

Reporte Analítico de Indicadores

Indicadores de telecomunicaciones en naciones pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

Estado actual de las telecomunicaciones en naciones pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo



Responsable

Mtro. José Alberto Candelaria Barrera

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del autor y no necesariamente representan la opinión del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

Índice

Introducción	2
Panorama General	3
Información estadística	4
Servicios fijos.....	6
Servicios móviles	8
TV restringida y OTT	10
Determinación de agrupamientos según el crecimiento en los últimos años de los servicios de telecomunicaciones en los países miembros de la OCDE.	13
Conclusiones	16
ANEXO METODOLÓGICO	18
Aplicación de técnicas de agrupamiento a variables de telecomunicaciones de países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico	18
Metodología y Análisis de <i>clústers</i>	19

Introducción

La experiencia internacional sugiere que las telecomunicaciones juegan 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.

En este trabajo se realiza un análisis estadístico del contraste que existe en el crecimiento de diferentes servicios de telecomunicaciones tomando como base el periodo en el cual se promulgó la Reforma en Telecomunicaciones en México, junio del año 2013, y considerando la evolución de estos servicios hasta el segundo trimestre de 2020. Esto para un conjunto de veintiocho países, todos ellos pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (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, utilizando para ello ocho de las 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.

Este ejercicio permite establecer qué países han alcanzado un crecimiento similar en cuanto a la dotación integral de los servicios de telecomunicaciones, incluyendo 8 indicadores de crecimiento de la penetración de los servicios fijo, móvil, televisión restringida y OTT. Además, se incluye un indicador de los servicios digitales M2M.

Los resultados de este análisis multifactorial sobre el avance del sector de las telecomunicaciones para 28 países pertenecientes a la OCDE permiten establecer

¹ Newsletter elac n° 14, marzo 2011

seis grupos con niveles similares de desempeño en los servicios de telecomunicaciones, en el periodo considerado.

A partir de ese agrupamiento y el ordenamiento que se establece, se concluye que México, junto con Chile y Colombia, muestran un avance importante en cuanto al nivel de desarrollo integral de las telecomunicaciones en el periodo 2013-2020. Este resultado permite concluir que, si bien la tasa 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 penetración y mejora de los servicios, que le permite ir cerrando la brecha.

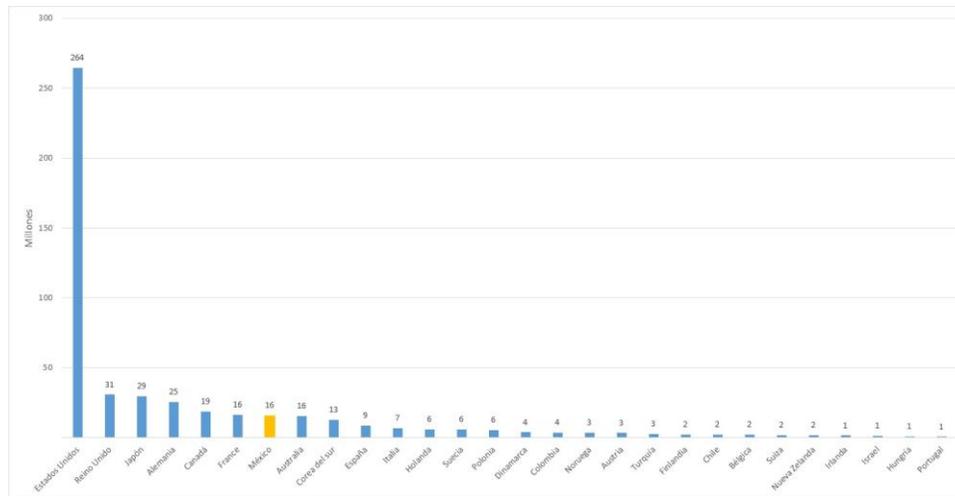
Panorama General

El objetivo del trabajo es proveer al personal del Instituto Federal de Telecomunicaciones con un insumo útil que permita identificar los rezagos del país con respecto a naciones más desarrolladas, pertenecientes a la OCDE, lo que representa un primer paso en el diseño e implementación de políticas públicas para acortar esas diferencias.

En este sentido, México al ser un país de mayores dimensiones en términos poblacionales, en comparación con las naciones europeas, muestra un comportamiento ambivalente en términos estadísticos, ya que, por un lado, para variables como el número de suscriptores a OTT video se ubica en un puesto avanzado (ver Gráfica 1) con 16 millones de suscriptores, muy por encima de países como Noruega (3 millones de suscriptores) o Bélgica (2 millones de suscriptores). Sin embargo, en términos relativos las posiciones que México ocupa no son tan favorecedoras. Por ejemplo, para el caso de la variable de penetración de banda ancha fija por cada 100 hogares se tiene que México se posiciona en los últimos lugares de la muestra de naciones (ver Gráfica 2) con 59 accesos por cada 100 hogares, muy por debajo de Israel (141), Suiza (112) o Corea del sur (110).

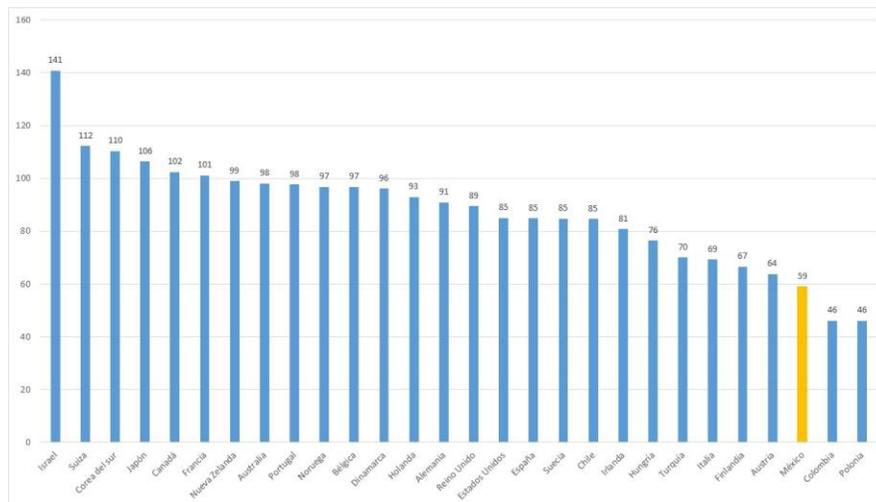
Por lo tanto, en el presente trabajo se opta por trabajar no en variables en niveles o de penetración, sino en tasas de crecimiento promedio a partir de la promulgación de la Reforma en telecomunicaciones en México de junio de 2013. Esto con objeto de evidenciar la capacidad de México para ir cerrando la brecha con respecto a las naciones más avanzadas en términos de telecomunicaciones a nivel de la OCDE.

Gráfica 1. Número de suscriptores a OTT video (millones)



Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

Gráfica 2. Penetración de banda ancha fija por cada 100 hogares



Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

Información estadística

Para el ejercicio que se presenta en este reporte, se utilizan las tasas de crecimiento promedio de la penetración de seis servicios de telecomunicaciones, la tasa de crecimiento promedio de la proporción de suscriptores a banda ancha móvil por tecnología de red 4G con respecto del total de suscriptores a banda ancha móvil, más la tasa de crecimiento promedio de la velocidad promedio de conexión móvil. Esto para el periodo que va del segundo trimestre del año 2013 (la reforma en

telecomunicaciones se promulgó en junio de 2013) y el segundo trimestre del año 2020², correspondientes a las siguientes variables:

- Servicios fijos
 1. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha fija por hogares.
 2. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha fija por rango de velocidades entre 30 mbps y 100 mbps.

- Servicios móviles
 3. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de telefonía móvil.
 4. 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
 5. Tasa de crecimiento promedio de la velocidad promedio de conexión móvil en megabytes por segundo.

- TV restringida y OTT
 6. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de TV restringida.
 7. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de OTT video.

- Otros servicios
 8. Tasa de crecimiento promedio de la penetración a servicios M2M.

La muestra se integra por 28 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. La muestra también incluye a Colombia que es país invitado en la OCDE. Brasil es otro país que participa como invitado en esa organización, pero no se contempla en la muestra por no contarse con todos los indicadores estadísticos necesarios.

La fuente de los indicadores estadísticos son el *World Cellular Information Service* y el *World Broadband Information Service* de la consultora OMDIA (Knowledge Center⁴, ver Cuadro 1).

² Para el caso de tres variables: la tasa de crecimiento promedio de la penetración a servicios OTT, la tasa de crecimiento promedio de la penetración a banda ancha fija por rango de velocidades entre 30 mbps y 100 mbps y la tasa de crecimiento promedio de la penetración a servicios M2M, los datos son anuales.

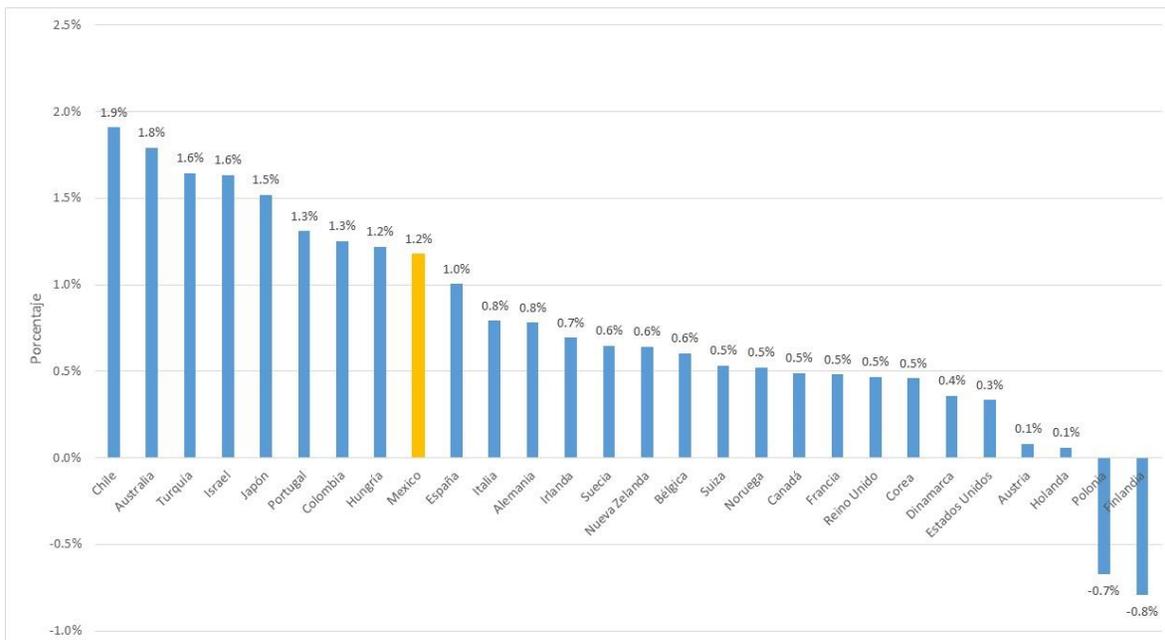
³ Brasil no se consideró en la muestra a pesar de que tiene estatus de país miembro-observador, debido a que en varios casos presenta faltantes de datos de sus indicadores.

⁴ <https://www.ovumkc.com/login>

Servicios fijos

La Gráfica 3 muestra la tasa de crecimiento promedio de la penetración de la banda ancha fija por cada 100 hogares entre el segundo trimestre de 2013 y el segundo trimestre de 2020, para cada uno de los 28 países de la muestra. En este caso Chile presenta la mayor tasa de crecimiento con un 1.9%; el segundo puesto lo ocupa Australia con una tasa de crecimiento del 1.8%. México ocupa la novena posición con una tasa de crecimiento del 1.2%.

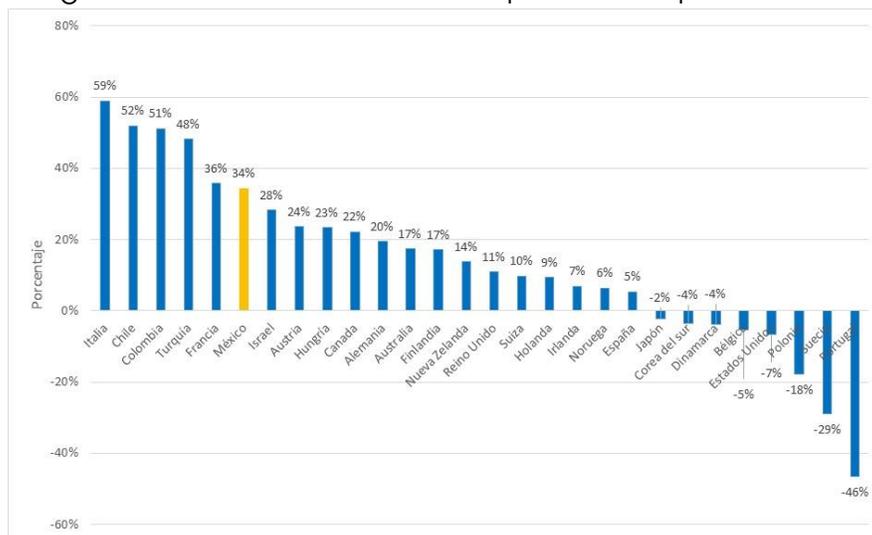
Gráfica 3. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de la banda ancha fija por hogares



Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

La Gráfica 4 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 Italia ocupa la primera posición con una tasa crecimiento promedio del 59%, seguida de Chile y Colombia con el 52% y 51%. México reporta una tasa de crecimiento promedio del 34% en el periodo.

Gráfica 4. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha fija por rango de velocidades entre 30 mbps a 100 mbps.

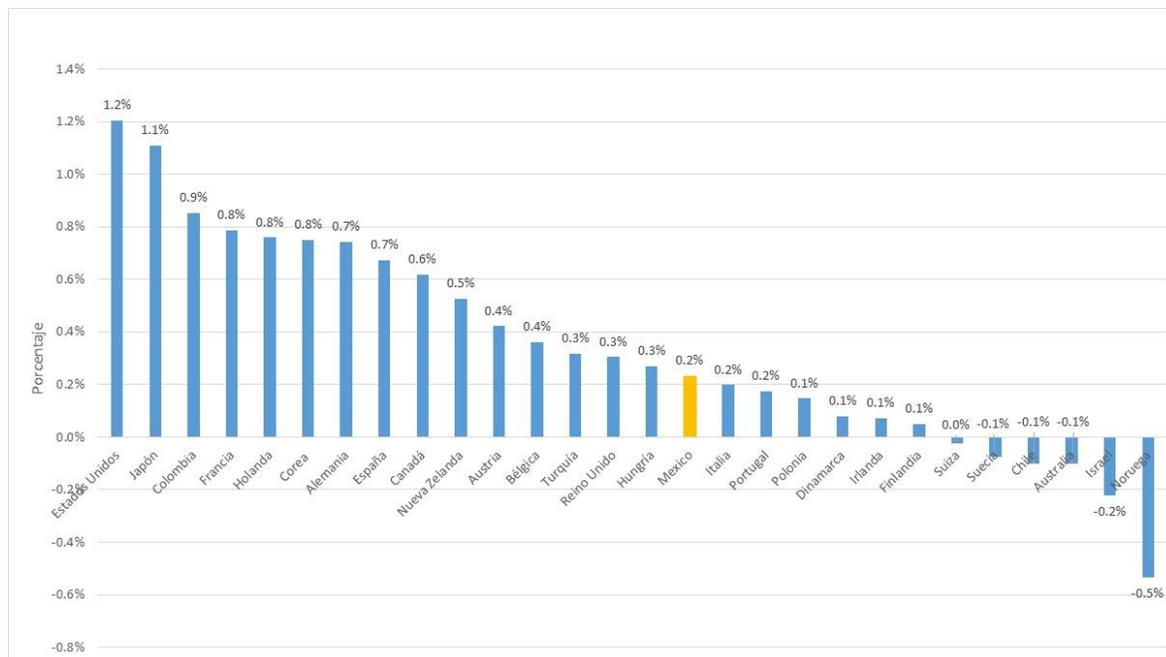


Fuente: Elaboración propia con base en cifras de Omdia

Servicios móviles

La Gráfica 5 muestra la tasa de crecimiento promedio de la penetración de telefonía móvil por cada 100 habitantes. Estados Unidos ocupa el primer puesto con una tasa de crecimiento de 1.2% en el periodo de tiempo; le sigue Japón con una tasa de crecimiento del 1.1%. México se encuentra un poco por debajo de la mitad de la gráfica con una tasa de crecimiento del 0.2% entre 2013 y 2020.

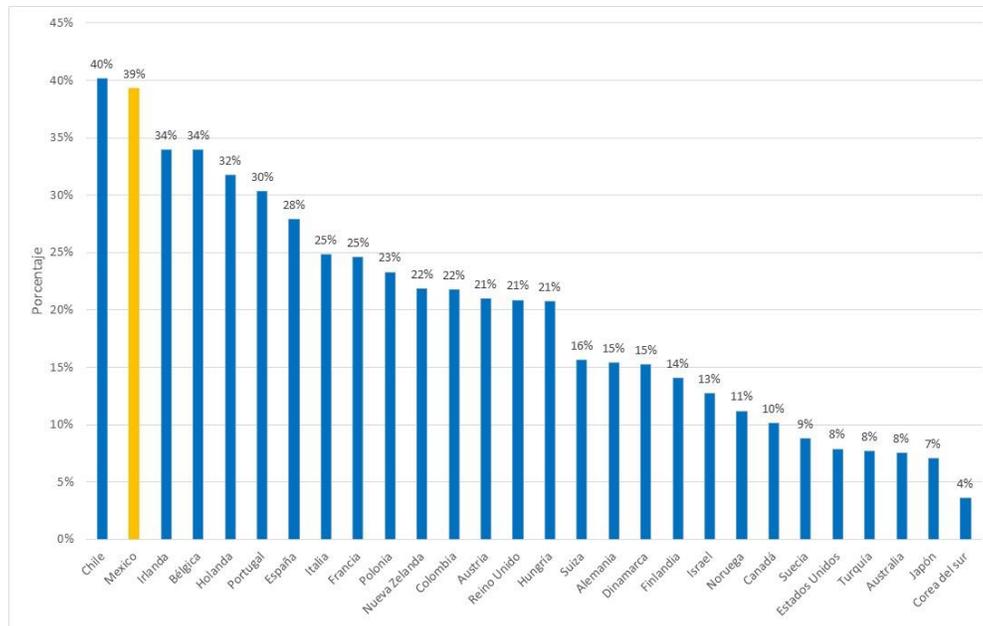
Gráfica 5. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de telefonía móvil



Fuente: Elaboración propia con cifras de Omdia.

La Gráfica 6 muestra la tasa de crecimiento promedio de la proporción de los suscriptores a la banda ancha móvil por tecnología de red 4G con respecto del total de suscriptores de banda ancha móvil. Se observa que México ocupa el segundo lugar con una tasa de crecimiento promedio en el periodo de 39%; el primer sitio lo ocupa Chile con una tasa de crecimiento promedio del 40%. 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.

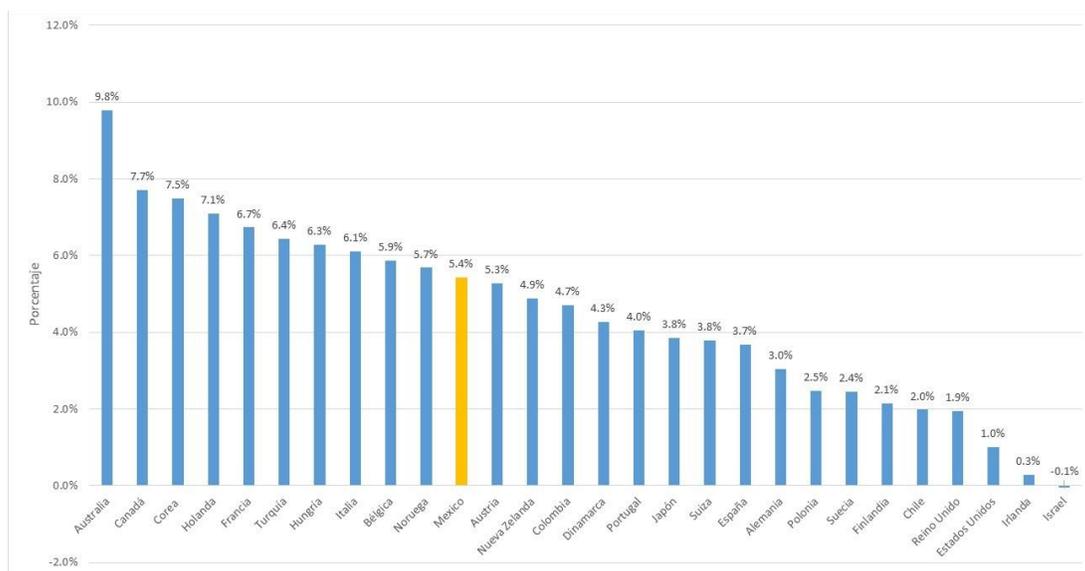
Gráfica 6. Tasa de crecimiento promedio de la proporción de suscriptores a banda ancha móvil por tecnología de red 4G con respecto del total de suscriptores a banda ancha móvil



Fuente: Elaboración propia con cifras de Omdia.

La gráfica 7 muestra la tasa de crecimiento promedio de la velocidad promedio de conexión móvil en megabytes por segundo (Mbps). Australia ocupa la primera posición con una tasa de crecimiento promedio del 9.8%; seguida de Canadá con una tasa de crecimiento promedio de 7.7%. México reporta una tasa de crecimiento de 5.4% en el periodo. Las cifras para Colombia y Chile son 4.7% y 2%, respectivamente.

Gráfica 7. Tasa de crecimiento promedio de la velocidad de conexión promedio (Mbps)

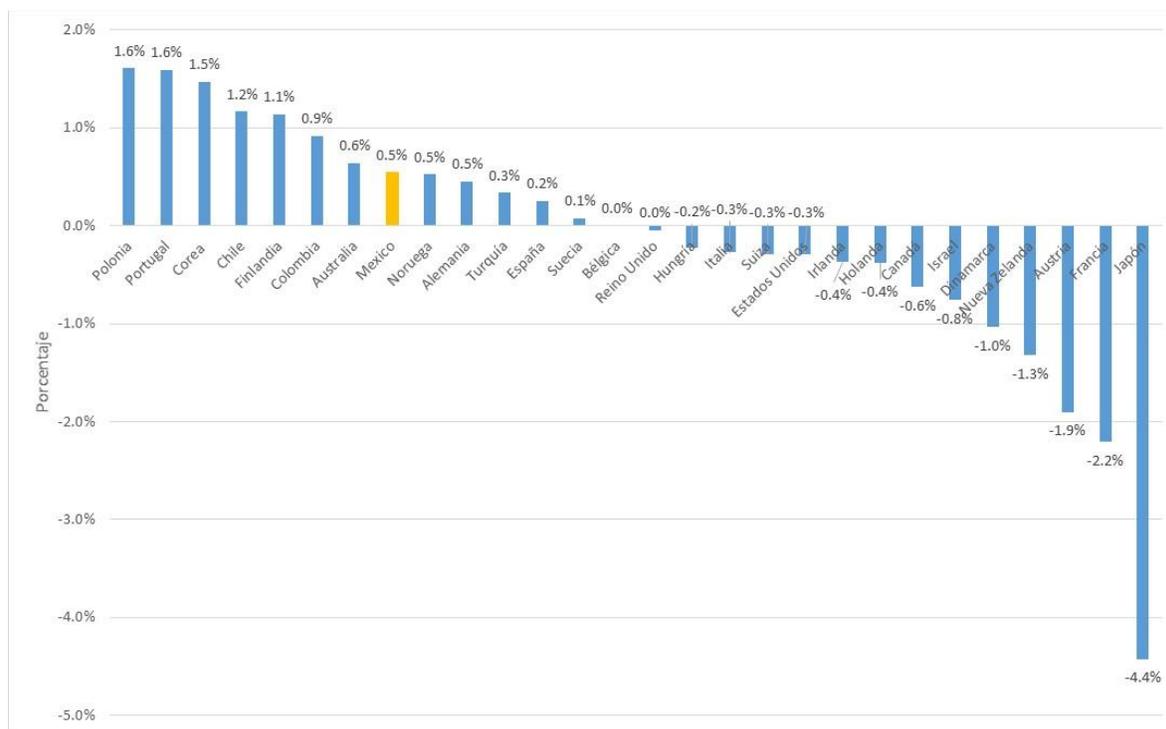


Fuente: Elaboración propia con cifras de Omdia.

TV restringida y OTT

La tasa de crecimiento de la penetración de televisión restringida por hogares entre el segundo trimestre de 2013 y el segundo trimestre de 2020 se muestra en la Gráfica 8. Polonia comparte el primer puesto con Portugal con una tasa de crecimiento del 1.6% en el mencionado periodo de tiempo. Corea ocupa la segunda posición con una tasa de crecimiento promedio de 1.5%. Por otra parte, México presenta una tasa de crecimiento promedio de 0.5%.

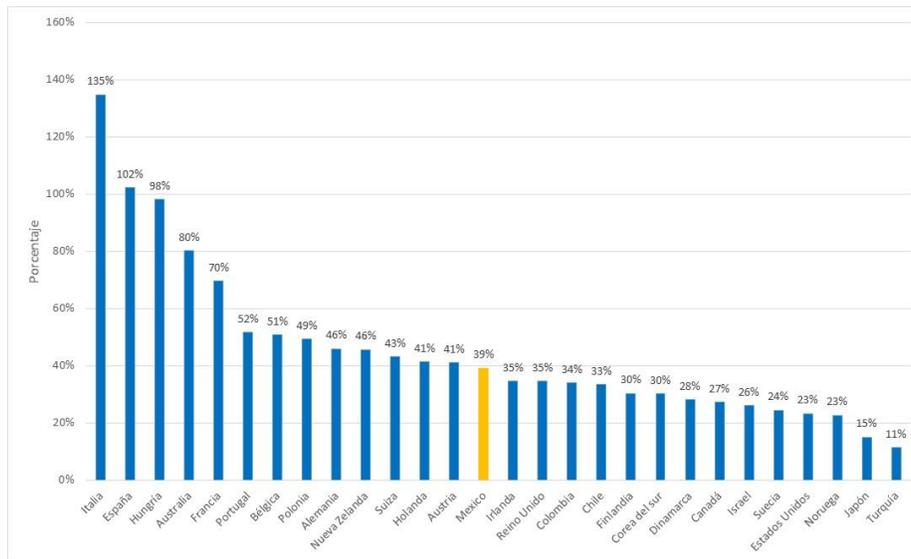
Gráfica 8. Tasa de crecimiento promedio de la penetración de TV restringida.



Fuente: Elaboración propia con 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 Italia con una tasa de crecimiento promedio en el periodo de 135%, seguida por España con una tasa de 102%. México tuvo un crecimiento del 39% para el periodo 2013-2020; Colombia y Chile reportan tasas de crecimiento de 34% y 33%, respectivamente.

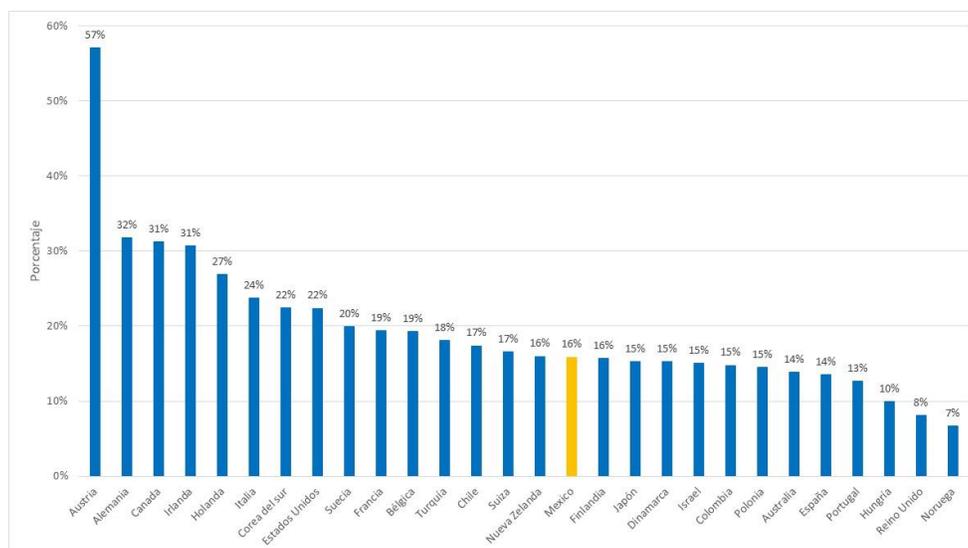
Gráfica 9. Tasa de crecimiento promedio de la penetración a video OTT



Fuente: Elaboración propia con cifras de Omdia.

La Gráfica 10 muestra la tasa de crecimiento promedio de la penetración de servicios M2M. La mayor tasa de crecimiento la reporta Austria (57%), seguida de Alemania (32%), Canadá (31%) e Irlanda (31%). México presenta una tasa de crecimiento del 16%, inferior a la de Chile (17%).

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



Fuente: Elaboración propia con cifras de Omdia.

Cuadro 1. Indicadores estadísticos del sector de las telecomunicaciones por país.

País	Tasa de crecimiento promedio de la penetración de banda ancha fija	Tasa de crecimiento promedio de la penetración de telefonía móvil	Tasa de crecimiento promedio de la penetración de TV restringida	Tasa de crecimiento promedio de la penetración de OTT video	Tasa de crecimiento promedio de la penetración de M2M	Tasa de crecimiento promedio de la penetración banda ancha fija por velocidades entre 30 mbps y 100 mbps	Tasa de crecimiento promedio de la velocidad de conexión móvil	Tasa de crecimiento promedio de la proporción de suscriptores a banda ancha móvil por tecnología de red 4G con respecto del total de suscriptores a banda ancha móvil
Alemania	0.8%	0.7%	0.5%	45.9%	31.7%	19.6%	3.0%	15.4%
Australia	1.8%	-0.1%	0.6%	80.1%	13.8%	17.5%	9.8%	7.5%
Austria	0.1%	0.4%	-1.9%	40.9%	57.1%	23.7%	5.3%	21.0%
Bélgica	0.6%	0.4%	0.0%	50.7%	19.3%	-5.3%	5.9%	33.9%
Canadá	0.5%	0.6%	-0.6%	27.2%	31.2%	22.2%	7.7%	10.1%
Chile	1.9%	-0.1%	1.2%	33.4%	17.4%	52.0%	2.0%	40.2%
Colombia	1.3%	0.9%	0.9%	34.0%	14.8%	51.2%	4.7%	21.7%
Corea	0.5%	0.8%	1.5%	30.1%	22.4%	-3.6%	7.5%	3.6%
Dinamarca	0.4%	0.1%	-1.0%	28.2%	15.2%	-3.7%	4.3%	15.2%
España	1.0%	0.7%	0.2%	102.3%	13.5%	5.4%	3.7%	27.9%
Estados Unidos	0.3%	1.2%	-0.3%	23.2%	22.4%	-6.6%	1.0%	7.9%
Finlandia	-0.8%	0.1%	1.1%	30.3%	15.7%	17.2%	2.1%	14.1%
Francia	0.5%	0.8%	-2.2%	69.5%	19.4%	35.8%	6.7%	24.6%
Holanda	0.1%	0.8%	-0.4%	41.4%	26.8%	9.4%	7.1%	31.7%
Hungría	1.2%	0.3%	-0.2%	98.1%	10.0%	23.4%	6.3%	20.7%
Irlanda	0.7%	0.1%	-0.4%	34.5%	30.7%	6.9%	0.3%	33.9%
Israel	1.6%	-0.2%	-0.8%	26.0%	15.0%	28.4%	-0.1%	12.7%
Italia	0.8%	0.2%	-0.3%	134.8%	23.7%	58.9%	6.1%	24.8%
Japón	1.5%	1.1%	-4.4%	15.0%	15.3%	-2.2%	3.8%	7.1%
México	1.2%	0.2%	0.5%	39.1%	15.9%	34.3%	5.4%	39.3%
Noruega	0.5%	-0.5%	0.5%	22.6%	6.7%	6.4%	5.7%	11.2%
Nueva Zelanda	0.6%	0.5%	-1.3%	45.6%	16.0%	13.7%	4.9%	21.8%
Polonia	-0.7%	0.1%	1.6%	49.3%	14.5%	-17.7%	2.5%	23.3%
Portugal	1.3%	0.2%	1.6%	51.5%	12.7%	-46.4%	4.0%	30.3%
Reino Unido	0.5%	0.3%	0.0%	34.5%	8.1%	10.9%	1.9%	20.9%

Suecia	0.6%	-0.1%	0.1%	24.4%	19.9%	-28.8%	2.4%	8.8%
Suiza	0.5%	0.0%	-0.3%	43.2%	16.6%	9.8%	3.8%	15.6%
Turquía	1.6%	0.3%	0.3%	11.3%	18.1%	48.2%	6.4%	7.7%

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 ocho indicadores de telecomunicaciones descritos en el Cuadro 1, se usa la técnica estadística conocida como K-Medias⁵. 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 Ward⁶. 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.

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 resultado.⁷ Estos agrupamientos se

⁵ Para una descripción detallada, véase: Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

⁶ 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.

⁷ 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,

reportan en el Cuadro 2. Asimismo, en función de los resultados obtenidos, se consideró que el método Ward mediante la utilización de la distancia Manhattan es el más apropiado para el análisis.

Cuadro 2. Agrupamientos

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

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 y Colombia, considerando el agregado de los indicadores; pero no así con Estados Unidos, Japón 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 en base al promedio de la suma de las ocho variables estandarizadas⁸ para cada país. El índice toma mayor valor en la medida que el nivel relativo de cada país es más elevado. Este índice puede tomar valores negativos cuando sus indicadores registrados son menores al promedio de la muestra.

Los resultados indican (ver Cuadro 3) que el grupo formado por Chile, Colombia y México tiene el índice de variables estandarizadas más alto para los seis grupos, el

la calidad del modelo ya no se incrementará de manera sustancial conforme aumenta la complejidad del mismo (i.e. el número de *clústers*).

⁸ La estandarización consiste en una transformación lineal de las ocho 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.

cual es igual a 3.25. A este grupo le sigue el *clúster* formado por Bélgica, España, Hungría, Italia y Nueva Zelanda, con un índice igual a 2.76. A continuación, el tercer grupo lo conforman Austria, Canadá, Corea, Francia y Holanda, con índice de 1.44.

Un índice más elevado sugiere que un grupo presenta en el periodo el crecimiento más alto en términos de las 8 variables, y por tanto un mayor avance en la tasa de crecimiento de la penetración de los servicios de forma conjunta.

El cuarto lugar lo ocupa el *clúster* de Australia, Israel, Noruega y Turquía con un índice de variables estandarizadas de -0.72. En el quinto puesto se encuentra el *clúster* de Alemania, Dinamarca, Estados Unidos, Finlandia, Irlanda, Portugal, Polonia, Reino Unido, Suecia y Suiza con un índice de variables estandarizadas igual a -2.43. Finalmente, Japón se encuentra en el último lugar de la clasificación con un índice de -3.57.

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 Desarrollo⁹ (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, Colombia y México alcanza un IDH igual a 0.791. Por su parte, el segundo *clúster* lo conforman Bélgica, España, Hungría, Italia y Nueva Zelanda, cuyo IDH es igual a 0.892. El tercer *clúster* incluye a Austria, Canadá, Corea, Francia y Holanda, y su IDH es igual a 0.913. El cuarto grupo incluye a Australia, Israel, Noruega y Turquía; y tienen un IDH promedio igual 0.901. El quinto *clúster* lo conforman Alemania, Dinamarca, Estados Unidos, Finlandia, Irlanda, Portugal, Polonia, Reino Unido, Suecia y Suiza; y su IDH promedio es igual a 0.918. Finalmente, el *clúster* conformado exclusivamente por Japón tiene un IDH igual a 0.915.

Cuadro 3. Países según agrupamiento

Agrupamiento	Países	Índice de variables estandarizadas	IDH
1	Chile, Colombia, México	3.25	0.791
2	Bélgica, España, Hungría, Italia, Nueva Zelanda	2.76	0.892
3	Austria, Canadá, Corea, Francia, Holanda	1.44	0.913
4	Australia, Israel, Noruega, Turquía	-0.72	0.901

⁹ <http://hdr.undp.org/en/content/2019-human-development-index-ranking>

5	Alemania, Dinamarca, Estados Unidos, Finlandia, Irlanda, Portugal, Polonia, Reino Unido, Suecia, Suiza	-2.43	0.918
6	Japón	-3.57	0.915

De las cifras presentadas no parece haber una relación entre el ordenamiento obtenido para los países muestra a partir de las 8 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 un análisis de 8 indicadores de la tasa de crecimiento promedio en la penetración para diferentes servicios de telecomunicaciones, así como de la mejoría en la calidad de los servicios medida a través de las velocidades de las redes fijas y móviles, entre el segundo trimestre del año 2013, periodo en el que se promulgó la reforma en telecomunicaciones y el segundo trimestre del año 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 Ward utilizando la distancia Manhattan por ser el que presenta mayor solidez en sus resultados.

El reporte permite establecer que México, en términos de crecimiento en el periodo de tiempo que va de 2013 a 2020, ha mostrado un avance importante en su nivel de desarrollo de las telecomunicaciones, lo cual lo sitúa en un mismo grupo junto a Chile y Colombia, precisamente en el grupo que se posiciona en primer lugar entre los seis grupos considerados. 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 OCDE se atenúa entre 2013 y 2020.

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 28 naciones pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, incluyendo a México, considerando las tasas de crecimiento promedio en variables de penetración de diferentes servicios de telecomunicaciones, entre el segundo trimestre del año 2013, periodo en el que se promulgó la reforma en telecomunicaciones en México, y el segundo trimestre del 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 dendograma¹⁰, 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 variable¹¹. 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.

¹⁰ 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.

¹¹ $\frac{(x_i - \bar{x})}{Std.dev(x)}$

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 Ward¹², 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*¹³ (Gráfica A1) el cual es de utilidad para determinar el número de grupos a utilizar. La forma de interpretar la gráfica *Screeplot*¹⁴ 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 Ward¹⁵. Este método construye una estructura conocida como dendograma, en la cual 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 rectángulo¹⁶.

Al usar seis *clústers* (Gráficas A2 y A3) se observa que México forma un agrupamiento junto a Chile, Irlanda e Israel cuando se utiliza la distancia Euclidiana; en tanto que cuando se hace uso de la distancia Manhattan se agrupa junto a Chile y Colombia.

¹² Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

¹³ *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.

¹⁴ <https://campus.datacamp.com/courses/unsupervised-learning-in-r/unsupervised-learning-in-r?ex=9>

¹⁵ Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill

¹⁶ <https://xlinux.nist.gov/dads/HTML/manhattanDistance.html>

En cuanto a los restantes cinco *clústers* solamente uno se repite para ambos casos, y es en el que se encuentra de forma individual Japón. El resto de ellos difieren.

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:

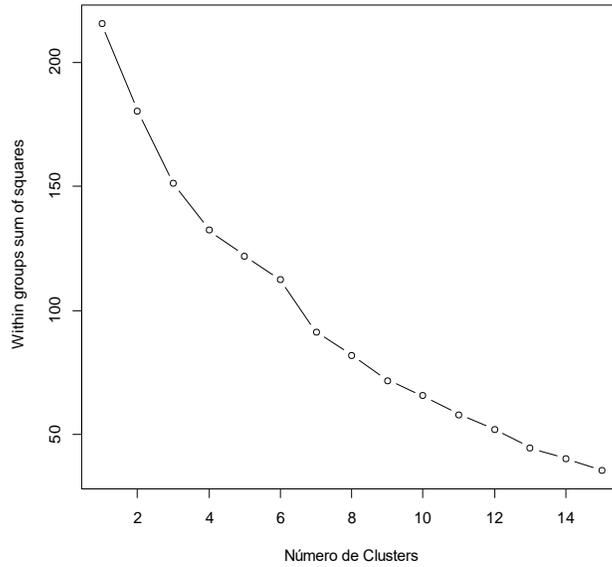
- i. Se especifica el número de *clústers* (k) que serán utilizados.
- ii. A partir de los datos se seleccionan de forma aleatoria k puntos como los centros iniciales (centroide¹⁷) o medias.
- iii. Cada observación es asignada al centroide más cercano, basado en la distancia Euclidiana, o Manhattan, 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 Bélgica, Chile, Colombia, Irlanda, Israel, México, Nueva Zelanda y Turquía. En el segundo grupo se encuentran Australia, España, Hungría e Italia. En tanto que el tercer grupo lo conforma exclusivamente Japón. El cuarto *clúster* concentra a Austria, Canadá, Francia y Holanda. El quinto *clúster* lo forman Dinamarca, Finlandia, Noruega, Portugal, Polonia, Reino Unido, Suecia y Suiza. Por último, el sexto grupo incluye a Alemania, Corea del sur y Estados Unidos

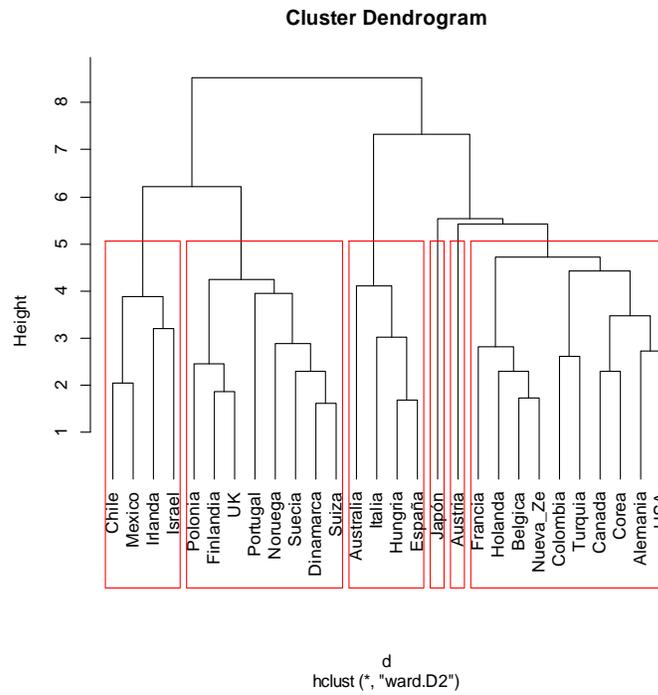
Los resultados se resumen en el Cuadro A1. El ejercicio estadístico completo considera que seis es el número óptimo de *clústers* a considerar bajo el método Ward utilizando la distancia Manhattan.

¹⁷ 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.

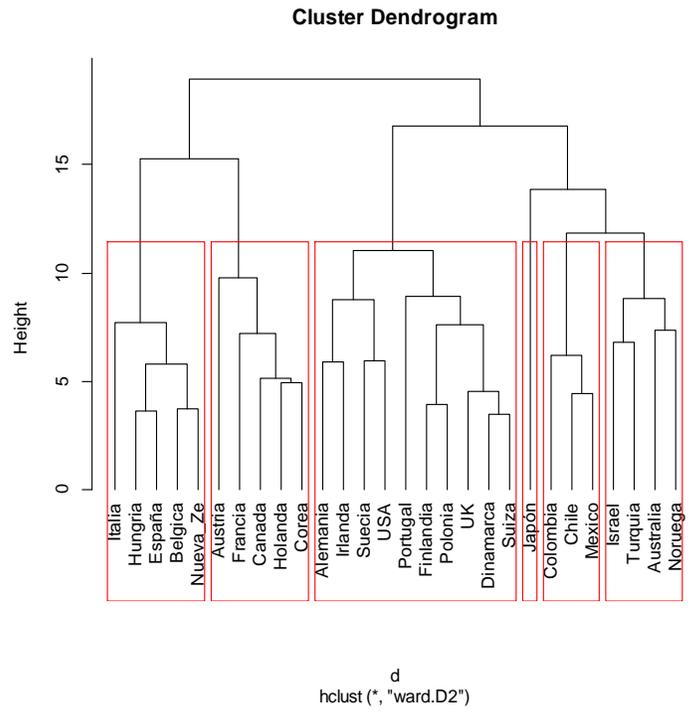
Gráfica A1. Screeplot



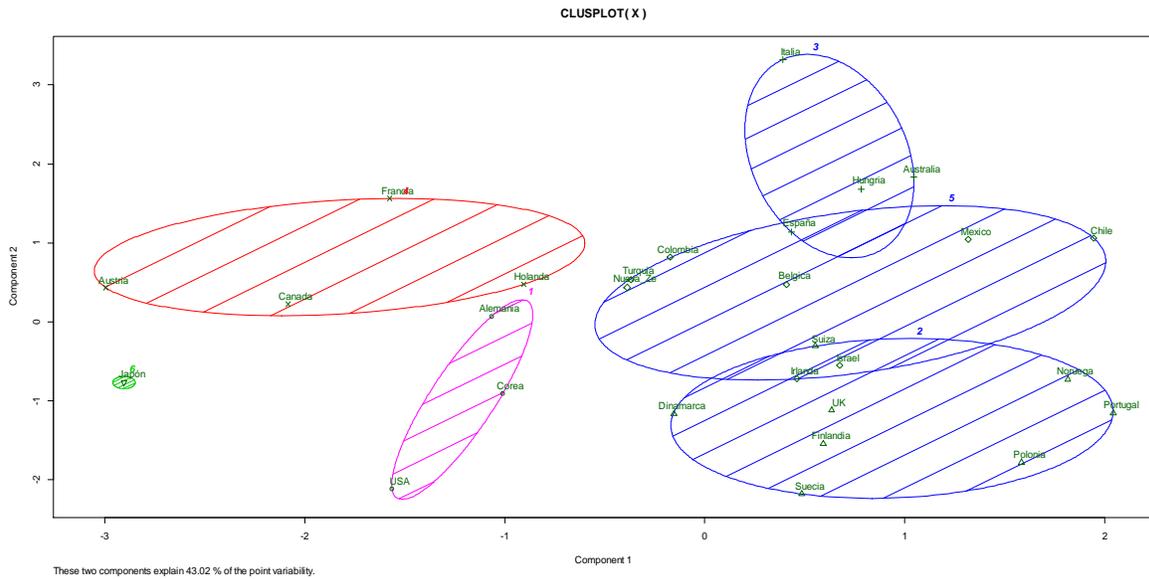
Gráfica A2. Método Ward. Dendrograma-Distancia Euclidiana con seis clústers



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, Irlanda, Israel, México	Chile, Colombia, México	Bélgica, Chile, Colombia, Irlanda, Israel, México, Nueva Zelanda, Turquía
Australia, España, Hungría, Italia	Australia, Israel, Noruega, Turquía	Australia, España, Hungría, Italia
Japón	Japón	Japón
Austria	Austria, Canadá, Corea, Francia, Holanda	Austria, Canadá, Francia, Holanda
Dinamarca, Finlandia, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, Suecia, Suiza	Italia, Hungría, España, Bélgica, Nueva Zelanda	Dinamarca, Finlandia, Noruega, Portugal, Polonia, Reino Unido, Suecia, Suiza
Alemania, Bélgica, Canadá, Colombia, Corea, Estados Unidos, Francia, Holanda, Nueva Zelanda, Turquía,	Alemania, Dinamarca, Estados Unidos, Finlandia, Irlanda, Portugal, Polonia, Reino Unido, Suecia, Suiza	Alemania, Corea del sur, Estados Unidos