarca, Irlanda, Italia, Polonia, Reino Unido

La metodología empleada permite establecer que los países que integran cada grupo exhiben niveles similares de crecimiento en el conjunto de los indicadores considerados, esto es, las tasas de crecimiento de la penetración de los servicios de telecomunicaciones fijas, móviles, de entretenimiento (TV restringida u OTT), la tasa de crecimiento de la velocidad de la red móvil, o la tasa de crecimiento de la penetración de las conexiones M2M. Así, por ejemplo, México comparte un nivel de crecimiento similar a Chile, Hungría, Israel y Turquía, considerando el agregado de los indicadores; pero no así con Reino Unido, Holanda o Francia.

Cabe destacar que las técnicas de agrupamiento permiten integrar en grupos a los países con niveles similares de avance o rezago, pero no dan un orden.

Para ordenar los agrupamientos en cuanto al crecimiento alcanzado con base en los indicadores elegidos, se construye un índice para cada grupo con base al promedio de las diez variables estandarizadas¹⁰ de cada país. El índice toma mayor valor en la medida que el nivel relativo de cada país es más elevado. Asimismo,

⁹ La determinación del número óptimo de grupos se realiza a través de la gráfica conocida como Screeplot, en la cual se muestra un quiebre el cual es indicativo de que la calidad del modelo comienza a aumentar de manera más lenta conforme se incrementa el número de *clústers*. Es decir, la calidad del modelo ya no se incrementará de manera sustancial conforme aumenta la complejidad del mismo (i.e. el número de *clústers*).

¹⁰ La estandarización consiste en una transformación lineal de las diez variables con objeto de que tengan un promedio de cero y una desviación estándar igual a uno. Este proceso es necesario para poder sumar variables expresadas en unidades diferentes. Para una explicación más a detalle favor de consultar el Anexo Metodológico.

con objeto de facilitar la interpretación, el índice se ajusta para que tome valores entre 0 y 100, por lo que a su vez no puede tomar valores negativos.

Los resultados indican (ver Cuadro 3) que el grupo formado por Chile, Hungría, Israel, México y Turquía tiene el índice de variables estandarizadas más alto para los seis grupos, el cual es igual a 100. A este grupo le sigue el *clúster* formado por dos países que pertenecen al continente de Oceanía; Australia y Nueva Zelanda, con un índice igual a 97.7. A continuación, el tercer grupo lo conforman tres naciones centroeuropeas; Alemania, Austria y Suiza, con un índice de 96.9. El cuarto *clúster* incluye a dos países norteamericanos, Canadá y Estados Unidos; y dos europeos, Francia y Holanda; con un índice de 96.9. Posteriormente, el quinto *clúster* se encuentra formado por tres países escandinavos, dos asiáticos y dos ibéricos, Corea, España, Finlandia, Portugal, Japón, Suecia y Noruega, el cual alcanzó un índice negativo de 95.6. Finalmente, al sexto *clúster* lo constituyen Bélgica, Dinamarca, Irlanda, Italia, Polonia y Reino Unido con un índice de 92.5.

Un índice más elevado sugiere que un grupo presenta en el periodo el crecimiento más alto en términos de las 10 variables, y por tanto un mayor avance en la tasa de crecimiento de la penetración de los servicios de forma conjunta.

Aunado a lo anterior, el análisis se enriquece si se toma en consideración un indicador del nivel de bienestar social de la población. Específicamente se emplea en este reporte el Índice de Desarrollo Humano del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo¹¹ (IDH, por sus siglas), el cual mide el nivel de desarrollo de cada país atendiendo a variables como la esperanza de vida, la educación o el ingreso per cápita. El uso del IDH permite establecer si hay alguna relación entre este y el agrupamiento.

Para cada agrupamiento se obtiene el promedio del IDH de los países que integran a cada grupo o *clúster* (ver Cuadro 3). El primer *clúster* conformado por Chile, Hungría, Israel, México y Turquía alcanza un IDH igual a 0.844. Por su parte, el segundo *clúster* lo conforman Australia y Nueva Zelanda, cuyo IDH es igual a 0.937. El tercer *clúster* incluye a Alemania, Austria y Suiza, y su IDH es igual a 0.941. El cuarto grupo incluye a Canadá, Estados Unidos, Francia y Holanda; y tienen un IDH promedio igual 0.925. El quinto *clúster* lo conforman Corea, España, Finlandia, Portugal, Japón, Suecia y Noruega; y su IDH promedio es igual a 0.920. Finalmente, el *clúster* conformado por Bélgica, Dinamarca, Irlanda, Italia, Polonia y Reino Unido tiene un IDH igual a 0.921.

Cuadro 3. Países según agrupamiento

¹¹ <http://hdr.undp.org/en/content/2019-human-development-index-ranking>

Agrupamiento	Países	Índice de variables estandarizadas	IDH
1	Chile, Hungría, Israel, México, Turquía	100	0.844
2	Australia, Nueva Zelanda	97.7	0.937
3	Alemania, Austria, Suiza	96.9	0.941
4	Canadá, Estados Unidos, Francia, Holanda	96.6	0.925
5	Corea, España, Finlandia, Portugal, Japón, Suecia, Noruega	95.6	0.920
6	Bélgica, Dinamarca, Irlanda, Italia, Polonia, Reino Unido	92.5	0.921

De las cifras presentadas no parece haber una relación entre el ordenamiento obtenido para los países muestra a partir de las diez variables de crecimiento consideradas y el IDH.

Conclusiones

El presente Reporte permite obtener una perspectiva del avance relativo de México respecto a 27 países pertenecientes a la OCDE en materia de telecomunicaciones. Lo anterior, mediante el análisis de las tasas de crecimiento de 10 indicadores que incluyen la penetración de diferentes servicios de telecomunicaciones, así como de la mejora en la calidad de las redes fijas y móviles, entre 2013 y 2020. Para este objetivo se utilizan dos técnicas de agrupamiento de *clústers*: el método de K-medias y el método Ward. Se opta por seleccionar seis *clústers* o agrupamientos resultado de la aplicación del método de K-medias por ser el que presenta mayor solidez en sus resultados.

El reporte permite establecer que México ha mostrado un avance importante en el nivel de desarrollo de las telecomunicaciones, evidenciando un mayor crecimiento relativo en el periodo de 2013 a 2020. México junto con Chile, Hungría, Israel y

Turquía se agrupan en el clúster de mayor dinamismo entre los seis grupos en que quedan agrupados los países de la muestra. Este resultado permite concluir que México ha registrado desde la Reforma en Telecomunicaciones un ritmo acelerado que permite ir cerrando la brecha con respecto a otros países de la OCDE.

En otras palabras, el desempeño positivo que registra el grupo 1 en este periodo es alentador, pero no significa que los países integrantes, incluyendo México, hayan alcanzado un nivel de desarrollo de las telecomunicaciones semejante al de las naciones con mayor desarrollo económico de la OCDE. Sin embargo, los resultados sí sugieren que esta brecha de desarrollo de las telecomunicaciones entre los países de la muestra se atenúa entre 2013 y 2020. Lo anterior es un reflejo del trabajo regulatorio realizado por el IFT, el cual ha sido propicio a las inversiones y el despliegue de nuevas redes.

La creciente importancia de las telecomunicaciones en las actividades económicas y en el nivel de vida de las personas hace imperativo el continuar por la senda del crecimiento y la inversión en el sector.

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio se recomienda continuar el diseño de políticas públicas y regulación que impulsen un mayor crecimiento en la penetración de los servicios de las telecomunicaciones. En este sentido, sería importante evaluar qué políticas instrumentadas por México le han permitido el avance logrado en telecomunicaciones, para profundizarlas, así como cuáles no han contribuido a esto, para rediseñarlas o en su caso sustituirlas.

ANEXO METODOLÓGICO

Aplicación de técnicas de agrupamiento a variables de telecomunicaciones de países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

El objetivo del presente trabajo es identificar las similitudes o disimilitudes que guardan 27 naciones pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), incluyendo a México, considerando las tasas de crecimiento promedio en variables de penetración de diferentes servicios de telecomunicaciones, entre el año 2013, año en el que se promulgó la reforma en telecomunicaciones en México, y el año 2020.

Para la consecución de este objetivo se aplicaron dos técnicas de agrupamiento. La primera es el método Ward, el cual usa una técnica jerárquica que se representa mediante un dendograma¹², el segundo se refiere a una técnica de partición conocida como K-medias. Ambas técnicas se engloban en lo que se conoce como análisis de *clúster*, y consisten en integrar casos en grupos homogéneos de acuerdo a sus similitudes.

Para aplicar las técnicas de *clúster* se estandarizan los datos, por lo que para cada variable se calcula la media y la desviación estándar de cada serie de datos; posteriormente, se resta a cada observación la media y se divide entre la desviación estándar de esa variable¹³. Una vez hecho lo anterior, el primer paso consiste en calcular la *Suma de Cuadrados al interior de los Grupos* (Sum of Squares Within Groups o SSW por sus siglas en inglés) para los grupos. Posteriormente se grafica la SSW con respecto al número de grupos para minimizar la SSW. A este tipo de gráfica se le conoce como *Screeplot* (Gráfica A1), y permite determinar, de una forma visual, el número de *clústers* óptimo a utilizar. La regla consiste en observar en qué parte se rompe la estructura de la curva para volverse cada vez más plana.

¹² Dendograma. Gráfico que muestra en qué orden se han unido los clústers y cuál es el grado de proximidad que tienen los mismos. Tan, P.-N., Steinbach, M., and Kumar, V. *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley, 2006.

¹³ $\frac{(x_i - \bar{x})}{Std.Dev.(x)}$

Una vez que se tiene el número de *clústers* se procede al agrupamiento de los países.

La primera técnica de agrupamiento que se utiliza es la *jerárquica* mediante el método Ward¹⁴, la cual arroja un dendograma. Posteriormente, se emplea la técnica de *partición* mediante la utilización del algoritmo de K-Medias, la cual arroja un agrupamiento.

Metodología y Análisis de *clústers*

En esta sección se presenta el análisis de *clúster* que es utilizado en este reporte analítico, iniciando con un gráfico *Screeplot*¹⁵ (Gráfica A1) el cual es de utilidad para determinar el número de grupos a utilizar. La forma de interpretar la gráfica *Screeplot*¹⁶ consiste en observar en qué parte se rompe la curva formándose una especie de "codo", lo cual es indicativo de que la calidad del modelo no se incrementa conforme van aumentando la cantidad de *clústers*. Es así que la gráfica sugiere trabajar con seis *clústers*, tal y como lo señala el círculo de color rojo.

Una vez determinado el número de *clústers* con el cual se va a trabajar se inicia con la aplicación de un método jerárquico conocido como el método Ward¹⁷. Este método construye una estructura conocida como dendograma, en la cual se muestra en qué orden se han unido los *clústers* y cuál es su grado de proximidad. En este sentido se obtienen dos dendogramas para cada *clúster* en virtud de que utilizamos dos tipos de distancias en el algoritmo para darle robustez a los resultados: la Euclidiana y la Manhattan. Por una parte, la distancia Euclidiana se refiere a que la distancia más corta que une a dos puntos es una línea recta; en tanto que la distancia Manhattan consiste en que la distancia más corta viene dada por la suma de los dos catetos de un triángulo rectángulo¹⁸.

Al usar seis *clústers* (Gráficas A2 y A3) se observa que México forma un agrupamiento junto a Chile y Turquía cuando se utilizan tanto la distancia Euclidiana como la distancia Manhattan.

En cuanto a los restantes cinco *clústers*, todos ellos se repiten para ambos casos.

¹⁴ Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

¹⁵ *Screeplot*. Diagrama en el cual se grafican los eigenvalores de los factores o de los componentes principales. Se utiliza para determinar el número de factores o componentes principales a mantener. Tan, P.-N., Steinbach, M., and Kumar, V. *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley, 2006.

¹⁶ <https://campus.datacamp.com/courses/unsupervised-learning-in-r/unsupervised-learning-in-r?ex=9>

¹⁷ Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

¹⁸ <https://xlinux.nist.gov/dads/HTML/manhattanDistance.html>

Para dar robustez al análisis técnico, se ocupa una técnica de partición mediante el algoritmo de K-Medias repitiendo la estimación para seis *clústers* (Gráfica A4). La idea básica detrás del algoritmo de K-medias consiste en definir los agrupamientos de tal manera que la variación intragrupo sea minimizada. El algoritmo de K-medias se puede resumir de la siguiente forma:

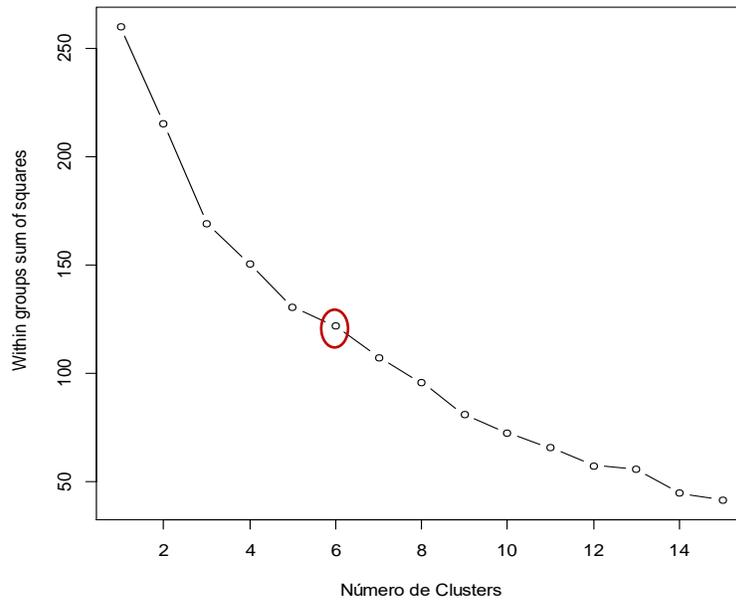
- i. Se especifica el número de *clústers* (k) que serán utilizados.
- ii. A partir de los datos se seleccionan de forma aleatoria k puntos como los centros iniciales (centroide¹⁹) o medias.
- iii. Cada observación es asignada al centroide más cercano, basado en la distancia Euclidiana, o Manhattan, entre el punto y el centroide.
- iv. Para cada uno de los k *clústers* se actualiza el centroide del *clúster* por medio del cálculo del nuevo promedio para todos los puntos en el *clúster*. El centroide de un *clúster* K es un vector de longitud p que contiene las medias de todas las variables para las observaciones del K -ésimo *clúster*, p se refiere al número de variables.
- v. Se minimiza de forma iterativa el total de la suma de cuadrados. Esto es, se iteran los pasos iii y iv hasta que el *clúster* deje de cambiar o se alcance el número máximo de iteraciones.

Aplicando este método para definir seis *clústers* (Gráfica A4) se observa que el primer grupo está conformado por Chile, México, Hungría, Israel y Turquía. En el segundo grupo se encuentran Australia y Nueva Zelanda. En tanto que el tercer grupo lo conforman Alemania, Austria y Suiza. El cuarto *clúster* concentra a Canadá, Estados Unidos, Francia, Holanda. El quinto *clúster* lo forman Corea, España, Finlandia, Portugal, Japón, Suecia, Noruega. Por último, el sexto grupo incluye a Bélgica, Dinamarca, Irlanda, Italia, Polonia y el Reino Unido

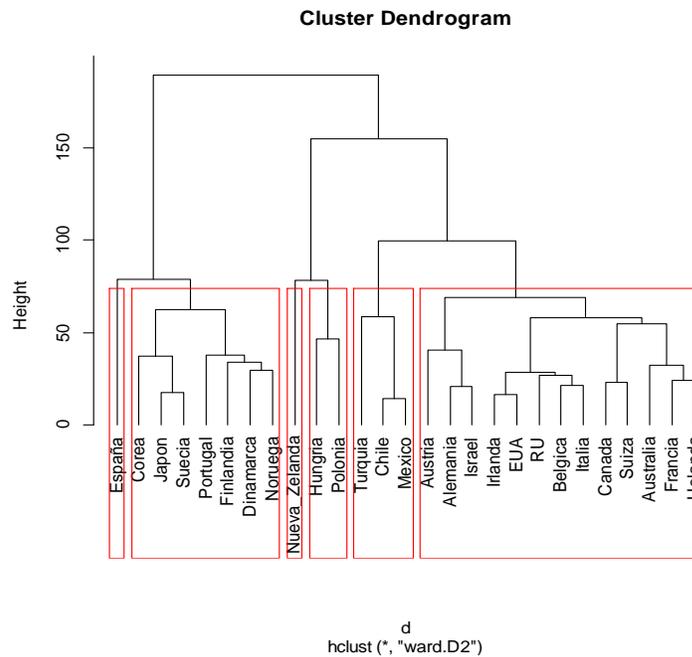
Los resultados se resumen en el Cuadro A1. El ejercicio estadístico completo considera que seis es el número óptimo de *clústers* a considerar bajo el método K-medias.

¹⁹ El centroide de un *clúster* se define como el punto equidistante de los objetos pertenecientes a dicho *clúster*. Tan, P.-N., Steinbach, M., and Kumar, V. *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley, 2006.

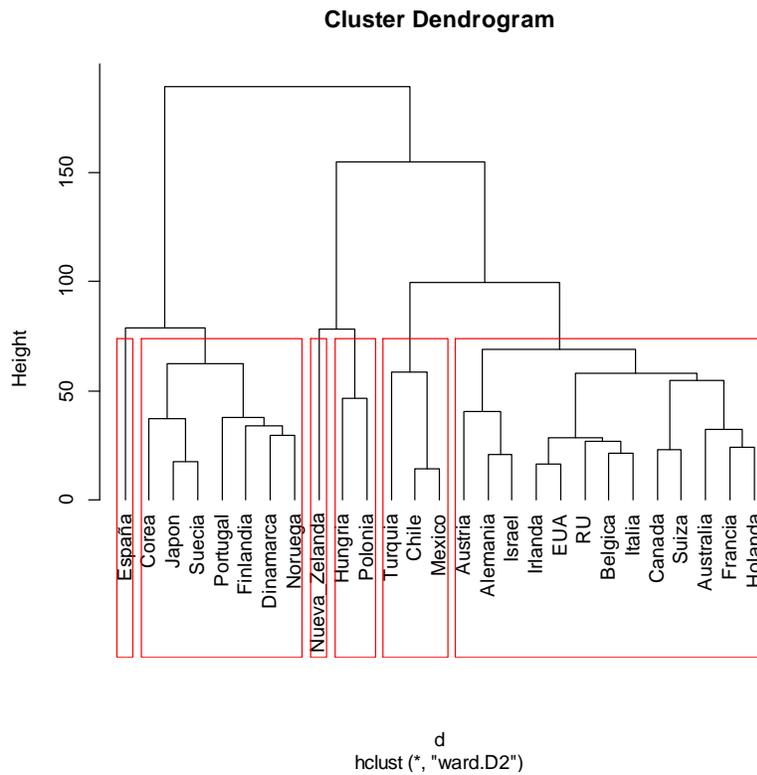
Gráfica A1. Screeplot



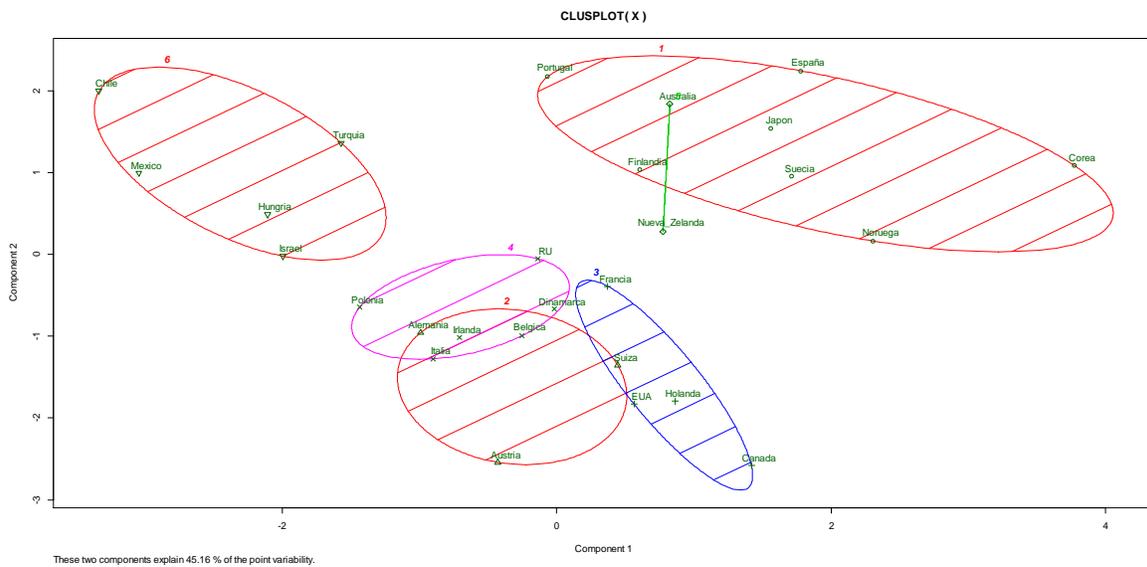
Gráfica A2. Método Ward. Dendrograma-Distancia Euclidiana con seis clústers



Gráfica A3. Método Ward. Dendrograma-Distancia Manhattan con seis clústers



Gráfica A4. Método K-Medias con seis clústers



Cuadro A1. Resultados para seis agrupamientos según Metodología de Clústers

Método Ward		K-medias
Distancia Euclidiana	Distancia Manhattan	
Chile, México, Turquía	Chile, México, Turquía	Chile, México, Hungría, Israel, Turquía
Nueva Zelanda	Nueva Zelanda	Australia, Nueva Zelanda
Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, Francia, Holanda, Israel, Irlanda, Italia, Reino Unido, Suiza	Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, Francia, Holanda, Israel, Irlanda, Italia, Reino Unido, Suiza	Alemania, Austria, Suiza
España	España	Canadá, Estados Unidos, Francia, Holanda
Corea, Japón, Suecia, Portugal, Finlandia, Dinamarca, Noruega	Corea, Japón, Suecia, Portugal, Finlandia, Dinamarca, Noruega	Corea, España, Finlandia, Portugal, Japón, Suecia, Noruega
Hungría, Polonia	Hungría, Polonia	Bélgica, Dinamarca, Irlanda, Italia, Polonia, Reino Unido