

Impacto del **COVID-19** en la **demanda de energía eléctrica** en Latinoamérica y el Caribe



Eugenio Fco. Sánchez Úbeda • José Portela González
Antonio Muñoz San Roque • Enrique Chueca • Michelle Hallack

**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo**

Impacto del COVID-19 en la demanda de energía eléctrica en Latinoamérica y el Caribe / Eugenio Fco. Sánchez Úbeda, José Portela González, Antonio Muñoz San Roque, Enrique Chueca, Michelle Hallack. p. cm. — (Monografía del BID ; 934)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Electric power consumption-Latin America. 2. Electric power consumption-Caribbean Area. 3. Coronavirus infections-Latin America. 4. Coronavirus infections-Caribbean Area. I. Sánchez Úbeda, Eugenio Francisco. II. Portela González, José. III. Muñoz San Roque, Antonio. IV. Chueca, Enrique. V. Hallack, Michelle, 1983- VI. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Energía. VII. Serie. IDB-MG-934

Códigos JEL: C3, C53, E21, E27, Q47, L94, N76

Palabras clave: Consumo de electricidad, pandemia de COVID-19, indicadores de impacto, confinamiento, análisis de regresión, agrupamiento, árboles de clasificación, selección de estaciones meteorológicas.

Los autores agradecen a todos los involucrados en la colecta de datos, discusión y revisión del texto. En especial agradecemos la cuidadosa revisión de Hector Baldivieso, Cecilia Correa, Carlos Echeverria, Sergio Ballon y Edwin Malagon.

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Impacto del COVID-19 en la demanda de energía eléctrica en Latinoamérica y el Caribe



ÍNDICE



| | |
|---|-----------|
| 1. Resumen Ejecutivo | 5 |
| 2. Introducción | 7 |
| 3. Información de partida | 9 |
| 3.1 Datos disponibles | 9 |
| 3.1.1 Datos de demanda eléctrica disponibles. | 9 |
| 3.1.2 Datos de temperaturas medias disponibles. | 10 |
| 3.1.3 Datos de festivos y eventos atípicos. | 13 |
| 3.1.4 Datos de Producto Interior Bruto | 14 |
| 4. ¿Cómo ha impactado el COVID-19 en la demanda de 2020? | 15 |
| 4.1 Modelo explicativo para la demanda diaria de cada país. | 17 |
| 4.2 Identificación, ajuste y ejecución del modelo explicativo | 19 |
| 4.3 Indicadores de impacto | 22 |
| 4.4 Resultados | 24 |
| 5. ¿Ha cambiado la forma de consumir electricidad durante el COVID? | 28 |
| 5.1 Metodología | 28 |
| 5.1.1 Obtención de perfiles normalizados | 29 |
| 5.1.2 Obtención de patrones de perfiles usando datos pre-COVID. | 30 |
| 5.1.3 Ajuste de un árbol de decisión para la estimación del patrón esperado. | 32 |
| 5.1.4 Predicción del perfil esperado en 2020 | 33 |
| 5.1.5 Comparación de la predicción con la realidad y cálculo del índice de impacto. | 34 |
| 5.2 Resultados Globales. | 36 |
| 6. ¿Cuál será el camino de recuperación en 2021? | 42 |
| 6.1 Modelo explicativo para la demanda diaria de cada país. | 44 |
| 6.2 Generación de escenarios de demanda para 2021 | 46 |
| 6.3 Resultados | 48 |
| 7. Conclusiones. | 52 |

1. Resumen Ejecutivo

En ese documento se presenta un análisis de cuál fue el desarrollo de la pandemia para el sector eléctricos en términos de demanda eléctrica comparándolo con un modelo de un año habitual para cada uno de los países seleccionados permitiendo identificar primero cuanta electricidad se dejó de demandar y por ende de cobrar en la pandemia; cuales fueron las alteraciones a este consumo; y cuál es el camino hacia la recuperación.

El valor de este documento reside en ser capaz de establecer cuál es el impacto de la pandemia con respecto a un año estándar modelado específicamente para cada país y empleando la historia de comportamiento de la demanda eléctrica del país hacia el futuro. Los resultados ofrecen información sobre cuanta ha sido la energía potencialmente no vendida durante este año de pandemia, con implicaciones para las empresas que ofrecen servicio eléctrico; cuales fueron las modificaciones del comportamiento de la ciudadanía, con potenciales implicaciones para la operación del sistema; y por último cual es el camino hacia la recuperación de la normalidad en base a estimaciones del IMF y los datos históricos de cada país analizado. **Tratando de ofrecer respuestas sobre lo que ocurrió durante la pandemia de COVID-19 y cuál es el potencial camino hacia adelante por lo tanto los objetivos de este informe son:**

- » **Cuantificar el impacto** en la demanda de energía eléctrica durante 2020 del COVID-19.
- » **Cuantificar el impacto esperado a futuro** del COVID-19 proyectando posibles escenarios de demanda para 2021.

Respondiendo a estas preguntas se encontraron los siguientes resultados notables.

En promedio el impacto mensual máximo en la demanda eléctrica entre los países analizados fue

de un 15% con impactos semanales máximos de entre el 34 y el 8 por ciento sobre un año habitual modelado. En los momentos más críticos de la pandemia durante el mes de abril países como Perú dejaron de consumir 1 de cada 3 KWh que consumían habitualmente.

El comportamiento de consumo de los países analizados cambio a lo largo del día Brasil, República Dominicana, Bolivia, México o Chile redujeron su consumo especialmente al medio día y en pico de consumo que se daba al volver a casa.

Otros como Guatemala además tuvieron cambios especialmente en las horas de la mañana y la madrugada mientras que se redujo el consumo durante la tarde. Este tipo de desplazamiento del consumo dentro del día tiene importantes implicaciones para mantener el sistema eléctrico en funcionamiento y de cara a la planificación del uso de la energía renovable por las horas específicas a las que estos generadores tienden a producir. Además, estos cambios no permiten entender mejor los perfiles de demanda tradicionales. Siendo el COVID, un shock de comportamiento, esto nos permite discutir sobre el ciclo de demanda tradicional y posibilidades de cambios.

En ciertos países la transformación de la demanda eléctrica durante el día fue muy intensa en las primeras semanas, pero volvió a la normalidad pasados los dos meses iniciales como en Bolivia o Brasil. Sin embargo, en la mayoría las transformaciones del comportamiento se han mantenido en el tiempo y se han concentrado en los días laborables.

El impacto de la pandemia se ha hecho notar en las predicciones de crecimiento del IMF para el 2021 apuntan a que países como Perú y Republica Dominicana podrían ver un impacto negativo de hasta el 19% y 16% respectivamente.

Países donde la reducción de PIB ha sido estimada menor podrían ver un impacto más modesto a la demanda eléctrica como es el caso de Costa Rica con un impacto del 3%.

Los países en su mayoría han progresado a niveles de demanda más cercanos a los estimados habituales a medida que la situación se ha normalizado, sin embargo, se continúa observando diferencias de 5.3 por ciento en promedio en los últimos meses analizado.

Los resultados de este informe señalan la necesidad de tener sistemas eléctricos adaptables y flexibles que puedan dar respuestas a potenciales cambio de la demanda por parte de la población. Conocer los cambios que se ha venido dando históricamente ante eventos exógenos como una pandemia, una catástrofe natural o diversos eventos sociales no recurrentes es importante para establecer a priori cuáles serán las potenciales variaciones de la demanda. Con esta información

y análisis se puede ajustar de mejor forma la operación del sistema de manera que no se disparen los precios y se proporcione servicio de manera efectiva durante este tipo de eventualidades.

El panorama regional presentado en este informe también muestra los impactos de la pandemia tienen un carácter intrínsecamente nacional. Cada ciudadanía ha reaccionado de forma particular potencialmente motivados por el tipo de estructura económica existente en el país, las costumbres de uso de tiempo y el tipo de actividad industrial y de servicios que el país ofrece. Al final del documento, en los anexos I, II, III y IV se pueden encontrar en detalle los resultados por país estudiado en cada una de las categorías arriba descritas junto a los puntos destacables de cada país. Así como una descripción detallada de los datos empleados para cada uno de los casos y escenarios. Todos los datos empleados para la realización de este estudio están disponibles a petición a los autores.



⚡ 2. Introducción

La crisis causada por la pandemia de COVID-19 ha obligado a los gobiernos de todo el mundo a tomar medidas contundentes para limitar el contacto entre personas. Aunque dichas medidas son diferentes según los países, la puesta en práctica de estas ha supuesto y está suponiendo una reducción en el volumen de actividad de un gran número de sectores, así como un cambio en los hábitos sociales de las personas, con efectos en general negativos en la economía de los países. **Estas reducciones y alteraciones en el consumo eléctrico son críticas de cara a entender cuál será la evolución de los sistemas eléctricos de las economías de LAC.**

Coincidiendo con la revisión a la baja realizada por el FMI en sus estimaciones del PIB para el año 2020 de forma generalizada, se ha observado una reducción en el volumen de la energía eléctrica consumida durante la primera ola de la pandemia en los países analizados. En este contexto, la demanda de energía eléctrica puede ser un buen indicador del impacto socioeconómico de la pandemia de COVID-19 en un determinado país. **Debido a la reducción del volumen de la actividad eléctrica que en muchos casos coincide con la reducción de actividades industriales productivas. En este contexto, la demanda de energía eléctrica puede considerarse como un indicador del impacto socioeconómico de la pandemia de COVID-19 en un determinado país.**

El estudio realizado tiene como objetivo fundamental cuantificar el impacto de la crisis generada por la pandemia de COVID-19 en la demanda de energía eléctrica de un conjunto de diez países de América Latina y el Caribe² (ver Figura 1). **En concreto, este objetivo se ha desdoblado en dos subobjetivos relacionados:**

- » **Cuantificar el impacto** en la demanda de energía eléctrica durante 2020 del COVID-19.
- » **Cuantificar el impacto esperado a futuro** del COVID-19 proyectando posibles escenarios de demanda para 2021.



FIGURA 1

Países de Latinoamérica y el Caribe analizados. Estos diez países han sido seleccionados por la disponibilidad de datos suficientes y de calidad de las variables necesarias para realizar el estudio.



MÉXICO
Región CID



BRASIL
Región CID



GUATEMALA
Región CID



URUGUAY
Región CSC



PERÚ
Región CAN



CHILE
Región CSC



ARGENTINA
Región CSC



COSTA RICA
Región CID



BOLIVIA
Región CAN



REPÚBLICA DOMINICANA
Región CID

¹ La selección se realizó en base a la disponibilidad pública de los datos.



FIGURA 2

Preguntas concretas formuladas para alcanzar los objetivos del proyecto.

| | | |
|--------|---|---|
| Pasado | 1 | ¿Cómo ha impactado el COVID-19 en la demanda diaria durante 2020? |
| | 2 | ¿Ha cambiado la forma de consumir electricidad durante el COVID? |
| Futuro | 3 | ¿Cuál será el camino de recuperación de la demanda en 2021? |



El documento se ha estructurado para dar respuesta a estas tres preguntas. En primer lugar, se describe la información de partida recopilada, base de todo el estudio realizado. En los siguientes apartados se describe la metodología seguida para dar respuesta a cada una de las preguntas de investigación, detallando los modelos implementados y los resultados obtenidos para cada país considerado. A continuación, en los anexos se presentan los resultados detallados para cada uno de los países sujeto del estudio.



⚡ 3. Información de partida

Para poder dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas ha sido necesario recopilar datos relativos a los diez países analizados. La disponibilidad de la información necesaria para poder realizar el estudio ha sido el criterio básico de selección de estos, siendo crítica la existencia de histórico de demanda con detalle horario con una profundidad y calidad suficientes para poder ajustar los modelos explicativos ajustados.



3.1 Datos disponibles

Los datos de partida para la realización del presente estudio han sido recabados por el BID de los operadores nacionales de cada uno de los países mostrados y están disponibles de manera pública². A continuación, se detalla la información empleada, necesaria para poder ajustar los modelos,

generar las estimaciones de referencia y calcular el impacto del COVID-19.

3.1.1 Datos de demanda eléctrica disponibles

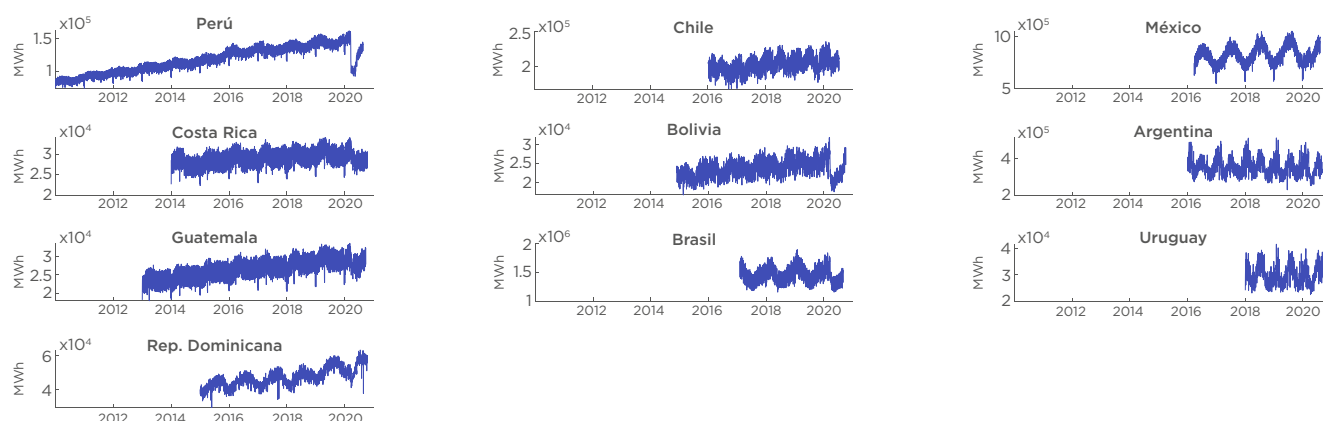
Para cada uno de los diez países analizados se ha trabajado con datos horarios de demanda. Esta información se ha obtenido a partir de los portales web de los operadores del sistema eléctrico de cada país. Nótese que no se ha contado con información de la demanda de energía eléctrica según diferentes sectores, ni con previsiones de los gobiernos.

En la Figura 3 se muestran los históricos finalmente considerados en el presente estudio. Una simple inspección visual permite detectar fácilmente el impacto de la pandemia de COVID-19 en algunos países como Perú, Bolivia o Costa Rica.



FIGURA 3

Series de demanda diaria históricas disponibles para cada país. Se puede observar que para algunos países no ha sido posible obtener un histórico muy amplio, como Brasil, México o Uruguay.



² Pueden ser encontrados para su descarga de forma actualizada en <https://hubenergia.org/es>.

3.1.2 Datos de temperaturas medias disponibles

La temperatura es una variable explicativa muy relevante cuando se trabaja con series de demanda diarias. Típicamente se suele observar una respuesta en el consumo de electricidad al frío o calor excesivo, de ahí su importancia. Por ejemplo, en la Figura 4 se puede observar cómo una temperatura más alta de lo normal en los meses de calor hace que el consumo de electricidad, en este caso de México, aumente debido al uso de los equipos de aire acondicionado.

La información disponible de temperaturas se ha obtenido de NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). En concreto, para cada país se dispone de la temperatura media diaria medida en diferentes estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo del país.

En la Figura 4 se muestra, a modo de ejemplo, la localización de las 37 estaciones de Argentina para las que se dispone de datos históricos de temperaturas medias diarias desde 2004 de calidad (con menos de 250 días sin medida).

FIGURA 4

Ejemplo de las variaciones en la demanda debidas a la temperatura. En los meses de calor, como ocurre en México en junio y julio, un incremento de la temperatura sobre el valor normal se traduce en un incremento significativo de la demanda.

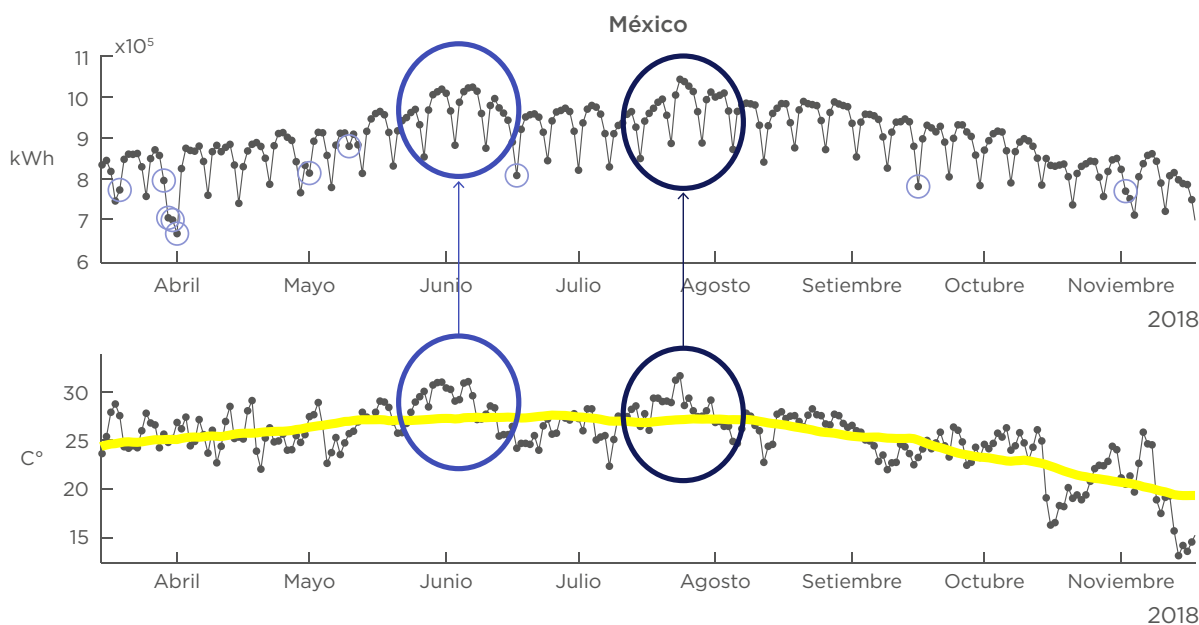
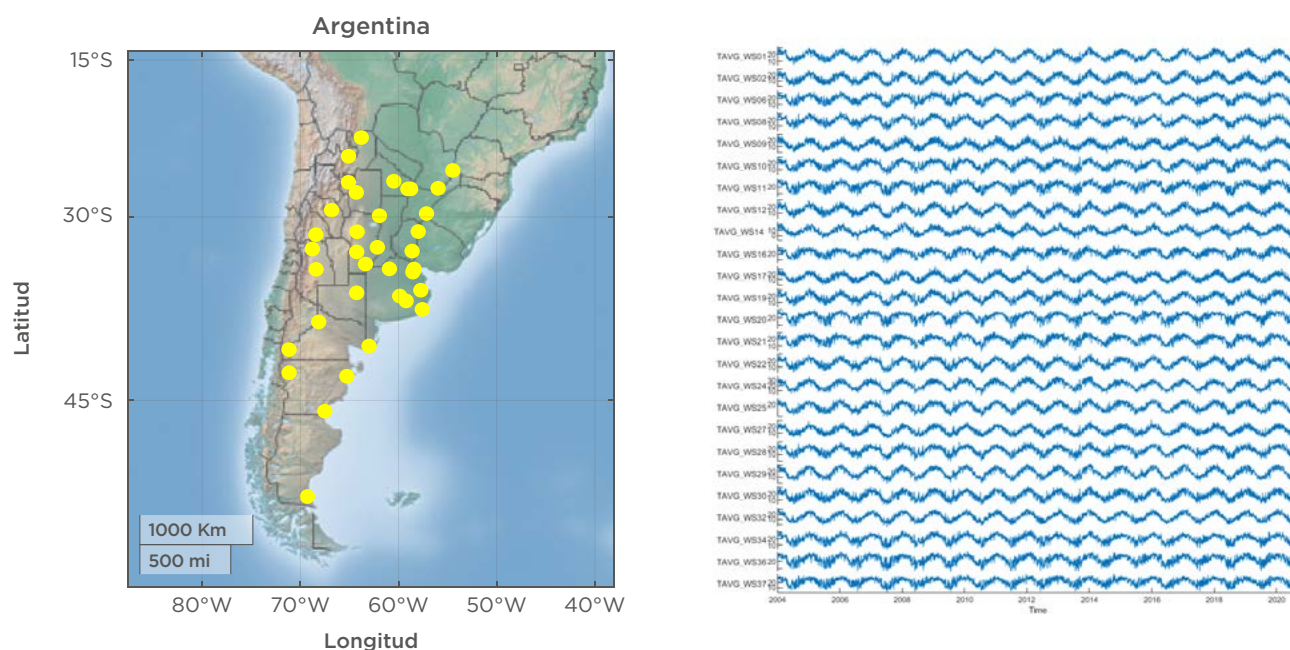




FIGURA 5

Estaciones meteorológicas relevantes de Argentina en la que se dispone de datos diarios de calidad para la temperatura media.



Para poder utilizar las temperaturas medias de las estaciones seleccionadas para un determinado país es necesario completar los posibles huecos que puedan existir en los datos de partida. En los datos obtenidos de NOAA, una vez descartadas las estaciones con demasiados huecos de información, se ha observado que existen huecos puntuales de un único día, en otras ocasiones son varios días seguidos en los que no se dispone de información, y que además existen dos huecos importantes en los que no se dispone de datos en ninguna estación (ver Figura 6).

Para resolver esta problemática se ha implementado un algoritmo de relleno jerárquico siguiendo la siguiente estrategia para cada país:

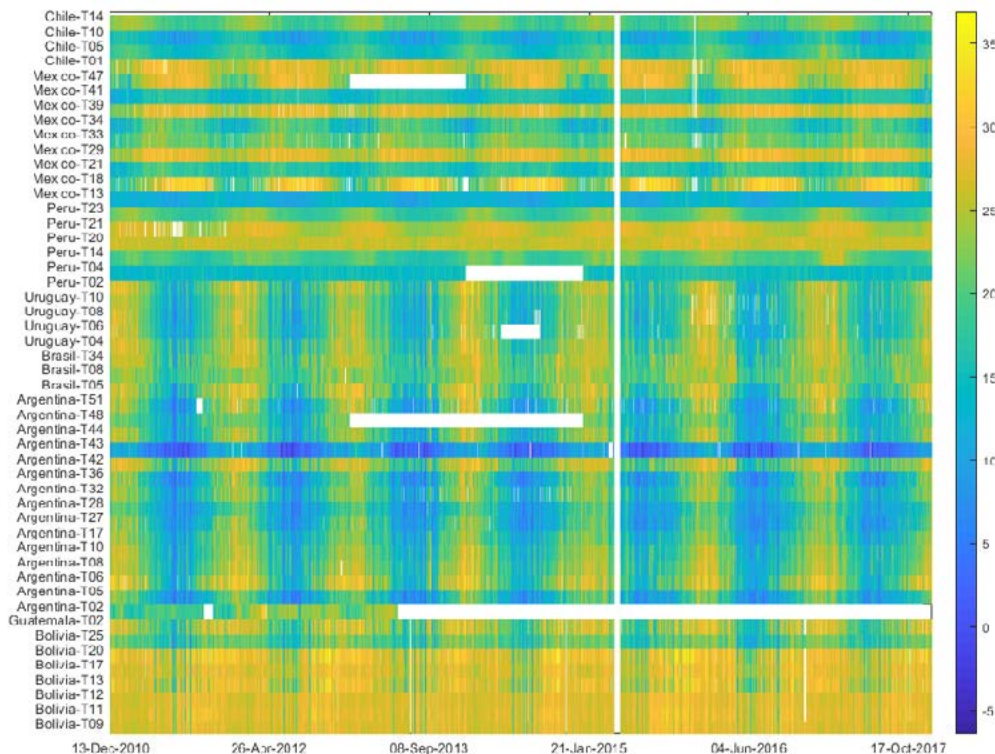
- » Completar los valores ausentes de un solo día mediante interpolación lineal con los días anterior y posterior de la misma serie de temperatura.

- » Recuperar de internet manualmente las temperaturas para las estaciones localizadas en las principales ciudades (27 días) para rellenar los dos huecos sistemáticos que afectan a todas las estaciones.
- » Extrapolar esos valores al resto de estaciones con huecos mediante regresión lineal múltiple utilizando las estaciones meteorológicas que sí disponen de datos para los días ausentes.



FIGURA 6

Mapa de color representando la temperatura media en diferentes estaciones meteorológicas de varios países. Se puede observar la existencia de datos no registrados en período importante que afecta a todas las temperaturas, así como huecos puntuales en los que falta la temperatura de un día o conjunto de días concreto.



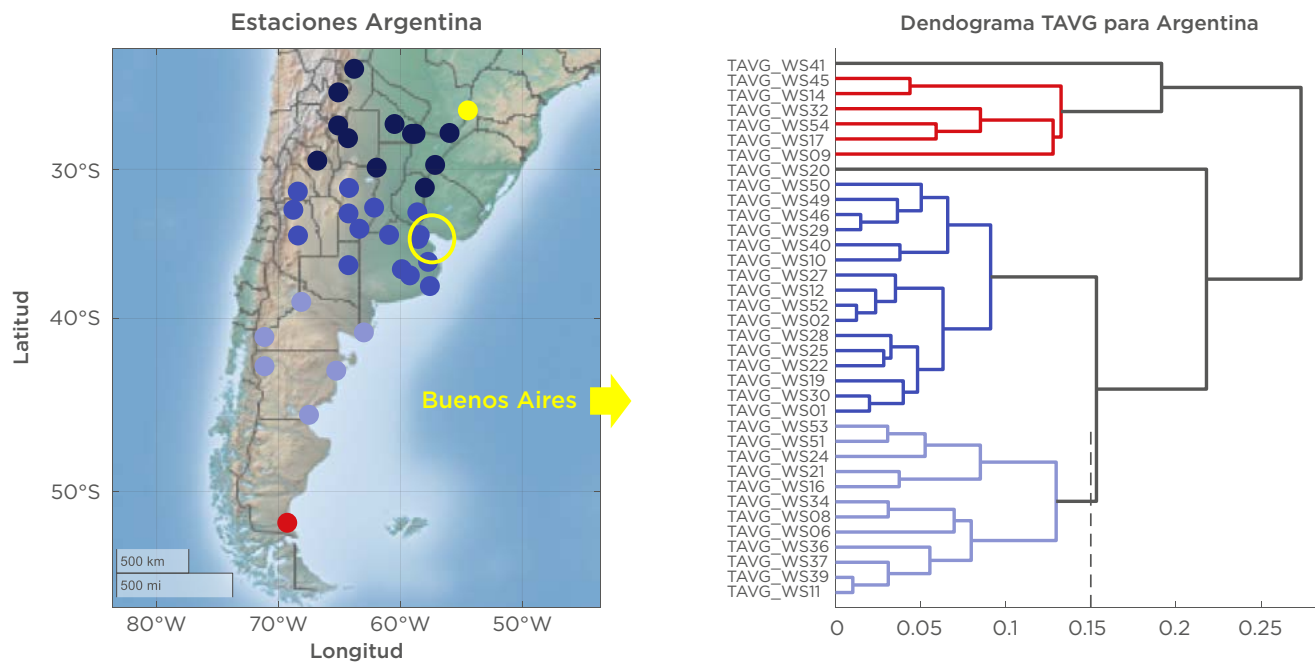
Una vez seleccionadas las estaciones meteorológicas relevantes y rellenando de huecos en las mismas mediante interpolación múltiple de datos pasados, es posible construir la temperatura de referencia que finalmente se empleará como variable de entrada en los modelos de regresión desarrollados para responder a las preguntas de investigación planteadas. Esta temperatura de referencia constituye un año estándar sobre el que realizar una comparación con lo sucedido durante 2020.

La temperatura de referencia se ha construido como una media de una selección de temperaturas. Esta selección se ha realizado considerando la información suministrada por el dendrograma (útil para considerar representantes de los diferentes climas en el país), y considerando la localización de las estaciones de medida en relación con su proximidad a las principales ciudades. Por ejemplo, como temperatura de referencia para la demanda de Argentina se ha seleccionado la media de las estaciones WS01 y WS30, próximas a Buenos Aires y La Plata (ver Figura 7).



FIGURA 7

Selección de la temperatura de referencia utilizando la localización de las estaciones meteorológicas relevantes, la localización de las ciudades importantes del país y la agrupación de las temperaturas según su semejanza mediante el dendrograma. Para Argentina la temperatura de referencia se obtiene como la media de TAVG_WS01 y TAVG_WS30.



3.1.3 Datos de festivos y eventos atípicos

Para conseguir una correcta modelización de la demanda eléctrica es fundamental tener en cuenta las festividades y situaciones atípicas relevantes que puedan afectar a la forma de consumir la electricidad. Normalmente son sucesos que hacen que la demanda sea inferior a lo que se podría esperar. **En concreto, se han considerado cuatro tipos de días especiales, atendiendo al origen de este:**

- » Festivos nacionales y regionales importantes con impacto en la demanda, una variable 1/0 para cada festivo con un nombre diferente.
- » Desastres naturales relevantes que han influido en la demanda, como catástrofes asociadas a fenómenos como tormentas tropicales, huracanes, inundaciones, terremotos, etc. Cada evento ocurrido tiene su propia variable o conjunto de variables de intervención.

- » Eventos sociales atípicos importantes que han influido en la demanda, como huelgas, manifestaciones, revueltas, etc. Cada evento ocurrido tiene su propia variable o conjunto de variables de intervención.
- » Otros sucesos fortuitos con claro impacto en la demanda, como por ejemplo los apagones de luz, observados de vez en cuando en alguna de las series de demanda estudiadas.

La obtención de esta información se ha realizado de forma manual. Para los festivos nacionales, se han consultado los calendarios de festividades para cada país. Para los desastres naturales o eventos sociales atípicos, se analizaban los residuos del modelo de demanda diaria en busca de días en los que el error era muy significativo (como se ilustra en la sección 3.2). Una vez se detectaban esos períodos atípicos, se realizaba una búsqueda en la web para identificar la ocurrencia de algún evento significativo en esas fechas que pudiera haber afectado al consumo de electricidad.

El Anexo II contiene tablas detalladas con todos los días identificados como festivos o eventos atípicos.

3.1.4 Datos de Producto Interior Bruto

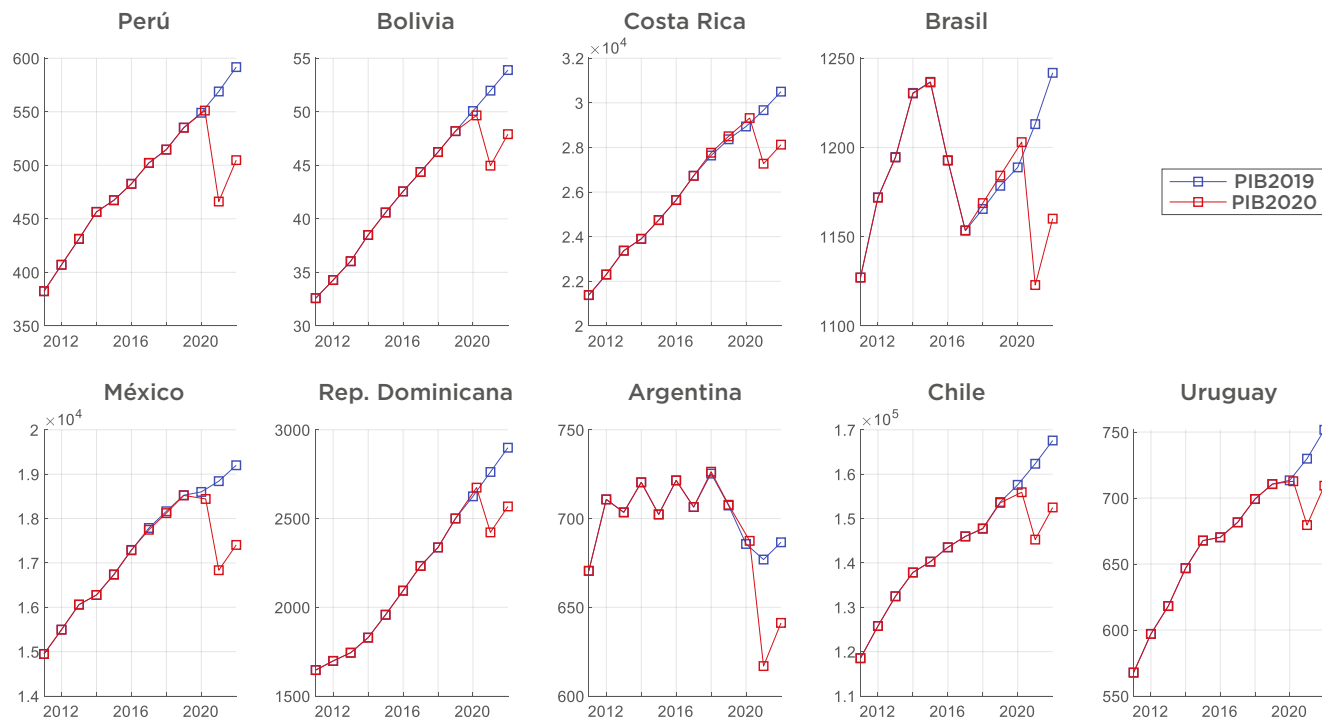
Para poder responder a la tercera pregunta de investigación planteada, se ha trabajado con el PIB anual a precios constantes. Esta información se ha obtenido de los datos publicados por el FMI. **En concreto, se han considerado los datos publicados en dos instantes concretos:**

- » Octubre de 2019 (Escenario PIB-2019). En esta fecha FMI publicó las previsiones de PIB para 2020 a 2024 sin considerar la existencia de la pandemia de COVID-19.
- » Octubre de 2020 (Escenario PIB-2020). Recientemente el FMI ha publicado una actualización del PIB esperado para los próximos años, considerando la situación actual de pandemia por COVID-19.

En la Figura 8 se muestran los datos de PIB anual utilizados, correspondientes a los dos escenarios considerados.

FIGURA 8

Series de Producto Interior Bruto anual a precios constantes. Datos reales y estimados por el FMI para los años de interés. Se muestran los valores publicados en octubre de 2019 (escenario PIB-2019) y en octubre de 2020 (escenario PIB-2020), con una revisión a la baja clara tras la aparición de la pandemia de COVID-19.



⚡ 4. ¿Cómo ha impactado el COVID-19 en la demanda de 2020?

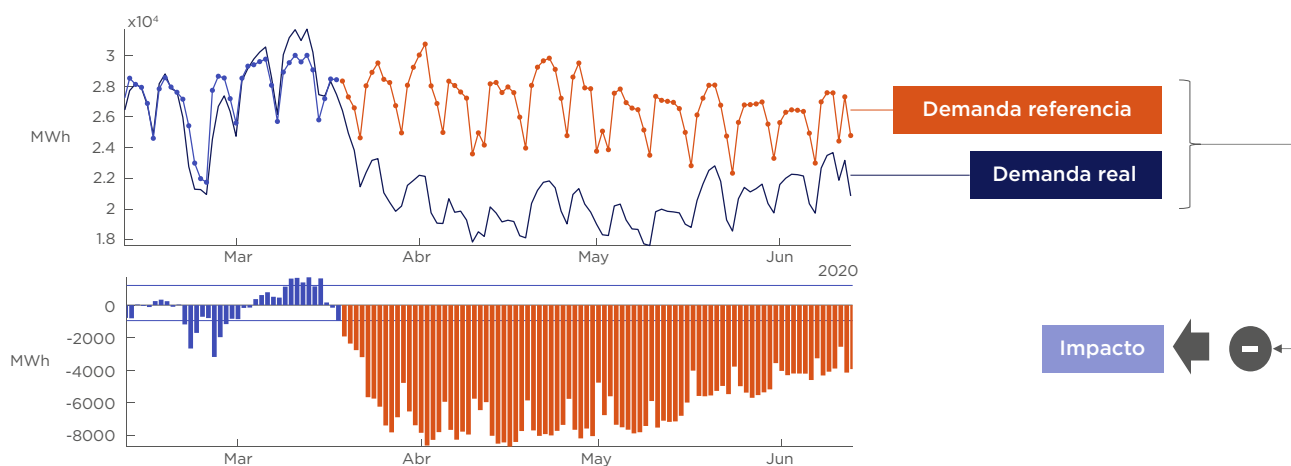
Para responder a la primera pregunta de investigación planteada se ha desarrollado una metodología analítica específica, basada en la estimación de la demanda diaria que tendría que haber existido si no se hubiese iniciado la pandemia de COVID-19 en 2020. Mediante la comparación de la demanda real observada en 2020 con la demanda de referencia estimada se puede cuantificar el impacto que ha tenido el COVID-19 en la demanda de dicho año. En la Figura 9 se ilustra la solución propuesta mediante un esquema conceptual, en el que una vez calculada la demanda de referencia es posible medir diariamente la diferencia entre el valor estimado y el observado. Estas diferencias

diarias se pueden plasmar en un conjunto de indicadores de impacto que cuantifiquen de forma precisa lo ocurrido.

Como se puede observar en la Figura 9, la pieza fundamental de la metodología empleada es la demanda de referencia, ya que permite medir el impacto fácilmente. Para obtener dicha referencia se ha desarrollado un modelo explicativo de la demanda, capaz de estimar el valor de la demanda esperada para un determinado día a partir de datos como el día de la semana o el mes, la festividad y la temperatura.

💡 FIGURA 9

Esquema conceptual de la metodología utilizada para medir el impacto del COVID-19 en la demanda diaria de 2020. La demanda de referencia obtenida mediante la evaluación del modelo explicativo ajustado se compara con los datos diarios de demanda observada para calcular así la diferencia diaria entre la demanda real en el periodo de la pandemia y el valor esperado si no hubiese ocurrido. Estas diferencias diarias son la base para calcular los índices de impacto propuestos que permiten cuantificar la variación en la demanda debido al COVID-19 durante el año 2020.



En concreto, la metodología seguida para alcanzar el objetivo perseguido consta de los siguientes pasos (ver Figura 10):

- » **Paso 1:** Preparación de los datos necesarios para entrenar el modelo explicativo.
- » **Paso 2:** Identificación y ajuste del modelo para explicar, a partir de los datos previamente preparados, la demanda diaria.
- » **Paso 3:** Ejecución del modelo ajustado para estimar la demanda de referencia de 2020.
- » **Paso 4:** Obtención de la demanda de referencia.

- » **Paso 5:** Comparación de la demanda de referencia con la demanda observada y cálculo de impacto.

En los siguientes apartados se describe en detalle el modelo explicativo desarrollado para estimar la demanda diaria. A continuación, se detalla la metodología empleada para identificar, ajustar y ejecutar los modelos concretos para cada país, así como los indicadores de impacto utilizados para cuantificar el impacto del COVID-19 en la demanda de 2020. Finalmente, se presenta de forma conjunta los resultados obtenidos para los diez países de Latinoamérica y el Caribe estudiados. En el Anexo I se pueden encontrar información complementaria sobre los resultados particulares para cada país estudiado.

FIGURA 10

Metodología seguida para responder a la primera pregunta de investigación planteada: ¿Cómo ha impactado el COVID-19 en la demanda de 2020? Para poder cuantificar dicho impacto en 2020 ha sido necesario obtener una demanda de referencia con la que comparar la demanda real observada durante el inicio de la pandemia. Esta demanda de referencia se ha generado mediante la extrapolación del modelo explicativo desarrollado para cada serie de demanda analizada.





4.1 Modelo explicativo para la demanda diaria de cada país

Para poder cuantificar diariamente la variación en la demanda debido a la pandemia de COVID-19 durante 2020 es necesario contar con una buena estimación de la demanda diaria que debería haber existido sin el impacto del COVID-19. Esta referencia diaria para la demanda va a permitir descontar las variaciones debidas a otros efectos (como la festividad o la temperatura) de la demanda observada, sometida a dichos efectos más el de la pandemia.

Por tanto, el modelo capaz de generar la estimación de referencia tiene que incorporar aquellas variables de entrada que permiten explicar la demanda diaria en condiciones normales, es decir, antes de la existencia de la pandemia. Para ello se ha utilizado un modelo de regresión múltiple, cuyos coeficientes se han ajustado por mínimos cuadrados ordinarios. **Dicho modelo se basa en un conjunto de variables que se pueden agrupar según su origen:**

- » Día de la semana, incluida como una variable categórica (es decir, 6 variables ficticias).
- » Mes del año, incluida como una variable categórica (es decir, 11 variables ficticias).
- » Festivos nacionales y regionales importantes con impacto en la demanda, una variable 1/0 para cada festivo con un nombre diferente.
- » Desastres naturales relevantes que han influido en la demanda, como catástrofes asociadas a eventos o fenómenos naturales como tormentas tropicales, huracanes, inundaciones, terremotos, etc. Cada evento ocurrido tiene su propia variable o conjunto de variables de intervención.
- » Eventos sociales atípicos importantes que han influido en la demanda, como huelgas, manifestaciones, revueltas, etc. Cada evento ocurrido tiene su propia variable o conjunto de variables de intervención.
- » Otros sucesos fortuitos con claro impacto en la demanda, como por ejemplo los apagones de luz, observados de vez en cuando en alguna de las series de demanda estudiadas.
- » Temperatura media de referencia para ese país, construida como un promedio de un conjunto de temperaturas medias recogidas en diferentes estaciones meteorológicas relevantes.

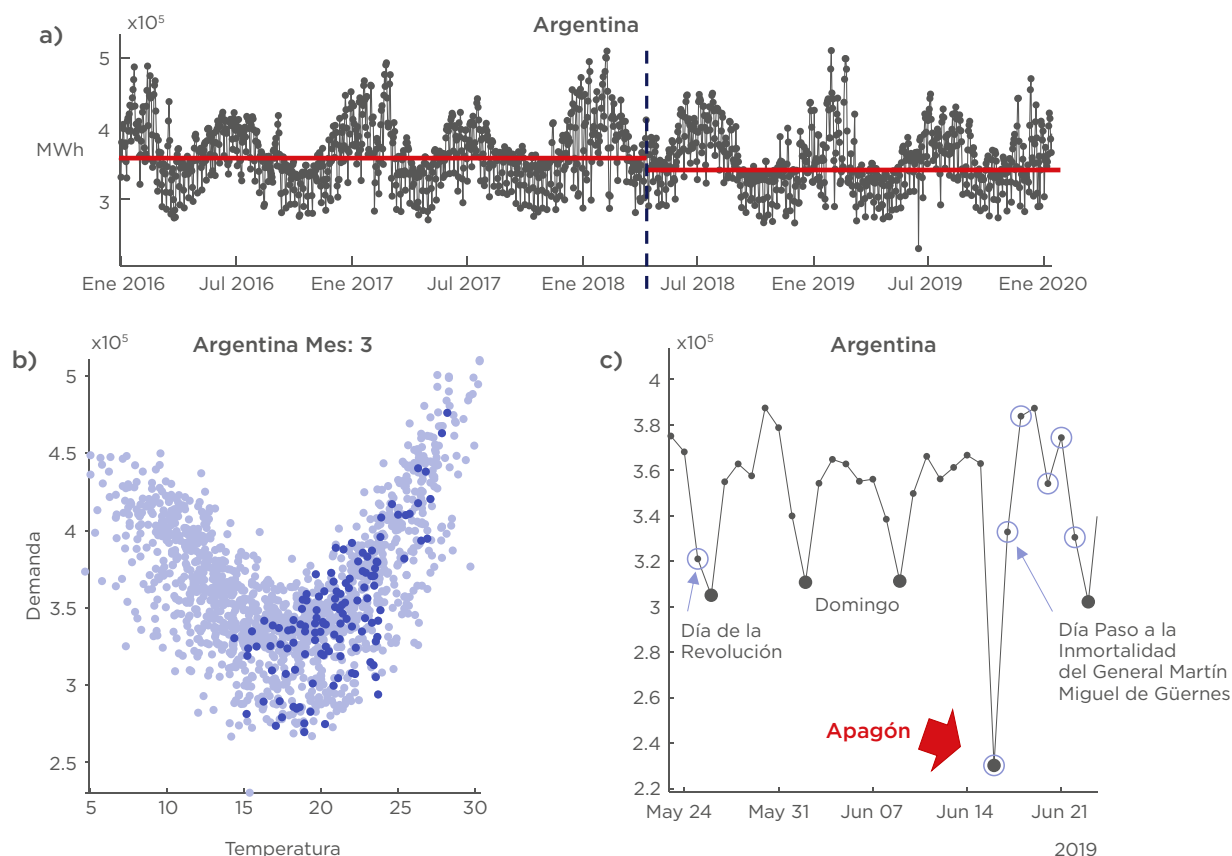
Además, dependiendo del país, se han incluido otras variables para modelar la tendencia de la serie a partir de una variable para reflejar el paso del tiempo, algunas variables de intervención necesarias para modelar cambios en el ritmo de crecimiento de la serie, así como efectos no lineales e interacciones entre algunas variables.

En la Figura 11 se muestra un ejemplo del tipo de efectos que las variables de entrada anteriores permiten modelar. Todas las series de demanda modeladas en este estudio presentan tendencias sistemáticas más o menos fuertes, como en el caso de Argentina representado, donde ha sido necesario incluir una variable de intervención para separar el crecimiento observado antes y después de abril de 2018. También es muy habitual encontrar en estas series una respuesta no lineal a la temperatura, como la mostrada para Argentina. En esta curva de bañera se observan dos respuestas claramente diferentes a las variaciones de la temperatura, una en los meses fríos (por el uso de la calefacción eléctrica) y otra en los meses cálidos (debido al aire acondicionado). La variación de la demanda debida a la temperatura se ha modelado en este caso mediante una respuesta cuadrática diferente para cada mes. Existen países en los que, debido a su clima predominante, esta respuesta puede estar muy atenuada, o solo presentar una de las dos ramas. Por último, el conjunto de variables relacionadas con el calendario, la festividad y los sucesos atípicos permiten modelar una variabilidad importante presente en todas las series de demanda consideradas, como la de Argentina. En las semanas representadas se puede observar las diferencias en el nivel de la demanda entre los días de la semana, el descenso sistemático producido por festividades importantes como las dos indicadas, o el impacto de sucesos extraordinarios como el apagón sufrido el domingo 16 de junio de 2019 que produjo una disminución muy importante en la demanda de Argentina.



FIGURA 11

Ejemplos de los efectos que ha sido necesario incluir en el modelo para explicar la demanda diaria de electricidad de Argentina. (a) La serie de demanda muestra una tendencia que puede modelarse como rectas a tramos. (b) Respuesta no lineal a la temperatura, con dos tramos claramente diferenciados según los meses fríos y cálidos. (c) Variaciones sistemáticas semanales asociadas al día de la semana, los festivos y puntualmente alteradas por los días festivos o eventos atípicos como el apagón mostrado.



Por tanto, el modelo explicativo de la demanda diaria desarrollado en este trabajo puede entenderse como un modelo de descomposición aditivo, en el que la serie de demanda de electricidad se descompone en un conjunto de términos o componentes que modelan los diferentes aspectos fundamentales que explican la dinámica de la serie de demanda. **Las variables de entrada del modelo de regresión lineal múltiple y la forma en la que se combinan mediante interacciones permiten recoger en el modelo de forma compacta, combinada y robusta los siguientes términos fundamentales (ver Figura 12):**

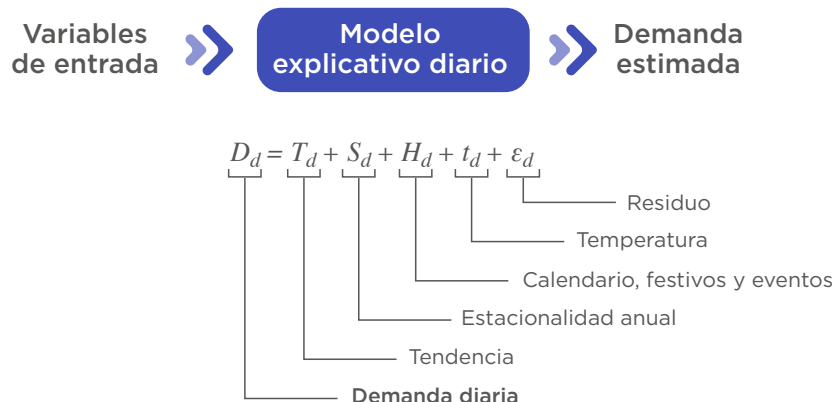
» La tendencia de la serie de demanda.

- » La estacionalidad anual, asociada normalmente a la variación estacional de la temperatura y ciertos ciclos económicos y estacionales.
- » La estacionalidad semanal, asociada al día de la semana.
- » El efecto de la festividad y otros eventos de carácter excepcional como los desastres naturales o las huelgas importantes.
- » Las variaciones en la demanda asociadas a las fluctuaciones diarias de la temperatura, relacionadas con el uso de calefacción y aire acondicionado.



FIGURA 12

Componentes del modelo explicativo desarrollado para la demanda diaria. El modelo descompone aditivamente la demanda diaria en un conjunto de términos que recogen básicamente la tendencia de la serie, la estacionalidad anual, el efecto de los días de la semana, festivos y eventos especiales, y efecto de la temperatura.



4.2 Identificación, ajuste y ejecución del modelo explicativo

El modelo de regresión desarrollado es lo suficientemente general como para permitir explicar cómo varía la demanda diaria de los diferentes países considerados en este estudio, requiriendo únicamente la especificación concreta para cada uno de ellos.

Para identificar la estructura del modelo de regresión para un determinado país, se ha seguido una metodología iterativa basada en el análisis de los residuos observados en el periodo de ajuste.

En concreto, el procedimiento de identificación consta de las siguientes fases:

- » Establecimiento de una estructura observando las características fundamentales de la serie (tendencia, estacionalidad anual y semanal, efecto de la temperatura, etc.).
- » Ajuste de los coeficientes del modelo mediante mínimos cuadrados ordinarios.
- » Análisis de los p-valores de los coeficientes estimados y del error cuadrático medio obtenido en el conjunto de ajuste.

» Análisis de los residuos y su estructura temporal para detectar puntos de mejora, con especial énfasis en la identificación de:

- Días concretos con un residuo puntual anómalo, posiblemente relacionados con días festivos si etiquetar correctamente o algún suceso anómalo.
- Cambios en la tendencia que requieren ser modelados.
- Periodos con error sistemático, posiblemente asociados a sucesos de origen social como huelgas, manifestaciones o revueltas.

» Modificación de la estructura del modelo para corregir los problemas detectados en los residuos, incluido la incorporación de nuevas variables si fuese necesario y vuelta al segundo punto para ajustar el nuevo modelo especificado y repetir el análisis de los resultados.

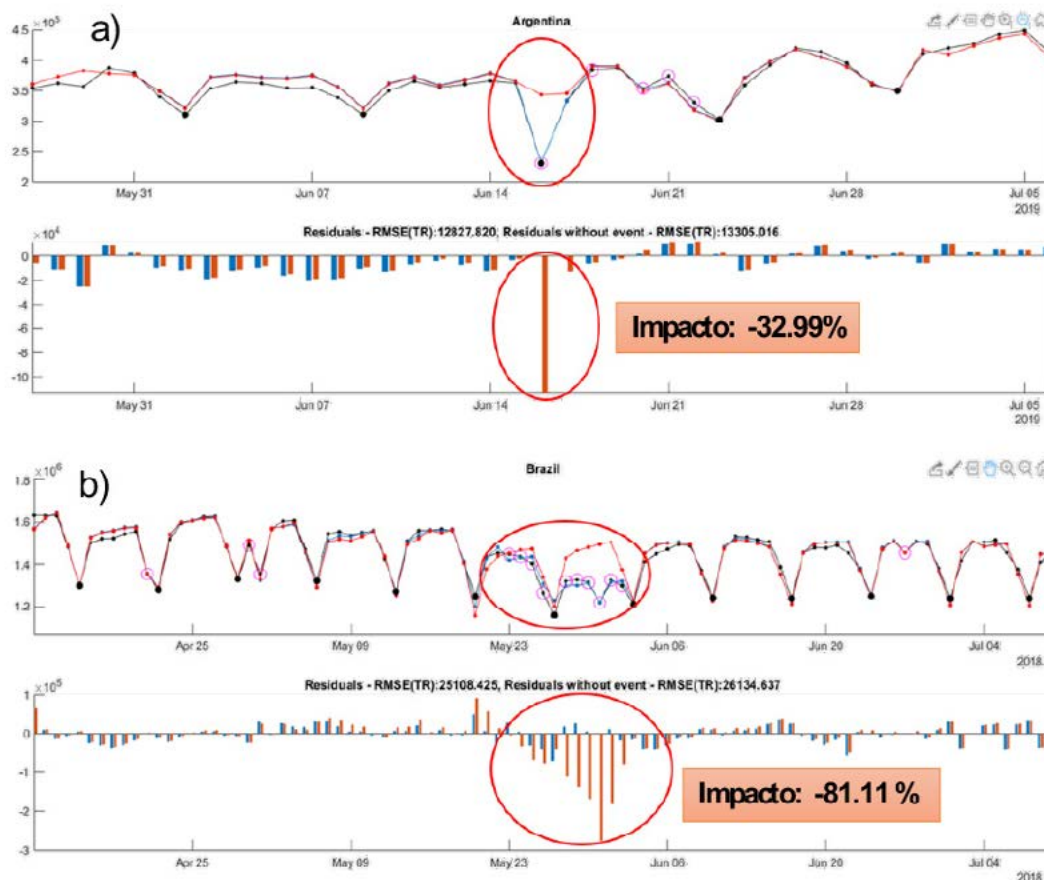
En la Figura 13 se muestran dos ejemplos en los que se puede observar cómo la revisión de la serie temporal de los residuos (demanda real – demanda estimada) permite detectar periodos atípicos en la serie de demanda que requieren algún tipo de intervención para su correcto modelado. En concreto, se muestra el resultado proporcionado por la evaluación del modelo en el periodo de

ajuste antes incluir el evento detectado y una vez intervenido para corregirlo. **El primer ejemplo de Argentina se corresponde con un día puntual que tiene un residuo muy elevado al observarse una demanda mucho más baja que la estimada por el modelo.** En el segundo caso se trata de un periodo de casi dos semanas en las que la demanda de electricidad de Brasil se redujo significativamente durante una huelga generalizada de los camioneros que paralizó gran parte del país. En esta ocasión, antes de incluir en el modelo este evento atípico, se pueden observar unos residuos negativos muy elevados, síntoma de la existencia de alguna anomalía que requiere ser caracterizada.

El inicio del rango de ajuste se ha seleccionado específicamente para cada serie de demanda a modelar en función de la profundidad del histórico disponible y de la calidad de los datos, llegando a un compromiso entre el volumen de datos disponibles para el ajuste del modelo y la calidad de estos. Sin embargo, el final del rango de ajuste se ha fijado el 31 de diciembre de 2019 para todos los países. Esto permite, por un lado, asegurar que los modelos se ajustan en condiciones previas a la pandemia del COVID-19, y por otro, libera los datos de los primeros meses de 2020 para validación del modelo ajustado en un periodo de predicción con datos no utilizados para estimar los coeficientes del modelo. **En el apartado de resultados y en el anexo se pueden consultar los rangos de ajuste empleados para cada país.**

FIGURA 13

Ejemplos de detección de periodos con demandas atípicas mediante el análisis de los residuos del modelo ajustado. (a) En Argentina un apagón de electricidad que duró varias horas supuso una disminución del 33% de la demanda esperada para el 19 de junio de 2019. (b) En Brasil una huelga de camioneros alteró severamente la demanda de electricidad entre el 23 de mayo de 2018 y el 2 de junio de 2018, con un descenso de un 81% sobre lo esperado.



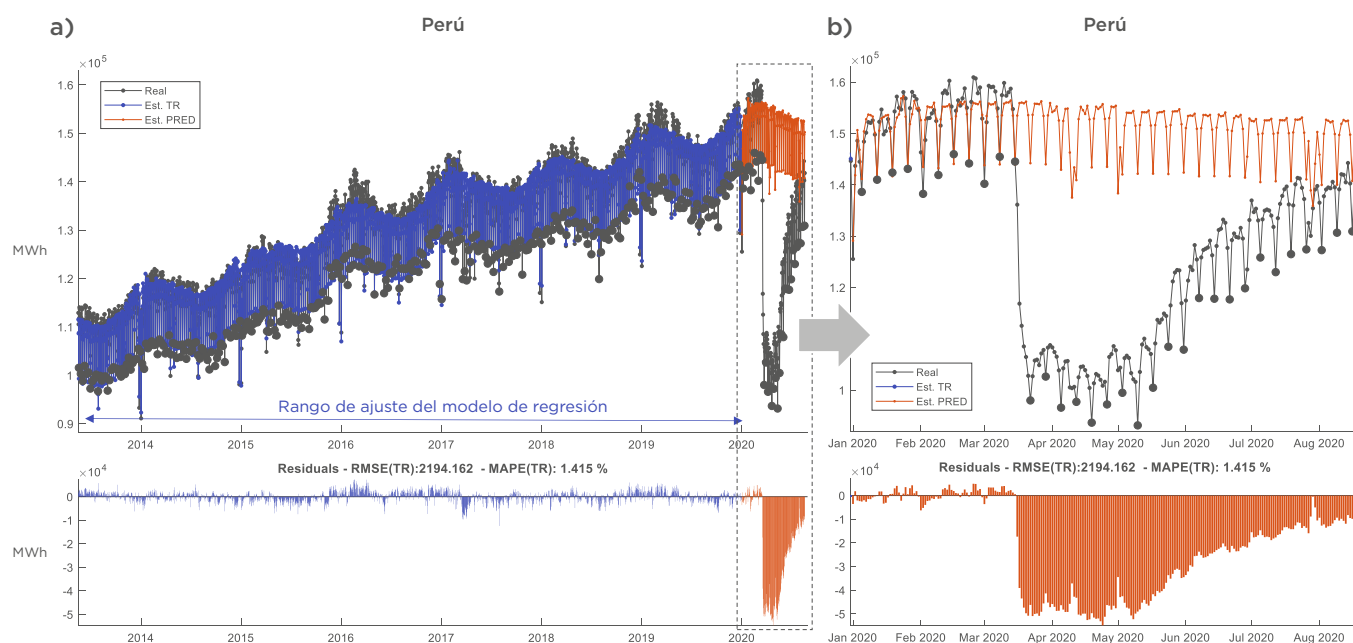
Una vez identificado y ajustado el modelo de regresión de cada país, se ha procedido a calcular la demanda de referencia para cada día del año 2020, necesaria para poder medir el impacto de la pandemia de COVID-19 durante los primeros meses. Para ello se ha ejecutado en los primeros meses de 2020 el modelo de regresión ajustado, utilizando los datos reales de festividad y temperaturas disponibles para dicho año. Además, para poder ejecutar dicho modelo es necesario extrapolar la componente tendencia del modelo al año 2020. El criterio empleado ha consistido en extrapolar el último tramo lineal de la componente tendencia identificado.

En la Figura 14 se muestra la serie de demanda diaria real de Perú y la estimada por el modelo de regresión para los periodos de ajuste (en azul) y de predicción (en naranja). Para este país el rango de ajuste, empleado para estimar los coeficientes del modelo de regresión, cubre el periodo 1 de enero de 2010 al 31 de diciembre de 2019. Observando la demanda de referencia diaria obtenida para 2020 mediante extrapolación del modelo ajustado se puede determinar que el efecto de la pandemia de COVID-19 en la demanda eléctrica de Perú comenzó el 16 de marzo de 2020, con un descenso en el consumo muy significativo.



FIGURA 14

Estimación de la demanda diaria esperada para Perú en el rango de ajuste (detalle de los años 2013 a 2019) y en el de predicción (primeros meses de 2020). Para obtener la predicción de 2020, la demanda de referencia para medir el impacto del COVID-19, se ha extrapolado el último tramo lineal de la componente tendencia del modelo de regresión, utilizándose los valores reales diarios de la temperatura media de referencia para Perú, así como los festivos de 2020.





4.3 Indicadores de impacto

Una vez determinada la demanda diaria de referencia para cada país, es posible comparar la demanda observada diariamente con la de referencia para cuantificar el impacto de la pandemia de COVID-19 en la demanda de energía eléctrica.

Se han definido un conjunto de indicadores de impacto sencillos para facilitar la interpretación del efecto observado diariamente y poder tener una medida robusta de lo ocurrido. Dichos indicadores se basan en los residuos diarios y se expresan en porcentaje de variación respecto a la demanda de referencia proporcionada por el modelo de regresión. **En concreto, se han definido tres indicadores de impacto básicos:**

- » Indicador diario de impacto:

$$DI_d(\%) = 100 (D_d - \widehat{D}_d) / \widehat{D}_d$$

- » Indicador semanal de impacto:

$$WI_w(\%) = 100 \sum_{d \in w} (D_d - \widehat{D}_d) / \sum_{d \in w} \widehat{D}_d$$

- » Indicador mensual de impacto:

$$MI_m(\%) = 100 \sum_{d \in m} (D_d - \widehat{D}_d) / \sum_{d \in m} \widehat{D}_d$$

En las anteriores expresiones D_d es la demanda diaria en el día d , \widehat{D}_d y la demanda diaria de referencia, estimada por el modelo. Los subíndices w y m indican la semana y el mes, respectivamente. Nótese que en el denominador aparece la demanda estimada, no la real, ya que la referencia la marca dicha demanda.

Estos indicadores permiten no solo cuantificar el impacto observado en un determinado país sino también facilitar la comparación entre países; al ser valores porcentuales referidos a la demanda. Además, también permiten, por ejemplo, determinar en qué mes o meses el impacto ha sido mayor.

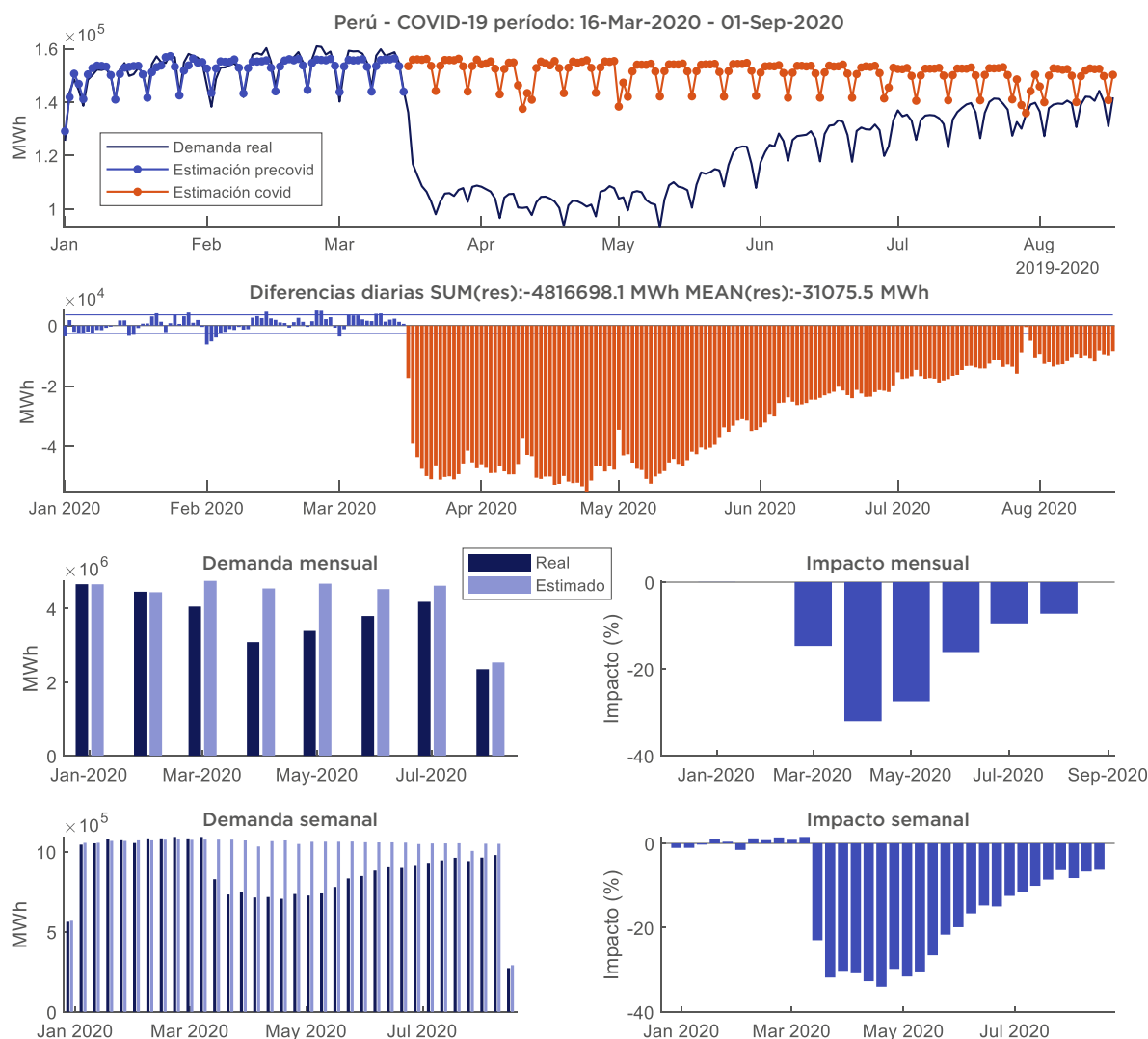
A modo de ejemplo, en la Figura 15 se muestra para Perú, el país con la demanda de electricidad más impactada de los diez países analizados, las demandas diarias observadas y estimadas por el modelo de regresión para 2020, así como los residuos diarios. Esta información, muy detallada, se complementa con las demandas semanales y mensuales reales y estimadas, así como con los indicadores de impacto mensual y semanal calculados en el periodo considerado. Como se puede observar, abril de 2020 es el mes más afectado, con un descenso de la demanda de un 32%. Semanalmente, el mayor impacto se observa en la cuarta semana de abril, con un impacto del -34%. A partir de ese momento se observa una recuperación paulatina de la demanda, pero en agosto de 2020 se puede considerar que la demanda no había alcanzado los niveles que habría tenido si no hubiese existido la pandemia.

Estos indicadores se han utilizado en el apartado de resultados para comparar lo ocurrido en los diferentes países. Además, en el Anexo I se incluye la información detallada para cada uno de los países analizados.



FIGURA 15

Impacto del COVID-19 en la demanda de Perú durante 2020. Gracias a la demanda de referencia estimada, se puede afirmar que la demanda sufrió un decremento muy acusado a partir del 16 de marzo de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de abril, con un impacto de -32%, el mayor de todos los países estudiados. En agosto de 2020 la demanda no había recuperado todavía los valores esperados según la estimación realizada por el modelo sin considerar el impacto de la pandemia.





4.4 Resultados

En este apartado se recogen los principales resultados sobre el impacto de la pandemia de COVID-19 durante el año 2020 en la demanda diaria para los diez países de Latinoamérica y el Caribe estudiados. En el Anexo I se pueden encontrar información complementaria sobre los resultados particulares para cada país.

Durante 2020 el COVID-19 ha impactado en la demanda diaria de todos los países considerados, pero de forma muy diferente. En la gran mayoría de los países el impacto en la demanda diaria se empieza a observar a mediados del mes de marzo de 2020, menos en el caso de México, donde según la metodología empleada el efecto comienza a ser significativo el 1 de abril de 2020.

En la Figura 16 se muestra para cada país la evolución temporal de la demanda diaria en 2020. En concreto, se puede observar la demanda real (en negro), frente la demanda de referencia estimada por el modelo, antes del inicio del efecto de

la pandemia (en azul) y durante la pandemia (en naranja). La diferencia entre la demanda real y la estimada (el residuo diario), está representado en la Figura 17 para facilitar el análisis detallado del mismo. El detalle de los indicadores de impacto semanal y mensual calculados a partir de esta información aparecen en el Anexo I. En la Tabla 1 se resume para cada país el impacto obtenido para poder comparar fácilmente.

Observando el impacto mensual máximo en la Tabla 1, se puede comprobar que los países analizados se pueden agrupar en tres grandes grupos atendiendo al impacto sufrido. Los países claramente más afectados son Perú y Bolivia, con un impacto en abril de 2020 en torno al -30%. En el extremo opuesto estarían Chile y Uruguay, con un impacto máximo aproximado de un -6% en el periodo analizado. El resto de los países tienen impactos máximos entre el -11% y el -17%. En la Tabla 2 se puede observar el detalle mensual del impacto del COVID-19 durante los primeros meses de 2020.



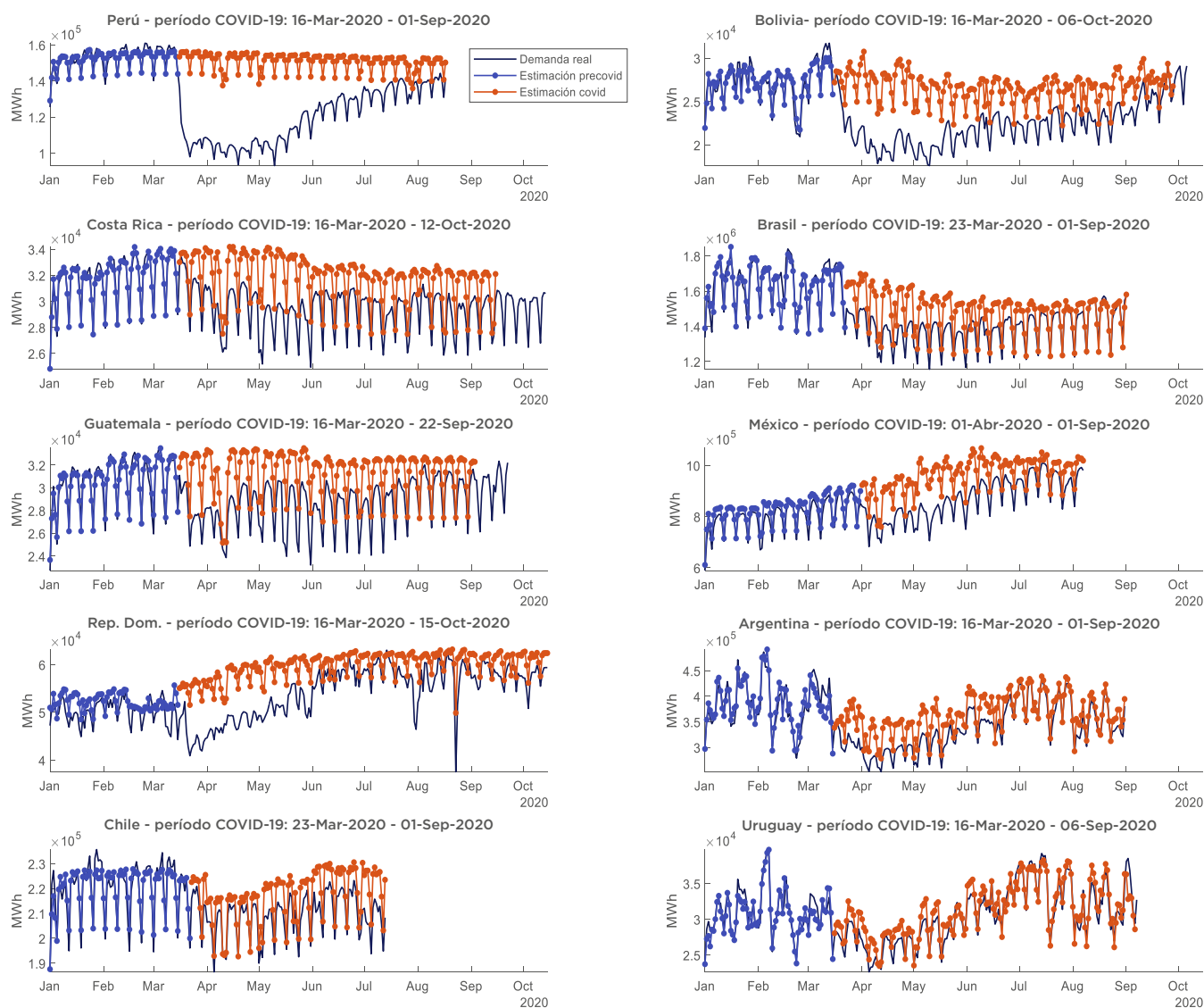
TABLA 1

Resumen del impacto del COVID-19 en la demanda diaria de cada país estudiado durante 2020. Para cada país se indica la fecha estimada de inicio del efecto del COVID-19 en la demanda, el mes para el que el impacto calculado es máximo, junto con el valor del indicador de impacto mensual en dicho mes. Además, se incluye también el impacto semanal máximo y el número de la semana del mes en el que ocurrió. Se observan diferencias importantes en los impactos máximos, siendo Perú y Bolivia los dos países donde la reducción de la demanda durante la aparición de la pandemia de COVID-19 ha sido mayor, en contraste con Chile y Uruguay, países con un impacto en la demanda diaria mucho menor en el periodo analizado.

| País | Inicio efecto covid | Mes máximo impacto | Impacto mensual máximo | Semana máximo impacto | Impacto semanal máximo |
|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| Perú | 16-mar-20 | Abr-2020 | -32.0% | Abr-4 | -34.0% |
| Bolivia | 16-mar-20 | Abr-2020 | -27.6% | Abr-3 | -29.4% |
| Rep. Dominicana | 16-mar-20 | Abr-2020 | -16.8% | Mar-4 | -21.9% |
| México | 01-abr-20 | May-2020 | -14.3% | May-3 | -17.0% |
| Argentina | 16-mar-20 | Abr-2020 | -13.3% | Mar-4 | -15.2% |
| Costa Rica | 16-mar-20 | May-2020 | -12.5% | May-2 | -13.5% |
| Brasil | 23-mar-20 | Abr-2020 | -11.4% | Abr-3 | -12.8% |
| Guatemala | 16-mar-20 | May-2020 | -10.9% | Mar-4 | -14.7% |
| Chile | 23-mar-20 | Jul-2020 | -6.3% | Jun-5 | -6.5% |
| Uruguay | 16-mar-20 | Abr-2020 | -5.8% | Mar-5 | -8.1% |

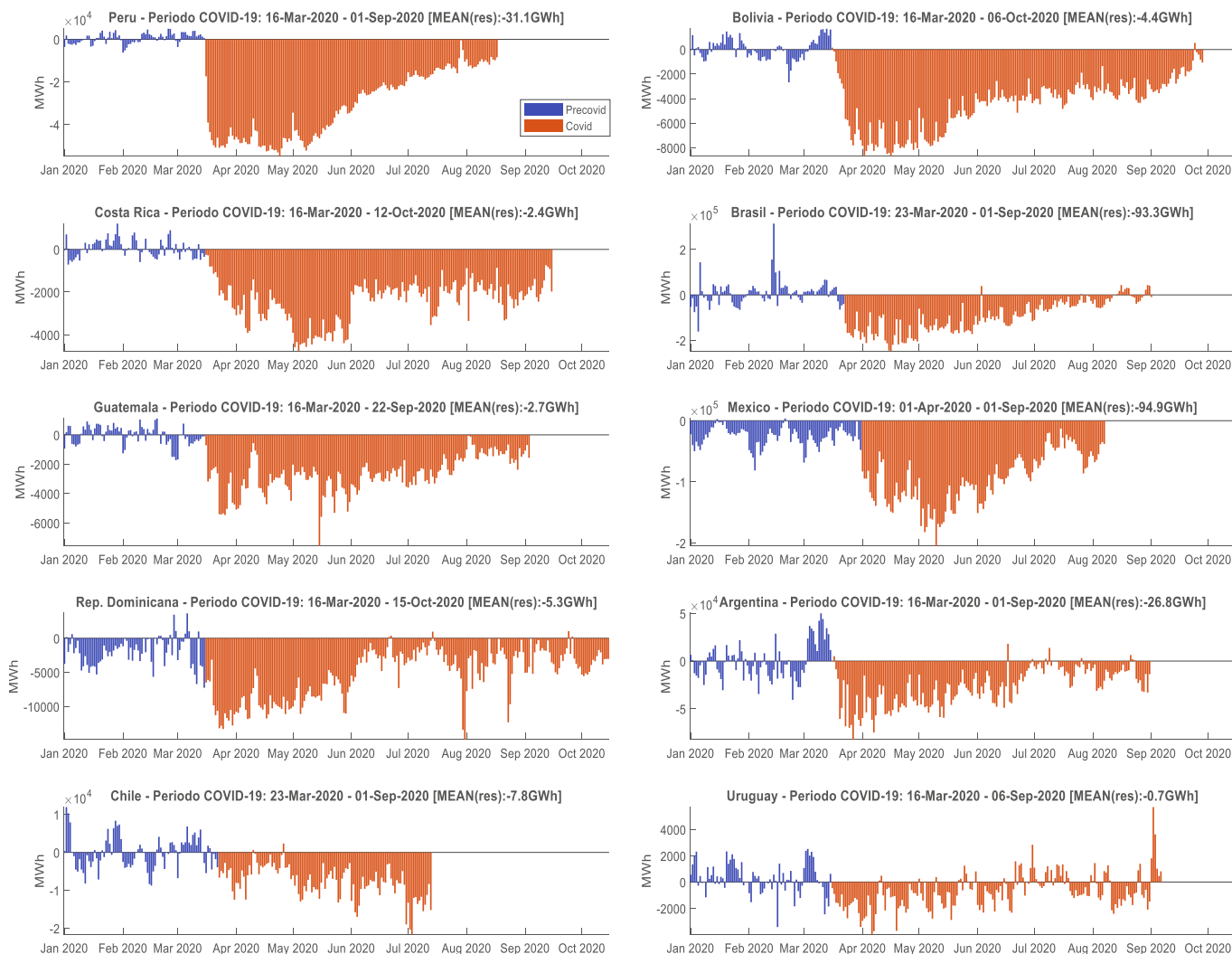
**FIGURA 16**

Comparativa entre la demanda real observada en 2020 y la estimada. Para los países analizados se observa un descenso generalizado en la demanda diaria en 2020 respecto a la referencia obtenida. Los meses más afectados fueron abril y mayo, con un descenso medio de la demanda aproximado de un 10%. La línea azul representa la demanda modelada para un año estándar en el periodo pre-confinamiento y la naranja una vez el confinamiento dio comienzo. En negro queda representada la demanda real registrada. En base a la diferencia entre ambas se puede ver como la demanda modelada para un año habitual está por encima de la que se dio durante el COVID.



**FIGURA 17**

Diferencias entre la demanda de referencia estimada por el modelo y la demanda diaria real (ver Figura 16). Se puede observar que las mayores diferencias ocurrieron en los primeros meses del inicio de la pandemia, siendo en Perú y Bolivia los más afectados. En azul quedaría representada la demanda pre COVID y en naranja el periodo en el cual las medidas de COVID dieron comienzo.



**TABLA 2**

Resumen mensual del impacto del COVID-19 durante los primeros meses de 2020. Para cada país se indica la demanda mensual observada, la demanda de referencia estimada con el modelo de regresión y el impacto mensual calculado.

Demanda observada (GWh)

| Mes | Perú | Bolivia | Costa Rica | Brasil | Guatemala | México | Rep. Dom. | Argentina | Chile | Uruguay |
|--------|--------|---------|------------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|--------|---------|
| Mar-20 | 4054.4 | 814.4 | 984.0 | 49049.4 | 913.1 | 25854.3 | 1462.9 | 11139.4 | 6766.9 | 909.2 |
| Abr-20 | 3089.2 | 598.2 | 887.5 | 40939.2 | 836.9 | 23496.7 | 1430.1 | 8534.1 | 6186.6 | 772.0 |
| May-20 | 3393.5 | 618.6 | 877.5 | 41338.5 | 871.1 | 25459.7 | 1596.3 | 9613.8 | 6413.4 | 878.2 |
| Jun-20 | 3798.6 | 663.7 | 890.2 | 41165.8 | 842.5 | 27205.3 | 1728.8 | 10776.7 | 6418.6 | 971.4 |
| Jul-20 | 4181.9 | 698.2 | 901.1 | 43882.9 | 896.3 | 29320.9 | 1794.8 | 12179.5 | 2698.2 | 1088.8 |
| Ago-20 | 2351.1 | 710.8 | 901.4 | 44989.9 | 926.7 | 6632.5 | 1776.6 | 10725.5 | | 970.4 |
| Sep-20 | | 708.2 | 438.8 | 1571.4 | 93.5 | | 1684.3 | | | 207.8 |
| Oct-20 | | | | | | | 861.6 | | | |

Demanda estimada (GWh)

| Mes | Perú | Bolivia | Costa Rica | Brasil | Guatemala | México | Rep. Dom. | Argentina | Chile | Uruguay |
|--------|--------|---------|------------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|--------|---------|
| Mar-20 | 4752.3 | 872.4 | 1012.0 | 50189.5 | 976.3 | 26724.2 | 1660.6 | 11454.2 | 6807.7 | 928.9 |
| Abr-20 | 4546.2 | 826.1 | 971.5 | 46204.8 | 933.4 | 26813.8 | 1719.6 | 9849.4 | 6314.3 | 819.6 |
| May-20 | 4676.6 | 805.0 | 1002.4 | 45548.6 | 977.7 | 29722.5 | 1839.5 | 10688.8 | 6659.6 | 905.1 |
| Jun-20 | 4528.0 | 782.2 | 948.9 | 43933.2 | 927.3 | 30046.8 | 1817.7 | 11527.4 | 6689.6 | 987.9 |
| Jul-20 | 4621.1 | 807.2 | 964.8 | 45164.6 | 973.1 | 30791.0 | 1894.9 | 12394.9 | 2879.5 | 1089.8 |
| Ago-20 | 2535.2 | 815.0 | 965.0 | 45259.2 | 963.9 | 6988.5 | 1890.0 | 11203.9 | | 993.6 |
| Sep-20 | | 765.9 | 464.3 | 1580.6 | 96.8 | | 1764.4 | | | 194.4 |
| Oct-20 | | | | | | | 917.8 | | | |

Impacto Mensual (%)

| Mes | Perú | Bolivia | Costa Rica | Brasil | Guatemala | México | Rep. Dom. | Argentina | Chile | Uruguay |
|--------|-------|---------|------------|--------|-----------|--------|-----------|-----------|-------|---------|
| Mar-20 | -14,7 | -6,6 | -2,8 | -2,3 | -6,5 | -3,3 | -11,9 | -2,7 | -0,6 | -2,1 |
| Abr-20 | -32,0 | -27,6 | -8,6 | -11,4 | -10,3 | -12,4 | -16,8 | -13,4 | -2,0 | -5,8 |
| May-20 | -27,4 | -23,1 | -12,5 | -9,2 | -10,9 | -14,3 | -13,2 | -10,1 | -3,7 | -3,0 |
| Jun-20 | -16,1 | -15,2 | -6,2 | -6,3 | -9,1 | -9,5 | -4,9 | -6,5 | -4,1 | -1,7 |
| Jul-20 | -9,5 | -13,5 | -6,6 | -2,8 | -7,9 | -4,8 | -5,3 | -1,7 | -6,3 | -0,1 |
| Ago-20 | -7,3 | -12,8 | -6,6 | -0,6 | -3,9 | -5,1 | -6,0 | -4,3 | | -2,3 |
| Sep-20 | | -7,5 | -5,5 | -0,6 | -3,4 | | -4,5 | | | 6,9 |
| Oct-20 | | | | | | | -6,1 | | | |

⚡ 5. ¿Ha cambiado la forma de consumir electricidad durante el COVID?

Esta sección describe los trabajos realizados para tratar de responder a la segunda pregunta de investigación del documento: ¿Ha cambiado la forma de consumir electricidad durante el COVID?

En primer lugar, se describe la metodología seguida indicando en detalle los pasos dados y modelos utilizados. Se ilustrarán las distintas fases del proceso eligiendo un país de referencia, Brasil. Finalmente, se describen los resultados obtenidos para todos los países de forma agregada. Los resultados detallados por país se pueden observar en el Anexo I.



5.1 Metodología

Para estudiar la forma de consumir la electricidad se analiza la serie de demanda horaria en cada país. En concreto, se estudiarán los perfiles diarios

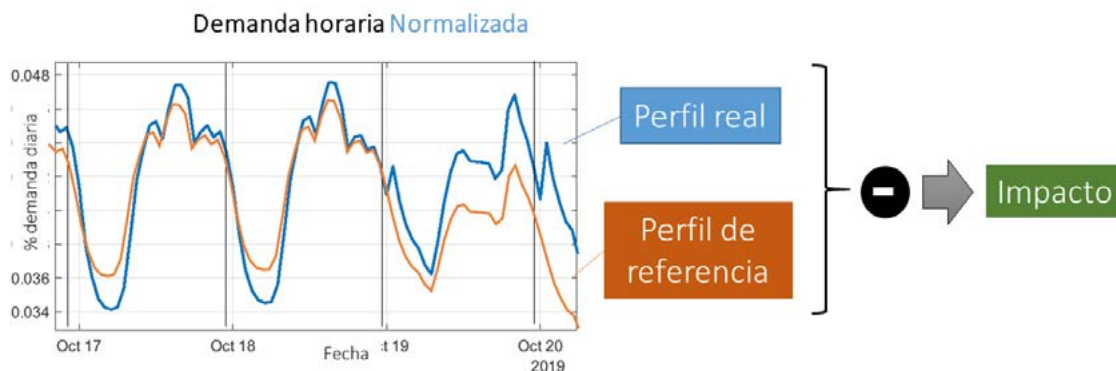
de consumo para cada día, donde cada perfil está compuesto por los 24 valores de demanda de ese día. La metodología seguida para esta sección es similar conceptualmente a la metodología seguida para medir el impacto en la demanda diaria:

El objetivo es construir un perfil de referencia de la demanda diaria utilizando un modelo explicativo que permita descontar las variaciones debidas a otros efectos (festividad, temperatura). De esta manera, se podrá cuantificar el impacto en el perfil de demanda diario debido al COVID-19 comparando el perfil de referencia esperado con el perfil real observado en los días de interés. Dado que el nivel de consumo no es relevante para estudiar el patrón de consumo, se analizará la serie de demanda horaria normalizada. La Figura 18 ilustra la metodología para obtener el impacto en el perfil de consumo.



FIGURA 18

Esquema conceptual de la metodología utilizada para medir el impacto del COVID-19 en el perfil de demanda diario. Se obtienen perfiles normalizados de demanda para cada día y se construye un perfil de referencia mediante la evaluación de un modelo explicativo ajustado. Comparando los dos perfiles se obtienen diferencias de perfil encada día que son la base para calcular los índices de impacto propuestos que permiten cuantificar la variación en el perfil de demanda debido al COVID-19 durante el año 2020.



En concreto, la metodología de estudio se puede dividir en 5 pasos, que se describen en detalle en las subsecciones siguientes:

- » **Paso 1:** Obtención de perfiles normalizados de demanda para cada día.
- » **Paso 2:** Obtención de patrones de perfiles usando datos pre-COVID.
- » **Paso 3:** Entrenamiento de un modelo para explicar la activación de los patrones de consumo.
- » **Paso 4:** Predicción del patrón esperado en 2020 usando el modelo entrenado.
- » **Paso 5:** Comparación de la predicción con el perfil observado y cálculo de impacto.

5.1.1 Obtención de perfiles normalizados

El nivel de consumo no es relevante para estudiar el patrón de consumo. Es más, el nivel de demanda diaria se modela con el modelo explicativo de demanda diaria, por tanto, conviene descontar ese efecto de la serie horaria.

Es por eso por lo que se analizará la serie de demanda horaria normalizada por el valor de demanda diaria. Formalmente, la demanda normalizada $DN_{d,h}$ del día d y hora h se calcula como el cociente entre la demanda horaria $D_{d,h}$ dividido entre la suma de demandas del día, $\sum_h D_{d,h}$. Es decir:

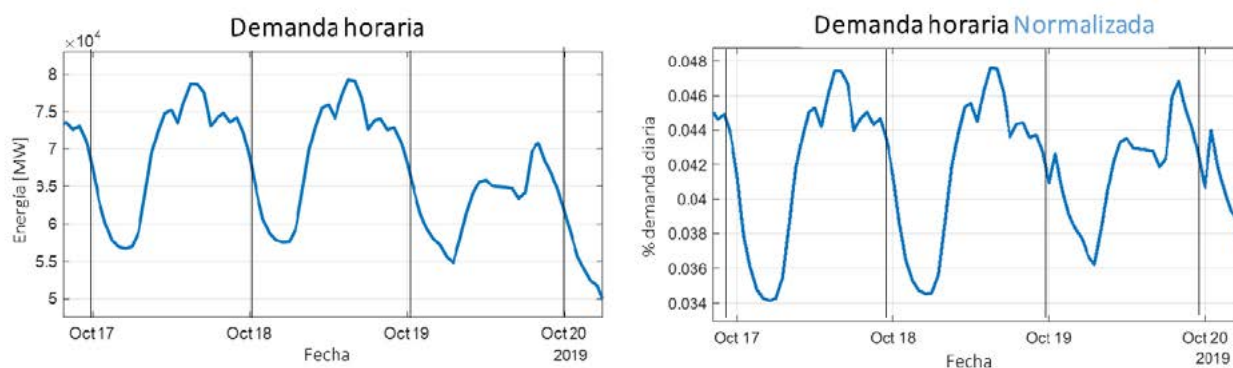
$$DN_{d,h} = \frac{D_{d,h}}{\sum_h D_{d,h}}$$

La Figura 19 ilustra el efecto de normalizar la serie para un tramo concreto de la serie histórica de demanda en Brasil.



FIGURA 19

Tramo de la serie de demanda horaria (izquierda) y el mismo tramo de la serie después de normalizar (derecha). Estudiar la demanda horaria en términos absolutos no permite comparar los perfiles de distintos días en las mismas condiciones. Para desacoplar el problema, se analiza la serie de demanda horaria normalizada por el valor de demanda diaria.



5.1.2 Obtención de patrones de perfiles usando datos pre-COVID

Una vez realizado el proceso de normalización de la demanda horaria, la serie temporal se divide en perfiles diarios de demanda, donde cada perfil se compone de las 24 demandas horarias del día. Por tanto, se obtiene un conjunto de datos multivariante con una muestra por día y 24 variables de demanda, una para cada hora. La Figura 20 ilustra todos los perfiles de demanda originales y los normalizados obtenidos para la serie histórica de demanda de Brasil.

Analizar este conjunto de datos multivariante es complejo, ya que se desea analizar la evolución temporal de las 24 demandas horarias de forma simultánea. Sin embargo, se puede observar en la Figura 20 que existen perfiles históricos que son muy similares entre ellos, y significativamente distintos a otros. Por tanto, la metodología propuesta consiste en agrupar los perfiles observados de acuerdo con su similitud y así, representar el conjunto de perfiles históricos de forma fiable con un número reducido de perfiles de referencia, simplificando el estudio de los datos.

Para encontrar esos perfiles de referencia, también llamados patrones, se ha utilizado el algoritmo de clustering *kmeans*. El modelo busca de forma automática los perfiles que mejor agrupan y representan a los datos atendiendo a la distancia euclídea y asigna cada perfil histórico a uno de los representantes obtenidos.

El algoritmo *kmeans* se aplica a todos los perfiles históricos hasta el 2020 (el conjunto de entrenamiento) de forma que se obtienen los perfiles representativos de consumo pre-COVID. La Figura 21 muestra los 7 patrones obtenidos por el modelo *kmeans* para el conjunto de entrenamiento en Brasil. Los patrones son perfiles de demanda diaria que representan tipos de días distintos. En la gráfica de la derecha se muestran los 7 representantes obtenidos. La gráfica de la izquierda ilustra cada perfil representante y las curvas asociadas a cada uno. Se puede observar cómo las curvas asociadas a cada uno de los perfiles siguen son muy similares entre ellas y distintas a las asignadas a otros clusters.

FIGURA 20

Perfiles de demanda diaria (izquierda), perfiles de demanda normalizada diaria (derecha) para Brasil.

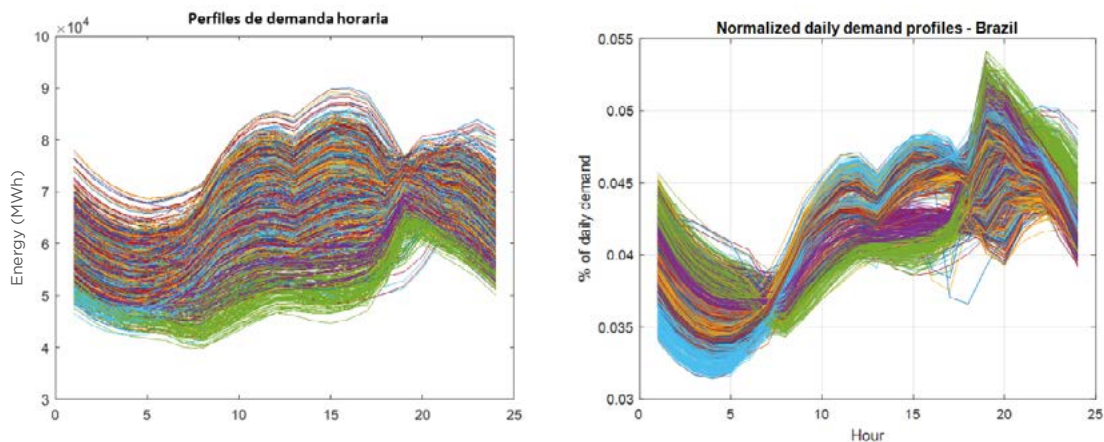
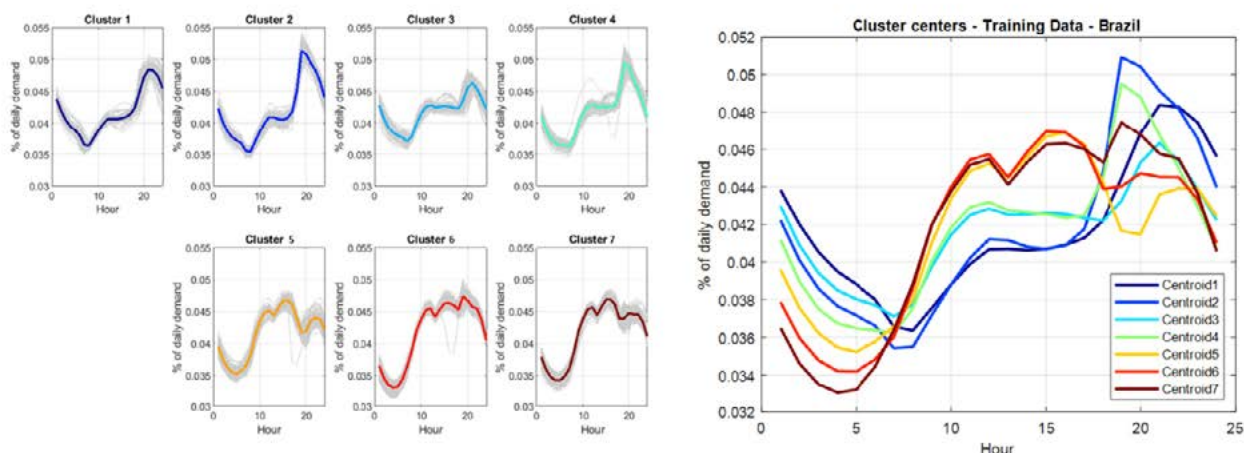




FIGURA 21

Patrones obtenidos por el modelo de clustering kmeans para el conjunto de entrenamiento (Derecha) y las curvas asociadas a cada perfil representante (Izquierda). Los representantes obtenidos agrupan todos los perfiles observados. Se puede ver que los patrones 1 a 4 son de demanda media en las horas centrales del día e incrementándose significativamente por la tarde, mostrando un pico de consumo hacia las 20h. Los patrones 5 a 7 muestran un perfil muy distinto: Hacia las 7 de la mañana el consumo se incrementa significativamente, y no hay tanta diferencia entre las horas centrales y la demanda de la tarde.



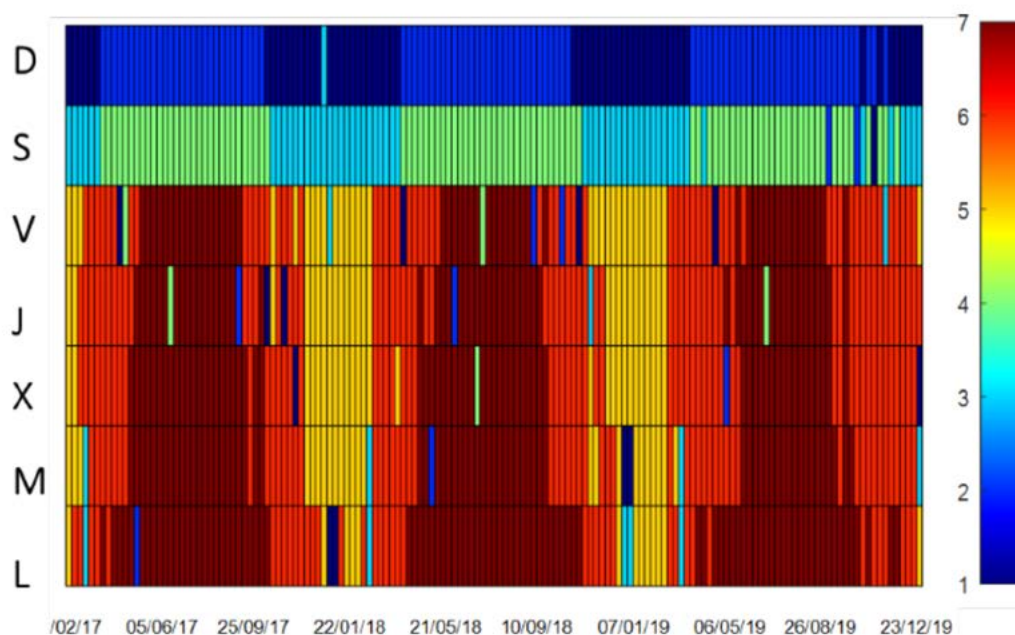
Una vez se han encontrado los perfiles de referencia, es interesante analizar la activación temporal de los mismos, es decir, analizar qué día se ha asignado a cada perfil representante. La Figura 22 representa un mapa de calor con la activación de cada patrón para cada día. El mapa es una matriz de colores donde cada columna representa una semana y cada fila un día (lunes en la fila inferior a domingo en la fila superior). El color de la matriz indica el perfil representante al que está asociado el perfil real de ese día. Se puede observar que la activación de los patrones sigue una periodicidad anual y semanal. **Concretamente:**

- » Los patrones 1 y 2 se activan los domingos, el primero en los meses de verano y el segundo en los meses de invierno.

- » Los patrones 3 y 4 se activan los sábados, el primero en los meses de verano y el segundo en los meses de invierno.
- » Los patrones 5, 6 y 7 son patrones de días laborables, siendo el patrón 5 un perfil típico en los meses de invierno, el patrón 7 un perfil típico en los meses de verano y el patrón 6 un patrón de transición entre el 5 y el 7.
- » Se observan algunos días laborables cuyo patrón asociado es el 1, 2, 3 o 4. Estos días corresponden con días festivos, por tanto se observan perfiles típicos de un domingo o sábado.

FIGURA 22

Mapa de calor mostrando la activación de los patrones en el conjunto de datos de entrenamiento (antes del año 2020) para Brasil. El mapa es una matriz de colores donde cada columna representa una semana del calendario y cada fila un día (lunes en la fila inferior a domingo en la fila superior). El color de la matriz indica el perfil representante al que está asociado el perfil real de ese día. La activación de los patrones sigue una periodicidad anual y semanal. En este caso, los patrones 1 y 2 se activan los domingos, el primero en los meses de verano y el segundo en los meses de invierno. Los patrones 3 y 4 se activan los sábados, el primero en verano y el segundo en invierno. Los patrones 5, 6 y 7 son patrones de días laborables, siendo el patrón 5 un perfil típico en invierno, el patrón 7 un perfil típico en los meses de verano y el patrón 6 un patrón de transición entre el 5 y el 7. Además, Se observan algunos días laborables cuyo patrón asociado es el 1, 2, 3 o 4. Corresponden a días festivos.



Como se ha mencionado, estos perfiles se obtienen para el período de entrenamiento (usando datos pre-COVID hasta el 2020).

5.1.3 Ajuste de un árbol de decisión para la estimación del patrón esperado

El objetivo del siguiente paso es elaborar un modelo de predicción que permita estimar el perfil representante que se debería activar en cada día del 2020. Dado que la activación de los patrones tiene un fuerte comportamiento estacional según el mes del año y el tipo de día de la semana, se creará un árbol de decisión que, en base esas variables e incluyendo festividades, sea capaz de estimar el patrón.

Un árbol de clasificación es un modelo basado en reglas que trata de estimar los valores de una variable de salida en base a unas variables explicativas de entrada. El modelo establece unas reglas sencillas que dividen al conjunto de datos en varios subgrupos. Cada regla se elige secuencialmente de forma que la división que se origina ayude a discriminar mejor los datos de la variable deseada.

Para visualizar un árbol de decisión usando como ejemplo el caso de Brasil, la Figura 23 muestra el árbol entrenado para predecir el patrón activado cada día de los datos de entrenamiento usando como variables explicativas el mes y día de la semana. La imagen muestra las reglas que ha encontrado el modelo. El árbol se lee de arriba abajo e ilustra la siguiente lógica. **Por ejemplo, de cara a**

predecir el patrón de demanda para el lunes 1 de junio de 2020:

- » En primer lugar, el árbol pregunta si el día corresponde a los meses de mayo a Septiembre (verano). Si es cierto, se sigue el camino de la derecha. En caso contrario, a la izquierda. Para el 1/06/2020, se tomaría el camino de la derecha.
- » La siguiente pregunta es sobre el tipo de día. Si el día es sábado o domingo, se toma el camino de la derecha. En caso contrario, a la izquierda. Para el 1/06/2020, se tomaría el camino de la izquierda, ya que es un lunes.
- » En este caso, llegamos a lo que se denomina un nodo terminal. Ya no hay más preguntas y el árbol indica que el patrón esperado para ese día es el número 7.

El modelo previamente descrito usa tan solo el mes y día de la semana. Los modelos de árbol finales ajustados también incluye si el día es festivo o no.

5.1.4 Predicción del perfil esperado en 2020

Una vez se ha entrenado el modelo con el conjunto de datos de entrenamiento (activación de los perfiles en período pre-COVID hasta el 2020), este modelo se puede usar para predecir el valor esperado de los perfiles durante el año 2020 (como se ha ilustrado en el caso ejemplo en la subsección anterior).

La Figura 24 muestra un mapa de calor que ilustra el patrón predicho por el modelo para los períodos de entrenamiento y para la primera mitad del 2020. Se puede ver que las predicciones del árbol recogen la dinámica estacional en la activación de los patrones y es capaz de proyectar una estimación para el 2020.

FIGURA 23

Modelo de árbol de decisión para la predicción del patrón de perfil de demanda diario para Brasil. Se muestran las reglas que ha encontrado el modelo que permiten clasificar el perfil para un día dado. El árbol se lee de arriba abajo. Por ejemplo, de cara a predecir el patrón de demanda para el lunes 1 de junio de 2020, en primer lugar, el árbol pregunta si el día corresponde a los meses de mayo a septiembre. Como es cierto para el 1/06/2020, sigue el camino de la derecha. Luego el árbol pregunta es sobre el tipo de día (laborable o festivo). Para el 1/06/2020, se tomaría el camino de la izquierda, ya que es un lunes. En este caso, llegamos a un nodo terminal y ya no hay más preguntas. El árbol indica que el patrón esperado para el 1/06/2020 es el número 7.

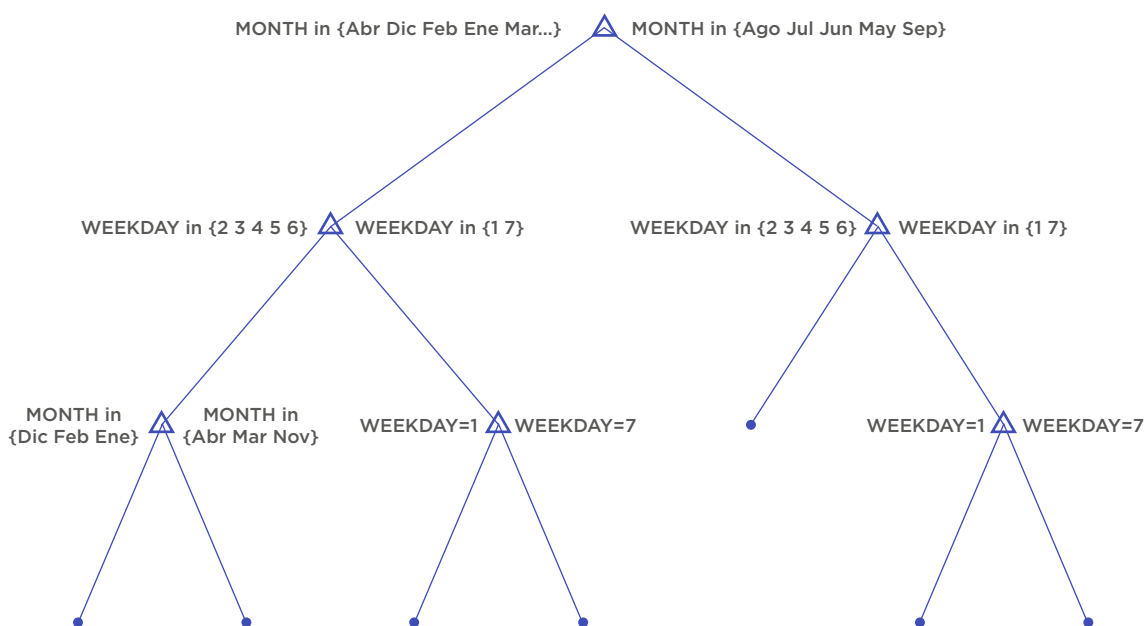
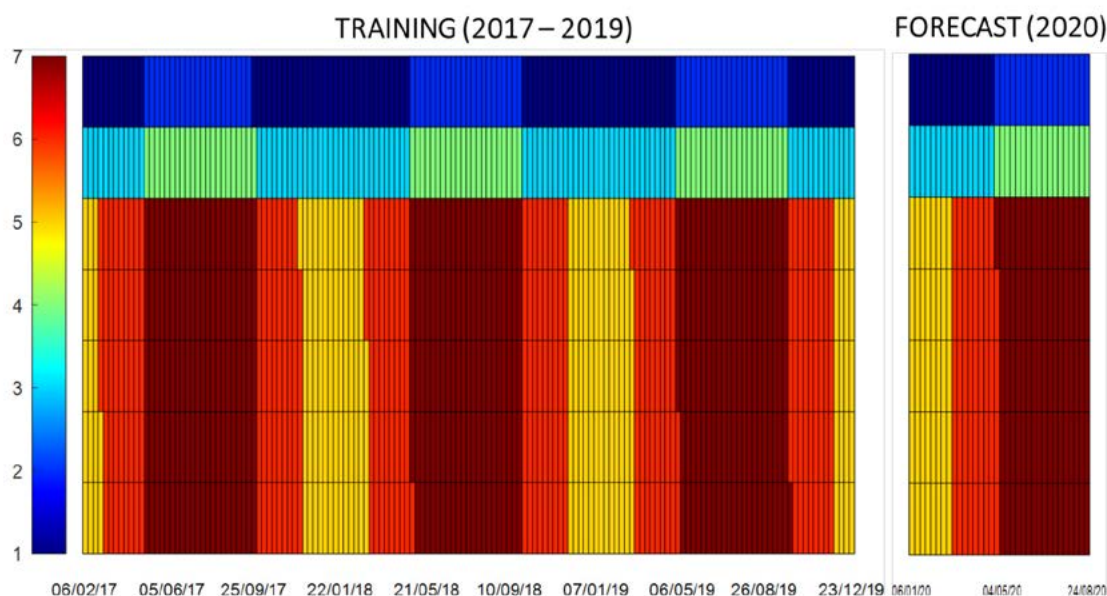




FIGURA 24

Mapas de calor ilustrando los resultados de la estimación del árbol de decisión para el período de entrenamiento (izquierda) y la predicción del patrón esperado para la primera mitad del 2020. Las predicciones del árbol recogen la dinámica estacional en la activación de los patrones y la estimación para el 2020 se puede usar como referencia para compararlo con los perfiles reales observados.



La estimación de este modelo explicativo para el 2020 es el patrón que se esperaría en una situación en la que no hubiese existido e COVID-19 y, por tanto, se puede usar como referencia para compararlo con los perfiles reales observados en 2020.

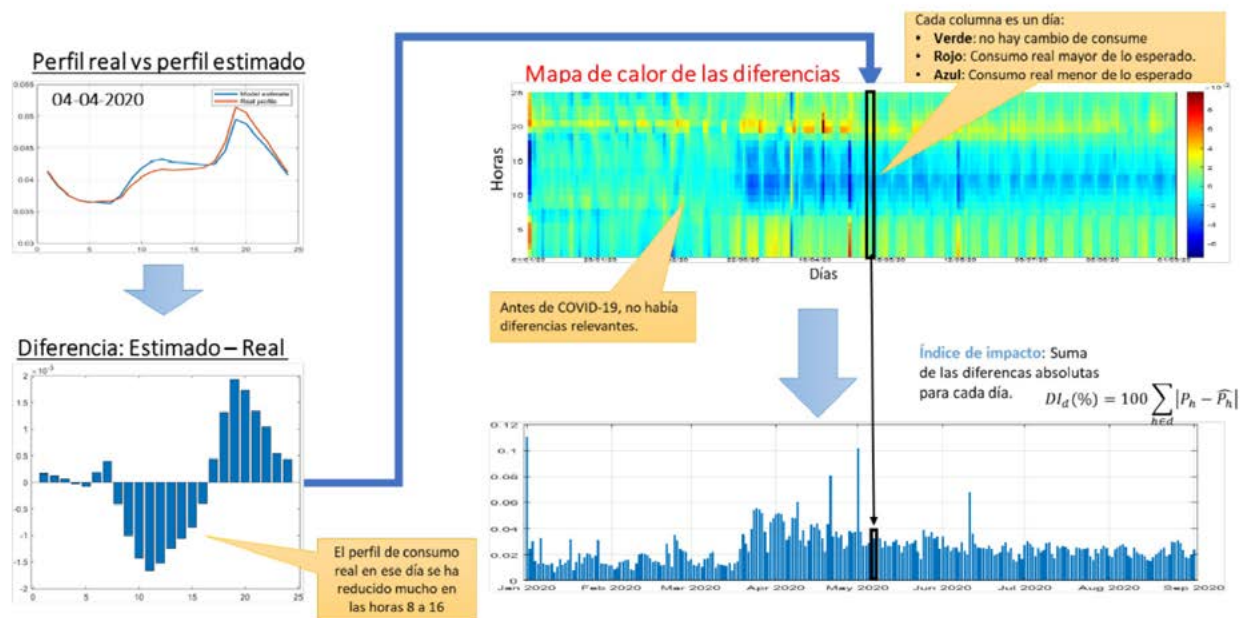
5.1.5 Comparación de la predicción con la realidad y cálculo del índice de impacto

Una vez que se ha estimado el patrón esperado para cada día de 2020, se puede comparar el

perfil estimado por el modelo con el perfil real observado. En primer lugar, se calculan las diferencias entre ambos perfiles. A partir de esas diferencias, se puede medir cómo ha cambiado la forma de la demanda en el día. La Figura 25 muestra el cálculo de diferencias y los dos principales indicadores que permiten visualizar el impacto: el mapa de calor de las diferencias y el índice de impacto.

FIGURA 25

Visualización del cálculo de las diferencias entre el perfil real y estimado y cálculo del impacto. En la figura superior izquierda se ve el perfil estimado (azul) y el perfil real (naranja) para el 04/04/2020. Siguiendo la flecha, se muestra un gráfico de barras con la diferencia entre el valor estimado y el real. Una diferencia negativa significa que se ha observado una demanda horaria más baja que lo esperado. En el ejemplo de la figura, se observan reducciones en la demanda en las horas 8 a 16 y un aumento en las horas 17 a 24. Siguiendo la flecha, se llega al mapa de calor de las diferencias, que permite visualizar cómo evoluciona el perfil de diferencias entre lo estimado y lo real a lo largo de los días. Es una matriz donde cada columna es un día y cada fila es una hora. El color de cada celda de la matriz depende del valor de la diferencia horaria observada. En azul se muestran las horas cuya demanda normalizada observada es menor que el valor esperado. En rojo, las horas cuya demanda normalizada observada es mayor que el valor esperado. Se observa que, en los primeros meses no hay grandes diferencias entre el perfil observado y esperado. Sin embargo, desde el inicio de los confinamientos, las diferencias cambian significativamente. Para el caso de Brasil, se produce una reducción de la demanda durante las horas centrales del día y un incremento en la madrugada y en la noche, a partir de las 19h. Se observa, además, que el impacto es mucho más acusado durante el inicio del confinamiento y se va amainando a medida que pasan los meses. La gráfica inferior derecha muestra el índice de impacto para cada día, obtenido como la media de los valores absolutos de las diferencias en un día.



El gráfico que muestra las diferencias (inferior izquierda) entre el perfil estimado y el real ilustra el cambio de demanda en ese día. Diferencias negativas implican que la demanda horaria real ha sido más baja de lo esperado, mientras que diferencias positivas muestran que la demanda real es superior a lo esperado.

La dificultad en este problema radica en visualizar estas diferencias a lo largo del tiempo, ya que es un perfil de diferencias que cambia dinámicamente cada día. Para ello se construye una visualización que es el mapa de calor de las diferencias. El

mapa de calor es una matriz donde cada columna es un día y cada fila es una hora (hora 1 en la fila inferior y hora 24 en la fila superior). El color de cada celda de la matriz depende del valor de la diferencia horaria observada. En azul se muestran las horas cuya demanda normalizada observada es menor que el valor esperado. En rojo, las horas cuya demanda normalizada observada es mayor que el valor esperado.

Se puede observar que antes del inicio de COVID-19 no había diferencias relevantes entre el perfil real y el perfil de referencia (casi todas las

horas son de color verde). Sin embargo, desde el inicio de los confinamientos, las diferencias cambian significativamente. Para el caso de Brasil, se produce una reducción de la demanda durante las horas centrales del día y un incremento en la madrugada y en la noche, a partir de las 19h. Se observa, además, que el impacto es mucho más acusado durante el inicio del confinamiento y se va amainando a medida que pasan los meses.

Finalmente, para cuantificar el impacto para un día concreto, se analiza el índice de impacto propuesto como:

$$DI_d(\%) = 100 \sum_{h \in d} |\widehat{DN_{d,h}} - DN_{d,h}|$$

Por tanto, para cada día, su índice de impacto es la media de las diferencias en valor absoluto de ese día. Conceptualmente, esto se puede interpretar como el porcentaje medio de cambio en una hora respecto de la demanda diaria.

Analizar la evolución temporal del índice de impacto permite cuantificar cómo de relevante fue el impacto durante el confinamiento y si las diferencias se han ido reduciendo con los meses.



5.2 Resultados Globales

Esta sección muestra los resultados de la metodología explicada en la sección previa extendida a todos los países estudiados. Los detalles de cada fase de la metodología para cada país se pueden encontrar en el Anexo I. **Esta sección se centrará en una comparativa de los resultados más relevantes, en concreto:**

1. Comparativa de los perfiles representantes obtenidos para cada país.

2. Comparativa de los mapas de calor de las diferencias para cada país.
3. Comparativa del impacto semanal en el perfil diario.
4. Visualización de los perfiles diarios de consumo según países, antes y durante COVID-19.

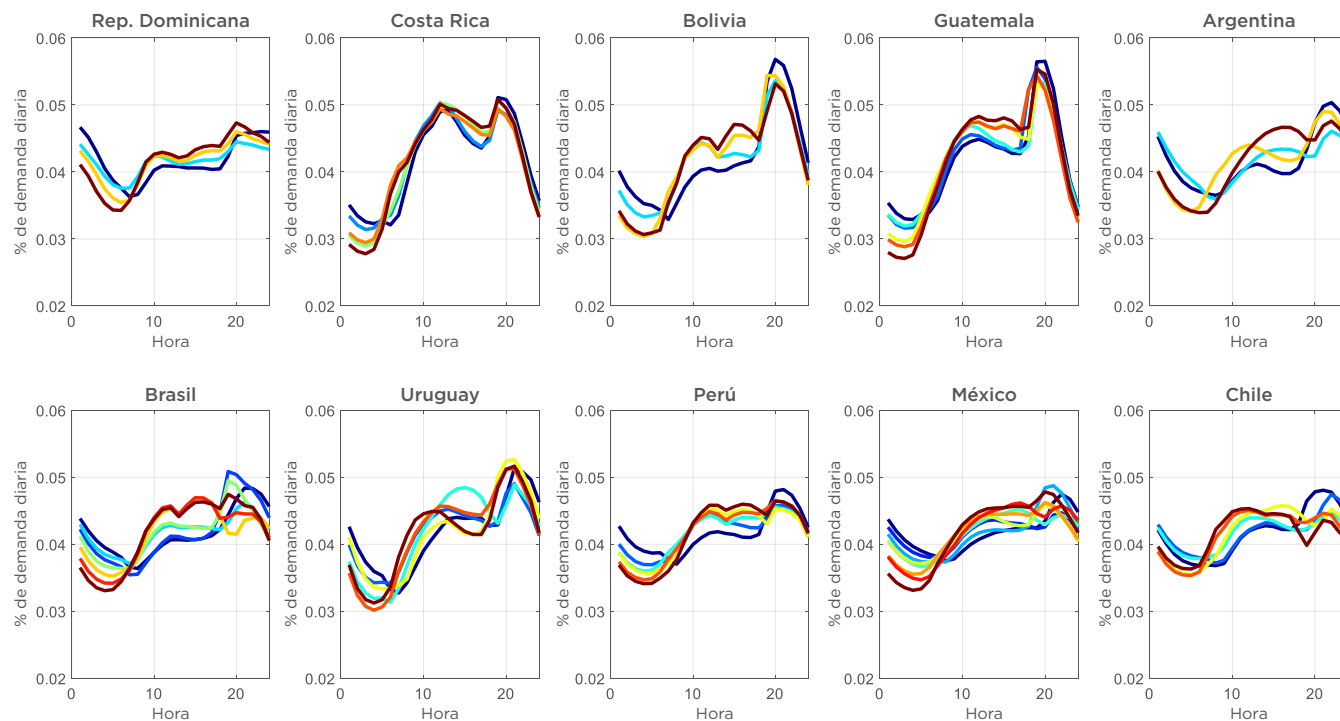
En primer lugar, la Figura 26 muestra los perfiles representantes obtenidos por el modelo de clustering para cada país. **Se pueden destacar varias conclusiones relevantes:**

- » El número de patrones necesarios para modelar los perfiles en cada país es diferente. Esto es debido a las diferentes formas de consumir en cada país y a la diferente sensibilidad a la temperatura.
- » Se puede destacar un patrón de comportamiento común a todos los países, derivado de los hábitos humanos. Se observa una demanda baja en las horas de la madrugada que se va incrementando a lo largo de la mañana. Se observa también un pequeño descenso en las últimas horas de la tarde para luego tener un pico de consumo en la noche y finalmente volver a bajar cuando acaba el día.
- » A pesar de ese patrón general observado, los representantes obtenidos pueden variar significativamente de un país a otro. Por ejemplo, comparando Guatemala con Chile se puede ver que la diferencia entre el consumo máximo y mínimos del día es mucho más acusada en Guatemala.



FIGURA 26

Perfiles representativos de demanda normalizada obtenidos con el modelo de clustering para cada país. Se puede observar que el número de patrones necesarios para modelar los perfiles en cada país es diferente. Se destaca un patrón de comportamiento común a todos los países: una demanda baja en las horas de la madrugada que se va incrementando a lo largo de la mañana. Luego, un pequeño descenso en las últimas horas de la tarde para luego tener un pico de consumo en la noche y finalmente volver a bajar al acabar el día. A pesar de ese patrón general observado, los representantes obtenidos pueden variar significativamente de un país a otro. Por ejemplo, comparando Guatemala con Chile se puede ver que la diferencia entre el consumo máximo y mínimos del día es mucho más acusada en Guatemala.



En segundo lugar, se analizarán los mapas de calor de las diferencias obtenidas entre los patrones estimados por el modelo de árbol de cada país y el perfil real observado para el período de 2020. La Figura 27 muestra las diferencias obtenidas para cada país. **Se pueden extraer las siguientes conclusiones:**

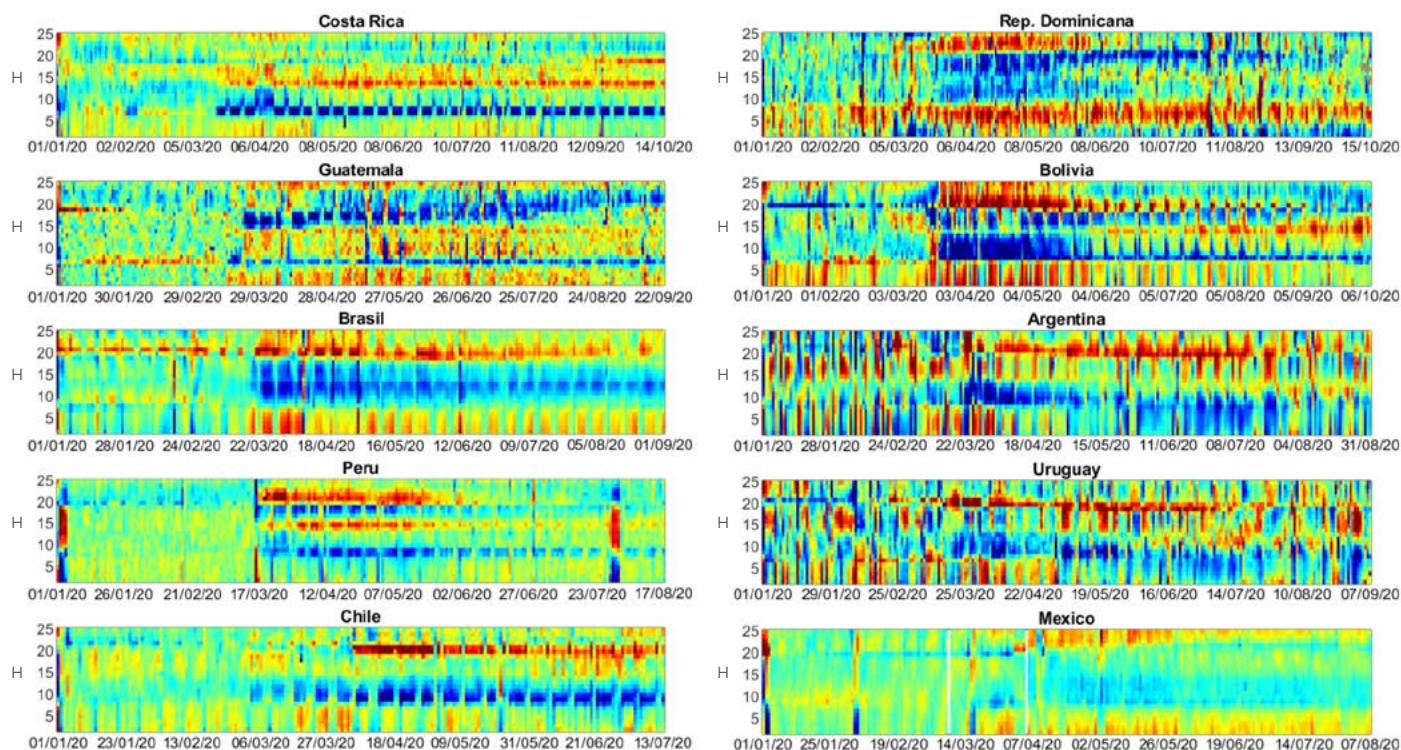
- » Antes del inicio de los confinamientos debido al COVID-19, se ve que, en general, el mapa de calor tiene un color verdoso, indicando que las diferencias entre el patrón esperado y el perfil real no son muy grandes. Sin embargo, cuando comienza el COVID-19 empiezan a aparecer zonas con azules oscuros (indicando un decremento significativo de la demanda normalizada real frente a la esperada en esas horas) y

zonas con rojos (indicando un incremento significativo de la demanda normalizada real frente a la esperada en esas horas).

- » Se puede observar cómo la reacción de cada país al COVID-19 ha tenido un impacto muy distinto en la demanda. En países como Brasil, República Dominicana, Bolivia, México o Chile se detectaron importantes decrementos en demanda en las horas centrales del día, e incrementos en las horas de la madrugada y de la tarde a partir de las 19h. Sin embargo, países como Guatemala y Bolivia tuvieron una evolución con cambios más dinámicos a lo largo de los meses. Guatemala, por ejemplo, tuvo un incremento de demanda en las horas de la madrugada y también en las horas 9 a 15. También

**FIGURA 27**

Mapas de calor de las diferencias para cada país durante el 2020. Antes del inicio de los confinamientos debido al COVID-19, en general, las diferencias entre el patrón esperado y el perfil real no son muy grandes. Sin embargo, desde el inicio del COVID-19 empiezan a aparecer zonas con azules oscuros (decremento de la demanda real frente a la esperada) y zonas con rojos (incremento de la demanda real frente a la esperada). La reacción de cada país al COVID-19 ha tenido un impacto muy distinto en el consumo. En países como Brasil, República Dominicana, Bolivia, México o Chile se detectaron importantes decrementos en demanda en las horas centrales del día, e incrementos en las horas de la madrugada y de la tarde a partir de las 19h. Sin embargo, países como Guatemala y Bolivia tuvieron una evolución con cambios más dinámicos a lo largo de los meses.



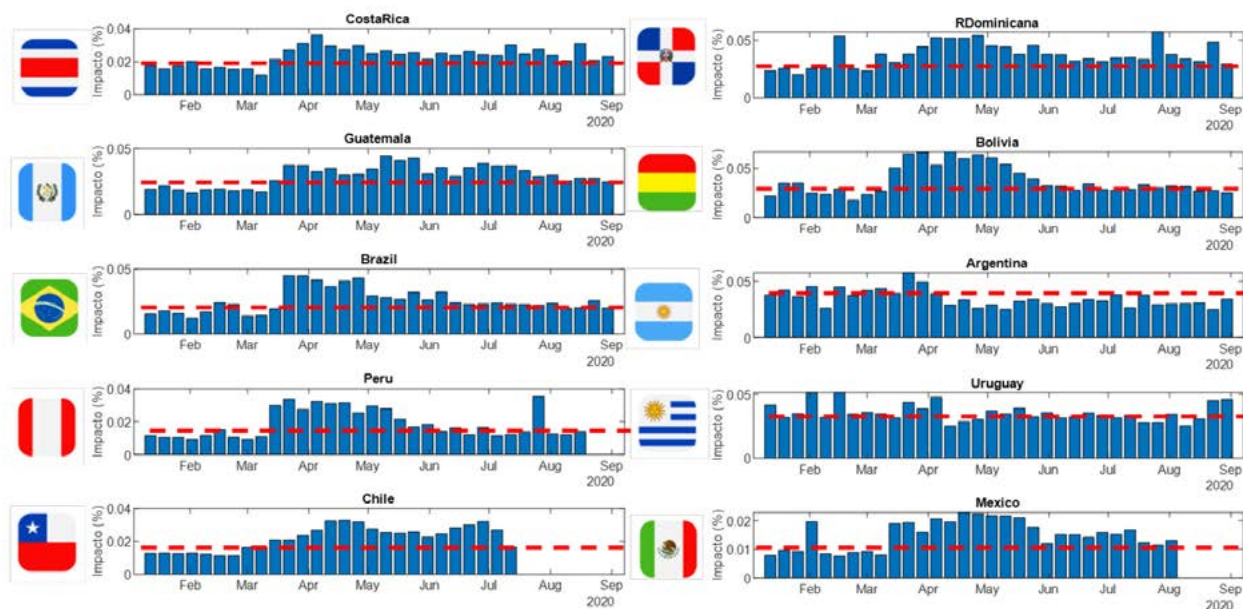
se observa un descenso importante en las horas 7 y 8 y en las 16 a 19h. El descenso en estas últimas se ve cómo va cambiando gradualmente a lo largo de los meses acabando en un descenso en las horas 21 a 22 y se ve cómo va cambiando gradualmente a lo largo de los meses acabando en un descenso en las horas 21 a 23.

La Figura 28 muestra el índice de impacto en el perfil diario agregado de forma semanal. De esta

forma, se puede cuantificar las semanas que tuvieron mayores diferencias respecto de lo esperado y, además, permite ver si se ha alcanzado una estabilidad en la forma de consumir la electricidad. Se observa que las primeras semanas desde el inicio de las medidas son las que más índice de impacto han tenido. En países como Perú y Bolivia el impacto fue muy significativo en los primeros meses, sin embargo, se ha vuelto a niveles pre-COVID. Por el contrario, otros países, como Chile, no se han llegado a recuperar.

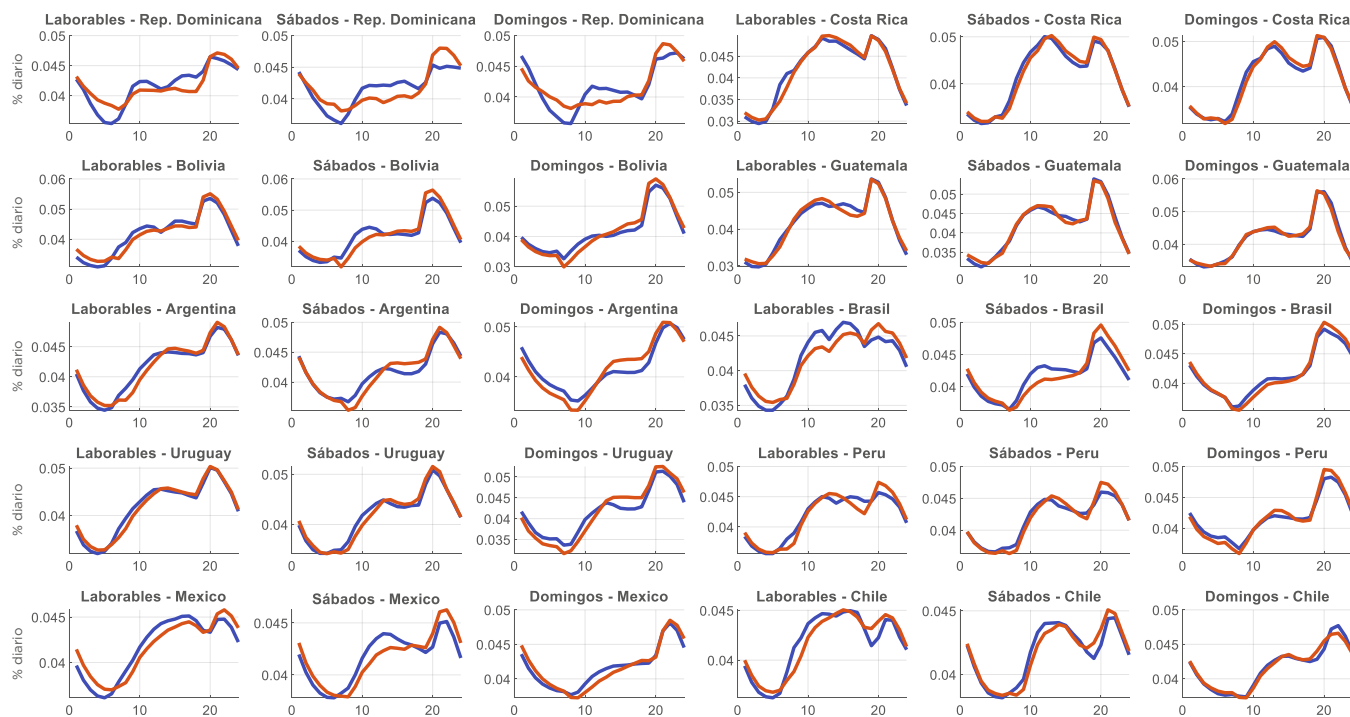
FIGURA 28

Evolución del Índice de Impacto semanal para cada país Se observa que las primeras semanas desde el inicio de las medidas son las que más índice de impacto han tenido. En algunos países como por ejemplo Brasil y Bolivia el impacto fue muy significativo en los primeros meses, sin embargo, se ha vuelto a niveles pre-COVID. Por el contrario, otros países, como Chile, no se había llegado a recuperar.



**FIGURA 29**

Análisis de los perfiles durante las primeras cuatro semanas desde el inicio de las medidas de confinamiento en cada país. Se compara la media de los perfiles reales en esas 4 semanas de 2020 por tipo de día (curva naranja) con la media de los perfiles reales en esas 4 semanas de años anteriores por tipo de día (curva azul). Se observa que, en general, los mayores cambios se observan en los días laborables, mientras que los fines de semana. Es relevante que las diferencias observadas previamente se traducen en un desplazamiento horizontal del perfil en las primeras horas de la mañana. Es decir, el inicio de la subida de demanda se ha desplazado unas horas durante el confinamiento. Es interesante destacar el caso de República Dominicana, en donde el perfil de consumo es muy distinto con el esperado.



A continuación, se comparan los perfiles reales y estimados en cada país, para obtener una representación más intuitiva de las diferencias. Como los perfiles y las diferencias cambian de forma dinámica, se muestra un análisis centrado en las primeras cuatro semanas desde el inicio de las medidas de confinamiento en cada país. Para distinguir por tipo de día, se ha simplificado el análisis comparando días laborables, sábados y domingos. Para cada tipo de día, se obtiene la media de los perfiles reales en las cuatro semanas desde el inicio de los confinamientos (curva naranja) y se compara con la media de los perfiles reales en esas mismas cuatro semanas en años anteriores (curva azul).

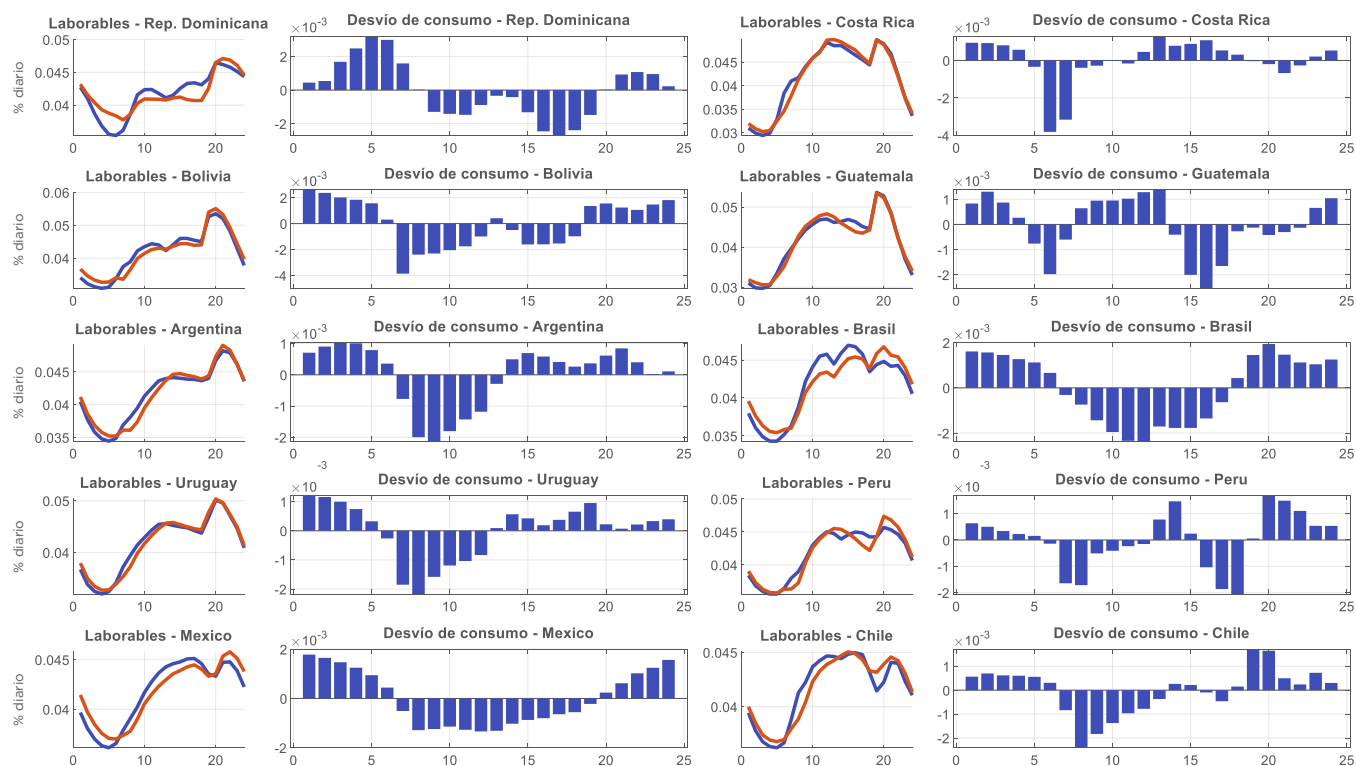
Se observa que, en general, los mayores cambios se observan en los días laborables, mientras que los fines de semana, especialmente los domingos,

no se observan grandes diferencias. Es relevante que las diferencias observadas previamente se traducen en muchos países en un desplazamiento horizontal del perfil en las primeras horas de la mañana. Es decir, el inicio de la subida de demanda se ha desplazado unas horas durante el confinamiento. Es interesante también destacar el caso de República Dominicana, en donde el perfil de consumo es muy distinto comparado con el esperado.

Finalmente, la Figura 30 muestra el detalle de las diferencias entre los perfiles medios en las 4 primeras semanas de COVID-19 y esas mismas semanas en años pasados para los días laborables de cada país. Estas gráficas recogen la esencia del impacto que han tenido las medidas de confinamiento en cada país sobre el perfil de demanda normalizada.

FIGURA 30

Diferencias entre los perfiles medios en las 4 primeras semanas de COVID-19 y esas mismas semanas en años pasados para los días laborables de cada país.



6. ¿Cuál será el camino de recuperación en 2021?

Para responder a la tercera pregunta de investigación planteada, se ha desarrollado una metodología analítica similar a la empleada para dar respuesta a la primera, pero con diferencias importantes debido a que no se conoce la demanda real de 2021, por lo que no es posible medir el impacto comparando la demanda estimada con la demanda observada.

Además, la extrapolación del último tramo de tendencia lineal del modelo de regresión utilizado anteriormente podría ser cuestionable para estimar la tendencia en 2021, por lo que es necesario plantear un modelo alternativo para poder realizar esta predicción para un horizonte temporal más lejano.

Asimismo, existe una dificultad añadida al tratar de medir el impacto en la demanda futura. Tampoco se conoce la temperatura diaria exacta, y dependiendo de esta, la demanda puede variar significativamente en los países con climas extremos.

Por tanto, ha sido necesario desarrollar una metodología alternativa que permita estimar la demanda diaria que tendría que haber existido si no hubiese aparecido la pandemia de COVID-19, así como la demanda diaria que se espera exista considerando el escenario actual de pandemia. Para ello, se ha utilizado dos escenarios económicos, con y sin pandemia, obtenidos a partir de las

previsiones del PIB realizadas por el FMI en octubre de 2020 y 2019, respectivamente. **En concreto, se han definido estos dos escenarios económicos para 2021:**

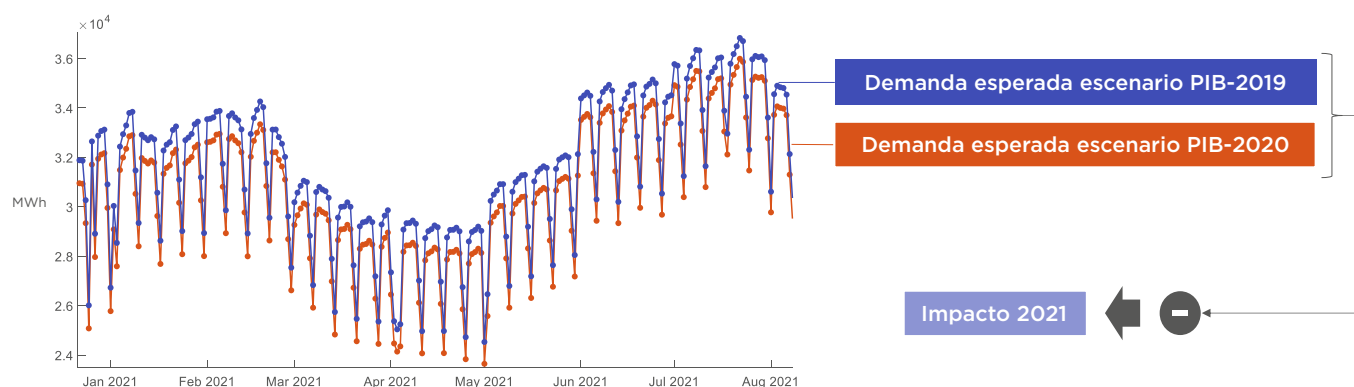
- » **Escenario PIB-2019 (pre-pandemia).** Se corresponde con los valores de PIB anual a precios constantes, publicados por el FMI en octubre de 2019 e incluye una previsión para 2020 y 2021 realizada sin tener en cuenta la existencia de la pandemia de COVID-19.
- » **Escenario PIB-2020 (pandemia).** Se corresponde con los valores de PIB anual a precios constantes, publicados por el FMI en octubre de 2020, una revisión a la baja del PIB estimado en octubre de 2019 y que refleja el impacto económico de la pandemia de COVID-19.

En la Figura 31 se ilustra esta idea mediante un esquema conceptual, en la que una vez calculada de demanda de referencia a partir del escenario PIB-2019 y la demanda esperada en presencia de la pandemia mediante el escenario PIB-2020, es posible medir la diferencia entre ambas predicciones y estimar el impacto que tendrá en la demanda de 2021 la pandemia de COVID-19.



FIGURA 31

Esquema conceptual de la metodología utilizada para medir el impacto del COVID-19 en la demanda diaria de 2021. Para cuantificar la variación en la demanda debido al COVID-19 durante el año 2021 es necesario realizar dos estimaciones diferentes (con y sin efecto COVID-19), ya que no se dispone de demanda real observada. Estas estimaciones se han obtenido utilizando dos previsiones de PIB diferentes realizadas por el FMI: la previsión realizada en octubre de 2019, antes de conocerse la existencia de COVID-19 (escenario PIB-2019), y la previsión realizada en octubre de 2020, una vez considerado el efecto de la pandemia en la economía de los países (escenario PIB-2020).



Al igual que en la metodología utilizada para medir el impacto en la demanda de 2020, la pieza clave es la obtención de las predicciones de demanda para 2021 considerando y sin considerar el efecto de la pandemia (ver Figura 32). Para obtener estas predicciones se ha desarrollado un nuevo modelo explicativo de la demanda diaria, similar al desarrollado anteriormente, pero que utiliza además el PIB como variable de entrada para estimar la tendencia de la serie. **En concreto, la metodología seguida para alcanzar el objetivo perseguido consta de los siguientes pasos:**

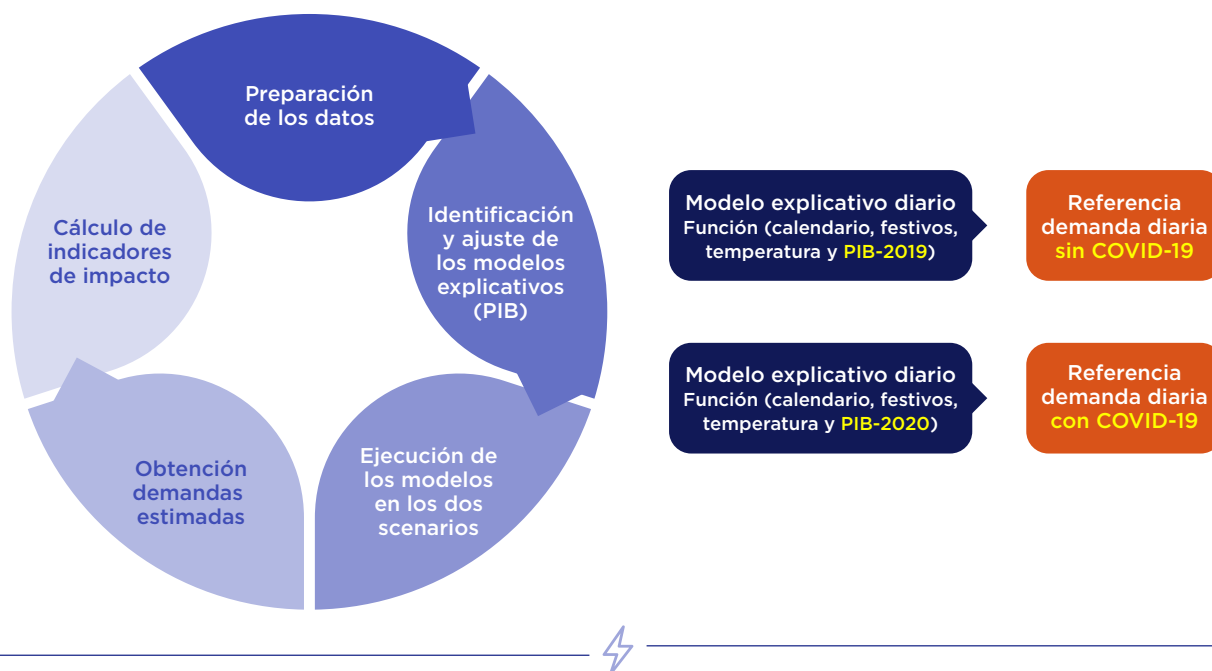
» **Paso 1:** Preparación de los datos necesarios para entrenar el modelo explicativo.

- » **Paso 2:** Identificación y ajuste de los modelos para explicar, a partir de los datos previamente preparados, la demanda diaria.
- » **Paso 3:** Ejecución de los modelos ajustados para estimar la demanda de 2021.
- » **Paso 4:** Obtención de las predicciones para 2021 en ambos escenarios de PIB.
- » **Paso 5:** Comparación de las predicciones y cálculo de impacto.



FIGURA 32

Metodología seguida para responder a la segunda pregunta de investigación planteada: ¿Cuál será el camino de recuperación en 2021?. Para poder cuantificar dicho impacto en 2021 ha sido necesario estimar la demanda esperada considerando que no existiese la pandemia (según el escenario PIB-2019), y compararla con la estimación de la demanda obtenida considerando la existencia del COVID-19, recogido en el escenario PIB-2020.



En los siguientes apartados se describe en detalle el modelo explicativo desarrollado para estimar la demanda diaria. A continuación, se detalla la metodología empleada para identificar, ajustar y ejecutar los modelos concretos para cada país. Finalmente, se presenta de forma conjunta los resultados obtenidos para los diez países de Latinoamérica y el Caribe estudiados.



6.1 Modelo explicativo para la demanda diaria de cada país

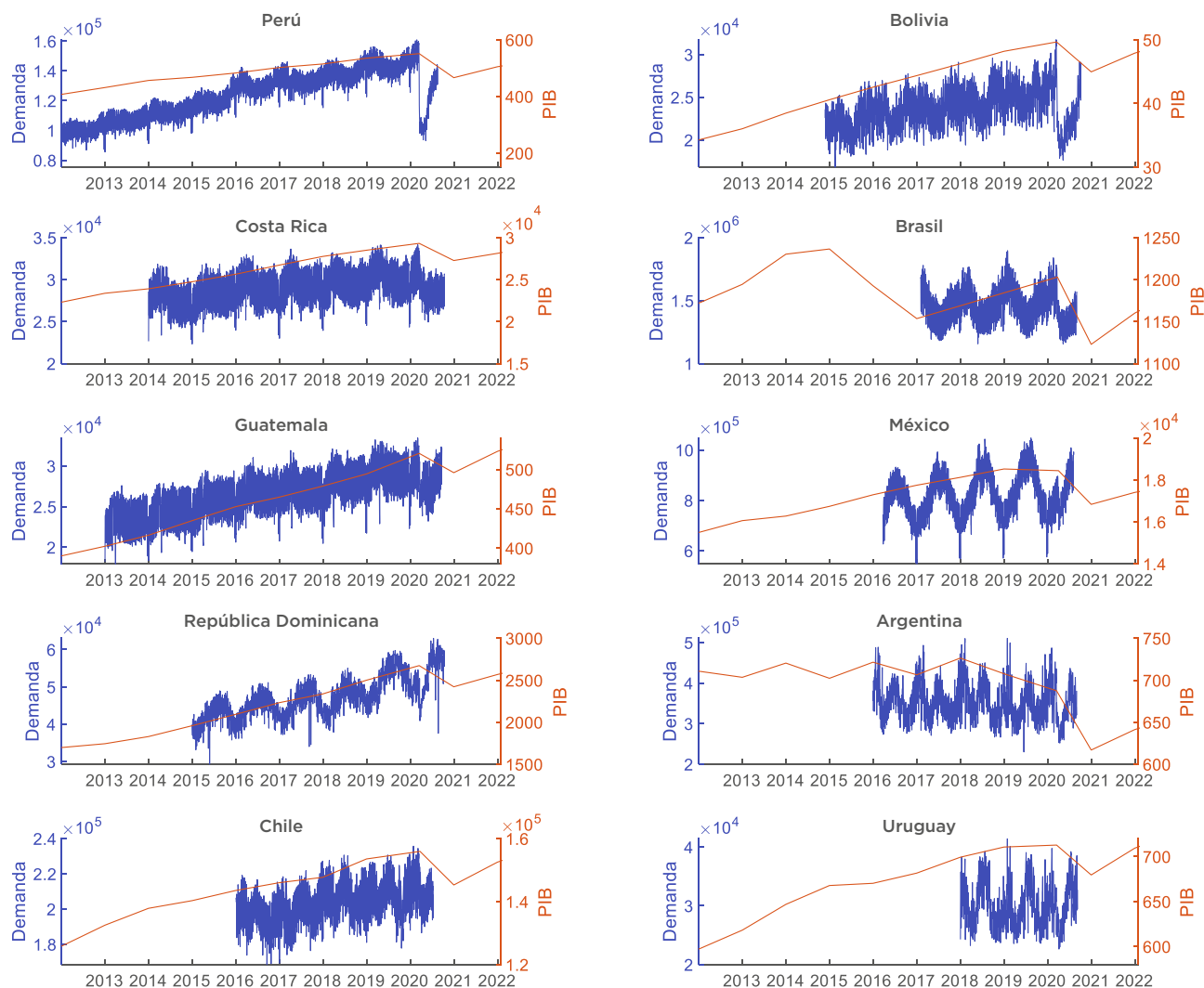
El modelo implementado en esta ocasión es muy similar al desarrollado para estimar la demanda de referencia para 2020 (ver Apartado 3.1). También se trata de un modelo de regresión lineal multivariante que emplea las mismas variables de entrada, salvo el modelado de la tendencia mediante tramos lineales, que ha sido reemplazado por una relación lineal con el PIB.

En la Figura 33 se puede observar la relación existente entre la serie temporal del PIB anual a precios constantes (escenario PIB-2020) y la serie de la demanda diaria. El modelo de regresión implementado explota dicha relación para explicar la tendencia de la serie de demanda como una función del PIB. Esto va a permitir estimar la demanda de 2021 a partir de los valores de PIB para dicho año.

Para poder emplear este enfoque es necesario poder realizar una estimación robusta entre el crecimiento de la serie de demanda y la serie del PIB, lo que requiere disponer de un histórico de demanda suficiente para asegurar que los datos son representativos de la posible relación entre ambas variables. De hecho, un análisis más detallado de los datos disponibles recomienda no emplear este enfoque en Brasil, México, Argentina y Uruguay, ya que el número de años de demanda histórica disponible es muy bajo (ver Figura 34).

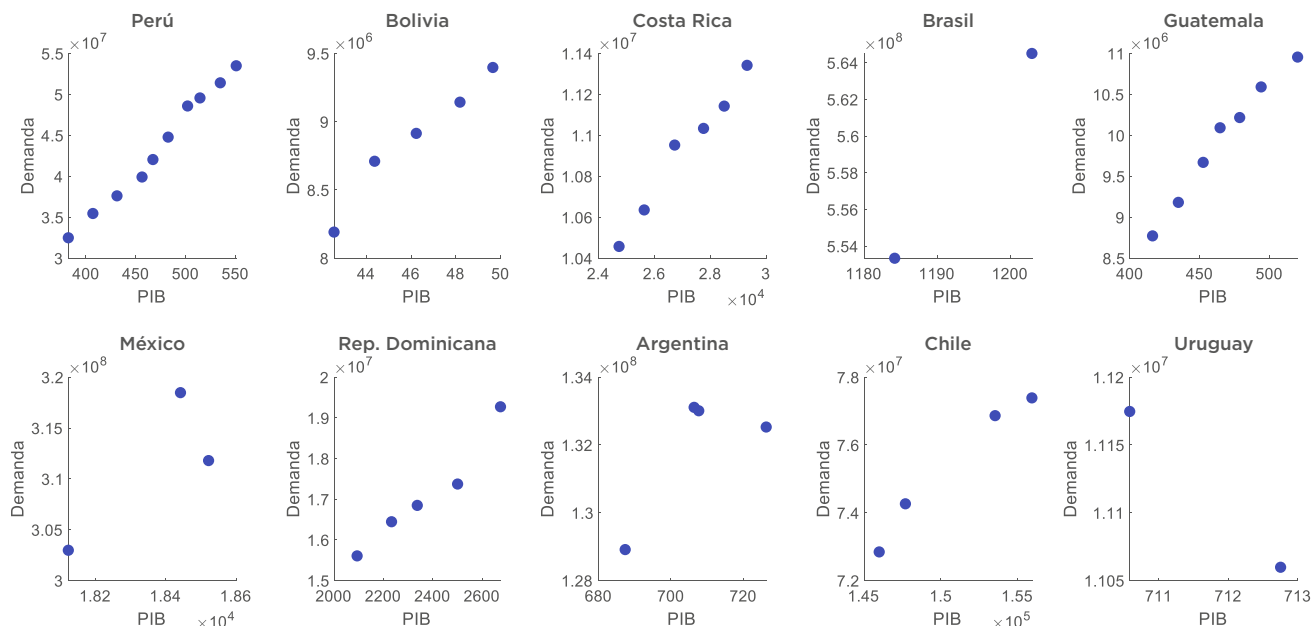
**FIGURA 33**

Comparativa entre la demanda diaria observada y el PIB anual del escenario PIB-2020, que considera la existencia de la pandemia. Se observa que la tendencia de las series de demanda tiene cierta relación con la evolución del PIB.



**FIGURA 34**

Comparativa entre la demanda anual observada y el PIB anual del escenario PIB-2020, eliminado el dato de 2020 al estar afectado por la pandemia y el primer año del histórico si estaba incompleta la demanda. La falta de información de calidad en Brasil, México, Argentina y Uruguay desaconseja aplicar la metodología propuesta en estos países.



Nótese finalmente que, para poder trabajar a nivel diario, ha sido necesario transformar la serie de PIB anual a una senda de valores que recojan la misma información. Esta nueva variable derivada se ha generado interpolando la serie del PIB anual diariamente. Además, durante 2020 se ha realizado una corrección del PIB diario, estimando el mismo a partir de la demanda diaria observada.

- » Generar escenarios de demanda evaluando el modelo determinista de regresión con cada uno de los diferentes escenarios de temperatura creados.
- » Seleccionar los escenarios relevantes para el análisis



6.2 Generación de escenarios de demanda para 2021

Dado que no se conoce la temperatura diaria en 2021, para poder recoger correctamente la respuesta no lineal de la demanda a la temperatura en las previsiones de demanda para dicho año, se ha optado por utilizar un enfoque probabilista para determinar la demanda esperada. **En concreto, el enfoque seguido consta de los siguientes pasos:**

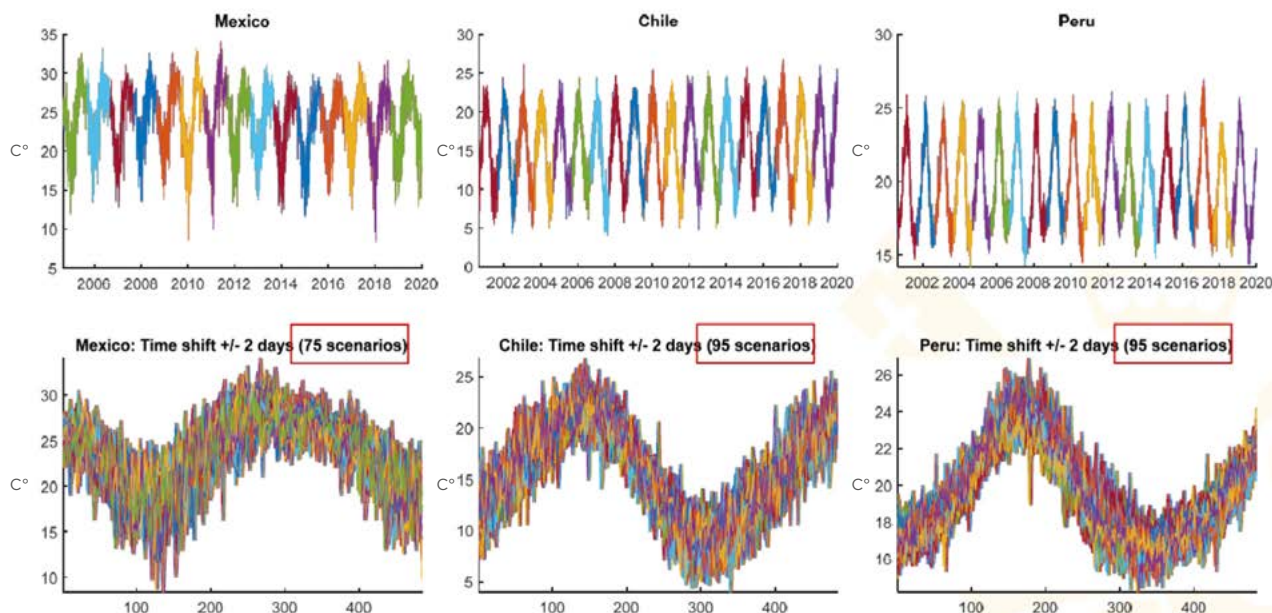
- » Generar escenarios realistas de temperatura media diaria para el año 2020-2021.

Para generar escenarios realistas de temperatura para el año 2020-2021 se ha utilizado la técnica “time-shift” con un deslizamiento de +/- 2 días. Básicamente, mediante esta técnica sencilla se pueden construir sendas de temperatura muy realistas para el futuro copiando secuencias pasadas de datos de temperatura, asegurándose que se conservan todas las características de la dinámica de la serie. Si se dispone de 15 años de histórico de temperaturas, entonces es posible generar 15 escenarios anuales. Si además se deslizan los datos históricos +/- 2 días, algo físicamente posible, entonces se consigue generar 75 escenarios anuales.



FIGURA 35

Ejemplo de los escenarios de temperatura generados para tres países diferentes utilizando la técnica de “time-shift” con un deslizamiento de ± 2 días. Dependiendo del número de años de histórico disponibles se pueden generar más o menos escenarios. En el caso concreto de Chile y Perú se han generado 95 escenarios de temperatura, frente a los 75 de México.



En la Figura 35 se muestra, a modo de ejemplo, los escenarios de temperatura media diaria generados utilizando esta técnica para tres países. Cada escenario se ha obtenido a partir del histórico disponible de la temperatura de referencia construida para ese país, eligiendo unos datos concretos del pasado y aplicando el deslizamiento correspondiente.

A partir de estos escenarios de temperatura es posible generar los escenarios de demanda asociados. Para ello simplemente hay que ejecutar el modelo previamente ajustado para cada uno de los escenarios de temperatura (el resto de variables de entrada del modelo se mantienen fijas). En el ejemplo de la Figura 36 se muestran los 75

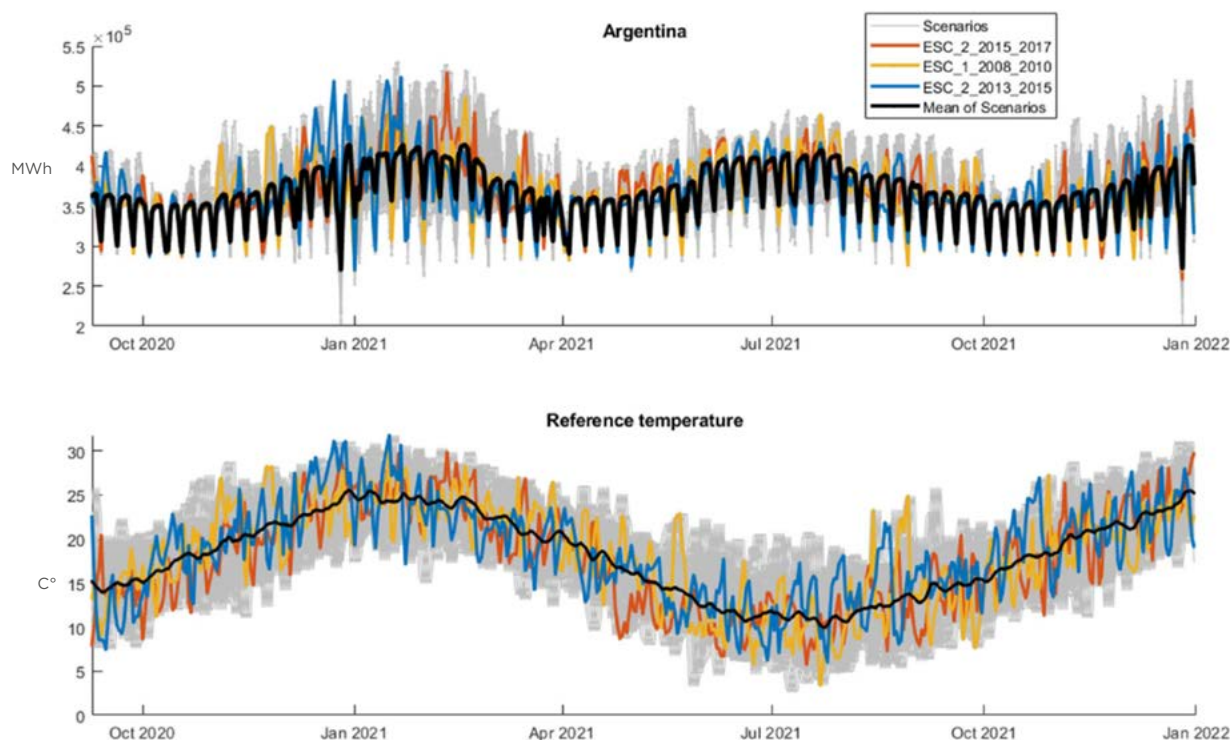
escenarios de temperatura y demanda diarias generados para Argentina. La demanda diaria de Argentina es muy sensible a la temperatura, de ahí que se observe una fuerte volatilidad en la demanda debida a la incertidumbre en la temperatura.

Además de los tres escenarios concretos elegidos (alto, medio y bajo), es posible construir una predicción puntual de la demanda calculada como la media de todos los escenarios. Aunque esta predicción es muy poco probable, tiene utilidad al representar la respuesta media del modelo a la temperatura. Esta predicción media es la que se ha utilizado para comparar los resultados en los dos escenarios de PIB considerados.



FIGURA 36

Ejemplo de los escenarios de temperatura y demanda asociados para la demanda de Argentina. Se han generado 75 escenarios (en color gris). De todos ellos se han seleccionado tres escenarios concretos: el escenario ESC_2_2013_2015 (rojo) que genera una demanda anual en 2021 muy baja, el escenario ESC_2_2015_2017 (azul) que genera una demanda en 2021 muy alta, y el escenario ESC_1_2008_2010 (amarillo) que da lugar a una demanda anual intermedia para dicho año. También se incluye el escenario de demanda medio (en negro), construido como la media de todos los escenarios.



6.3 Resultados

En este apartado se recogen los principales resultados sobre la senda de recuperación de la demanda en 2021 tras el impacto de la pandemia de COVID-19 para los países de Latinoamérica y el Caribe estudiados con la metodología desarrollada.

La senda de recuperación de la demanda para 2021 viene marcada por las previsiones del FMI en los dos escenarios considerados y por la relación estimada entre el PIB y la demanda de cada país. En la Figura 37 se muestra para cada país los dos escenarios de PIB considerados: el escenario PIB-2019, correspondiente a la estimación realizada por el FMI antes del conocimiento de la existencia

de la pandemia, y el escenario PIB-2020, realizado en octubre de 2020. Se observa una clara revisión a la baja del PIB previsto para el año 2020, con recuperaciones generalizadas en todos los países, pero de mayor o menor importancia.

En la Figura 38 se ha representado, para cada país en los que se puede aplicar la metodología desarrollada, la evolución temporal de la demanda diaria durante 2020 y 2021. En concreto, se puede observar la demanda real (en negro), frente la demanda de referencia estimada en el escenario con PIB-2019 (en azul) y la previsión con el escenario con PIB-2020 (en naranja). En la Tabla 1 se resume para cada país el impacto obtenido para poder comparar fácilmente.

Se puede comprobar que Perú y República Dominicana son los dos países que tendrán un mayor decremento en la demanda para el año 2021, con una reducción respecto a la demanda prevista sin la existencia de la pandemia (escenario PIB-2019)

del 19% y el 16%, respectivamente. Para Bolivia se ha estimado que la reducción de la demanda también será relevante, con un impacto anual en torno al 10%.



TABLA 3

Resumen del impacto del COVID-19 en la demanda de cada país estudiado durante 2021. Para cada país se indica el PIB del año 2021 en el escenario pre-pandemia (PIB-2019) y pandemia (PIB-2020), las demandas estimadas en esos dos escenarios, su diferencia y el impacto calculado para 2021 como el decremento en porcentaje respecto al escenario sin pandemia. Se observan diferencias importantes en los impactos esperados para 2021, siendo Perú y República Dominicana los dos países donde la reducción estimada para la demanda en 2021 es mayor.

| País | PIB año 2021 Escenario PIB-2019 | PIB año 2021 Escenario PIB-2020 | Demanda año 2021 (TWh) Escenario PIB-2019 | Demanda año 2021 (TWh) Escenario PIB-2020 | Demanda año 2021 (TWh) Diferencia escenarios | Impacto año 2021 |
|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|---|--|------------------------|
| Perú | 591,702 | 504,791 | 57,92 | 46,85 | 11,07 | 19,10% |
| Rep. Dominicana | 2899,17 | 2568,008 | 22,43 | 18,84 | 3,60 | 16,03% |
| Bolivia | 53,894 | 47,906 | 10,11 | 9,11 | 1,00 | 9,85% |
| Chile | 167587,01 | 152492,871 | 81,83 | 75,60 | 6,24 | 7,62% |
| Guatemala | 291,913 | 522,871 | 11,77 | 11,12 | 0,65 | 5,50% |
| Costa Rica | 30501,78 | 28125,377 | 11,55 | 11,17 | 0,38 | 3,28% |
| Uruguay | 751,731 | 709,361 | 10,95 | 11,26 | -0,31 | -2,83% |
| Argentina | 686,594 | 641,203 | 132,13 | 143,69 | -11,56 | -8,75% |

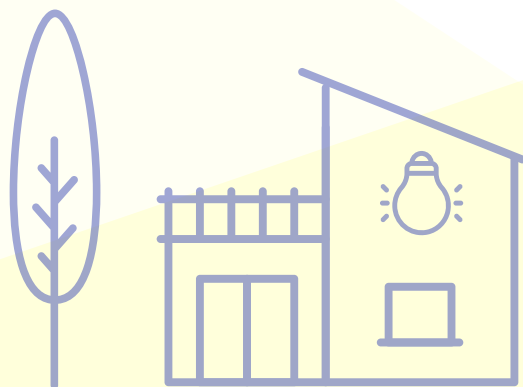




FIGURA 37

Comparativa entre el escenario de PIB previsto por el FMI en octubre de 2019 (PIB-2019, previo a la pandemia) y el escenario previsto en octubre de 2020 (PIB-2020), una vez considerado el impacto de la pandemia en la economía por el FMI. Para todos los países se observa un descenso pronunciado en 2020, con una recuperación progresiva durante los siguientes años.

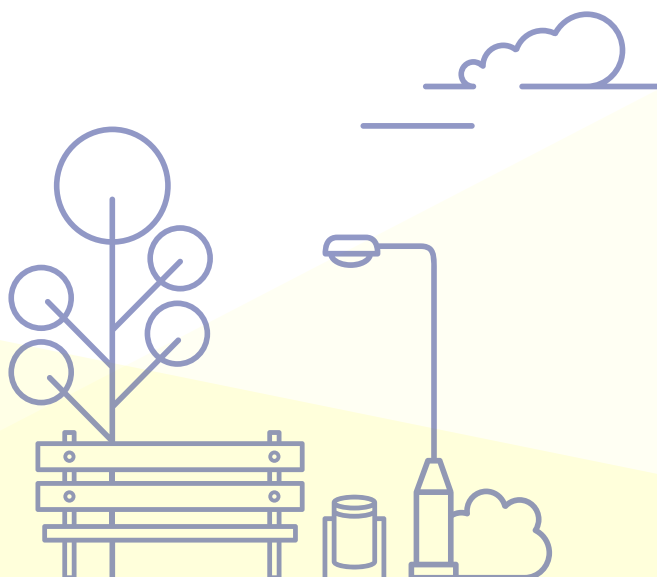
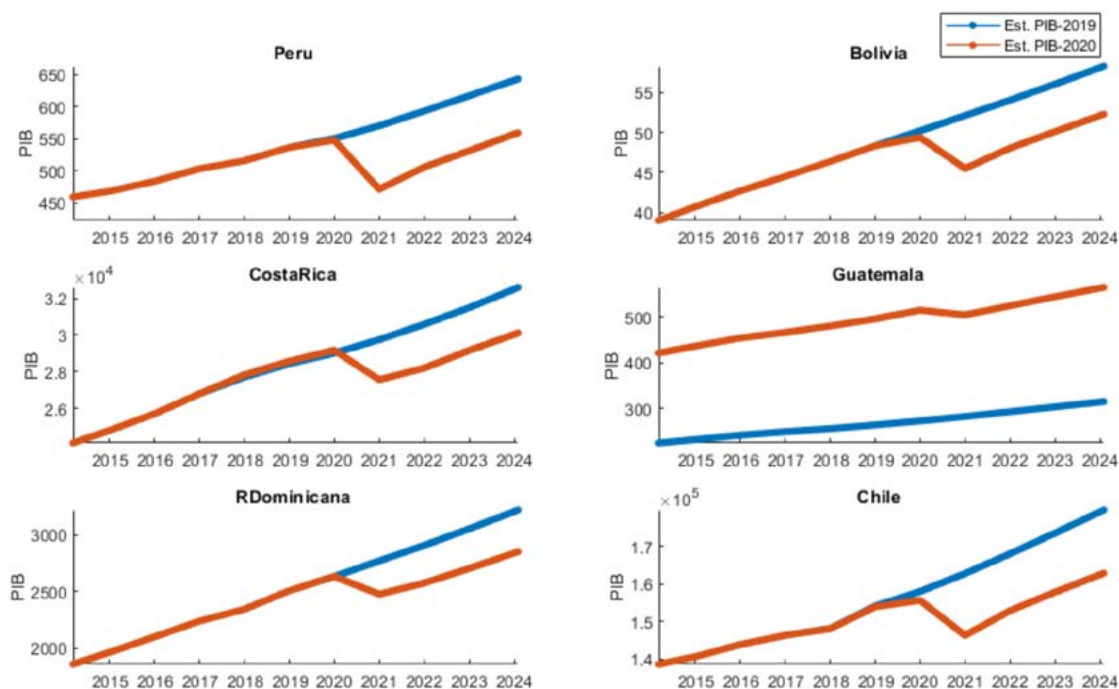
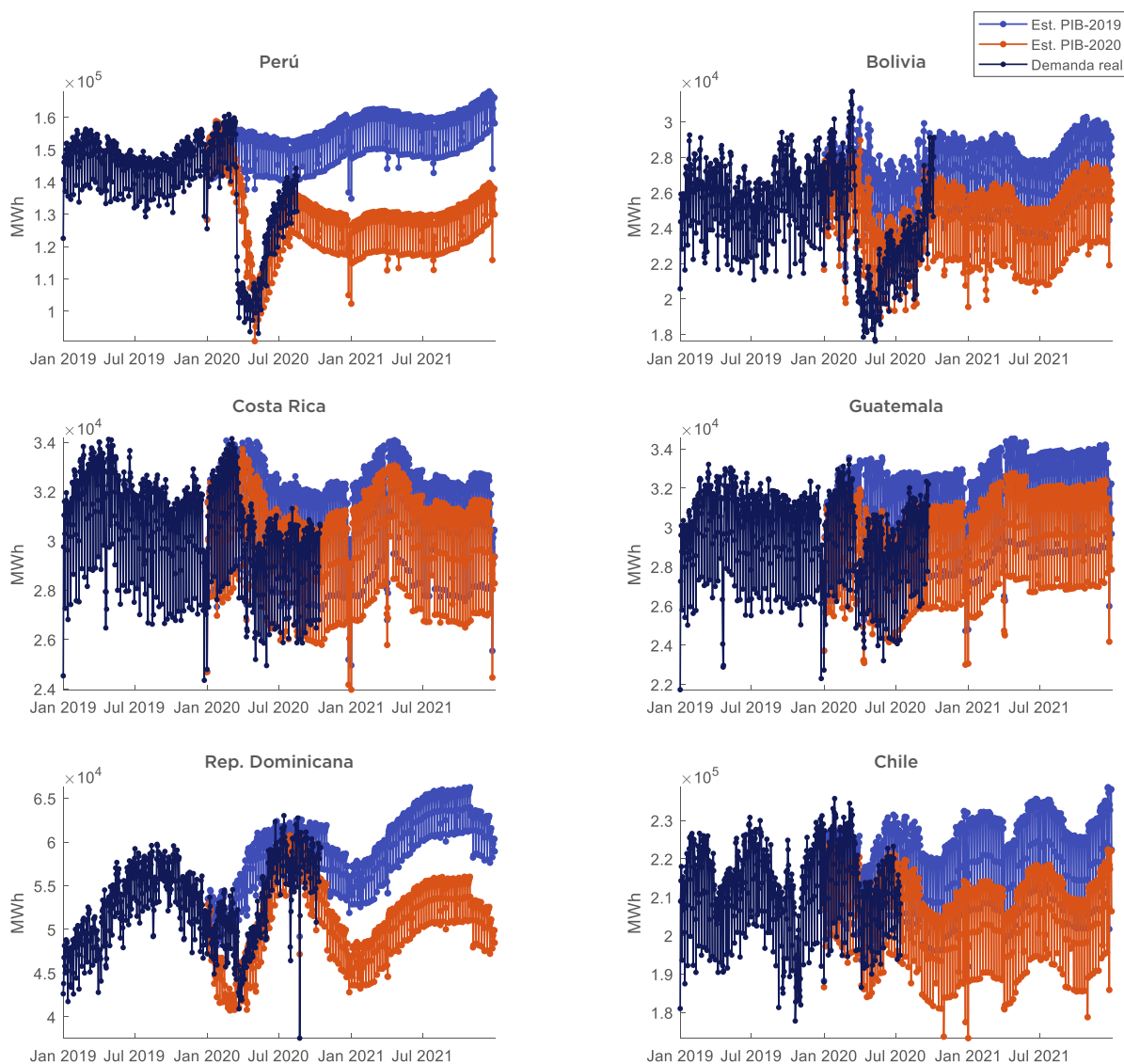




FIGURA 38

Comparativa entre la demanda diaria estimada en el escenario PIB-2019 (sin pandemia) y en el escenario PIB-2020 (considerando la existencia de la pandemia). Para cada país considerado se muestra la demanda diaria observada de 2019 y 2020, y los dos escenarios posibles considerados.



7. Conclusiones

El objetivo de este estudio ha sido el análisis cuantitativo del impacto de la pandemia de COVID-19 en la demanda de energía eléctrica de un conjunto de diez países de Latinoamérica y el Caribe. En concreto, se ha analizado cómo ha influido la pandemia desde su aparición en los primeros meses de 2020 hasta el otoño de este mismo año, así como el impacto que se espera que tenga en el 2021.

En todos los países estudiados la demanda diaria de electricidad ha experimentado durante 2020 una reducción en mayor o menor medida respecto a los valores que sería razonable esperar si no hubiese ocurrido la pandemia de COVID-19. Para cuantificar el impacto observado se ha creado un modelo de regresión multivariante para explicar el comportamiento diario de la demanda de cada país en función de variables de entrada como la temperatura o la festividad. Este modelo, ajustado con datos previos a la aparición de la pandemia, ha permitido generar una estimación de la demanda diaria esperada para 2020, utilizada como referencia para medir el decremento de la demanda observada. **Perú y Bolivia son los dos países en los que la pandemia ha tenido mayor impacto durante 2020, con un impacto en abril de 2020 en torno al -30%. En el extremo opuesto estarían Chile y Uruguay, con un impacto mensual máximo aproximado de un -6%. El resto de los países tienen impactos máximos mensuales entre el -11% y el -17%.**

Por otro lado, los resultados del análisis de los perfiles de demanda diarios han permitido estudiar el impacto de COVID-19 en los hábitos de consumo de la electricidad. Para ello, se ha creado un modelo explicativo de la demanda horaria para cada país que permite obtener una estimación del perfil de demanda esperado para todo el 2020 si no hubiera existido COVID-19. Comparando los perfiles esperados con los perfiles reales se han observado cambios significativos en la forma de consumir electricidad. **Principalmente se ha**

observado un desplazamiento del perfil en las horas de la mañana, entre 7 y 12, indicando que se ha retrasado el inicio de consumo de la electricidad en los países. Estas alteraciones se han mantenido en la mayoría de los casos durante el periodo analizado. Además, esa reducción de la demanda en la mañana produce un incremento de la demanda en las horas de la tarde o noche. Esto invita a una continuación de este monitoreo para detectar modificaciones estables en los patrones de consumo que pudieran impactar los modelos de operación de la red eléctrica de las distribuidoras eléctricas.

Finalmente, para estimar el impacto esperado del COVID-19 en el año 2021, se ha trabajado con un modelo de regresión en el que el PIB marca la senda de recuperación de la demanda. Se han considerado dos escenarios de PIB. El primero de ellos es el que fue estimado por el FMI en 2019 antes de la pandemia, que ha sido utilizado en este estudio como escenario de referencia. El segundo de ellos es el que fue estimado más recientemente en 2020 por este mismo organismo que incluye el impacto de la pandemia en la economía de los países estudiados. **Perú y República Dominicana son los dos países que tendrán un mayor decremento en la demanda para el año 2021, con una reducción respecto a la demanda prevista sin la existencia de la pandemia del 19% y el 16%, respectivamente. Para Bolivia se ha estimado que la reducción de la demanda también será relevante, con un impacto anual en torno al 10%.**

A continuación, en los anexos I, II, III y IV se pueden encontrar en detalle los resultados por país estudiado en cada una de las categorías arriba descritas junto a los puntos destacables de cada país. Así como una descripción detallada de los datos empleados para cada uno de los casos y escenarios. Todos los datos empleados para la realización de este estudio están disponibles a petición a los autores.

1. Anexo I: Impacto del COVID-19 en la demanda de cada país durante 2020

En este anexo se muestran los resultados particulares obtenidos por país, aportando mayor detalle que lo mostrado en las secciones principales. En concreto, se muestran los resultados para responder a las preguntas “¿Cómo ha impactado el COVID-19 en la demanda de 2020?” y “¿Ha cambiado la forma de consumir electricidad durante el COVID-19?”. Las gráficas que se muestran en las secciones siguientes son:

- Modelo demanda diaria: Detalles de la demanda diaria esperada y la demanda real para 2020. Se acompaña con un gráfico con las diferencias diarias y las gráficas de evolución del indicador diario, semanal y mensual de cambio en volumen.
- Modelo perfiles de demanda: Se muestran varias gráficas con todo el proceso. En primer lugar, se muestran todos los perfiles históricos pre-COVID, los patrones obtenidos y la activación de esos patrones en el conjunto de entrenamiento. Se muestra también la activación de los patrones predichos por el modelo de árbol de decisión, ilustrando el ajuste a los datos históricos y la previsión a futuro. Finalmente, se enseña el mapa de calor de las diferencias obtenidas, la gráfica de índice de impacto semanal y la comparativa ente perfiles pre-COVID y COVID durante las 4 primeras semanas desde el inicio de los confinamientos.

A continuación, se muestran las gráficas descritas para cada país.

1.1 Argentina

1.1.1 Impacto en la demanda diaria

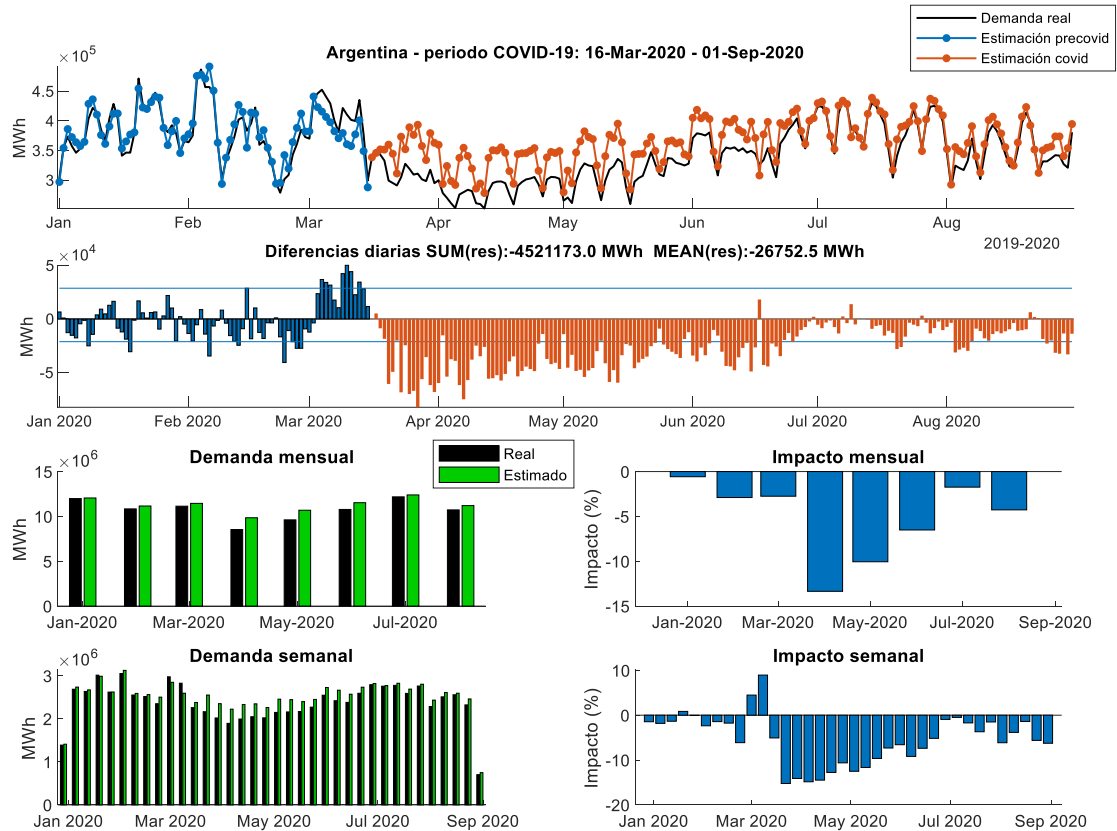


Figura 1: Impacto del COVID-19 en la demanda de Argentina durante 2020. La demanda sufrió un decremento a partir del 16 de marzo de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de abril, con un impacto de 13.3%, un valor moderado considerando todos los países estudiados. A partir de julio de 2020, después de tres meses por debajo de lo esperado, se puede considerar que había recuperado los valores esperados si no hubiese ocurrido la pandemia.

1.1.2 Impacto en el perfil de consumo

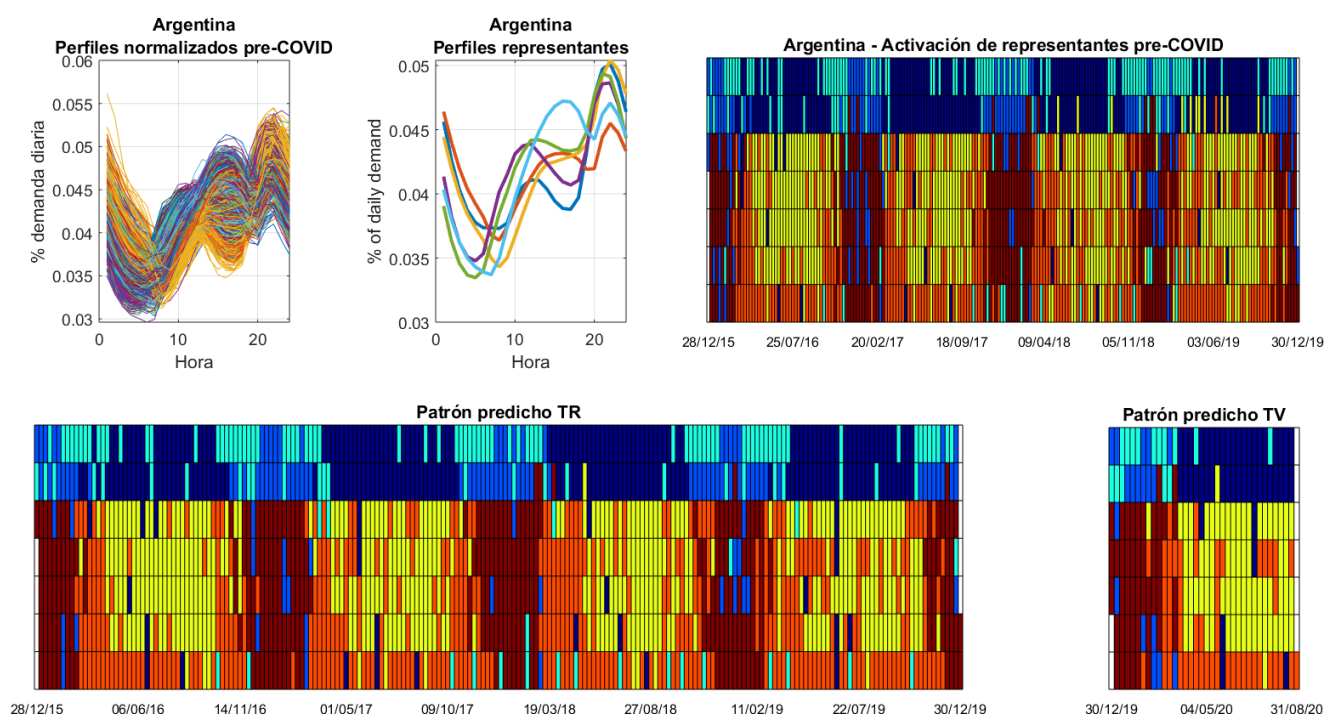


Figura 2: Se han obtenido 6 patrones de consumo representativos para los perfiles diarios pre-COVID en Argentina. Se observa un patrón estacional en la activación de los patrones que el árbol es capaz de modelar y predecir a futuro.

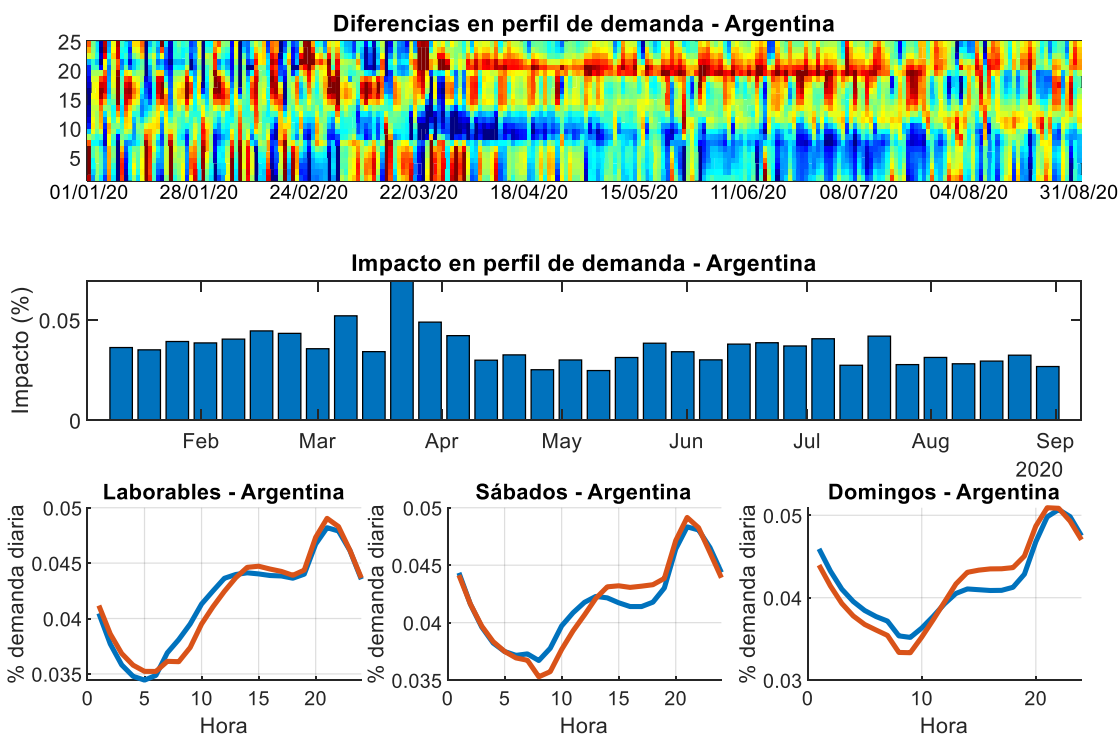


Figura 3: Desde el inicio del COVID-19, se observa que la última semana de marzo es la que tuvo un impacto más alto en el perfil de demanda. En general, se produjo un descenso de consumo en las horas 7 a 12, producido por un desplazamiento del perfil. También se observa un incremento de consumo en las tardes y noches tanto en días laborables como en los fines de semana

1.2 Bolivia

1.2.1 Impacto en la demanda diaria

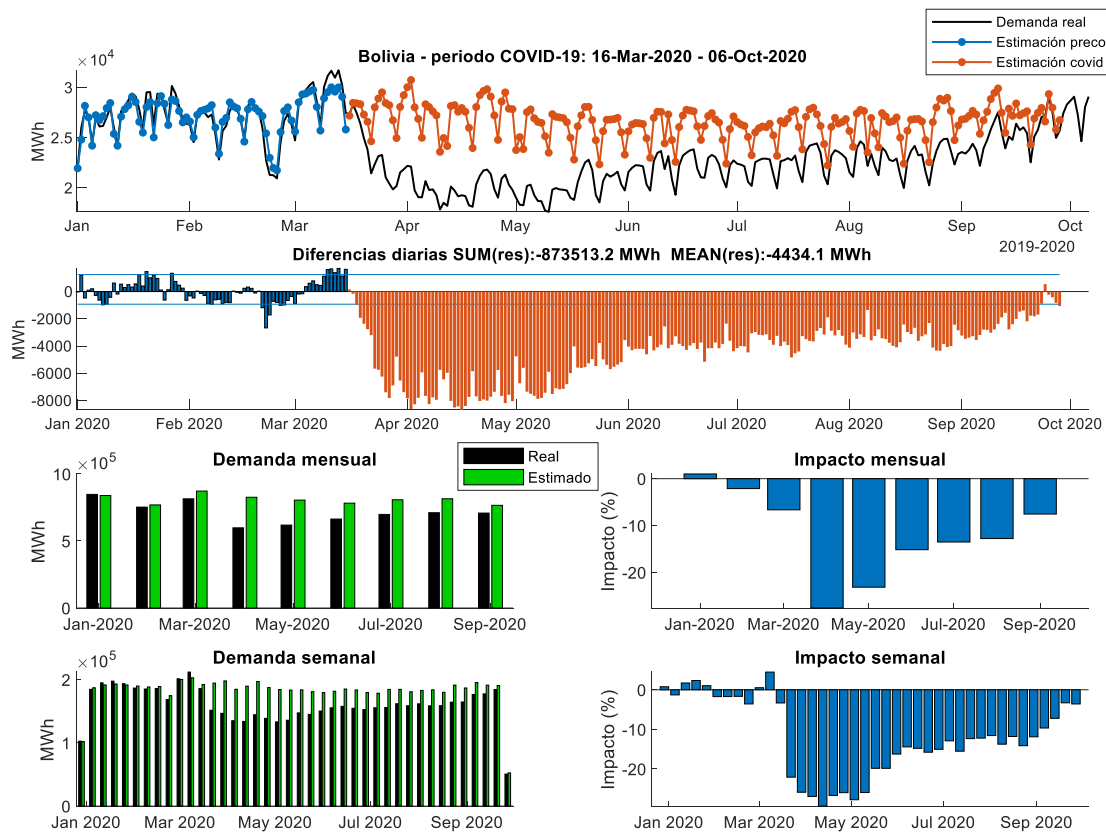


Figura 4: Impacto del COVID-19 en la demanda de Bolivia durante 2020. La demanda sufrió un decremento muy acusado a partir del 16 de marzo de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de abril, con un impacto de -27.6%, siendo el segundo país más afectado de los estudiados. En octubre de 2020 la demanda, después de seis meses por debajo de lo esperado, se puede considerar que había recuperado los valores esperados si no hubiese ocurrido la pandemia.

1.2.2 Impacto en el perfil de consumo

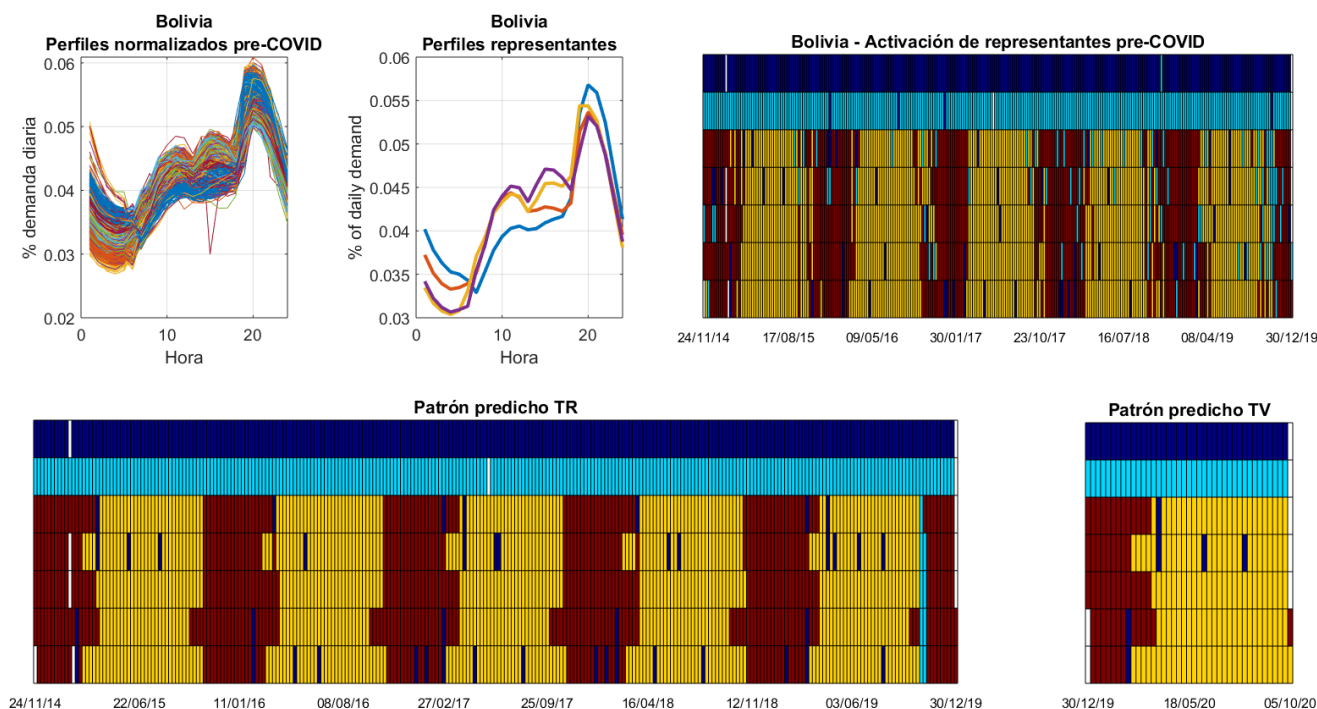


Figura 5: Se han obtenido 4 patrones de consumo representativos para los perfiles diarios pre-COVID en Bolivia. Se observa un patrón estacional en la activación de los patrones que el árbol es capaz de modelar y predecir a futuro.

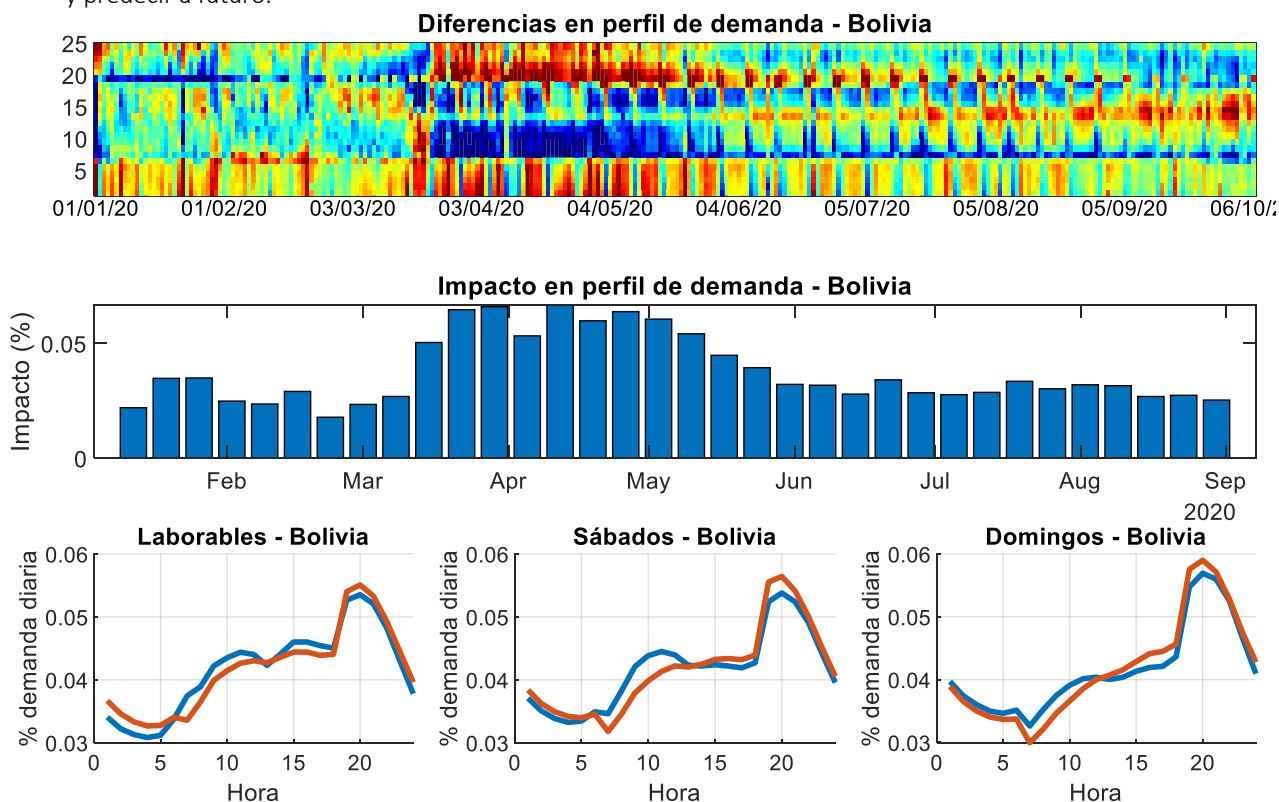


Figura 6: Desde el inicio del COVID-19, se observa que la última semana de marzo, o la segunda de Abril es la que tuvo un impacto más alto en el perfil de demanda. En general, se produjo un descenso de consumo en las horas 7 a 18, afectado por un desplazamiento del perfil. También se observa un incremento de consumo en las noches tanto en días laborables como en los fines de semanas.

1.3 Brasil

1.3.1 Impacto en la demanda diaria

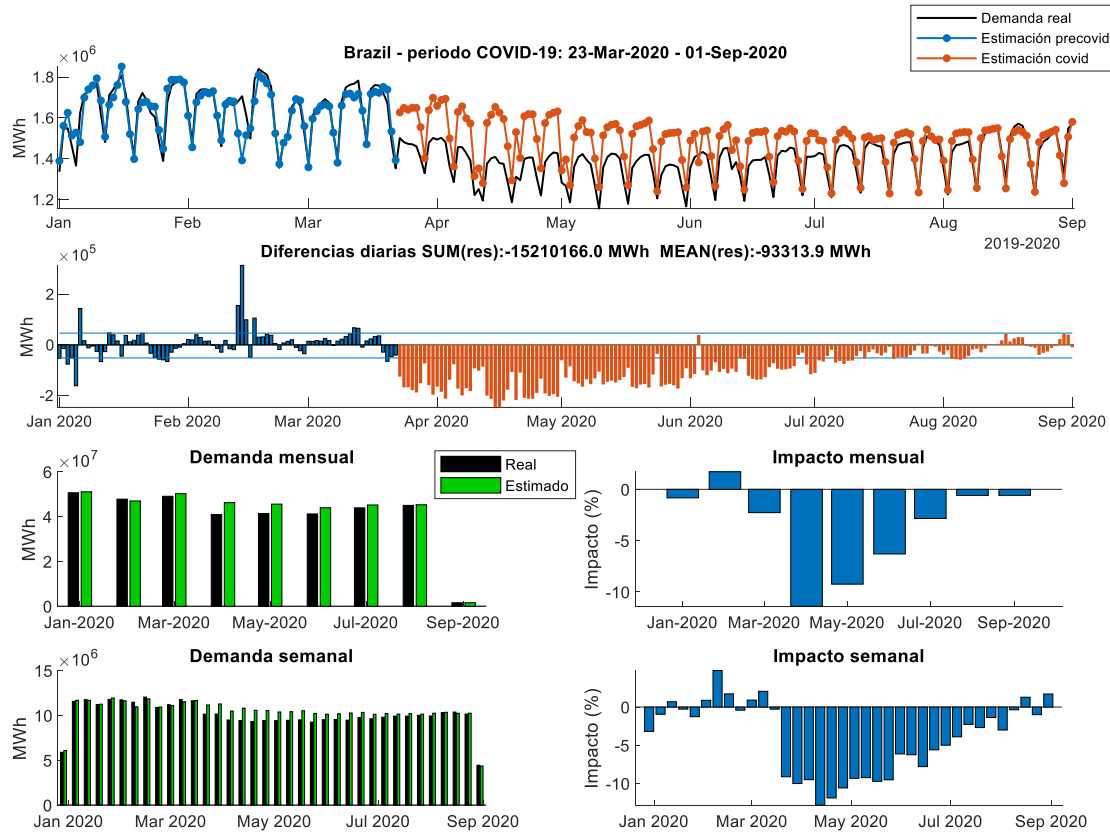


Figura 7: Impacto del COVID-19 en la demanda de Brasil durante 2020. La demanda sufrió un decremento acusado a partir del 23 de marzo de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de abril, con un impacto de -11.4%, un valor moderado considerando todos los países estudiados. A mediados de julio de 2020 la demanda, después de tres meses por debajo de lo esperado, se puede considerar que había recuperado los valores esperados si no hubiese ocurrido la pandemia.

1.3.2 Impacto en el perfil de consumo

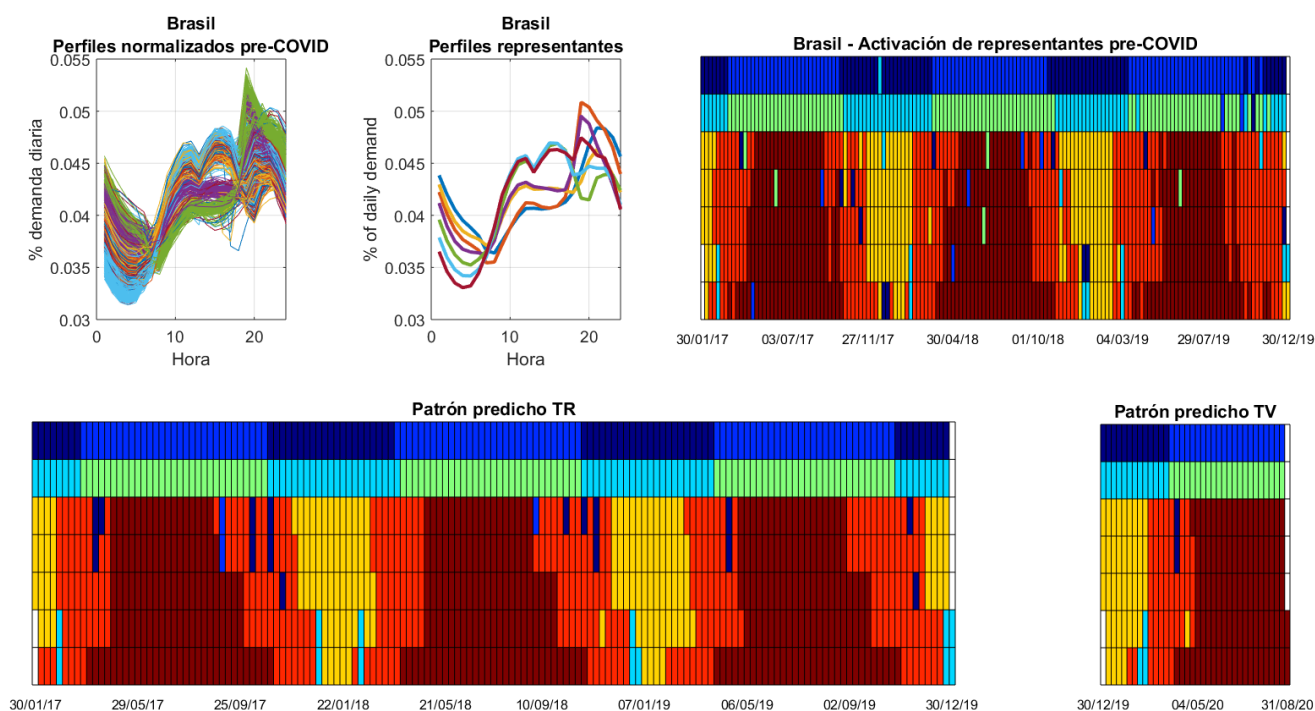


Figura 8: Se han obtenido 7 patrones de consumo representativos para los perfiles diarios pre-COVID en Brasil. Se observa un patrón estacional en la activación de los patrones que el árbol es capaz de modelar y predecir a futuro.

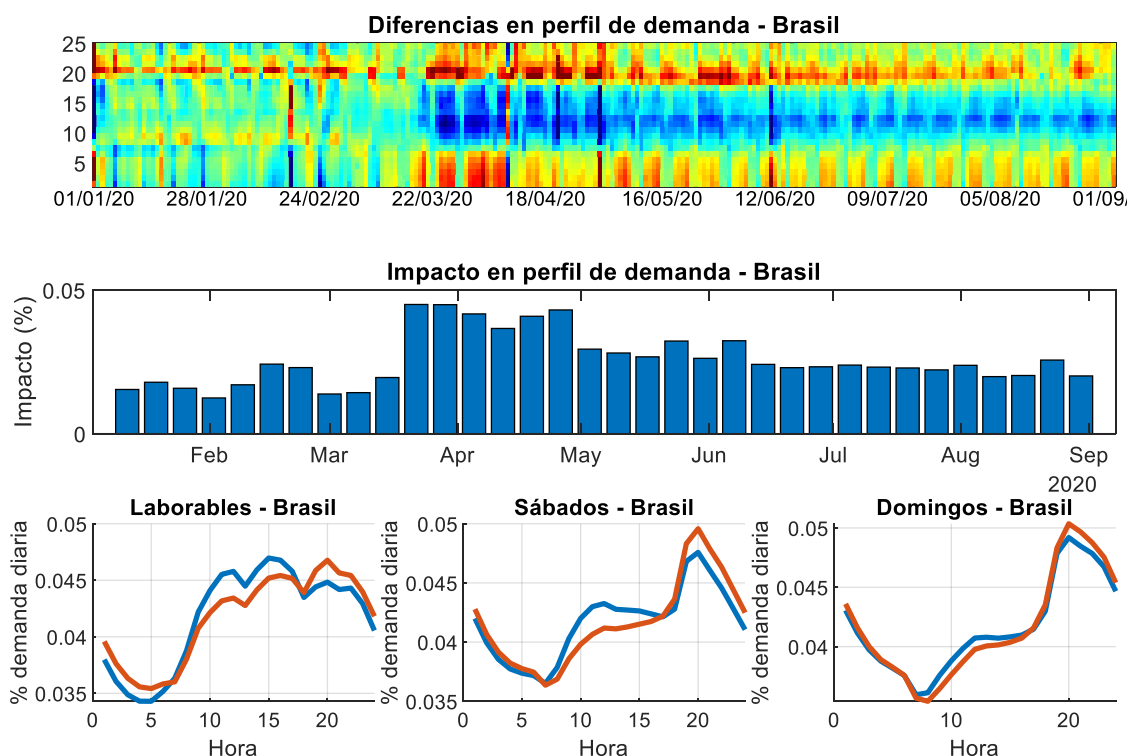


Figura 9: Desde el inicio del COVID-19, se observa que desde mediados de marzo hasta mayo son las semanas que tuvieron un impacto más alto en el perfil de demanda. En general, se produjo un descenso de consumo en las horas 9 a 18. También se observa un incremento de consumo en las a partir de las 19h.

1.4 Chile

1.4.1 Impacto en la demanda diaria

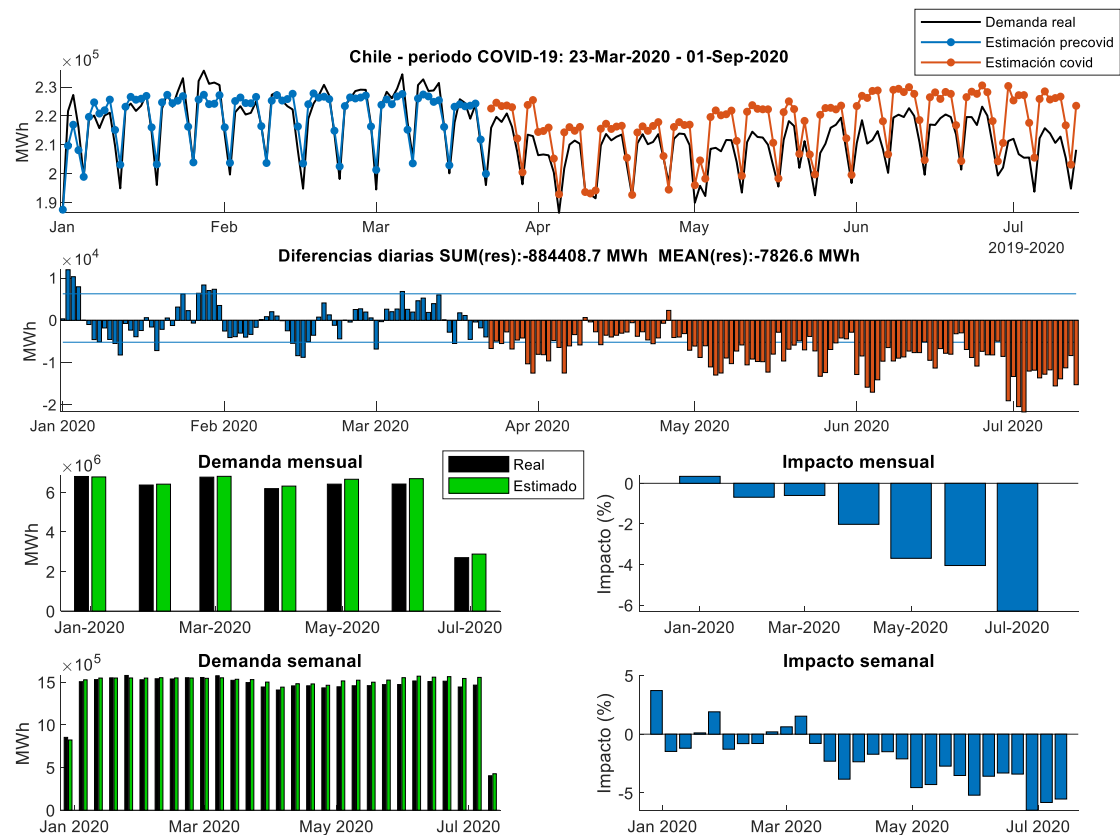


Figura 10: Impacto del COVID-19 en la demanda de Chile durante 2020. La demanda sufrió un decremento acusado a partir del 23 de marzo de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de julio, con un impacto de -6.3%, un valor reducido considerando lo ocurrido en el resto de los países estudiados, que además ocurre en un mes alejado del inicio de la pandemia. Considerando la evolución temporal del impacto durante 2020, muy diferente del observado en la mayoría de los países, cabe pensar si realmente las diferencias entre la demanda real y la estimada se deben al impacto de las medidas tomadas para contener la expansión del COVID-19 en los primeros meses de la pandemia o tienen otro origen diferente.

1.4.2 Impacto en el perfil de consumo

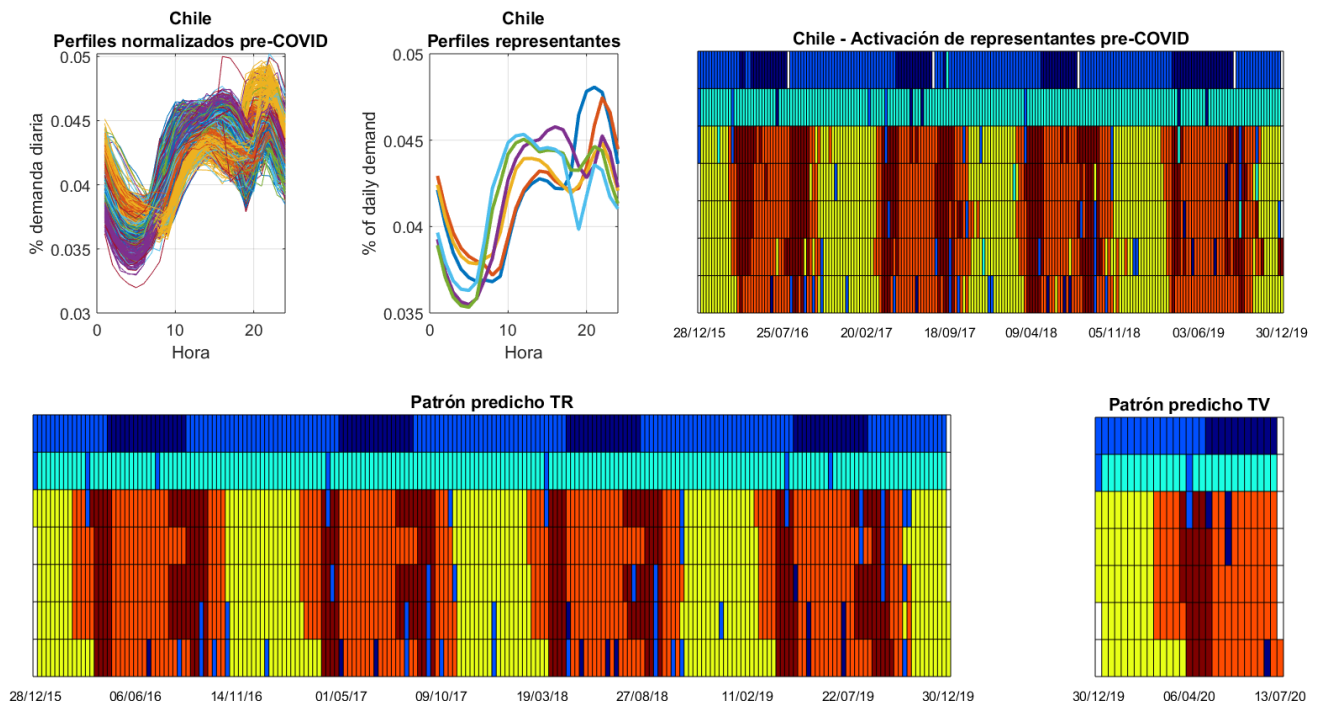


Figura 11: Se han obtenido 6 patrones de consumo representativos para los perfiles diarios pre-COVID en Bolivia. Se observa un patrón estacional en la activación de los patrones que el árbol es capaz de modelar y predecir a futuro.

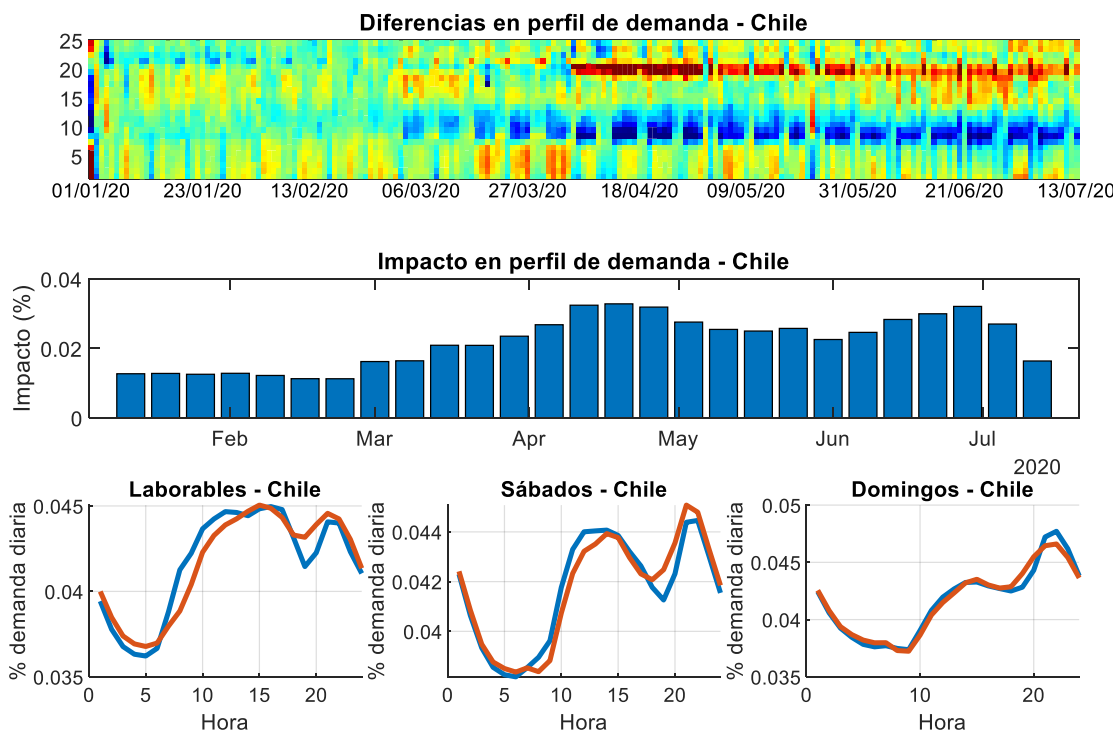


Figura 12: Desde el inicio del COVID-19, se observa que se producen dos picos en donde el impacto el perfil diario fue máximo, a mediados de abril y a finales de junio. Se observa también que no se ha llegado a recuperar completamente los valores pre-COVID. En general, se produjo un descenso de consumo en las horas 7 a 18, afectado por un desplazamiento del perfil. También se observa un incremento de consumo hacia las 20h. Los domingos no se han visto muy afectados.

1.5 Guatemala

1.5.1 Impacto en la demanda diaria

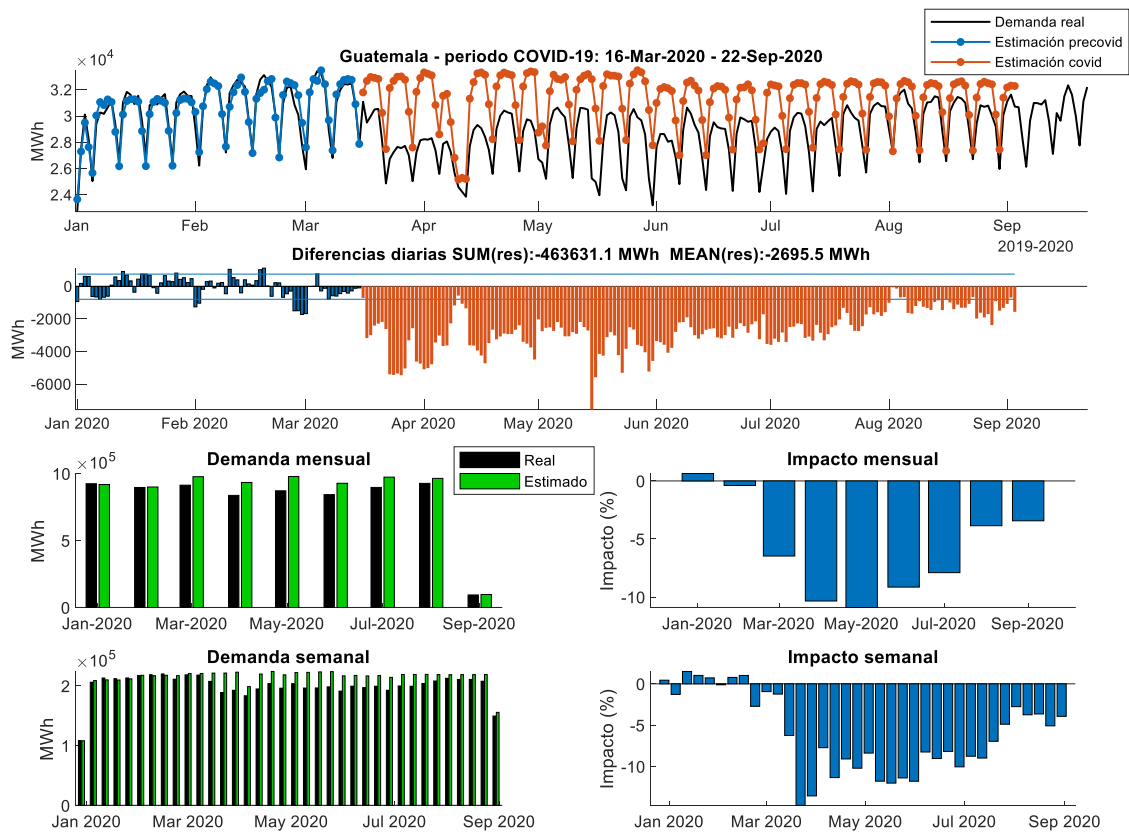


Figura 13: Impacto del COVID-19 en la demanda de Guatemala durante 2020. La demanda sufrió un decremento acusado a partir del 16 de marzo de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de mayo, con un impacto de -10.9%, un impacto moderado considerando lo observado en el resto de países estudiados. En septiembre de 2020 la demanda prácticamente había recuperado los valores esperados si no hubiese ocurrido la pandemia.

1.5.2 Impacto en el perfil de consumo

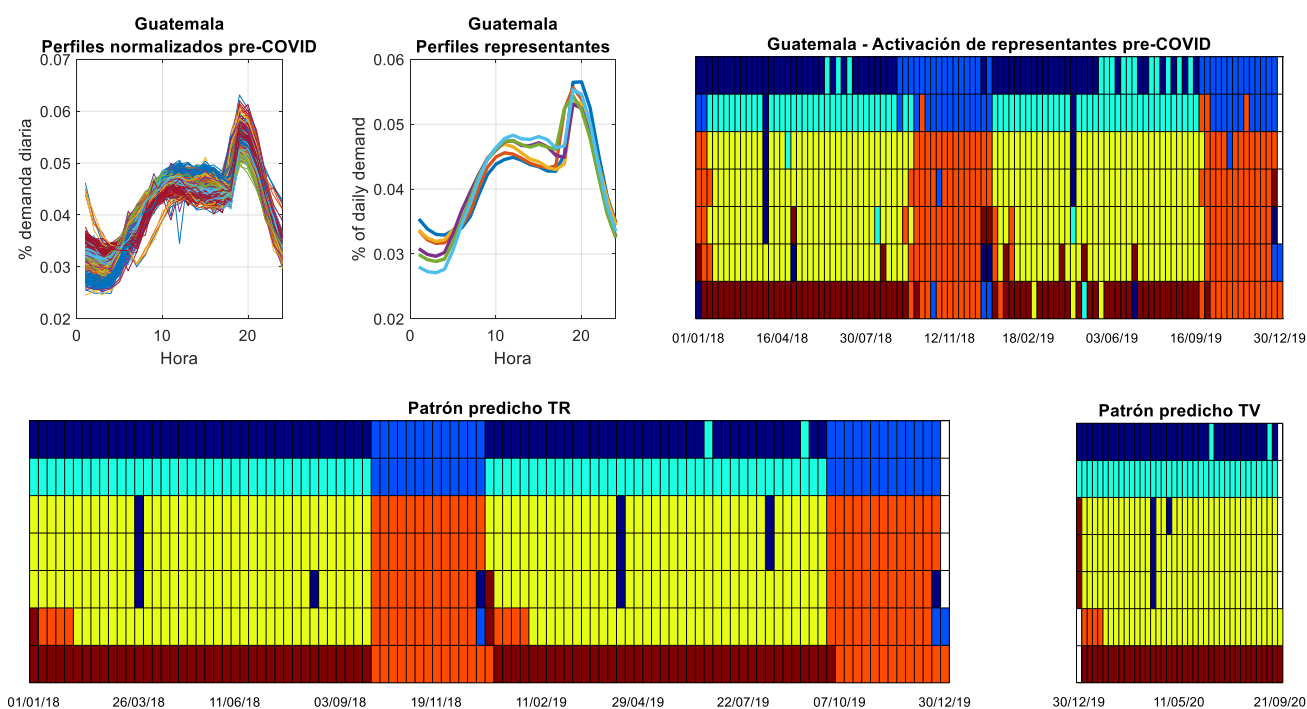


Figura 14: Se han obtenido 6 patrones de consumo representativos para los perfiles diarios pre-COVID en Guatemala. Se observa un patrón estacional en la activación de los patrones que el árbol es capaz de modelar y predecir a futuro.

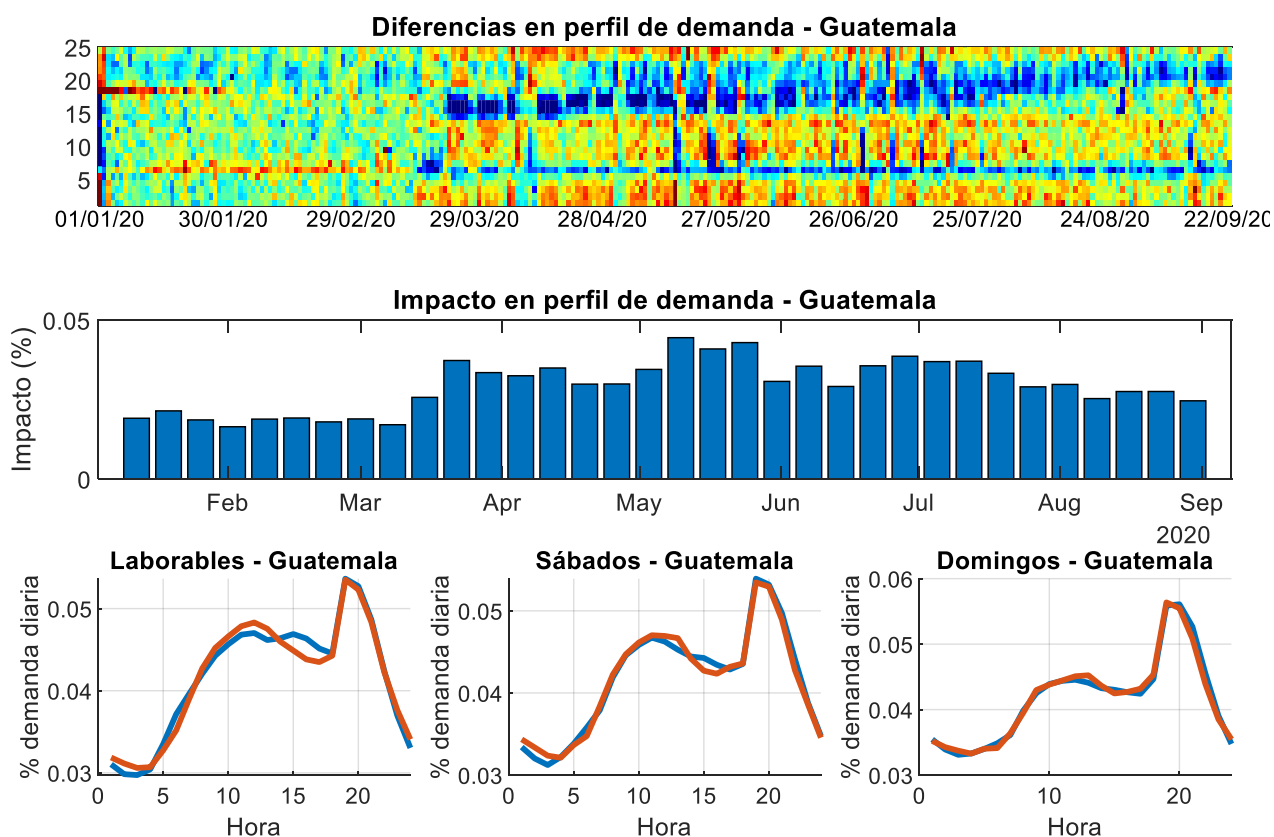


Figura 15: Desde el inicio del COVID-19, se observa que el mes de mayo es el que ha tenido un impacto más alto en el perfil de demanda. En general, se produjo un descenso de consumo en las horas 7 a 8, y un importante descenso en las horas 15 a 18 que ha ido evolucionando a lo largo de los meses, acabando con un descenso significativo en las horas 21 a 23. Los domingos no se han visto muy afectados.

1.6 México

1.6.1 Impacto en la demanda diaria

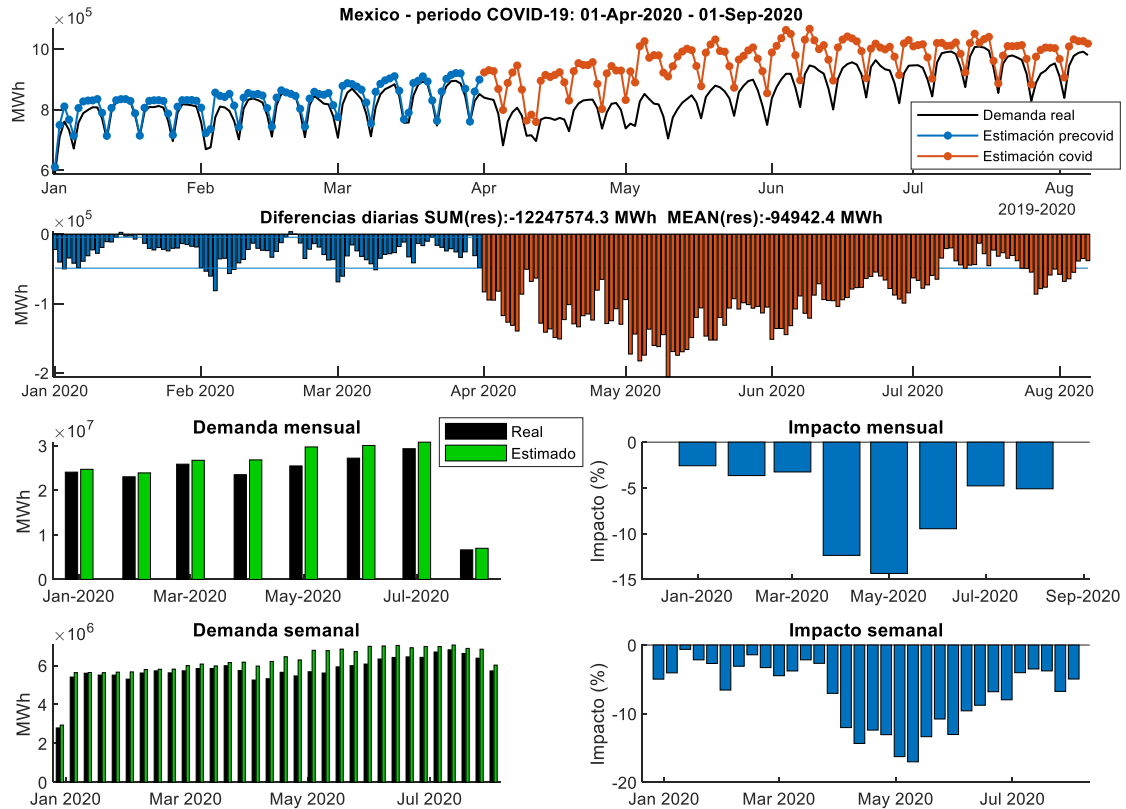


Figura 16: Impacto del COVID-19 en la demanda de México durante 2020. La demanda sufrió un decremento acusado a partir del 16 de abril de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de mayo, con un impacto de -14.3%, un impacto moderado considerando todos los países estudiados. En agosto de 2020 la demanda no había recuperado completamente los valores esperados si no hubiese ocurrido la pandemia.

1.6.2 Impacto en el perfil de consumo

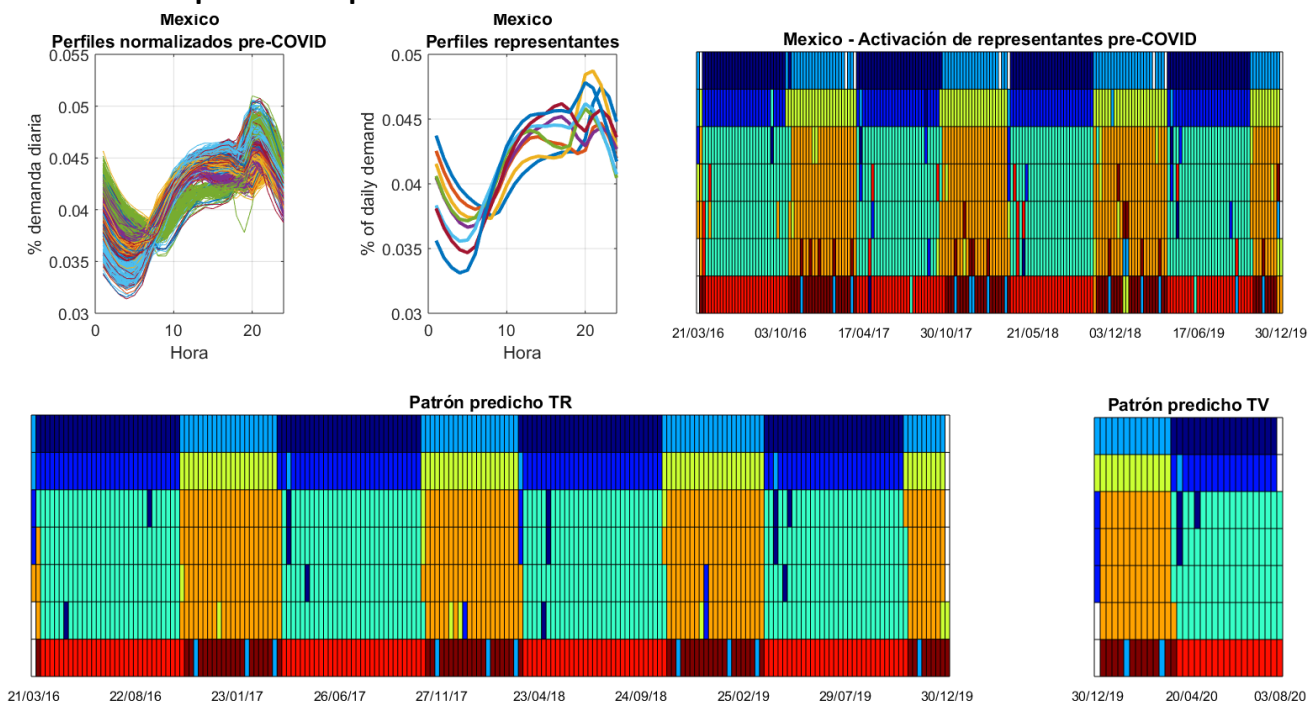


Figura 17: Se han obtenido 8 patrones de consumo representativos para los perfiles diarios pre-COVID en México. Se observa un patrón estacional en la activación de los patrones que el árbol es capaz de modelar y predecir a futuro.

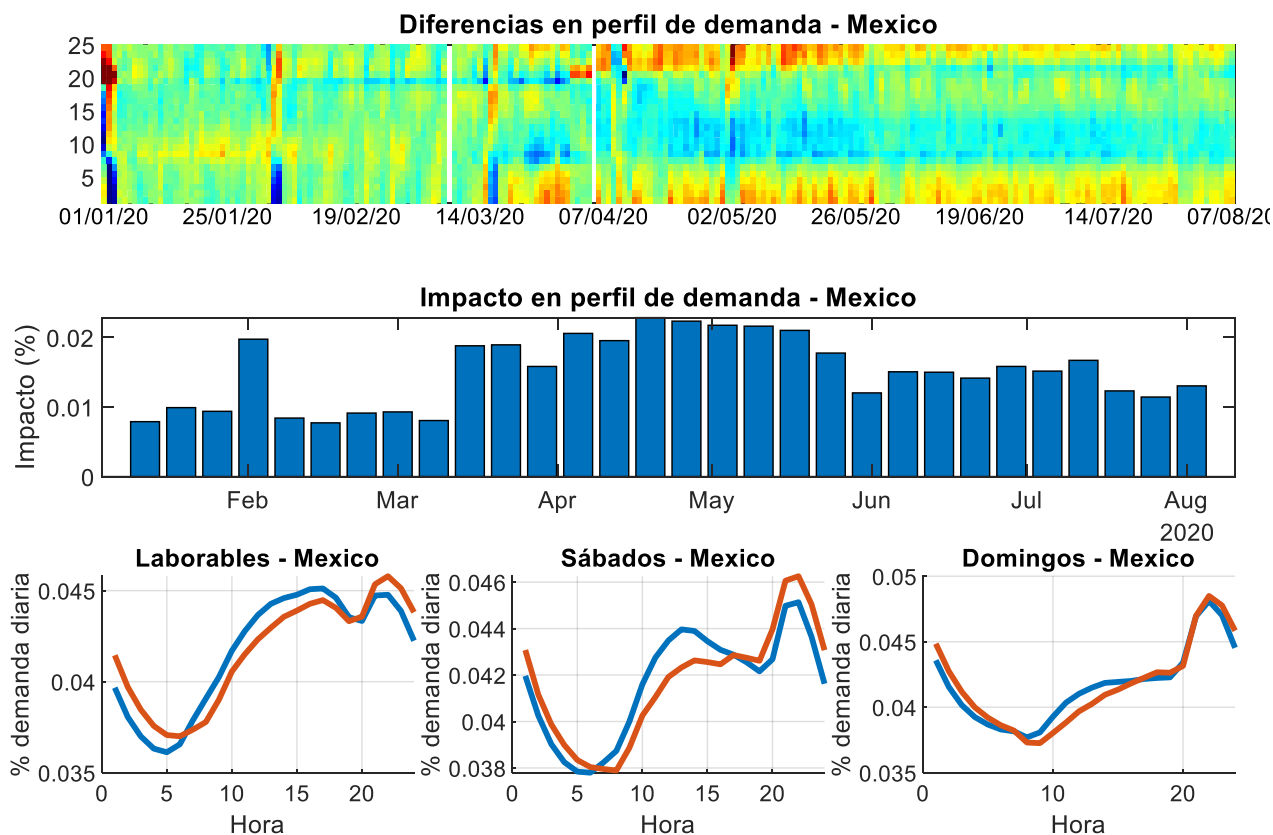


Figura 18: Desde el inicio del COVID-19, se observa que se ha producido un impacto importante en el perfil de demanda desde mediados de marzo hasta junio. En general, se produjo un descenso de consumo en las horas 7 a 18, afectado por un desplazamiento del perfil de demanda. También se observa un incremento de consumo en las noches tanto en días laborables como en los fines de semana.

1.7 Perú

1.7.1 Impacto en la demanda diaria

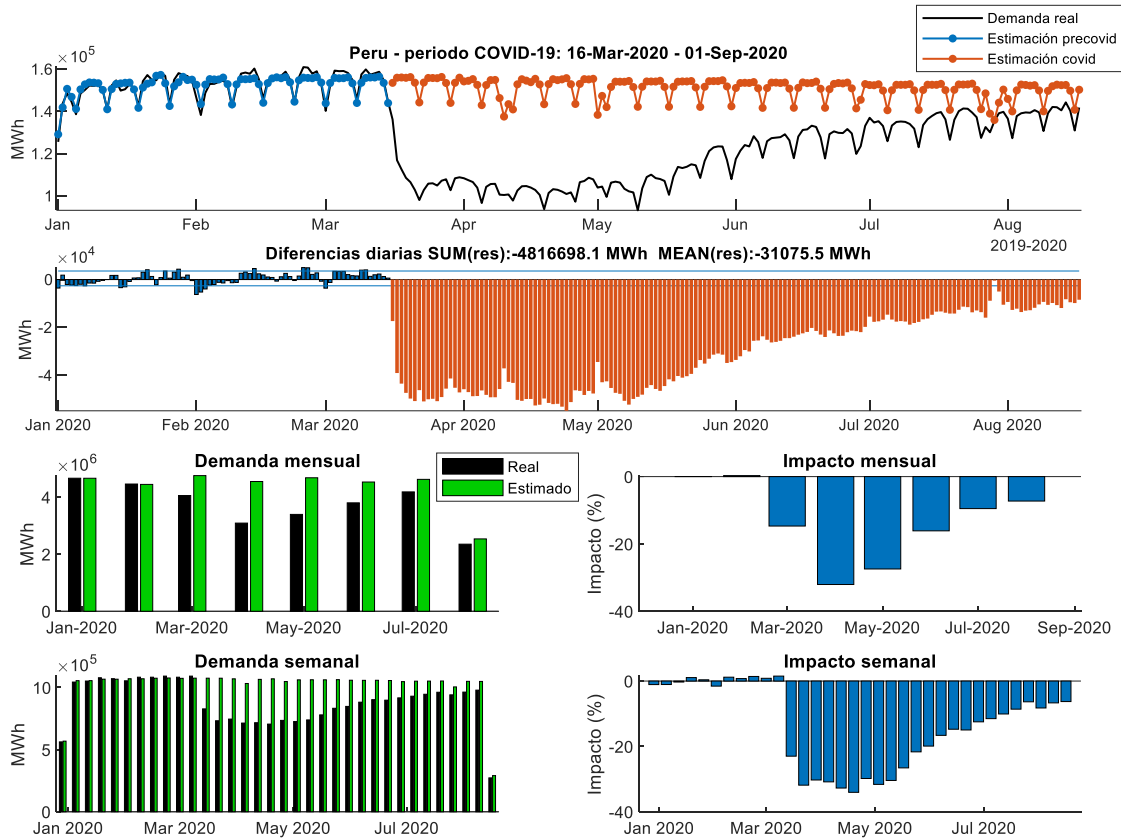


Figura 19: Impacto del COVID-19 en la demanda de Perú durante 2020. La demanda sufrió un decremento muy acusado a partir del 16 de marzo de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de abril, con un impacto de -32%, el mayor de todos los países estudiados. En agosto de 2020, después de cinco meses con valores muy por debajo de lo esperado, la demanda no había recuperado todavía los valores esperados si no hubiese ocurrido la pandemia.

1.7.2 Impacto en el perfil de consumo

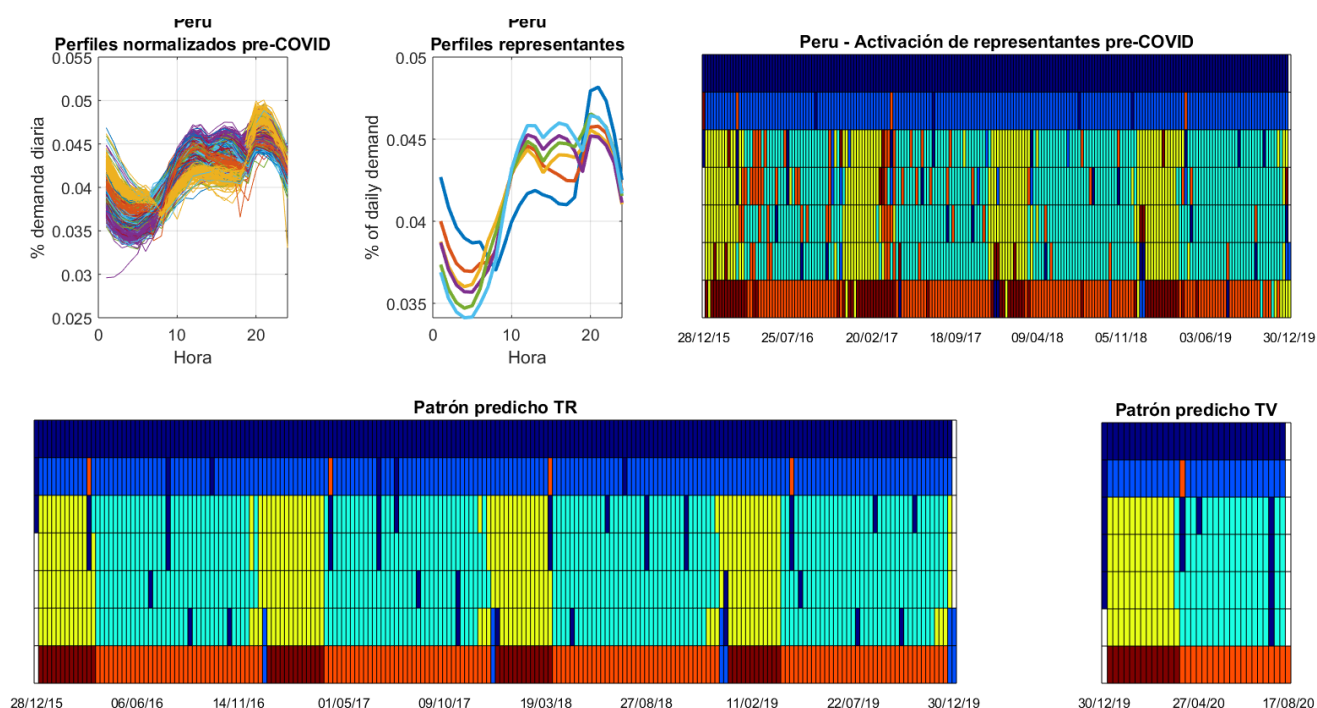


Figura 20: Se han obtenido 6 patrones de consumo representativos para los perfiles diarios pre-COVID en Perú. Se observa un patrón estacional en la activación de los patrones que el árbol es capaz de modelar y predecir a futuro.

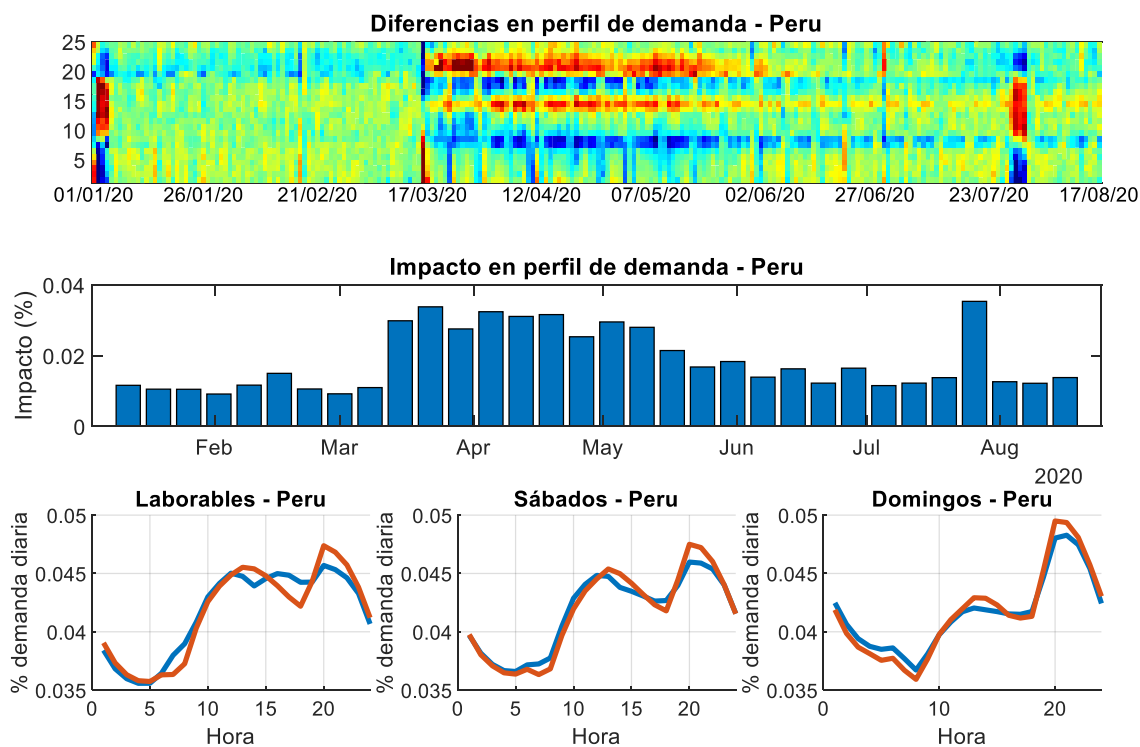


Figura 21: Desde el inicio del COVID-19, se observa que se ha producido un impacto importante en el perfil de demanda desde mediados de marzo hasta mediados de mayo. En general, se produjo un descenso de consumo en las horas 7 a 9 y en las horas 15 a 18. Por el contrario, se observa un incremento de consumo en las noches y al mediodía. El impacto afecta tanto en días laborables como en los fines de semana.

1.8 Costa Rica

1.8.1 Impacto en la demanda diaria

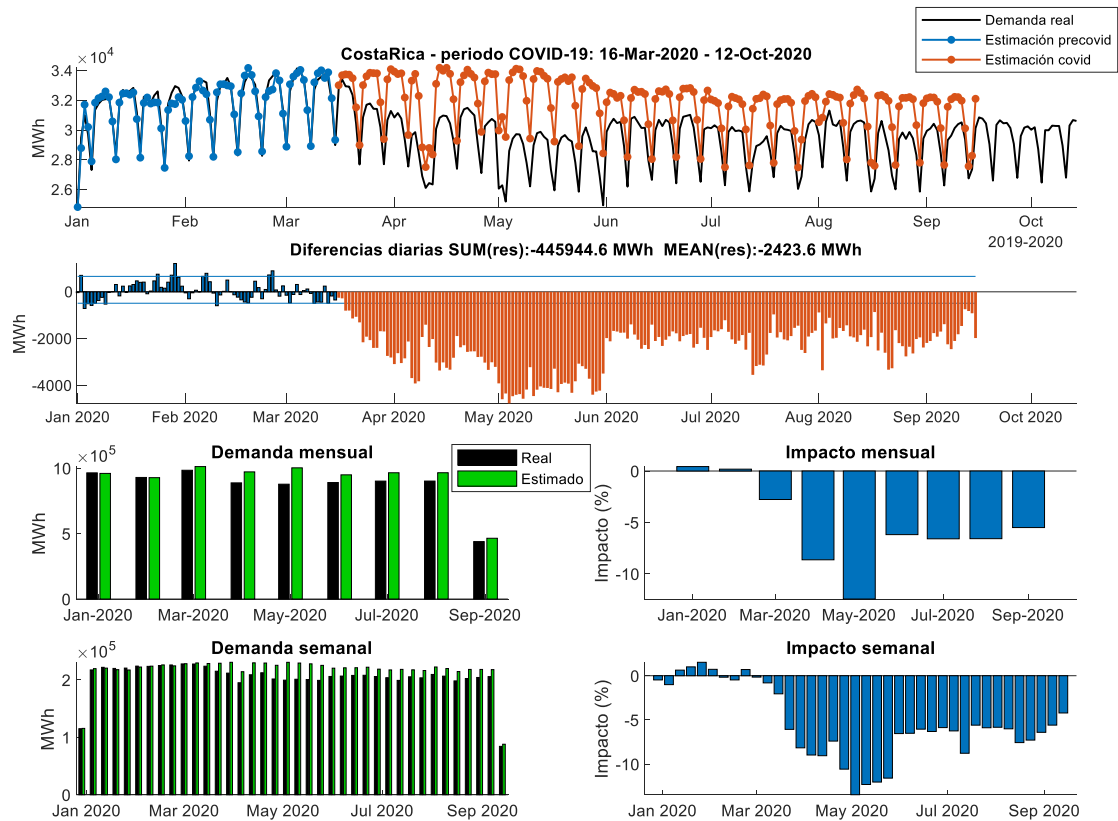


Figura 22: Impacto del COVID-19 en la demanda de Costa Rica durante 2020. La demanda sufrió un decremento acusado a partir del 16 de marzo de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de mayo, con un impacto de -12.5%, un impacto moderado considerando todos los países estudiados. En septiembre de 2020 la demanda no había recuperado todavía los valores esperados si no hubiese ocurrido la pandemia.

1.8.2 Impacto en el perfil de consumo

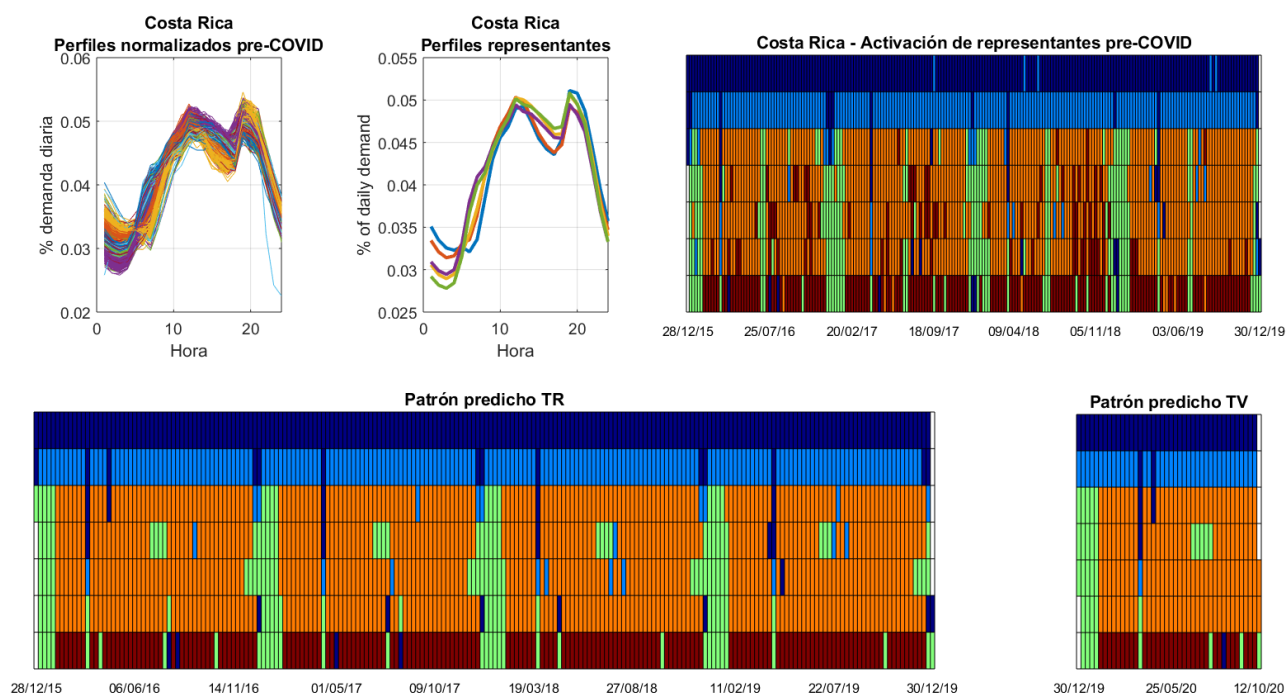


Figura 23: Se han obtenido 5 patrones de consumo representativos para los perfiles diarios pre-COVID en Costa Rica. Se observa un patrón estacional en la activación de los patrones que el árbol es capaz de modelar y predecir a futuro.

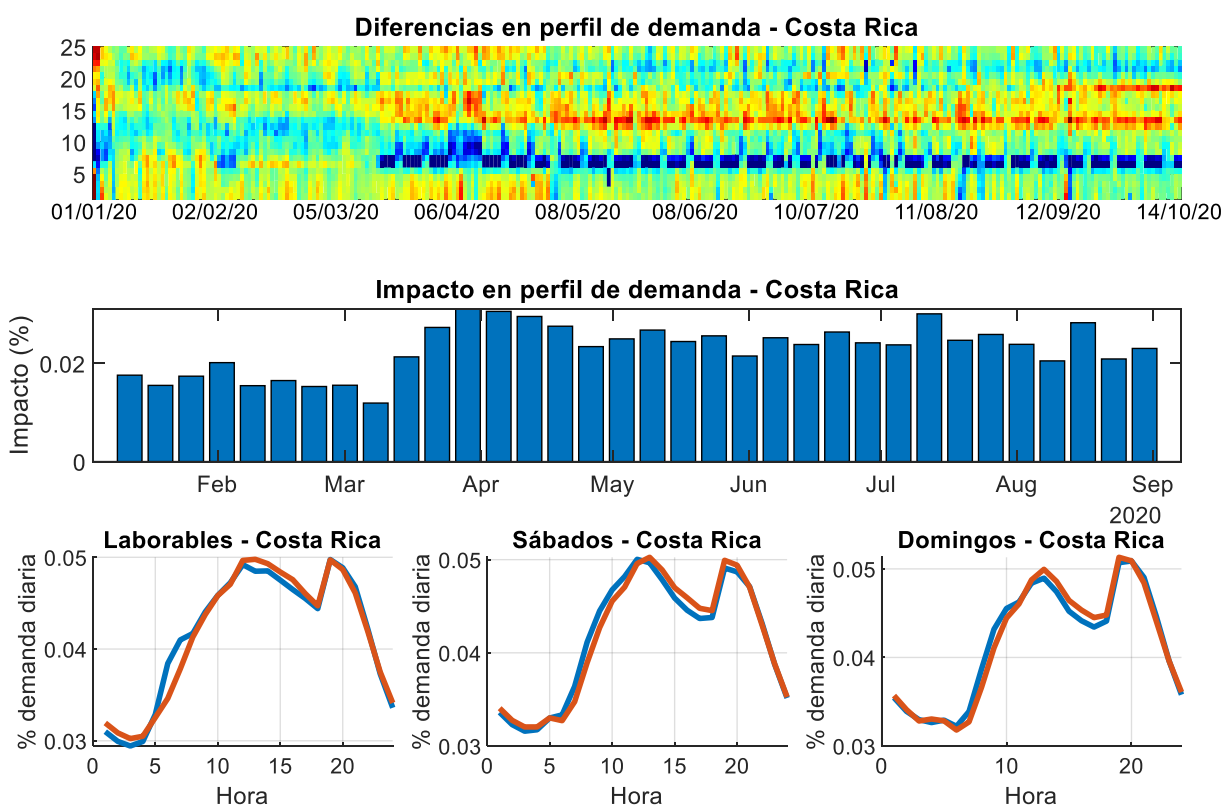


Figura 24: Desde el inicio del COVID-19, se observa que se ha producido un impacto importante en el perfil de demanda desde mediados de marzo que se ha mantenido hasta la actualidad. En general, se produjo un descenso de consumo en las horas 7 a 9 y un incremento en las horas 13 a 18, motivado por un desplazamiento del perfil en esas horas. El impacto afecta tanto en días laborables como en los fines de semana.

1.9 Uruguay

1.9.1 Impacto en la demanda diaria

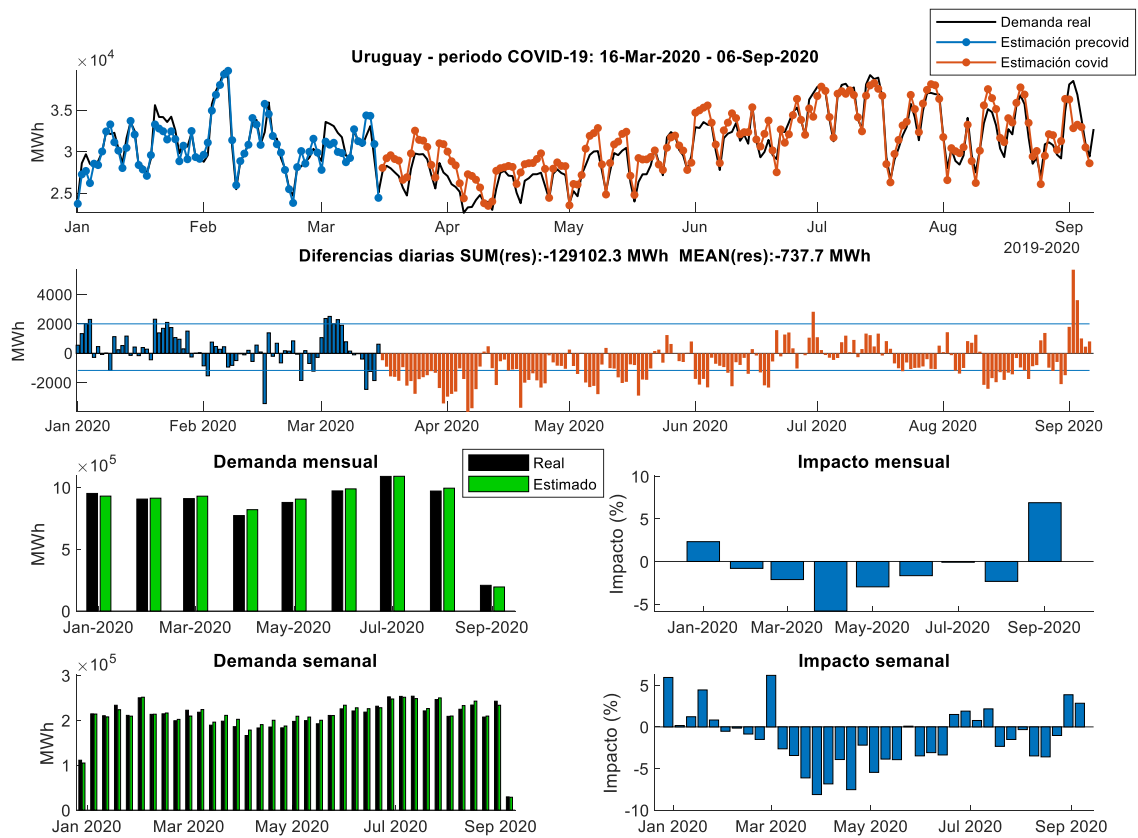


Figura 25: Impacto del COVID-19 en la demanda de Uruguay durante 2020. La demanda sufrió un ligero decremento a partir del 16 de marzo de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de abril, con un impacto de -5.8%, el valor más bajo comparando con el resto de los países estudiados. En julio de 2020 se puede considerar que el impacto del COVID-19 en la demanda ya no es apreciable.

1.9.2 Impacto en el perfil de consumo

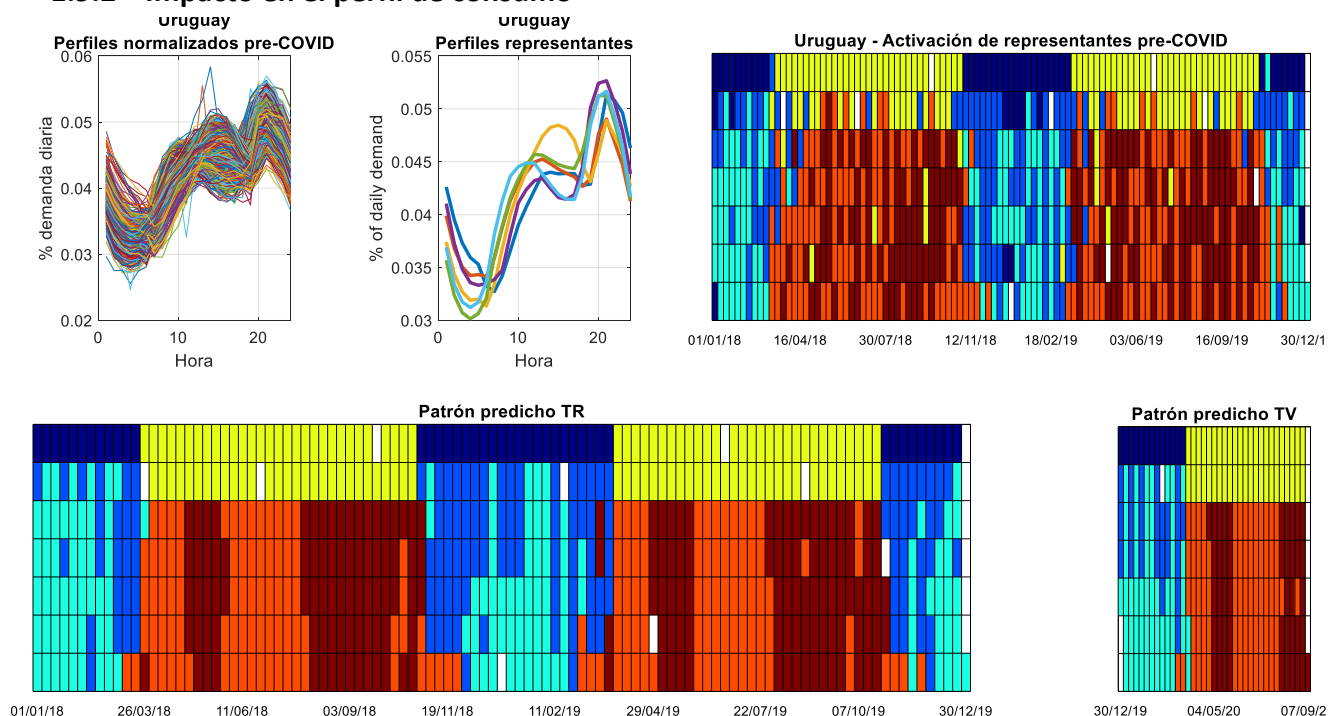


Figura 26: Se han obtenido 6 patrones de consumo representativos para los perfiles diarios pre-COVID en Uruguay. Se observa un patrón estacional en la activación de los patrones que el árbol es capaz de modelar y predecir a futuro.

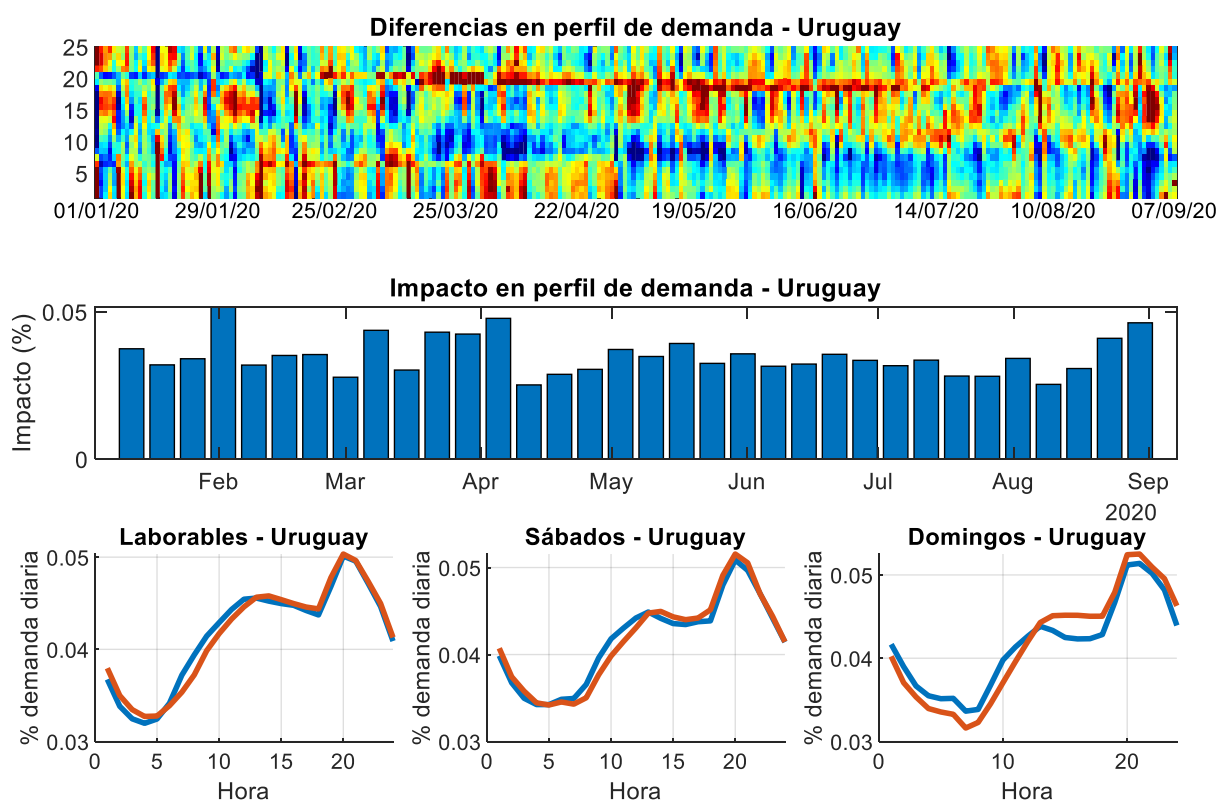


Figura 27: Desde el inicio del COVID-19, se observa que no se ha producido un impacto muy relevante en el perfil de demanda. En general, se produjo un descenso de consumo en las horas 7 a 13 y un incremento en las horas 14 a 20, motivado por un desplazamiento del perfil en esas horas. El impacto afecta de forma más significativa en los domingos.

1.10 República Dominicana

1.10.1 Impacto en la demanda diaria

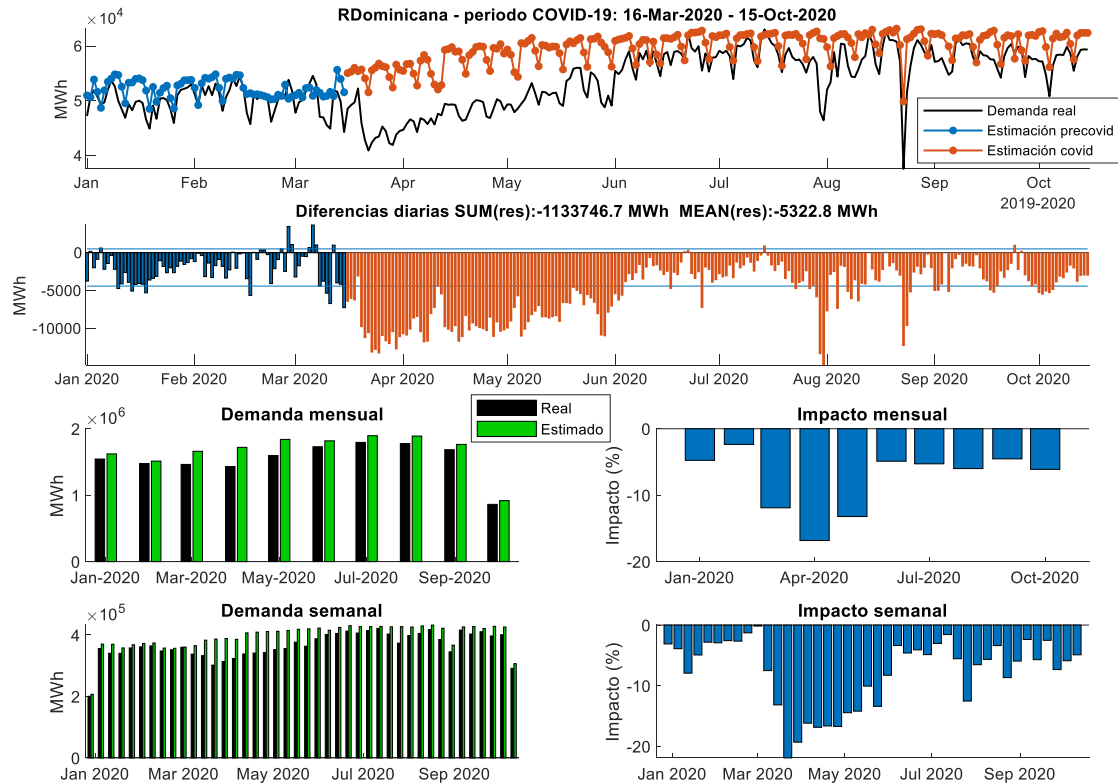


Figura 28: Impacto del COVID-19 en la demanda de República Dominicana durante 2020. La demanda sufrió un decremento muy acusado a partir del 16 de marzo de 2020, alcanzándose el máximo impacto en el mes de abril, con un impacto de -16.8%, el tercer país con mayor impacto de todos los estudiados. En octubre de 2020 la demanda no había recuperado todavía los valores esperados si no hubiese ocurrido la pandemia.

1.10.2 Impacto en el perfil de consumo

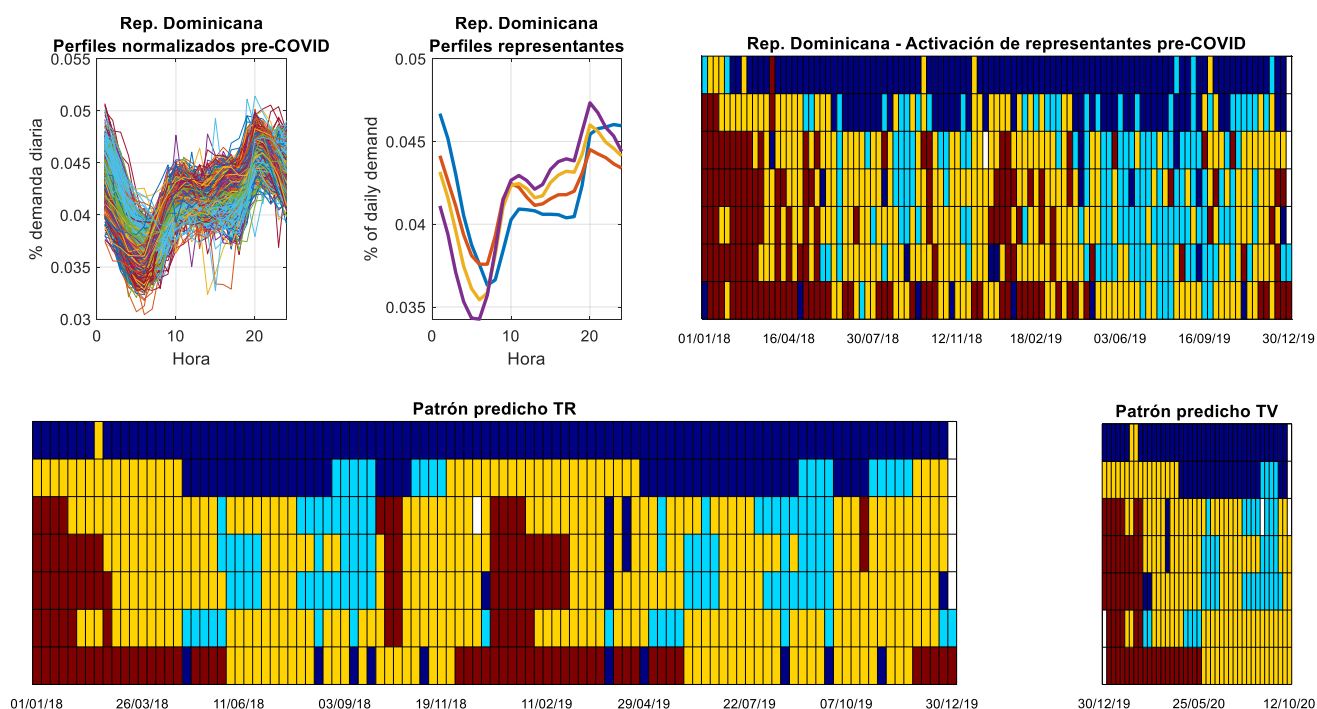


Figura 29: Se han obtenido 4 patrones de consumo representativos para los perfiles diarios pre-COVID en República Dominicana. Se observa un patrón estacional en la activación de los patrones que el árbol es capaz de modelar y predecir a futuro.

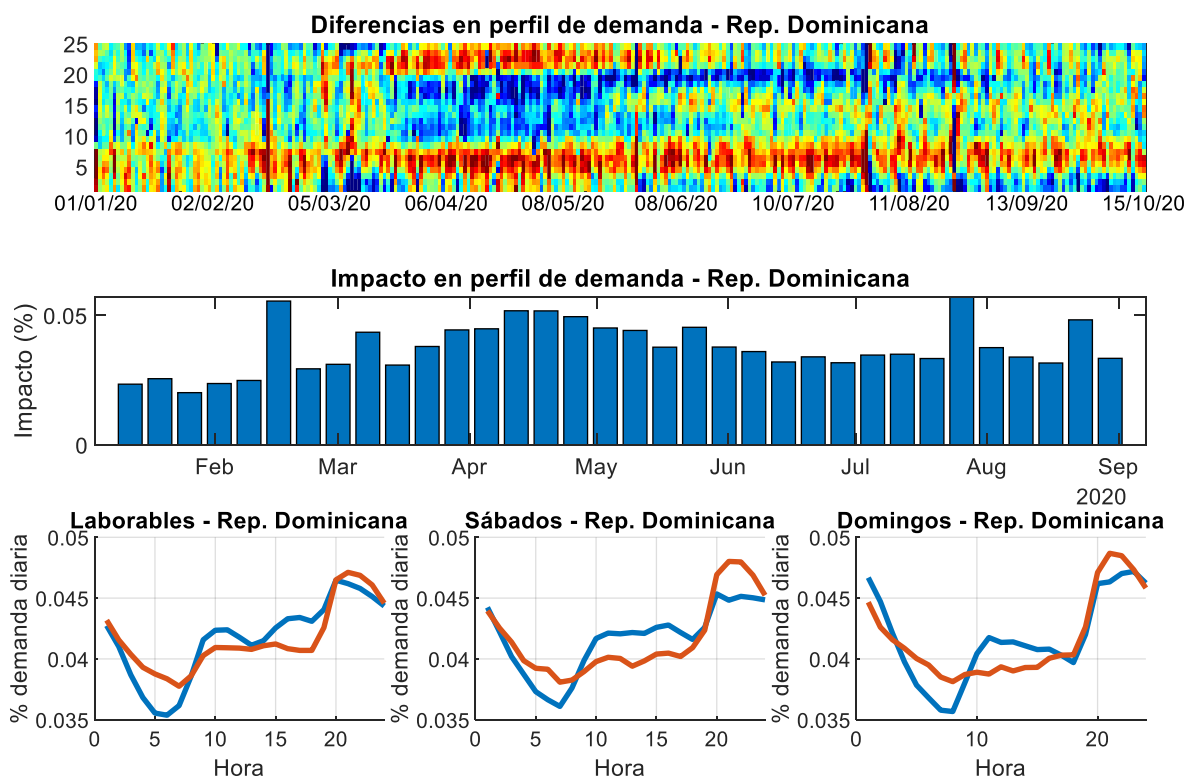


Figura 30: Desde el inicio del COVID-19, se observa que se ha producido un impacto importante en el perfil de demanda desde mediados de marzo que se ha mantenido hasta la actualidad. El pico se produjo a mediados de abril. En general, se produjo un incremento de consumo en las horas 1 a 9 y 20 a 24. Por el contrario se observa un fuerte decremento de la demanda en las horas centrales del día. El impacto afecta tanto en días laborables como en los fines de semana.

2. Anexo II: Días especiales para cada país

En este anexo se detalla, para cada país, los días que se pueden considerar como especiales por tener un efecto significativo en la demanda y que requieren algún tipo de tratamiento en el modelo. Normalmente son sucesos que hacen que la demanda sea inferior a lo que se podría esperar. En concreto, se han considerado cuatro tipos de días especiales, atendiendo al origen del mismo:

- Festivos nacionales y regionales importantes con impacto en la demanda, una variable 1/0 para cada festivo con un nombre diferente.
- Desastres naturales relevantes que han influido en la demanda, como catástrofes asociadas a fenómenos como tormentas tropicales, huracanes, inundaciones, terremotos, etc. Cada evento ocurrido tiene su propia variable o conjunto de variables de intervención.
- Eventos sociales atípicos importantes que han influido en la demanda, como huelgas, manifestaciones, revueltas, etc. Cada evento ocurrido tiene su propia variable o conjunto de variables de intervención.
- Otros sucesos fortuitos con claro impacto en la demanda, como por ejemplo los apagones de luz, observados de vez en cuando en alguna de las series de demanda estudiadas.

A continuación, se indica para cada país la lista de días especiales considerados en el periodo de ajuste y en el rango de predicción, distinguiendo entre 2020 y 2021. Cabe recordar que mientras que estos días se usan como referencia el modelo detecta patrones en torno a esos días para tener en cuenta puentes y otras dinámicas festivas que puedan alterar el consumo

2.1 Argentina

Tabla 1: Días especiales considerados en el periodo de entrenamiento de los modelos desarrollados para la demanda de electricidad de Argentina.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|---|-------------|
| 2016-02-08 | Carnaval | Holiday |
| 2016-02-09 | Carnaval | Holiday |
| 2016-03-24 | Día de la Memoria | Holiday |
| 2016-04-02 | Día del Veterano | Holiday |
| 2016-05-01 | Día del Trabajador | Holiday |
| 2016-05-25 | Día de la Revolucion | Holiday |
| 2016-06-17 | Día Paso a la Inmortalidad del General Martín Miguel de Güe | Holiday |
| 2016-06-20 | Paso a la Inmortalidad del Gral. Manuel Belgrano | Holiday |
| 2016-07-08 | Día de la independencia | Holiday |
| 2016-08-15 | Paso a la Inmortalidad del General José de San Martín | Holiday |
| 2016-10-10 | Día de la Diversidad Cultural | Holiday |
| 2016-11-28 | Día de la Soberanía Nacional | Holiday |
| 2016-12-08 | Día de la Virgen | Holiday |
| 2017-02-27 | Carnaval | Holiday |
| 2017-02-28 | Carnaval | Holiday |
| 2017-03-24 | Día de la Memoria | Holiday |
| 2017-04-02 | Día del Veterano | Holiday |
| 2017-04-06 | Paro Nacional | Riot |
| 2017-05-01 | Día del Trabajador | Holiday |
| 2017-05-25 | Día de la Revolucion | Holiday |
| 2017-06-17 | Día Paso a la Inmortalidad del General Martín Miguel de Güe | Holiday |
| 2017-06-20 | Paso a la Inmortalidad del Gral. Manuel Belgrano | Holiday |
| 2017-07-09 | Día de la independencia | Holiday |
| 2017-08-21 | Paso a la Inmortalidad del General José de San Martín | Holiday |
| 2017-10-16 | Día de la Diversidad Cultural | Holiday |
| 2017-11-20 | Día de la Soberanía Nacional | Holiday |
| 2017-12-08 | Día de la Virgen | Holiday |
| 2018-02-12 | Carnaval | Holiday |
| 2018-02-13 | Carnaval | Holiday |
| 2018-03-24 | Día de la Memoria | Holiday |
| 2018-04-02 | Día del Veterano | Holiday |
| 2018-05-01 | Día del Trabajador | Holiday |
| 2018-05-25 | Día de la Revolucion | Holiday |
| 2018-06-17 | Día Paso a la Inmortalidad del General Martín Miguel de Güe | Holiday |
| 2018-06-20 | Paso a la Inmortalidad del Gral. Manuel Belgrano | Holiday |
| 2018-07-09 | Día de la independencia | Holiday |
| 2018-08-20 | Paso a la Inmortalidad del General José de San Martín | Holiday |
| 2018-09-25 | ART_25092018 | Artificial |
| 2018-10-15 | Día de la Diversidad Cultural | Holiday |
| 2018-11-19 | Día de la Soberanía Nacional | Holiday |
| 2018-12-08 | Día de la Virgen | Holiday |
| 2019-03-04 | Carnaval | Holiday |
| 2019-03-05 | Carnaval | Holiday |
| 2019-03-24 | Día de la Memoria | Holiday |
| 2019-04-02 | Día del Veterano | Holiday |
| 2019-05-01 | Día del Trabajador | Holiday |
| 2019-05-25 | Día de la Revolucion | Holiday |
| 2019-06-16 | Apagon electrico | Catastrophe |
| 2019-06-17 | Día Paso a la Inmortalidad del General Martín Miguel de Güe | Holiday |
| 2019-07-09 | Día de la independencia | Holiday |
| 2019-06-20 | Paso a la Inmortalidad del Gral. Manuel Belgrano | Holiday |
| 2019-08-17 | Paso a la Inmortalidad del General José de San Martín | Holiday |
| 2019-10-14 | Día de la Diversidad Cultural | Holiday |
| 2019-11-18 | Día de la Soberanía Nacional | Holiday |
| 2019-12-08 | Día de la Virgen | Holiday |

Tabla 2: Días especiales considerados en los años 2020 y 2021 para la demanda de electricidad de Argentina

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|--|----------|
| 2020-02-15 | Carnaval | Holidays |
| 2020-02-16 | Carnaval | Holidays |
| 2020-02-24 | Carnaval | Holidays |
| 2020-02-25 | Carnaval | Holidays |
| 2020-03-24 | Día de la Memoria | Holidays |
| 2020-04-02 | Día del Veterano | Holidays |
| 2020-05-01 | Día del Trabajador | Holidays |
| 2020-05-25 | Día de la Revolucion | Holidays |
| 2020-06-17 | Día Paso a la Inmortalidad del General Martín Migu | Holidays |
| 2020-06-17 | Día Paso a la Inmortalidad del General Martín Migu | Holidays |
| 2020-06-20 | Paso a la Inmortalidad del Gral. Manuel Belgrano | Holidays |
| 2020-07-09 | Día de la independencia | Holidays |
| 2020-08-16 | Paso a la Inmortalidad del General José de San Mar | Holidays |
| 2020-08-17 | Paso a la Inmortalidad del General José de San Mar | Holidays |
| 2020-10-11 | Día de la Diversidad Cultural | Holidays |
| 2020-10-12 | Día de la Diversidad Cultural | Holidays |
| 2020-11-23 | Día de la Soberanía Nacional | Holidays |
| 2020-12-08 | Día de la Virgen | Holidays |
| 2021-03-24 | Día de la Memoria | Holidays |
| 2021-04-02 | Día del Veterano | Holidays |
| 2021-05-01 | Día del Trabajador | Holidays |
| 2021-05-25 | Día de la Revolucion | Holidays |
| 2021-06-20 | Paso a la Inmortalidad del Gral. Manuel Belgrano | Holidays |
| 2021-07-09 | Día de la independencia | Holidays |
| 2021-11-22 | Día de la Soberanía Nacional | Holidays |
| 2021-12-08 | Día de la Virgen | Holidays |

2.2 Bolivia

Tabla 3: Días especiales considerados en el periodo de entrenamiento de los modelos desarrollados para la demanda de electricidad de Bolivia

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO | FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|---|---------|------------|---|------------|
| 01/01/2010 | New Years | Holiday | 01/01/2017 | New Years | Holiday |
| 22/01/2010 | Día del estado plurinacional de Bolivia | Holiday | 23/01/2017 | Día del estado plurinacional de Bolivia | Holiday |
| 15/02/2010 | Carnaval | Holiday | 27/02/2017 | Carnaval | Holiday |
| 16/02/2010 | Carnaval II | Holiday | 28/02/2017 | Carnaval II | Holiday |
| 02/04/2010 | Viernes santo | Holiday | 01/03/2017 | Carnaval III | Holiday |
| 01/05/2010 | Día del trabajo | Holiday | 02/03/2017 | Carnaval IV | Holiday |
| 03/06/2010 | Corpus Christi | Holiday | 14/04/2017 | Viernes santo | Holiday |
| 21/06/2010 | Aymara new years | Holiday | 01/05/2017 | Día del trabajo | Holiday |
| 06/08/2010 | Efemerides de Bolivia | Holiday | 15/06/2017 | Corpus Christi | Holiday |
| 02/11/2010 | Día de difuntos | Holiday | 21/06/2017 | Aymara new years | Holiday |
| 25/12/2010 | Navidad | Holiday | 07/08/2017 | Efemerides de Bolivia | Holiday |
| 01/01/2011 | New Years | Holiday | 24/09/2017 | Día de Santa cruz | Holiday |
| 22/01/2011 | Día del estado plurinacional de Bolivia | Holiday | 02/11/2017 | Día de difuntos | Holiday |
| 07/03/2011 | Carnaval | Holiday | 25/12/2017 | Navidad | Holiday |
| 08/03/2011 | Carnaval II | Holiday | 01/01/2018 | New Years | Holiday |
| 22/04/2011 | Viernes santo | Holiday | 22/01/2018 | Día del estado plurinacional de Bolivia | Holiday |
| 01/05/2011 | Día del trabajo | Holiday | 12/02/2018 | Carnaval | Holiday |
| 07/06/2011 | Corpus Christi | Holiday | 13/02/2018 | Carnaval II | Holiday |
| 21/06/2011 | Aymara new years | Holiday | 14/02/2018 | Carnaval III | Holiday |
| 06/08/2011 | Efemerides de Bolivia | Holiday | 15/02/2018 | Carnaval IV | Holiday |
| 02/11/2011 | Día de difuntos | Holiday | 21/02/2018 | Protestas | Riot |
| 25/12/2011 | Navidad | Holiday | 30/03/2018 | Viernes santo | Holiday |
| 01/01/2012 | New Years | Holiday | 01/05/2018 | Día del trabajo | Holiday |
| 22/01/2012 | Día del estado plurinacional de Bolivia | Holiday | 31/05/2018 | Corpus Christi | Holiday |
| 20/02/2012 | Carnaval | Holiday | 21/06/2018 | Aymara new years | Holiday |
| 21/02/2012 | Carnaval II | Holiday | 06/08/2018 | Efemerides de Bolivia | Holiday |
| 06/04/2012 | Viernes santo | Holiday | 24/09/2018 | Día de Santa cruz | Holiday |
| 01/05/2012 | Día del trabajo | Holiday | 02/11/2018 | Día de difuntos | Holiday |
| 07/06/2012 | Corpus Christi | Holiday | 06/12/2018 | Paro cívico nacional | Riot |
| 21/06/2012 | Aymara new years | Holiday | 25/12/2018 | Navidad | Holiday |
| 06/08/2012 | Efemerides de Bolivia | Holiday | 01/01/2019 | New Years | Holiday |
| 02/11/2012 | Día de difuntos | Holiday | 22/01/2019 | Día del estado plurinacional de Bolivia | Holiday |
| 25/12/2012 | Navidad | Holiday | 04/03/2019 | Carnaval | Holiday |
| 01/01/2013 | New Years | Holiday | 05/03/2019 | Carnaval II | Holiday |
| 22/01/2013 | Día del estado plurinacional de Bolivia | Holiday | 06/03/2019 | Carnaval III | Holiday |
| 11/02/2013 | Carnaval | Holiday | 07/03/2019 | Carnaval IV | Holiday |
| 12/02/2013 | Carnaval II | Holiday | 19/04/2019 | Viernes santo | Holiday |
| 29/03/2013 | Viernes santo | Holiday | 01/05/2019 | Día del trabajo | Holiday |
| 01/05/2013 | Día del trabajo | Holiday | 20/06/2019 | Corpus Christi | Holiday |
| 30/05/2013 | Corpus Christi | Holiday | 21/06/2019 | Aymara new years | Holiday |
| 21/06/2013 | Aymara new years | Holiday | 09/07/2019 | Paro nacional | Riot |
| 06/08/2013 | Efemerides de Bolivia | Holiday | 06/08/2019 | Efemerides de Bolivia | Holiday |
| 02/11/2013 | Día de difuntos | Holiday | 07/08/2019 | terremoto | Catastroph |
| 25/12/2013 | Navidad | Holiday | 24/09/2019 | Día de Santa cruz | Holiday |
| 01/01/2014 | New Years | Holiday | 20/10/2019 | Elecciones | Holiday |
| 22/01/2014 | Día del estado plurinacional de Bolivia | Holiday | 22/10/2019 | Revolución de las Pittas_M | Riot |
| 03/03/2014 | Carnaval | Holiday | 23/10/2019 | Revolución de las Pittas_X | Riot |
| 04/03/2014 | Carnaval II | Holiday | 24/10/2019 | Revolución de las Pittas_J | Riot |
| 18/04/2014 | Viernes santo | Holiday | 25/10/2019 | Revolución de las Pittas_V | Riot |
| 01/05/2014 | Día del trabajo | Holiday | 26/10/2019 | Revolución de las Pittas_S | Riot |
| 19/06/2014 | Corpus Christi | Holiday | 27/10/2019 | Revolución de las Pittas_D | Riot |
| 21/06/2014 | Aymara new years | Holiday | 28/10/2019 | Revolución de las Pittas_L | Riot |
| 06/08/2014 | Efemerides de Bolivia | Holiday | 29/10/2019 | Revolución de las Pittas_M | Riot |
| 02/11/2014 | Día de difuntos | Holiday | 30/10/2019 | Revolución de las Pittas_X | Riot |
| 25/12/2014 | Navidad | Holiday | 31/10/2019 | Revolución de las Pittas_J | Riot |
| 01/01/2015 | New Years | Holiday | 01/11/2019 | Revolución de las Pittas_V | Riot |
| 22/01/2015 | Día del estado plurinacional de Bolivia | Holiday | 02/11/2019 | Revolución de las Pittas_S | Riot |
| 16/02/2015 | Carnaval | Holiday | 03/11/2019 | Revolución de las Pittas_D | Riot |
| 17/02/2015 | Carnaval II | Holiday | 04/11/2019 | Revolución de las Pittas_L | Riot |
| 18/02/2015 | Carnaval III | Holiday | 05/11/2019 | Revolución de las Pittas_M | Riot |
| 19/02/2015 | Carnaval IV | Holiday | 06/11/2019 | Revolución de las Pittas_X | Riot |
| 29/03/2015 | Elecciones | Holiday | 07/11/2019 | Revolución de las Pittas_J | Riot |
| 03/04/2015 | Viernes santo | Holiday | 08/11/2019 | Revolución de las Pittas_V | Riot |
| 01/05/2015 | Día del trabajo | Holiday | 09/11/2019 | Revolución de las Pittas_S | Riot |
| 04/06/2015 | Corpus Christi | Holiday | 10/11/2019 | Revolución de las Pittas_D | Riot |
| 21/06/2015 | Aymara new years | Holiday | 11/11/2019 | Revolución de las Pittas_2_L | Riot |
| 08/07/2015 | Visita del Papa | Holiday | 12/11/2019 | Revolución de las Pittas_2_M | Riot |
| 09/07/2015 | Visita del Papa | Holiday | 13/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_X | Riot |
| 10/07/2015 | Visita del Papa | Holiday | 14/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_J | Riot |
| 16/07/2015 | Día de la Paz | Holiday | 15/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_V | Riot |
| 06/08/2015 | Efemerides de Bolivia | Holiday | 16/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_S | Riot |
| 24/09/2015 | Día de Santa cruz | Holiday | 17/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_D | Riot |
| 02/11/2015 | Día de difuntos | Holiday | 18/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_L | Riot |
| 25/12/2015 | Navidad | Holiday | 19/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_M | Riot |
| 01/01/2016 | New Years | Holiday | 20/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_X | Riot |
| 22/01/2016 | Día del estado plurinacional de Bolivia | Holiday | 21/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_J | Riot |
| 08/02/2016 | Carnaval | Holiday | 22/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_V | Riot |
| 09/02/2016 | Carnaval II | Holiday | 23/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_S | Riot |
| 10/02/2016 | Carnaval III | Holiday | 24/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_D | Riot |
| 11/02/2016 | Carnaval IV | Holiday | 25/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_L | Riot |
| 25/03/2016 | Viernes santo | Holiday | 26/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_M | Riot |
| 02/05/2016 | Día del trabajo | Holiday | 27/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_X | Riot |
| 26/05/2016 | Corpus Christi | Holiday | 28/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_J | Riot |
| 21/06/2016 | Aymara new years | Holiday | 29/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_V | Riot |
| 06/08/2016 | Efemerides de Bolivia | Holiday | 30/11/2019 | Revolución de las Pittas_3_S | Riot |
| 12/09/2016 | Dummy | Dummy | 01/12/2019 | Revolución de las Pittas_3_D | Riot |
| 24/09/2016 | Día de Santa cruz | Holiday | 02/12/2019 | Revolución de las Pittas_3_L | Riot |
| 02/11/2016 | Día de difuntos | Holiday | 03/12/2019 | Revolución de las Pittas_3_M | Riot |
| 25/12/2016 | Navidad | Holiday | 25/12/2019 | Navidad | Holiday |

Tabla 4: Días especiales considerados en los años 2020 y 2021 para la demanda de electricidad de Bolivia

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|---|----------|
| 01/01/2020 | New Years | Holidays |
| 22/01/2020 | Dia del estado plurinacional de Bolivia | Holidays |
| 24/02/2020 | Carnaval | Holidays |
| 25/02/2020 | Carnaval II | Holidays |
| 26/02/2020 | Carnaval III | Holidays |
| 27/02/2020 | Carnaval IV | Holidays |
| 10/04/2020 | Viernes santo | Holidays |
| 01/05/2020 | Dia del trabajo | Holidays |
| 11/06/2020 | Corpus Christi | Holidays |
| 21/06/2020 | Aymara new years | Holidays |
| 06/08/2020 | Efemerides de Bolivia | Holidays |
| 24/09/2020 | Dia de Santa cruz | Holidays |
| 02/11/2020 | Dia de difuntos | Holidays |
| 25/12/2020 | Navidad | Holidays |
| 01/01/2021 | New Years | Holidays |
| 22/01/2021 | Dia del estado plurinacional de Bolivia | Holidays |
| 15/02/2021 | Carnaval | Holidays |
| 16/02/2021 | Carnaval II | Holidays |
| 17/02/2021 | Carnaval III | Holidays |
| 18/02/2021 | Carnaval IV | Holidays |
| 02/04/2021 | Viernes santo | Holidays |
| 30/04/2021 | Dia del trabajo | Holidays |
| 03/06/2021 | Corpus Christi | Holidays |
| 21/06/2021 | Aymara new years | Holidays |
| 06/08/2021 | Efemerides de Bolivia | Holidays |
| 24/09/2021 | Dia de Santa cruz | Holidays |
| 02/11/2021 | Dia de difuntos | Holidays |
| 25/12/2021 | Navidad | Holidays |

2.3 Brasil

Tabla 5: Días especiales considerados en el periodo de entrenamiento de los modelos desarrollados para la demanda de electricidad de Brasil.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|--|------------|
| 24/02/2017 | Carnival Friday | Holiday |
| 25/02/2017 | Carnival Saturday | Holiday |
| 26/02/2017 | Carnival Sunday | Holiday |
| 27/02/2017 | Carnival Monday | Holiday |
| 28/02/2017 | Carnival Tuesday | Holiday |
| 01/03/2017 | Carnival end (until 2pm) | Holiday |
| 21/04/2017 | Tiradentes Day | Holiday |
| 01/05/2017 | Labor Day / May Day | Holiday |
| 15/06/2017 | Corpus Christi | Holiday |
| 07/09/2017 | Independence Day | Holiday |
| 12/10/2017 | Our Lady of Aparecida / Children's Day | Holiday |
| 02/11/2017 | All Souls' Day | Holiday |
| 15/11/2017 | Republic Proclamation Day | Holiday |
| 20/11/2017 | Black Consciousness Day | Holiday |
| 09/02/2018 | Carnival Friday | Holiday |
| 10/02/2018 | Carnival Saturday | Holiday |
| 11/02/2018 | Carnival Sunday | Holiday |
| 12/02/2018 | Carnival Monday | Holiday |
| 13/02/2018 | Carnival Tuesday | Holiday |
| 14/02/2018 | Carnival end (until 2pm) | Holiday |
| 21/04/2018 | Tiradentes Day | Holiday |
| 01/05/2018 | Labor Day / May Day | Holiday |
| 23/05/2018 | Huelga Camioneros 1ª Semana | Riot |
| 24/05/2018 | Huelga Camioneros 1ª Semana | Riot |
| 25/05/2018 | Huelga Camioneros 1ª Semana | Riot |
| 26/05/2018 | Huelga Camioneros 2ª Semana | Riot |
| 28/05/2018 | Huelga Camioneros 2ª Semana | Riot |
| 29/05/2018 | Huelga Camioneros 2ª Semana | Riot |
| 30/05/2018 | Huelga Camioneros 2ª Semana | Riot |
| 31/05/2018 | Corpus Christi y Huelga Camioneros | Riot |
| 01/06/2018 | Huelga Camioneros 2ª Semana | Riot |
| 02/06/2018 | Huelga Camioneros 2ª Semana | Riot |
| 27/06/2018 | ART_27062018 | Artificial |
| 07/09/2018 | Independence Day | Holiday |
| 12/10/2018 | Our Lady of Aparecida / Children's Day | Holiday |
| 02/11/2018 | All Souls' Day | Holiday |
| 15/11/2018 | Republic Proclamation Day | Holiday |
| 20/11/2018 | Black Consciousness Day | Holiday |
| 01/03/2019 | Carnival Friday | Holiday |
| 02/03/2019 | Carnival Saturday | Holiday |
| 03/03/2019 | Carnival Sunday | Holiday |
| 04/03/2019 | Carnival Monday | Holiday |
| 05/03/2019 | Carnival Tuesday | Holiday |
| 06/03/2019 | Carnival end (until 2pm) | Holiday |
| 21/04/2019 | Tiradentes Day | Holiday |
| 01/05/2019 | Labor Day / May Day | Holiday |
| 20/06/2019 | Corpus Christi | Holiday |
| 07/09/2019 | Independence Day | Holiday |
| 12/10/2019 | Our Lady of Aparecida / Children's Day | Holiday |
| 02/11/2019 | All Souls' Day | Holiday |
| 15/11/2019 | Republic Proclamation Day | Holiday |
| 20/11/2019 | Black Consciousness Day | Holiday |

Tabla 6: Días especiales considerados en los años 2020 y 2021 para la demanda de electricidad de Brasil.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|--|----------|
| 21/02/2020 | Carnival Friday | Holidays |
| 22/02/2020 | Carnival Saturday | Holidays |
| 23/02/2020 | Carnival Sunday | Holidays |
| 24/02/2020 | Carnival Monday | Holidays |
| 25/02/2020 | Carnival Tuesday | Holidays |
| 26/02/2020 | Carnival end (until 2pm) | Holidays |
| 21/04/2020 | Tiradentes Day | Holidays |
| 01/05/2020 | Labor Day / May Day | Holidays |
| 11/06/2020 | Corpus Christi | Holidays |
| 07/09/2020 | Independence Day | Holidays |
| 12/10/2020 | Our Lady of Aparecida / Children's Day | Holidays |
| 02/11/2020 | All Souls' Day | Holidays |
| 15/11/2020 | Republic Proclamation Day | Holidays |
| 20/11/2020 | Black Consciousness Day | Holidays |
| 12/02/2021 | Carnival Friday | Holidays |
| 13/02/2021 | Carnival Saturday | Holidays |
| 14/02/2021 | Carnival Sunday | Holidays |
| 15/02/2021 | Carnival Monday | Holidays |
| 16/02/2021 | Carnival Tuesday | Holidays |
| 17/02/2021 | Carnival end (until 2pm) | Holidays |
| 21/04/2021 | Tiradentes Day | Holidays |
| 01/05/2021 | Labor Day / May Day | Holidays |
| 03/06/2021 | Corpus Christi | Holidays |
| 07/09/2021 | Independence Day | Holidays |
| 12/10/2021 | Our Lady of Aparecida / Children's Day | Holidays |
| 02/11/2021 | All Souls' Day | Holidays |
| 15/11/2021 | Republic Proclamation Day | Holidays |
| 20/11/2021 | Black Consciousness Day | Holidays |

2.4 Chile

Tabla 7: Días especiales considerados en el periodo de entrenamiento de los modelos desarrollados para la demanda de electricidad de Chile.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO | FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|---|-------------|------------|---|------------|
| 01/01/2010 | Año Nuevo | Holiday | 01/05/2015 | Día Nacional del Trabajo | Holiday |
| 27/02/2010 | Terremoto | Catastrophe | 21/05/2015 | Día de las Glorias Navales | Holiday |
| 28/02/2010 | Terremoto | Catastrophe | 29/06/2015 | San Pedro y San Pablo | Holiday |
| 01/03/2010 | Terremoto | Catastrophe | 16/07/2015 | Virgen del Carmen | Holiday |
| 02/03/2010 | Terremoto | Catastrophe | 15/08/2015 | Asunción de la Virgen | Holiday |
| 01/05/2010 | Día Nacional del Trabajo | Holiday | 17/09/2015 | fiestas patrias | Holiday |
| 21/05/2010 | Día de las Glorias Navales | Holiday | 18/09/2015 | Día de la Independencia Nacional | Holiday |
| 28/06/2010 | San Pedro y San Pablo | Holiday | 19/09/2015 | Día de las Glorias del Ejército | Holiday |
| 16/07/2010 | Virgen del Carmen | Holiday | 12/10/2015 | Encuentro de Dos Mundos | Holiday |
| 15/08/2010 | Asunción de la Virgen | Holiday | 27/10/2015 | ART_27102015 | Holiday |
| 17/09/2010 | fiestas patrias | Holiday | 31/10/2015 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestantes | Holiday |
| 18/09/2010 | Día de la Independencia Nacional | Holiday | 01/11/2015 | Día de Todos los Santos | Holiday |
| 19/09/2010 | Día de las Glorias del Ejército | Holiday | 08/12/2015 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holiday |
| 20/09/2010 | fiestas patrias en el bicentenario | Holiday | 01/05/2016 | Día Nacional del Trabajo | Holiday |
| 11/10/2010 | Encuentro de Dos Mundos | Holiday | 21/05/2016 | Día de las Glorias Navales | Holiday |
| 31/10/2010 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestantes | Holiday | 27/06/2016 | San Pedro y San Pablo | Holiday |
| 01/11/2010 | Día de Todos los Santos | Holiday | 16/07/2016 | Virgen del Carmen | Holiday |
| 08/12/2010 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holiday | 15/08/2016 | Asunción de la Virgen | Holiday |
| 01/05/2011 | Día Nacional del Trabajo | Holiday | 18/09/2016 | Día de la Independencia Nacional | Holiday |
| 21/05/2011 | Día de las Glorias Navales | Holiday | 19/09/2016 | Día de las Glorias del Ejército | Holiday |
| 31/05/2011 | centenario de la fundación de Puerto Natales | Holiday | 20/09/2016 | fiestas patrias | Holiday |
| 27/06/2011 | San Pedro y San Pablo | Holiday | 10/10/2016 | Encuentro de Dos Mundos | Holiday |
| 16/07/2011 | Virgen del Carmen | Holiday | 31/10/2016 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestantes | Holiday |
| 15/08/2011 | Asunción de la Virgen | Holiday | 01/11/2016 | Día de Todos los Santos | Holiday |
| 17/09/2011 | fiestas patrias | Holiday | 08/12/2016 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holiday |
| 18/09/2011 | Día de la Independencia Nacional | Holiday | 19/04/2017 | censo abreviado de población y vivienda | Holiday |
| 19/09/2011 | Día de las Glorias del Ejército | Holiday | 01/05/2017 | Día Nacional del Trabajo | Holiday |
| 10/10/2011 | Encuentro de Dos Mundos | Holiday | 21/05/2017 | Día de las Glorias Navales | Holiday |
| 31/10/2011 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestantes | Holiday | 26/06/2017 | San Pedro y San Pablo | Holiday |
| 01/11/2011 | Día de Todos los Santos | Holiday | 16/07/2017 | Virgen del Carmen | Holiday |
| 08/12/2011 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holiday | 15/08/2017 | Asunción de la Virgen | Holiday |
| 01/05/2012 | Día Nacional del Trabajo | Holiday | 18/09/2017 | Día de la Independencia Nacional | Holiday |
| 12/05/2012 | ART_12052012 | Artificial | 19/09/2017 | Día de las Glorias del Ejército | Holiday |
| 21/05/2012 | Día de las Glorias Navales | Holiday | 20/09/2017 | fiestas patrias | Holiday |
| 02/07/2012 | San Pedro y San Pablo | Holiday | 09/10/2017 | Encuentro de Dos Mundos | Holiday |
| 16/07/2012 | Virgen del Carmen | Holiday | 27/10/2017 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestantes | Holiday |
| 15/08/2012 | Asunción de la Virgen | Holiday | 01/11/2017 | Día de Todos los Santos | Holiday |
| 17/09/2012 | fiestas patrias | Holiday | 08/12/2017 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holiday |
| 18/09/2012 | Día de la Independencia Nacional | Holiday | 01/05/2018 | Día Nacional del Trabajo | Holiday |
| 19/09/2012 | Día de las Glorias del Ejército | Holiday | 24/01/2018 | ART_24012018 | Artificial |
| 15/10/2012 | Encuentro de Dos Mundos | Holiday | 31/01/2018 | ART_31012018 | Artificial |
| 01/11/2012 | Día de Todos los Santos | Holiday | 01/02/2018 | ART_01022018 | Artificial |
| 02/11/2012 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestantes | Holiday | 21/05/2018 | Día de las Glorias Navales | Holiday |
| 08/12/2012 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holiday | 02/07/2018 | San Pedro y San Pablo | Holiday |
| 21/01/2013 | Inundaciones | Catastrophe | 16/07/2018 | Virgen del Carmen | Holiday |
| 01/05/2013 | Día Nacional del Trabajo | Holiday | 15/08/2018 | Asunción de la Virgen | Holiday |
| 21/05/2013 | Día de las Glorias Navales | Holiday | 17/09/2018 | fiestas patrias | Holiday |
| 29/06/2013 | San Pedro y San Pablo | Holiday | 18/09/2018 | Día de la Independencia Nacional | Holiday |
| 30/06/2013 | elecciones primarias | Holiday | 19/09/2018 | Día de las Glorias del Ejército | Holiday |
| 16/07/2013 | Virgen del Carmen | Holiday | 15/10/2018 | Encuentro de Dos Mundos | Holiday |
| 15/08/2013 | Asunción de la Virgen | Holiday | 30/10/2018 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestantes | Holiday |
| 18/09/2013 | Día de la Independencia Nacional | Holiday | 01/11/2018 | Día de Todos los Santos | Holiday |
| 19/09/2013 | Día de las Glorias del Ejército | Holiday | 08/12/2018 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holiday |
| 20/09/2013 | fiestas patrias | Holiday | 01/05/2019 | Día Nacional del Trabajo | Holiday |
| 12/10/2013 | Encuentro de Dos Mundos | Holiday | 21/05/2019 | Día de las Glorias Navales | Holiday |
| 31/10/2013 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestantes | Holiday | 29/06/2019 | San Pedro y San Pablo | Holiday |
| 01/11/2013 | Día de Todos los Santos | Holiday | 16/07/2019 | Virgen del Carmen | Holiday |
| 25/11/2013 | ART_25112013 | Artificial | 15/08/2019 | Asunción de la Virgen | Holiday |
| 08/12/2013 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holiday | 18/09/2019 | Día de la Independencia Nacional | Holiday |
| 01/05/2014 | Día Nacional del Trabajo | Holiday | 19/09/2019 | Día de las Glorias del Ejército | Holiday |
| 21/05/2014 | Día de las Glorias Navales | Holiday | 20/09/2019 | fiestas patrias | Holiday |
| 29/06/2014 | San Pedro y San Pablo | Holiday | 12/10/2019 | Encuentro de Dos Mundos | Holiday |
| 16/07/2014 | Virgen del Carmen | Holiday | 21/10/2019 | Paro nacional por protestas | Riot |
| 15/08/2014 | Asunción de la Virgen | Holiday | 22/10/2019 | Paro nacional por protestas | Riot |
| 18/09/2014 | Día de la Independencia Nacional | Holiday | 23/10/2019 | Paro nacional por protestas | Riot |
| 19/09/2014 | Día de las Glorias del Ejército | Holiday | 24/10/2019 | Paro nacional por protestas | Riot |
| 20/09/2014 | fiestas patrias | Holiday | 25/10/2019 | Paro nacional por protestas | Riot |
| 12/10/2014 | Encuentro de Dos Mundos | Holiday | 26/10/2019 | Paro nacional por protestas | Riot |
| 31/10/2014 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestantes | Holiday | 27/10/2019 | Paro nacional por protestas | Riot |
| 01/11/2014 | Día de Todos los Santos | Holiday | 31/10/2019 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestantes | Holiday |
| 08/12/2014 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holiday | 01/11/2019 | Día de Todos los Santos | Holiday |
| | | | 08/12/2019 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holiday |

Tabla 8: Días especiales considerados en los años 2020 y 2021 para la demanda de electricidad de Chile.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|---|----------|
| 01/05/2020 | Día Nacional del Trabajo | Holidays |
| 21/05/2020 | Día de las Glorias Navales | Holidays |
| 29/06/2020 | San Pedro y San Pablo | Holidays |
| 16/07/2020 | Virgen del Carmen | Holidays |
| 15/08/2020 | Asunción de la Virgen | Holidays |
| 18/09/2020 | Día de la Independencia Nacional | Holidays |
| 18/09/2020 | fiestas patrias | Holidays |
| 19/09/2020 | Día de las Glorias del Ejército | Holidays |
| 19/09/2020 | fiestas patrias | Holidays |
| 11/10/2020 | Encuentro de Dos Mundos | Holidays |
| 12/10/2020 | Encuentro de Dos Mundos | Holidays |
| 31/10/2020 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestant | Holidays |
| 01/11/2020 | Día de Todos los Santos | Holidays |
| 08/12/2020 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays |
| 01/05/2021 | Día Nacional del Trabajo | Holidays |
| 21/05/2021 | Día de las Glorias Navales | Holidays |
| 29/06/2021 | San Pedro y San Pablo | Holidays |
| 16/07/2021 | Virgen del Carmen | Holidays |
| 15/08/2021 | Asunción de la Virgen | Holidays |
| 18/09/2021 | Día de la Independencia Nacional | Holidays |
| 18/09/2021 | fiestas patrias | Holidays |
| 19/09/2021 | Día de las Glorias del Ejército | Holidays |
| 19/09/2021 | fiestas patrias | Holidays |
| 31/10/2021 | Día Nacional de las Iglesias Evangélicas y Protestant | Holidays |
| 01/11/2021 | Día de Todos los Santos | Holidays |
| 08/12/2021 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays |

2.5 Guatemala

Tabla 9: Días especiales considerados en el periodo de entrenamiento de los modelos desarrollados para la demanda de electricidad de Guatemala.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO | FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|-------------------------|----------|------------|-------------------------|-------------|
| 01/01/2013 | New Years | Holidays | 01/01/2017 | New Years | Holidays |
| 26/03/2013 | Martes Santo | Holidays | 11/04/2017 | Martes Santo | Holidays |
| 27/03/2013 | Miercoles Santo | Holidays | 12/04/2017 | Miercoles Santo | Holidays |
| 28/03/2013 | Jueves Santo | Holidays | 13/04/2017 | Jueves Santo | Holidays |
| 29/03/2013 | Viernes Santo | Holidays | 14/04/2017 | Viernes Santo | Holidays |
| 30/03/2013 | Sabado Santo | Holidays | 15/04/2017 | Sabado Santo | Holidays |
| 01/05/2013 | Dia del Trabajo | Holidays | 01/05/2017 | Dia del Trabajo | Holidays |
| 30/06/2013 | Dia del Ejercito | Holidays | 31/05/2017 | Terremoto | Holidays |
| 15/08/2013 | Dia de la Asuncion | Holidays | 30/06/2017 | Dia del Ejercito | Holidays |
| 15/09/2013 | Dia de la Independencia | Holidays | 01/07/2017 | Dia del Ejercito | Holidays |
| 20/10/2013 | Dia de la Revolucion | Holidays | 01/07/2017 | Terremoto | Catastrophe |
| 01/11/2013 | Dia de Todos los Santos | Holidays | 15/08/2017 | Dia de la Asuncion | Holidays |
| 24/12/2013 | Medio dia | Holidays | 15/09/2017 | Dia de la Independencia | Holidays |
| 25/12/2013 | Navidad | Holidays | 20/10/2017 | Dia de la Revolucion | Holidays |
| 01/01/2014 | New Years | Holidays | 25/10/2017 | Fuertes vientos | Catastrophe |
| 15/04/2014 | Martes Santo | Holidays | 01/11/2017 | Dia de Todos los Santos | Holidays |
| 16/04/2014 | Miercoles Santo | Holidays | 24/12/2017 | Medio dia | Holidays |
| 17/04/2014 | Jueves Santo | Holidays | 25/12/2017 | Navidad | Holidays |
| 18/04/2014 | Viernes Santo | Holidays | 01/01/2018 | New Years | Holidays |
| 19/04/2014 | Sabado Santo | Holidays | 27/03/2018 | Martes Santo | Holidays |
| 01/05/2014 | Dia del Trabajo | Holidays | 28/03/2018 | Miercoles Santo | Holidays |
| 30/06/2014 | Dia del Ejercito | Holidays | 29/03/2018 | Jueves Santo | Holidays |
| 15/08/2014 | Dia de la Asuncion | Holidays | 30/03/2018 | Viernes Santo | Holidays |
| 15/09/2014 | Dia de la Independencia | Holidays | 31/03/2018 | Sabado Santo | Holidays |
| 20/10/2014 | Dia de la Revolucion | Holidays | 01/05/2018 | Dia del Trabajo | Holidays |
| 01/11/2014 | Dia de Todos los Santos | Holidays | 30/06/2018 | Dia del Ejercito | Holidays |
| 24/12/2014 | Medio dia | Holidays | 15/08/2018 | Dia de la Asuncion | Holidays |
| 25/12/2014 | Navidad | Holidays | 15/09/2018 | Dia de la Independencia | Holidays |
| 01/01/2015 | New Years | Holidays | 22/10/2018 | Dia de la Revolucion | Holidays |
| 31/03/2015 | Martes Santo | Holidays | 01/11/2018 | Dia de Todos los Santos | Holidays |
| 01/04/2015 | Miercoles Santo | Holidays | 24/12/2018 | Medio dia | Holidays |
| 02/04/2015 | Jueves Santo | Holidays | 25/12/2018 | Navidad | Holidays |
| 03/04/2015 | Viernes Santo | Holidays | 01/01/2019 | New Years | Holidays |
| 04/04/2015 | Sabado Santo | Holidays | 16/04/2019 | Martes Santo | Holidays |
| 01/05/2015 | Dia del Trabajo | Holidays | 17/04/2019 | Miercoles Santo | Holidays |
| 29/06/2015 | Dia del Ejercito | Holidays | 18/04/2019 | Jueves Santo | Holidays |
| 15/08/2015 | Dia de la Asuncion | Holidays | 19/04/2019 | Viernes Santo | Holidays |
| 15/09/2015 | Dia de la Independencia | Holidays | 20/04/2019 | Sabado Santo | Holidays |
| 20/10/2015 | Dia de la Revolucion | Holidays | 29/04/2019 | Dia del Trabajo | Holidays |
| 01/11/2015 | Dia de Todos los Santos | Holidays | 01/07/2019 | Dia del Ejercito | Holidays |
| 24/12/2015 | Medio dia | Holidays | 15/08/2019 | Dia de la Asuncion | Holidays |
| 25/12/2015 | Navidad | Holidays | 15/09/2019 | Dia de la Independencia | Holidays |
| 01/01/2016 | New Years | Holidays | 21/10/2019 | Dia de la Revolucion | Holidays |
| 22/03/2016 | Martes Santo | Holidays | 01/11/2019 | Dia de Todos los Santos | Holidays |
| 23/03/2016 | Miercoles Santo | Holidays | 24/12/2019 | Medio dia | Holidays |
| 24/03/2016 | Jueves Santo | Holidays | 25/12/2019 | Navidad | Holidays |
| 25/03/2016 | Viernes Santo | Holidays | | | |
| 26/03/2016 | Sabado Santo | Holidays | | | |
| 01/05/2016 | Dia del Trabajo | Holidays | | | |
| 01/07/2016 | Dia del Ejercito | Holidays | | | |
| 15/08/2016 | Dia de la Asuncion | Holidays | | | |
| 15/09/2016 | Dia de la Independencia | Holidays | | | |
| 20/10/2016 | Dia de la Revolucion | Holidays | | | |
| 01/11/2016 | Dia de Todos los Santos | Holidays | | | |
| 24/12/2016 | Medio dia | Holidays | | | |
| 25/12/2016 | Navidad | Holidays | | | |

Tabla 10: Días especiales considerados en los años 2020 y 2021 para la demanda de electricidad de Guatemala

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|-------------------------|----------|
| 01/01/2020 | New Years | Holidays |
| 07/04/2020 | Martes Santo | Holidays |
| 08/04/2020 | Miercoles Santo | Holidays |
| 09/04/2020 | Jueves Santo | Holidays |
| 10/04/2020 | Viernes Santo | Holidays |
| 11/04/2020 | Sabado Santo | Holidays |
| 01/05/2020 | Dia del Trabajo | Holidays |
| 29/06/2020 | Dia del Ejercito | Holidays |
| 15/08/2020 | Dia de la Asuncion | Holidays |
| 15/09/2020 | Dia de la Independencia | Holidays |
| 20/10/2020 | Dia de la Revolucion | Holidays |
| 01/11/2020 | Dia de Todos los Santos | Holidays |
| 25/12/2020 | Navidad | Holidays |
| 01/01/2021 | New Years | Holidays |
| 30/03/2021 | Martes Santo | Holidays |
| 31/03/2021 | Miercoles Santo | Holidays |
| 01/04/2021 | Jueves Santo | Holidays |
| 02/04/2021 | Viernes Santo | Holidays |
| 03/04/2021 | Sabado Santo | Holidays |
| 30/04/2021 | Dia del Trabajo | Holidays |
| 28/06/2021 | Dia del Ejercito | Holidays |
| 16/08/2021 | Dia de la Asuncion | Holidays |
| 15/09/2021 | Dia de la Independencia | Holidays |
| 20/10/2021 | Dia de la Revolucion | Holidays |
| 01/11/2021 | Dia de Todos los Santos | Holidays |
| 25/12/2021 | Navidad | Holidays |

2.6 México

Tabla 11: Días especiales considerados en el periodo de entrenamiento de los modelos desarrollados para la demanda de electricidad de México.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|--|----------|
| 01/02/2016 | Día de la Constitución Mexicana | Holidays |
| 21/03/2016 | Natalicio de Benito Juárez | Holidays |
| 01/05/2016 | Día del Trabajo | Holidays |
| 10/05/2016 | Día de las Madres | Holidays |
| 16/09/2016 | Día de la Independencia | Holidays |
| 02/11/2016 | Día de los Muertos | Holidays |
| 21/11/2016 | Revolución Mexicana | Holidays |
| 12/12/2016 | Día de la Virgen de Guadalupe | Holidays |
| 06/02/2017 | Día de la Constitución Mexicana | Holidays |
| 20/03/2017 | Natalicio de Benito Juárez | Holidays |
| 01/05/2017 | Día del Trabajo | Holidays |
| 10/05/2017 | Día de las Madres | Holidays |
| 18/06/2017 | Día del padre | Holidays |
| 16/09/2017 | Día de la Independencia | Holidays |
| 02/11/2017 | Día de los Muertos | Holidays |
| 20/11/2017 | Revolución Mexicana | Holidays |
| 12/12/2017 | Día de la Virgen de Guadalupe | Holidays |
| 05/02/2018 | Día de la Constitución Mexicana | Holidays |
| 19/03/2018 | Natalicio de Benito Juárez | Holidays |
| 01/05/2018 | Día del Trabajo | Holidays |
| 10/05/2018 | Día de las Madres | Holidays |
| 17/06/2018 | Día del padre | Holidays |
| 16/09/2018 | Día de la Independencia | Holidays |
| 02/11/2018 | Día de los Muertos | Holidays |
| 19/11/2018 | Revolución Mexicana | Holidays |
| 01/12/2018 | Transmisión de Poder Ejecutivo Federal | Holidays |
| 12/12/2018 | Día de la Virgen de Guadalupe | Holidays |
| 04/02/2019 | Día de la Constitución Mexicana | Holidays |
| 18/03/2019 | Natalicio de Benito Juárez | Holidays |
| 01/05/2019 | Día del Trabajo | Holidays |
| 10/05/2019 | Día de las Madres | Holidays |
| 16/06/2019 | Día del padre | Holidays |
| 16/09/2019 | Día de la Independencia | Holidays |
| 02/11/2019 | Día de los Muertos | Holidays |
| 18/11/2019 | Revolución Mexicana | Holidays |
| 12/12/2019 | Día de la Virgen de Guadalupe | Holidays |

Tabla 12: Días especiales considerados en los años 2020 y 2021 para la demanda de electricidad de México

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|---------------------------------|----------|
| 03/02/2020 | Día de la Constitución Mexicana | Holidays |
| 16/03/2020 | Natalicio de Benito Juárez | Holidays |
| 01/05/2020 | Día del Trabajo | Holidays |
| 10/05/2020 | Día de las Madres | Holidays |
| 21/06/2020 | Día del padre | Holidays |
| 16/09/2020 | Día de la Independencia | Holidays |
| 02/11/2020 | Día de los Muertos | Holidays |
| 16/11/2020 | Revolución Mexicana | Holidays |
| 12/12/2020 | Día de la Virgen de Guadalupe | Holidays |
| 05/02/2021 | Día de la Constitución Mexicana | Holidays |
| 15/03/2021 | Natalicio de Benito Juárez | Holidays |
| 01/05/2021 | Día del Trabajo | Holidays |
| 10/05/2021 | Día de las Madres | Holidays |
| 20/06/2021 | Día del padre | Holidays |
| 16/09/2021 | Día de la Independencia | Holidays |
| 02/11/2021 | Día de los Muertos | Holidays |
| 15/11/2021 | Revolución Mexicana | Holidays |
| 12/12/2021 | Día de la Virgen de Guadalupe | Holidays |

2.7 Perú

Tabla 13: Días especiales considerados en el periodo de entrenamiento de los modelos desarrollados para la demanda de electricidad de Perú.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO | FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|--|-------------|------------|--|----------|
| 01/05/2010 | Sismo de Tacna 6.5 | Catastrophe | 10/10/2015 | Juntas de Gobernadores del Grupo del Banco Mundial | Holidays |
| 29/06/2010 | San Pedro y San Pablo | Holidays | 01/11/2015 | Día de Todos Los Santos | Holidays |
| 28/07/2010 | Día de la Independencia | Holidays | 08/12/2015 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays |
| 29/07/2010 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays | 01/05/2016 | Día del trabajo | Holidays |
| 30/07/2010 | Fiestas Patrias Peru | Holidays | 29/06/2016 | San Pedro y San Pablo | Holidays |
| 30/08/2010 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays | 28/07/2016 | Día de la Independencia | Holidays |
| 08/10/2010 | Combate Naval de Angamos | Holidays | 29/07/2016 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays |
| 01/11/2010 | Día de Todos Los Santos | Holidays | 30/07/2016 | Fiestas Patrias Peru | Holidays |
| 08/12/2010 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays | 30/08/2016 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays |
| 01/05/2011 | Día del trabajo | Holidays | 08/10/2016 | Combate Naval de Angamos | Holidays |
| 29/06/2011 | San Pedro y San Pablo | Holidays | 01/11/2016 | Día de Todos Los Santos | Holidays |
| 28/07/2011 | Día de la Independencia | Holidays | 08/12/2016 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays |
| 29/07/2011 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays | 01/05/2017 | Día del trabajo | Holidays |
| 30/07/2011 | Fiestas Patrias Peru | Holidays | 29/06/2017 | San Pedro y San Pablo | Holidays |
| 30/08/2011 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays | 28/07/2017 | Día de la Independencia | Holidays |
| 08/10/2011 | Combate Naval de Angamos | Holidays | 29/07/2017 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays |
| 01/11/2011 | Día de Todos Los Santos | Holidays | 30/07/2017 | Fiestas Patrias Peru | Holidays |
| 08/12/2011 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays | 30/08/2017 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays |
| 01/05/2012 | Día del trabajo | Holidays | 08/10/2017 | Combate Naval de Angamos | Holidays |
| 29/06/2012 | San Pedro y San Pablo | Holidays | 31/10/2017 | Día de la canción criolla | Holidays |
| 28/07/2012 | Día de la Independencia | Holidays | 01/11/2017 | Día de Todos Los Santos | Holidays |
| 29/07/2012 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays | 08/12/2017 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays |
| 30/07/2012 | Fiestas Patrias Peru | Holidays | 01/05/2018 | Día del Trabajo | Holidays |
| 30/08/2012 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays | 29/06/2018 | San Pedro y San Pablo | Holidays |
| 01/10/2012 | Semana del Turismo | Holidays | 28/07/2018 | Día de la Independencia | Holidays |
| 08/10/2012 | Combate Naval de Angamos | Holidays | 29/07/2018 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays |
| 01/11/2012 | Día de Todos Los Santos | Holidays | 30/07/2018 | Fiestas Patrias Peru | Holidays |
| 08/12/2012 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays | 30/08/2018 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays |
| 11/02/2013 | Virgen de la Candelaria | Holidays | 08/10/2018 | Combate Naval de Angamos | Holidays |
| 12/02/2013 | Virgen de la Candelaria | Holidays | 01/11/2018 | Día de Todos los Santos | Holidays |
| 01/05/2013 | Día del trabajo | Holidays | 08/12/2018 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays |
| 29/06/2013 | San Pedro y San Pablo | Holidays | 01/05/2019 | Día del Trabajo | Holidays |
| 28/07/2013 | Día de la Independencia | Holidays | 29/06/2019 | San Pedro y San Pablo | Holidays |
| 29/07/2013 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays | 28/07/2019 | Día de la Independencia | Holidays |
| 30/07/2013 | Fiestas Patrias Peru | Holidays | 29/07/2019 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays |
| 30/08/2013 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays | 30/07/2019 | Fiestas Patrias Peru | Holidays |
| 07/10/2013 | Combate Naval de Angamos | Holidays | 30/08/2019 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays |
| 08/10/2013 | Combate Naval de Angamos | Holidays | 08/10/2019 | Combate Naval de Angamos | Holidays |
| 01/11/2013 | Día de Todos Los Santos | Holidays | 01/11/2019 | Día de Todos los Santos | Holidays |
| 08/12/2013 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays | 08/12/2019 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays |
| 01/05/2014 | Día del trabajo | Holidays | | | |
| 29/06/2014 | San Pedro y San Pablo | Holidays | | | |
| 17/07/2014 | Terremoto 4.0 | Catastrophe | | | |
| 28/07/2014 | Día de la Independencia | Holidays | | | |
| 29/07/2014 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays | | | |
| 30/07/2014 | Fiestas Patrias Peru | Holidays | | | |
| 30/08/2014 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays | | | |
| 08/10/2014 | Combate Naval de Angamos | Holidays | | | |
| 01/11/2014 | Día de Todos Los Santos | Holidays | | | |
| 08/12/2014 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays | | | |
| 01/05/2015 | Día del trabajo | Holidays | | | |
| 29/06/2015 | San Pedro y San Pablo | Holidays | | | |
| 28/07/2015 | Día de la Independencia | Holidays | | | |
| 29/07/2015 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays | | | |
| 30/07/2015 | Fiestas Patrias Peru | Holidays | | | |
| 30/08/2015 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays | | | |
| 08/10/2015 | Combate Naval de Angamos | Holidays | | | |
| 09/10/2015 | Juntas de Gobernadores del Grupo del Banco Mundial | Holidays | | | |

Tabla 14: Días especiales considerados en los años 2020 y 2021 para la demanda de electricidad de Perú.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|--|----------|
| 01/05/2020 | Día del trabajo | Holidays |
| 29/06/2020 | San Pedro y San Pablo | Holidays |
| 28/07/2020 | Día de la Independencia | Holidays |
| 29/07/2020 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays |
| 30/07/2020 | Fiestas Patrias Peru | Holidays |
| 30/08/2020 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays |
| 08/10/2020 | Combate Naval de Angamos | Holidays |
| 01/11/2020 | Día de Todos Los Santos | Holidays |
| 08/12/2020 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays |
| 01/05/2021 | Día del trabajo | Holidays |
| 29/06/2021 | San Pedro y San Pablo | Holidays |
| 28/07/2021 | Día de la Independencia | Holidays |
| 29/07/2021 | Día de las Fuerzas Armadas y la Policía del Perú | Holidays |
| 30/07/2021 | Fiestas Patrias Peru | Holidays |
| 30/08/2021 | Día de Santa Rosa de Lima | Holidays |
| 08/10/2021 | Combate Naval de Angamos | Holidays |
| 01/11/2021 | Día de Todos Los Santos | Holidays |
| 08/12/2021 | Inmaculada Concepción de la Virgen | Holidays |

2.8 Costa Rica

Tabla 15: Días especiales considerados en el periodo de entrenamiento de los modelos desarrollados para la demanda de electricidad de Costa Rica.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO | FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|--|----------|------------|--|----------|
| 01/01/2013 | New Years | Holidays | 01/01/2017 | New Years | Holidays |
| 28/03/2013 | Jueves Santo | Holidays | 11/04/2017 | Dia de Juan Santamaria | Holidays |
| 29/03/2013 | Viernes Santo | Holidays | 13/04/2017 | Jueves Santo | Holidays |
| 11/04/2013 | Dia de Juan Santamaria | Holidays | 14/04/2017 | Viernes Santo | Holidays |
| 01/05/2013 | Dia del trabajador | Holidays | 01/05/2017 | Dia del trabajador | Holidays |
| 25/07/2013 | Anexion del Partido de Nicoya a Costa Rica | Holidays | 01/07/2017 | Apagon General | Holidays |
| 15/08/2013 | Dia de las Madres | Holidays | 25/07/2017 | Anexion del Partido de Nicoya a Costa Rica | Holidays |
| 15/09/2013 | Independencia de Costa Rica | Holidays | 02/08/2017 | Dia de la Virgen de los Angeles | Holidays |
| 12/10/2013 | Dia de las Culuras | Holidays | 15/08/2017 | Dia de las Madres | Holidays |
| 25/12/2013 | Navidad | Holidays | 15/09/2017 | Independencia de Costa Rica | Holidays |
| 01/01/2014 | New Years | Holidays | 25/12/2017 | Navidad | Holidays |
| 11/04/2014 | Dia de Juan Santamaria | Holidays | 01/01/2018 | New Years | Holidays |
| 17/04/2014 | Jueves Santo | Holidays | 29/03/2018 | Jueves Santo | Holidays |
| 18/04/2014 | Viernes Santo | Holidays | 30/03/2018 | Viernes Santo | Holidays |
| 01/05/2014 | Dia del trabajador | Holidays | 11/04/2018 | Dia de Juan Santamaria | Holidays |
| 25/07/2014 | Anexion del Partido de Nicoya a Costa Rica | Holidays | 01/05/2018 | Dia del trabajador | Holidays |
| 15/08/2014 | Dia de las Madres | Holidays | 25/07/2018 | Anexion del Partido de Nicoya a Costa Rica | Holidays |
| 15/09/2014 | Independencia de Costa Rica | Holidays | 02/08/2018 | Dia de la Virgen de los Angeles | Holidays |
| 25/12/2014 | Navidad | Holidays | 15/08/2018 | Dia de las Madres | Holidays |
| 01/01/2015 | New Years | Holidays | 15/09/2018 | Independencia de Costa Rica | Holidays |
| 02/04/2015 | Jueves Santo | Holidays | 15/10/2018 | Dia de las Culuras | Holidays |
| 03/04/2015 | Viernes Santo | Holidays | 25/12/2018 | Navidad | Holidays |
| 11/04/2015 | Dia de Juan Santamaria | Holidays | 01/01/2019 | New Years | Holidays |
| 01/05/2015 | Dia del trabajador | Holidays | 11/04/2019 | Dia de Juan Santamaria | Holidays |
| 25/07/2015 | Anexion del Partido de Nicoya a Costa Rica | Holidays | 18/04/2019 | Jueves Santo | Holidays |
| 15/08/2015 | Dia de las Madres | Holidays | 19/04/2019 | Viernes Santo | Holidays |
| 15/09/2015 | Independencia de Costa Rica | Holidays | 01/05/2019 | Dia del trabajador | Holidays |
| 12/10/2015 | Dia de las Culuras | Holidays | 25/07/2019 | Anexion del Partido de Nicoya a Costa Rica | Holidays |
| 25/12/2015 | Navidad | Holidays | 02/08/2019 | Dia de la Virgen de los Angeles | Holidays |
| 01/01/2016 | New Years | Holidays | 15/08/2019 | Dia de las Madres | Holidays |
| 24/03/2016 | Jueves Santo | Holidays | 14/10/2019 | Dia de las Culuras | Holidays |
| 25/03/2016 | Viernes Santo | Holidays | 25/12/2019 | Navidad | Holidays |
| 11/04/2016 | Dia de Juan Santamaria | Holidays | | | |
| 29/04/2016 | Dia del trabajador | Holidays | | | |
| 25/07/2016 | Anexion del Partido de Nicoya a Costa Rica | Holidays | | | |
| 02/08/2016 | Dia de la Virgen de los Angeles | Holidays | | | |
| 15/08/2016 | Dia de las Madres | Holidays | | | |
| 15/09/2016 | Independencia de Costa Rica | Holidays | | | |
| 17/10/2016 | Dia de las Culuras | Holidays | | | |
| 25/12/2016 | Navidad | Holidays | | | |

Tabla 16: Días especiales considerados en los años 2020 y 2021 para la demanda de electricidad de Costa Rica.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|--|----------|
| 01/01/2020 | New Years | Holidays |
| 09/04/2020 | Jueves Santo | Holidays |
| 10/04/2020 | Viernes Santo | Holidays |
| 11/04/2020 | Dia de Juan Santamaria | Holidays |
| 01/05/2020 | Dia del trabajador | Holidays |
| 27/07/2020 | Anexion del Partido de Nicoya a Costa Rica | Holidays |
| 02/08/2020 | Dia de la Virgen de los Angeles | Holidays |
| 17/08/2020 | Dia de las Madres | Holidays |
| 14/09/2020 | Independencia de Costa Rica | Holidays |
| 12/10/2020 | Dia de las Culuras | Holidays |
| 25/12/2020 | Navidad | Holidays |
| 01/01/2021 | New Years | Holidays |
| 01/04/2021 | Jueves Santo | Holidays |
| 02/04/2021 | Viernes Santo | Holidays |
| 11/04/2021 | Dia de Juan Santamaria | Holidays |
| 01/05/2021 | Dia del trabajador | Holidays |
| 25/07/2021 | Anexion del Partido de Nicoya a Costa Rica | Holidays |
| 02/08/2021 | Dia de la Virgen de los Angeles | Holidays |
| 15/08/2021 | Dia de las Madres | Holidays |
| 15/09/2021 | Independencia de Costa Rica | Holidays |
| 12/10/2021 | Dia de las Culuras | Holidays |
| 25/12/2021 | Navidad | Holidays |

2.9 Uruguay

Tabla 17: Días especiales considerados en el periodo de entrenamiento de los modelos desarrollados para la demanda de electricidad de Uruguay.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|------------------------------|-------------|
| 2017-02-27 | Carnival / Shrove Monday | Holiday |
| 2017-02-28 | Carnival / Shrove Tuesday | Holiday |
| 2017-04-10 | Tourism Week Holiday (Day 1) | Holiday |
| 2017-04-11 | Tourism Week Holiday (Day 2) | Holiday |
| 2017-04-12 | Tourism Week Holiday (Day 3) | Holiday |
| 2017-04-17 | Landing of the 33 orientals | Holiday |
| 2017-05-01 | Labor Day / May Day | Holiday |
| 2017-07-18 | Constitution Day | Holiday |
| 2017-08-25 | Independence Day | Holiday |
| 2018-02-12 | Carnival / Shrove Monday | Holiday |
| 2018-02-13 | Carnival / Shrove Tuesday | Holiday |
| 2018-03-26 | Tourism Week Holiday (Day 1) | Holiday |
| 2018-03-27 | Tourism Week Holiday (Day 2) | Holiday |
| 2018-03-28 | Tourism Week Holiday (Day 3) | Holiday |
| 2018-04-23 | Landing of the 33 orientals | Holiday |
| 2018-05-01 | Labor Day / May Day | Holiday |
| 2018-07-18 | Constitution Day | Holiday |
| 2018-08-22 | Paro Nacional | Riot |
| 2018-08-25 | Independence Day | Holiday |
| 2019-03-04 | Carnival / Shrove Monday | Holiday |
| 2019-03-05 | Carnival / Shrove Tuesday | Holiday |
| 2019-04-15 | Tourism Week Holiday (Day 1) | Holiday |
| 2019-04-16 | Tourism Week Holiday (Day 2) | Holiday |
| 2019-04-17 | Tourism Week Holiday (Day 3) | Holiday |
| 2019-04-22 | Landing of the 33 orientals | Holiday |
| 2019-05-01 | Labor Day / May Day | Holiday |
| 2019-06-16 | Electric shutdown | Catastrophe |
| 2019-07-18 | Constitution Day | Holiday |
| 2019-08-25 | Independence Day | Holiday |
| 2017-02-27 | Carnival / Shrove Monday | Holiday |
| 2017-02-28 | Carnival / Shrove Tuesday | Holiday |
| 2017-04-10 | Tourism Week Holiday (Day 1) | Holiday |
| 2017-04-11 | Tourism Week Holiday (Day 2) | Holiday |
| 2017-04-12 | Tourism Week Holiday (Day 3) | Holiday |
| 2017-04-17 | Landing of the 33 orientals | Holiday |
| 2017-05-01 | Labor Day / May Day | Holiday |
| 2017-07-18 | Constitution Day | Holiday |
| 2017-08-25 | Independence Day | Holiday |
| 2018-02-12 | Carnival / Shrove Monday | Holiday |
| 2018-02-13 | Carnival / Shrove Tuesday | Holiday |
| 2018-03-26 | Tourism Week Holiday (Day 1) | Holiday |
| 2018-03-27 | Tourism Week Holiday (Day 2) | Holiday |
| 2018-03-28 | Tourism Week Holiday (Day 3) | Holiday |
| 2018-04-23 | Landing of the 33 orientals | Holiday |
| 2018-05-01 | Labor Day / May Day | Holiday |
| 2018-07-18 | Constitution Day | Holiday |
| 2018-08-22 | Paro Nacional | Riot |
| 2018-08-25 | Independence Day | Holiday |
| 2019-03-04 | Carnival / Shrove Monday | Holiday |
| 2019-03-05 | Carnival / Shrove Tuesday | Holiday |
| 2019-04-15 | Tourism Week Holiday (Day 1) | Holiday |
| 2019-04-16 | Tourism Week Holiday (Day 2) | Holiday |
| 2019-04-17 | Tourism Week Holiday (Day 3) | Holiday |
| 2019-04-22 | Landing of the 33 orientals | Holiday |
| 2019-05-01 | Labor Day / May Day | Holiday |
| 2019-06-16 | Electric shutdown | Catastrophe |
| 2019-07-18 | Constitution Day | Holiday |
| 2019-08-25 | Independence Day | Holiday |

Tabla 18: Días especiales considerados en los años 2020 y 2021 para la demanda de electricidad de Uruguay.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|------------------------------|----------|
| 2020-02-24 | Carnival / Shrove Monday | Holidays |
| 2020-02-25 | Carnival / Shrove Tuesday | Holidays |
| 2020-02-15 | Carnival / Shrove Monday | Holidays |
| 2020-02-16 | Carnival / Shrove Tuesday | Holidays |
| 2020-07-18 | Constitution Day | Holidays |
| 2021-07-18 | Constitution Day | Holidays |
| 2020-08-25 | Independence Day | Holidays |
| 2021-08-25 | Independence Day | Holidays |
| 2020-05-01 | Labor Day / May Day | Holidays |
| 2021-05-01 | Labor Day / May Day | Holidays |
| 2020-04-19 | Landing of the 33 orientals | Holidays |
| 2020-04-19 | Landing of the 33 orientals | Holidays |
| 2020-04-06 | Tourism Week Holiday (Day 1) | Holidays |
| 2020-04-07 | Tourism Week Holiday (Day 2) | Holidays |
| 2020-04-08 | Tourism Week Holiday (Day 3) | Holidays |

2.10 República Dominicana

Tabla 19: Días especiales considerados en el periodo de entrenamiento de los modelos desarrollados para la demanda de electricidad de República Dominicana.

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO | FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|-------------------------|-------------|------------|----------------------------|-------------|
| 01/01/2015 | New Year | Holidays | 01/01/2018 | New Year | Holidays |
| 05/01/2015 | Día de los santos reyes | Holidays | 06/01/2018 | Día de los santos reyes | Holidays |
| 21/01/2015 | Día de la Altagracia | Holidays | 21/01/2018 | Día de la Altagracia | Holidays |
| 26/01/2015 | Día de Duarte | Holidays | 29/01/2018 | Día de Duarte | Holidays |
| 27/02/2015 | Día de la Independencia | Holidays | 27/02/2018 | Día de la Independencia | Holidays |
| 03/04/2015 | Viernes Santo | Holidays | 30/03/2018 | Viernes Santo | Holidays |
| 04/05/2015 | Día del Trabajo | Holidays | 30/04/2018 | Día del Trabajo | Holidays |
| 17/05/2015 | Artificial_2 | Holidays | 31/05/2018 | Corpus Christi | Holidays |
| 27/05/2015 | Artificial | Holidays | 14/08/2018 | Apagon_M | Catastrophe |
| 04/06/2015 | Corpus Christi | Holidays | 15/08/2018 | Apagon_X | Catastrophe |
| 16/08/2015 | Día de la Restauracion | Holidays | 16/08/2018 | Apagon_J | Catastrophe |
| 28/08/2015 | Catastrofe | Catastrophe | 17/08/2018 | Apagon_V | Catastrophe |
| 24/09/2015 | Día de las Mercedes | Holidays | 18/08/2018 | Apagon_S | Catastrophe |
| 09/11/2015 | Día de la Constitucion | Holidays | 19/08/2018 | Apagon_D | Catastrophe |
| 25/12/2015 | Navidad | Holidays | 11/09/2018 | Huelga estudiantes | Catastrophe |
| 01/01/2016 | New Year | Holidays | 24/09/2018 | Día de las Mercedes | Holidays |
| 04/01/2016 | Día de los santos reyes | Holidays | 05/10/2018 | Protestas_Insatisfaccion | Riot |
| 21/01/2016 | Día de la Altagracia | Holidays | 07/10/2018 | Protestas_Transportistas_D | Riot |
| 25/01/2016 | Día de Duarte | Holidays | 08/10/2018 | Protestas_Transportistas_L | Riot |
| 27/02/2016 | Día de la Independencia | Holidays | 09/10/2018 | Protestas_Transportistas_M | Riot |
| 25/03/2016 | Viernes Santo | Holidays | 10/10/2018 | Protestas_Transportistas_X | Riot |
| 02/05/2016 | Día del Trabajo | Holidays | 11/10/2018 | Protestas_Transportistas_J | Riot |
| 26/05/2016 | Corpus Christi | Holidays | 12/10/2018 | Protestas_Transportistas_V | Riot |
| 16/08/2016 | Día de la Restauracion | Holidays | 13/10/2018 | Protestas_Transportistas_S | Riot |
| 24/09/2016 | Día de las Mercedes | Holidays | 14/10/2018 | Protestas_Transportistas_D | Riot |
| 04/10/2016 | Catastrofe | Catastrophe | 15/10/2018 | Protestas_Transportistas_L | Riot |
| 06/11/2016 | Día de la Constitucion | Holidays | 16/10/2018 | Protestas_Transportistas_M | Riot |
| 25/12/2016 | Navidad | Holidays | 17/10/2018 | Protestas_Transportistas_X | Riot |
| 01/01/2017 | New Year | Holidays | 18/10/2018 | Protestas_Transportistas_J | Riot |
| 09/01/2017 | Día de los santos reyes | Holidays | 19/10/2018 | Protestas_Transportistas_V | Riot |
| 21/01/2017 | Día de la Altagracia | Holidays | 20/10/2018 | Protestas_Transportistas_S | Riot |
| 30/01/2017 | Día de Duarte | Holidays | 21/10/2018 | Protestas_Transportistas_D | Riot |
| 27/02/2017 | Día de la Independencia | Holidays | 05/11/2018 | Día de la Constitucion | Holidays |
| 14/04/2017 | Viernes Santo | Holidays | 06/11/2018 | ProtestasVSjusticia_M | Riot |
| 01/05/2017 | Día del Trabajo | Holidays | 07/11/2018 | ProtestasVSjusticia_X | Riot |
| 15/06/2017 | Corpus Christi | Holidays | 08/11/2018 | ProtestasVSjusticia_J | Riot |
| 16/08/2017 | Día de la Restauracion | Holidays | 09/11/2018 | ProtestasVSjusticia_V | Riot |
| 07/09/2017 | Catastrofe_2 | Catastrophe | 25/12/2018 | Navidad | Holidays |
| 08/09/2017 | Catastrofe_2_2 | Catastrophe | 01/01/2019 | New Year | Holidays |
| 21/09/2017 | Catastrofe_2 | Catastrophe | 06/01/2019 | Día de los santos reyes | Holidays |
| 22/09/2017 | Catastrofe_2_2 | Catastrophe | 21/01/2019 | Día de la Altagracia | Holidays |
| 24/09/2017 | Día de las Mercedes | Holidays | 26/01/2019 | Día de Duarte | Holidays |
| 06/11/2017 | Día de la Constitucion | Holidays | 27/02/2019 | Día de la Independencia | Holidays |
| 25/12/2017 | Navidad | Holidays | 31/03/2019 | Artificial_D | Catastrophe |
| | | | 01/04/2019 | Artificial_3_L | Catastrophe |
| | | | 02/04/2019 | Artificial_3_M | Catastrophe |
| | | | 03/04/2019 | Artificial_3_X | Catastrophe |
| | | | 04/04/2019 | Artificial_3_J | Catastrophe |
| | | | 05/04/2019 | Artificial_3_V | Catastrophe |
| | | | 06/04/2019 | Artificial_3_S | Catastrophe |
| | | | 07/04/2019 | Artificial_3_D | Catastrophe |
| | | | 19/04/2019 | Viernes Santo | Holidays |
| | | | 29/04/2019 | Día del Trabajo | Holidays |
| | | | 16/05/2019 | Tormenta | Holidays |
| | | | 20/06/2019 | Corpus Christi | Holidays |
| | | | 16/08/2019 | Día de la Restauracion | Holidays |
| | | | 17/08/2019 | ProtestaFeminista | Riot |
| | | | 18/08/2019 | Protestas_D | Riot |
| | | | 19/08/2019 | Protestas_L | Riot |
| | | | 20/08/2019 | Protestas_M | Riot |
| | | | 21/08/2019 | Protestas_X | Riot |
| | | | 22/08/2019 | Protestas_J | Riot |
| | | | 23/08/2019 | Protestas_V | Riot |
| | | | 24/09/2019 | Paro Transportistas | Riot |
| | | | 24/10/2019 | Protestas_AltoCoste_J | Riot |
| | | | 25/10/2019 | Protestas_AltoCoste_V | Riot |
| | | | 26/10/2019 | Protestas_AltoCoste_S | Riot |
| | | | 27/10/2019 | Protestas_AltoCoste_D | Riot |
| | | | 04/11/2019 | Día de la Constitucion | Holidays |
| | | | 25/12/2019 | Navidad | Holidays |

Tabla 20: Días especiales considerados en los años 2020 y 2021 para la demanda de electricidad de República Dominicana

| FECHA | NOMBRE SUCESO | TIPO |
|------------|-------------------------|----------|
| 01/01/2020 | New Year | Holidays |
| 06/01/2020 | Dia de los santos reyes | Holidays |
| 21/01/2020 | Dia de la Altagracia | Holidays |
| 26/01/2020 | Dia de Duarte | Holidays |
| 16/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_D | Riot |
| 17/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_L | Riot |
| 18/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_M | Riot |
| 19/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_X | Riot |
| 20/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_J | Riot |
| 21/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_V | Riot |
| 22/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_S | Riot |
| 23/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_D | Riot |
| 24/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_L | Riot |
| 25/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_M | Riot |
| 26/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_X | Riot |
| 27/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_J | Riot |
| 27/02/2020 | Dia de la Independencia | Holidays |
| 28/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_V | Riot |
| 29/02/2020 | ProtestasDeLosJovenes_S | Riot |
| 01/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_D | Riot |
| 02/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_L | Riot |
| 03/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_M | Riot |
| 04/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_X | Riot |
| 05/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_J | Riot |
| 06/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_V | Riot |
| 07/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_S | Riot |
| 08/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_D | Riot |
| 09/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_L | Riot |
| 10/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_M | Riot |
| 11/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_X | Riot |
| 12/03/2020 | ProtestasDeLosJovenes_J | Riot |
| 10/04/2020 | Viernes Santo | Holidays |
| 04/05/2020 | Dia del Trabajo | Holidays |
| 11/06/2020 | Corpus Christi | Holidays |
| 16/08/2020 | Dia de la Restauracion | Holidays |
| 24/09/2020 | Dia de las Mercedes | Holidays |
| 09/11/2020 | Dia de la Constitucion | Holidays |
| 25/12/2020 | Navidad | Holidays |
| 01/01/2021 | New Year | Holidays |
| 06/01/2021 | Dia de los santos reyes | Holidays |
| 21/01/2021 | Dia de la Altagracia | Holidays |
| 26/01/2021 | Dia de Duarte | Holidays |
| 27/02/2021 | Dia de la Independencia | Holidays |
| 02/04/2021 | Viernes Santo | Holidays |
| 01/05/2021 | Dia del Trabajo | Holidays |
| 03/06/2021 | Corpus Christi | Holidays |
| 16/08/2021 | Dia de la Restauracion | Holidays |
| 24/09/2021 | Dia de las Mercedes | Holidays |
| 06/11/2021 | Dia de la Constitucion | Holidays |
| 25/12/2021 | Navidad | Holidays |

3. Anexo III: Temperatura de referencia para cada país

En este anexo se muestra, para cada país, las estaciones meteorológicas consideradas para construir la temperatura de referencia, necesaria para modelar el efecto de la temperatura en los modelos de regresión desarrollados. En concreto, se muestra la localización de las estaciones candidatas a formar parte de la temperatura de referencia por la disponibilidad de datos y calidad de los mismos, así como el dendrograma resultante agrupando las temperaturas de estas estaciones.

3.1 Argentina

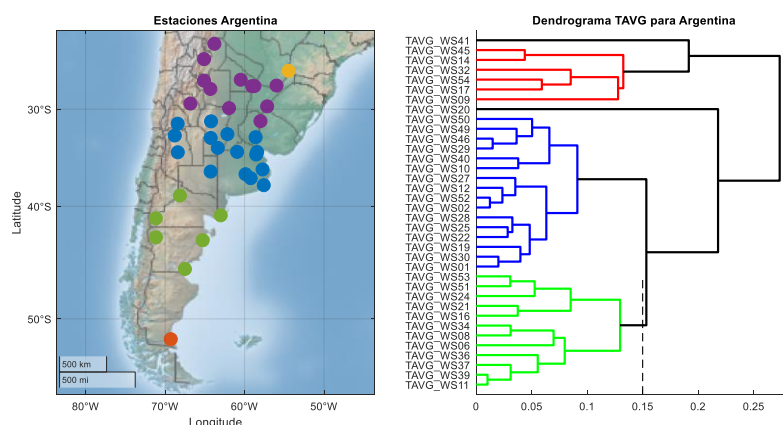


Figura 31: Estaciones meteorológicas relevantes seleccionadas para Argentina y dendrograma de las temperaturas medias diarias, obtenido mediante agrupamiento jerárquico. Temperatura de referencia: media de TAVG_WS01 y TAVG_WS30.

3.2 Bolivia

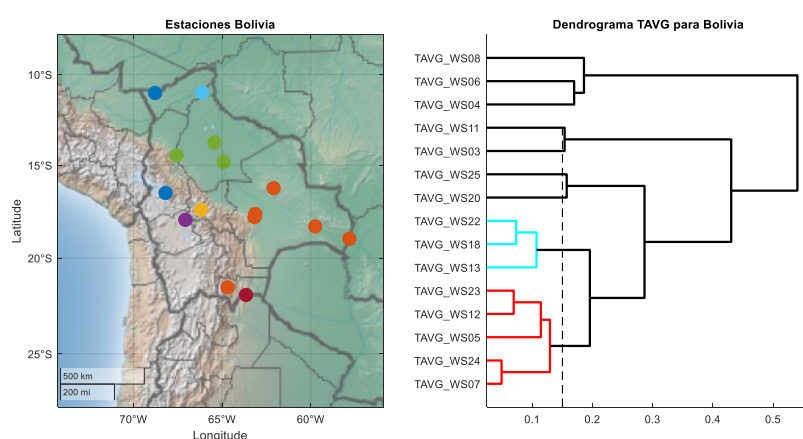


Figura 32: Estaciones meteorológicas relevantes seleccionadas para Bolivia y dendrograma de las temperaturas medias diarias, obtenido mediante agrupamiento jerárquico. Temperatura de referencia: media de TAVG_WS06, TAVG_WS07 y TAVG_WS24.

3.3 Brasil

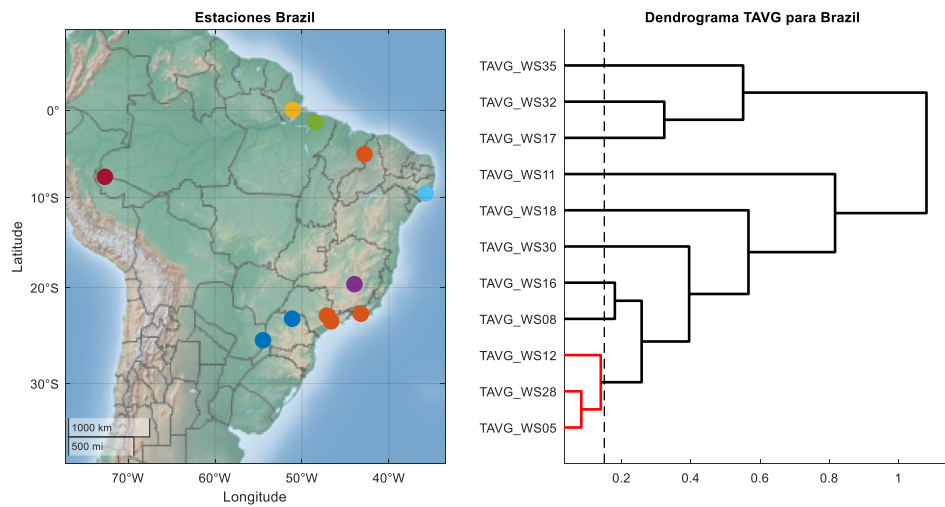


Figura 33: Estaciones meteorológicas relevantes seleccionadas para Brasil y dendrograma de las temperaturas medias diarias, obtenido mediante agrupamiento jerárquico. Temperatura de referencia: media ponderada de TAVG_WS05,TAVG_WS12, TAVG_WS28 y TAVG_WS18.

3.4 Chile

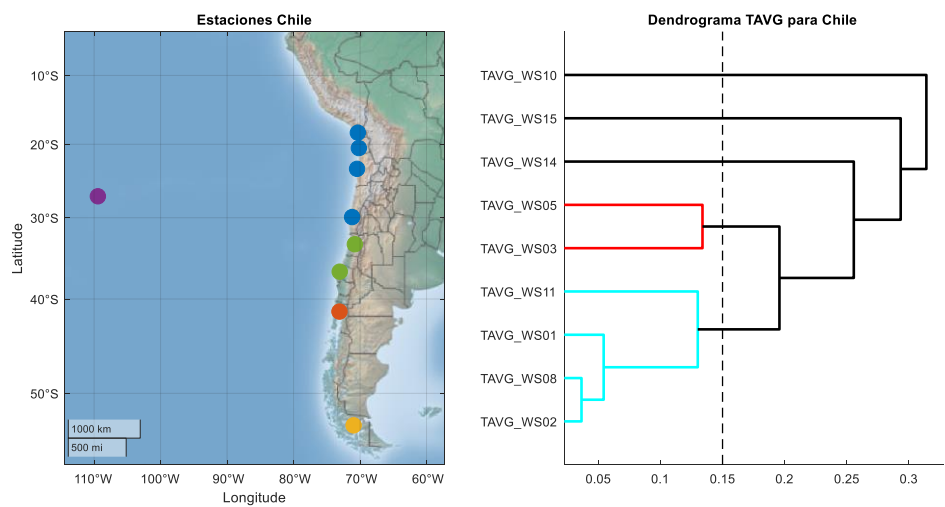


Figura 34: Estaciones meteorológicas relevantes seleccionadas para Chile y dendrograma de las temperaturas medias diarias, obtenido mediante agrupamiento jerárquico. Temperatura de referencia: media ponderada de TAVG_WS03 y TAVG_WS01.

3.5 Guatemala

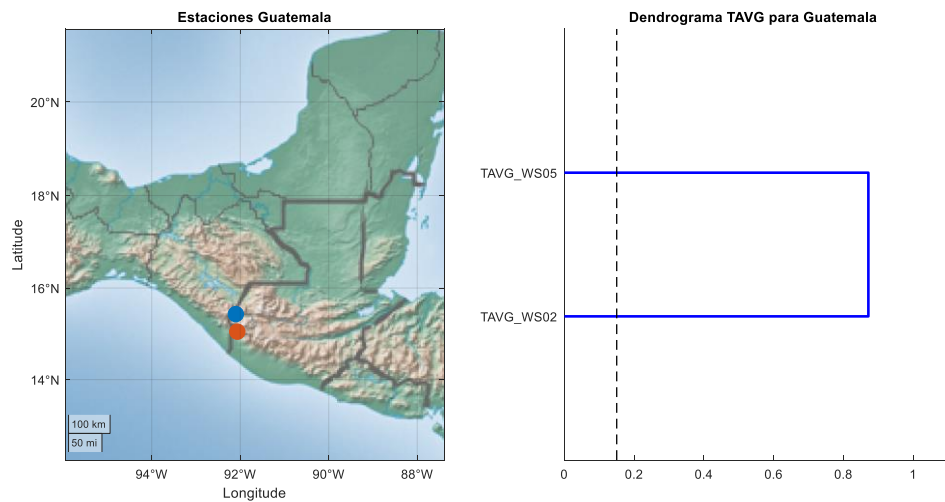


Figura 35: Estaciones meteorológicas relevantes seleccionadas para Guatemala y dendrograma de las temperaturas medias diarias, obtenido mediante agrupamiento jerárquico. Temperatura de referencia: TAVG_WS02.

3.6 México

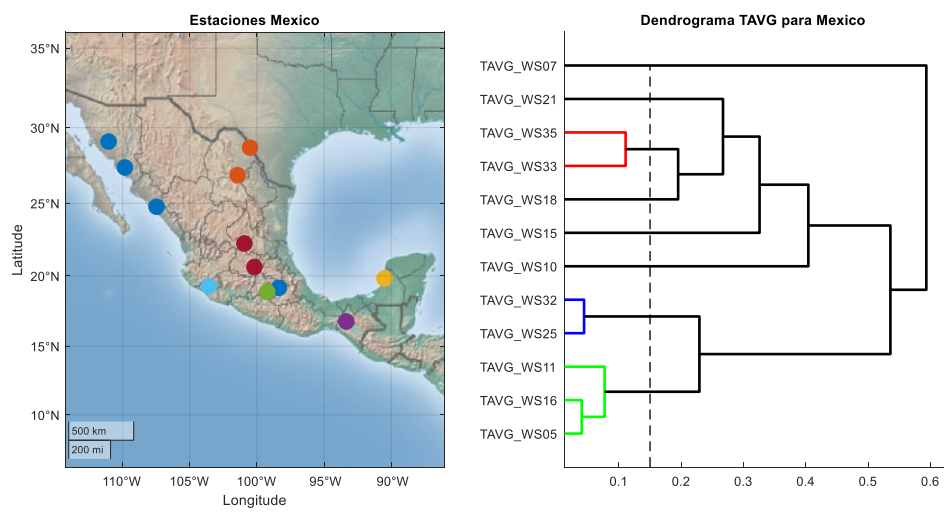


Figura 36: Estaciones meteorológicas relevantes seleccionadas para México y dendrograma de las temperaturas medias diarias, obtenido mediante agrupamiento jerárquico. Temperatura de referencia: media de TAVG_WS10 y TAVG_WS25.

3.7 Perú

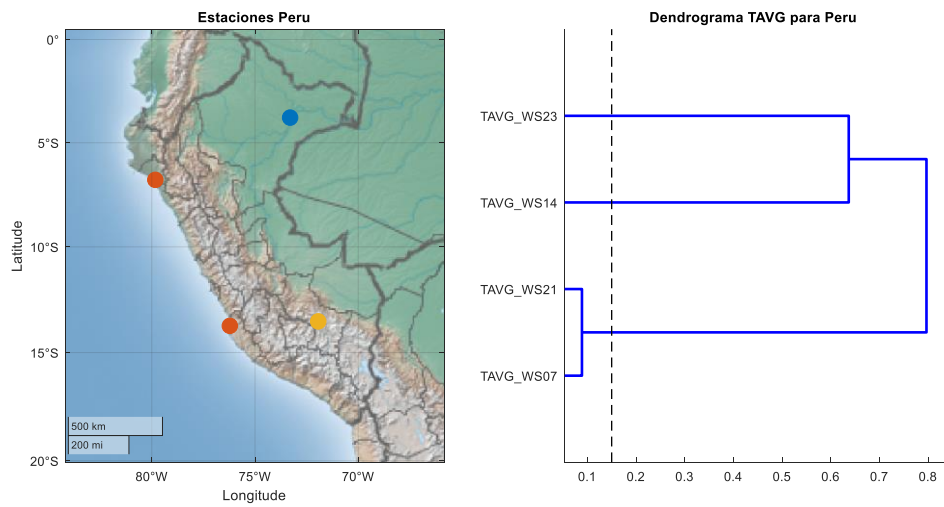


Figura 37: Estaciones meteorológicas relevantes seleccionadas para Perú y dendrograma de las temperaturas medias diarias, obtenido mediante agrupamiento jerárquico. Temperatura de referencia: TAVG_WS21.

3.8 Costa Rica

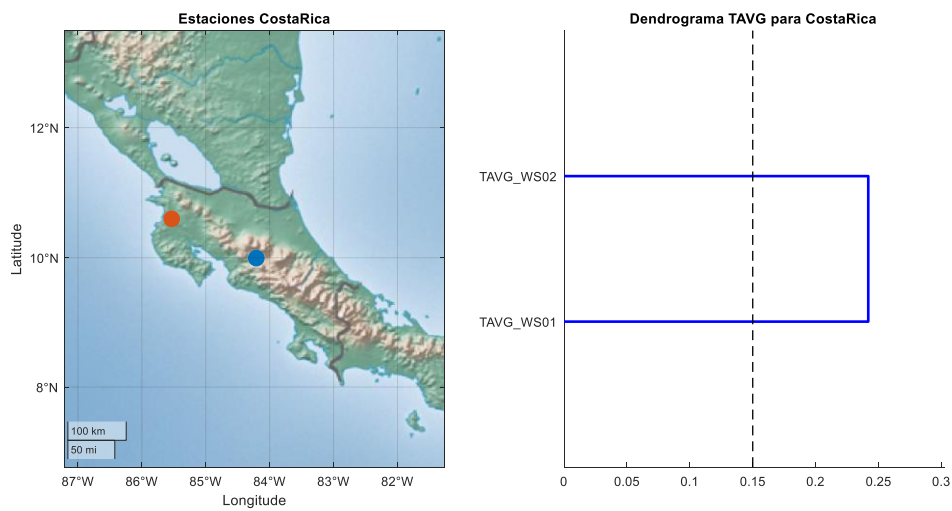


Figura 38: Estaciones meteorológicas relevantes seleccionadas para Costa Rica y dendrograma de las temperaturas medias diarias, obtenido mediante agrupamiento jerárquico. Temperatura de referencia: media de TAVG_WS01 y TAVG_WS02.

3.9 Uruguay

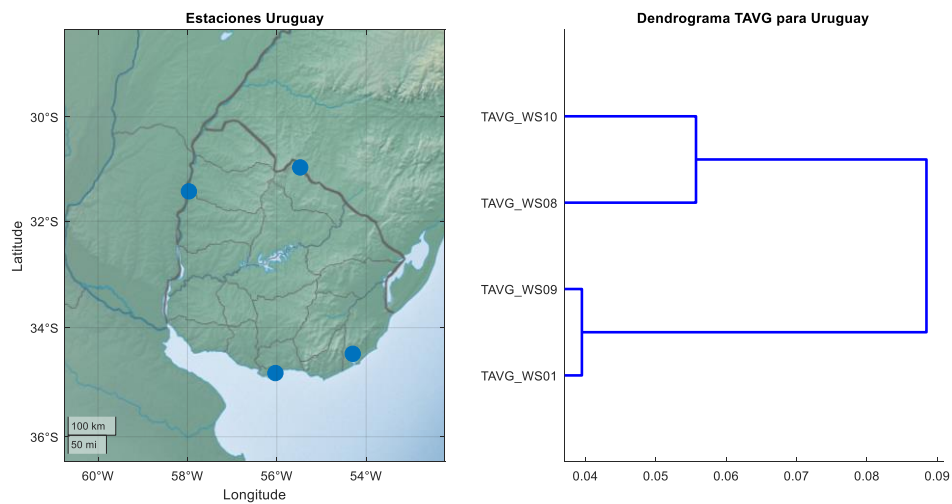


Figura 39: Estaciones meteorológicas relevantes seleccionadas para Uruguay y dendrograma de las temperaturas medias diarias, obtenido mediante agrupamiento jerárquico. Temperatura de referencia: media de TAVG_WS01, TAVG_WS08, TAVG_WS09 y TAVG_WS10.

3.10 República Dominicana

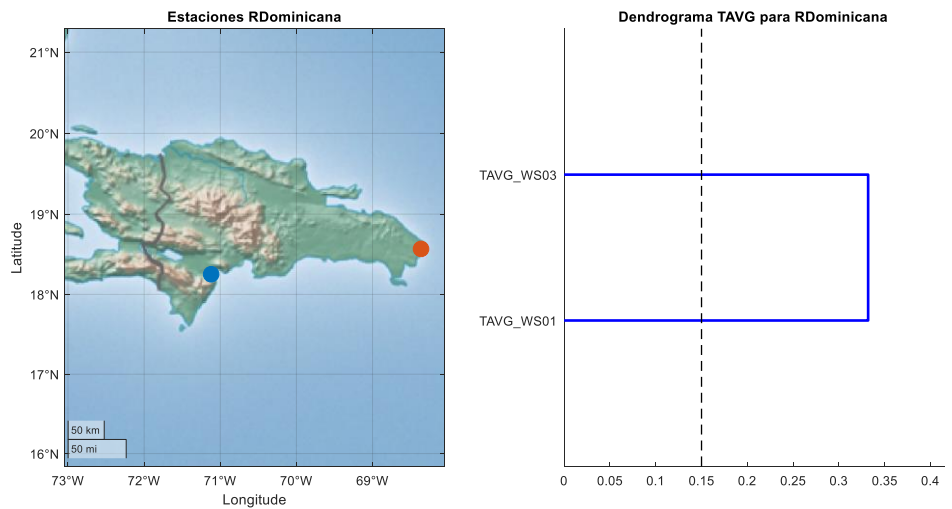


Figura 40: Estaciones meteorológicas relevantes seleccionadas para República Dominicana y dendrograma de las temperaturas medias diarias, obtenido mediante agrupamiento jerárquico. Temperatura de referencia: media de TAVG_WS01 y TAVG_WS03.

4. Anexo IV: Demandas mensuales de 2019 y 2020

Para complementar el análisis de la demanda de cada país, en este anexo se incluye información adicional sobre la evolución de la demanda mensual. En la Figura 41 se muestran, para cada país considerado, las demandas máximas diarias reales para cada uno de los meses de los años 2019 y 2020.

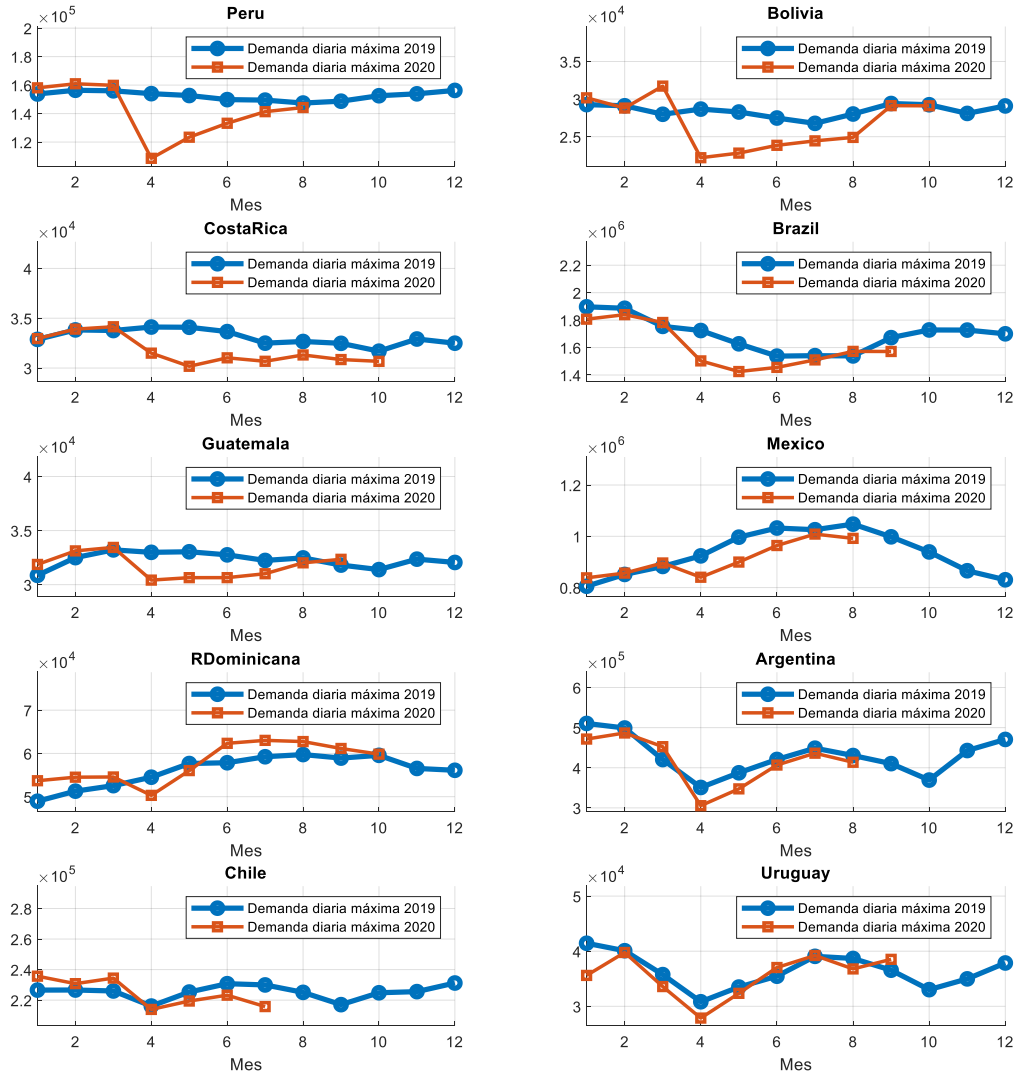


Figura 41: Demandas diarias reales máximas para cada mes de los años 2019 y 2020.

Para facilitar la comparativa entre las demandas mensuales, así como su relación con la demanda máxima anual, se ha definido el factor de forma para un mes de un determinado año como el cociente:

$$FF_{m,a} = \bar{D}_{m,a} / D_a^{max},$$

en donde $\bar{D}_{m,a}$ representa la demanda diaria media del mes m del año a , y D_a^{max} es la demanda diaria máxima del año a . El factor de forma definido puede tomar valores que están acotados entre 0 y 1. Nótese que la demanda máxima anual que se ha utilizado como referencia también se ha visto afectada por el efecto del COVID-19.

En la Figura 42 se muestra la evolución temporal a lo largo de los años del factor de forma calculado para los distintos países. Se ha calculado D_{2020}^{max} a partir de los días disponibles. Para facilitar la comparativa entre años y meses, esta misma información se ha representado de forma sincronizada en la Figura 43.

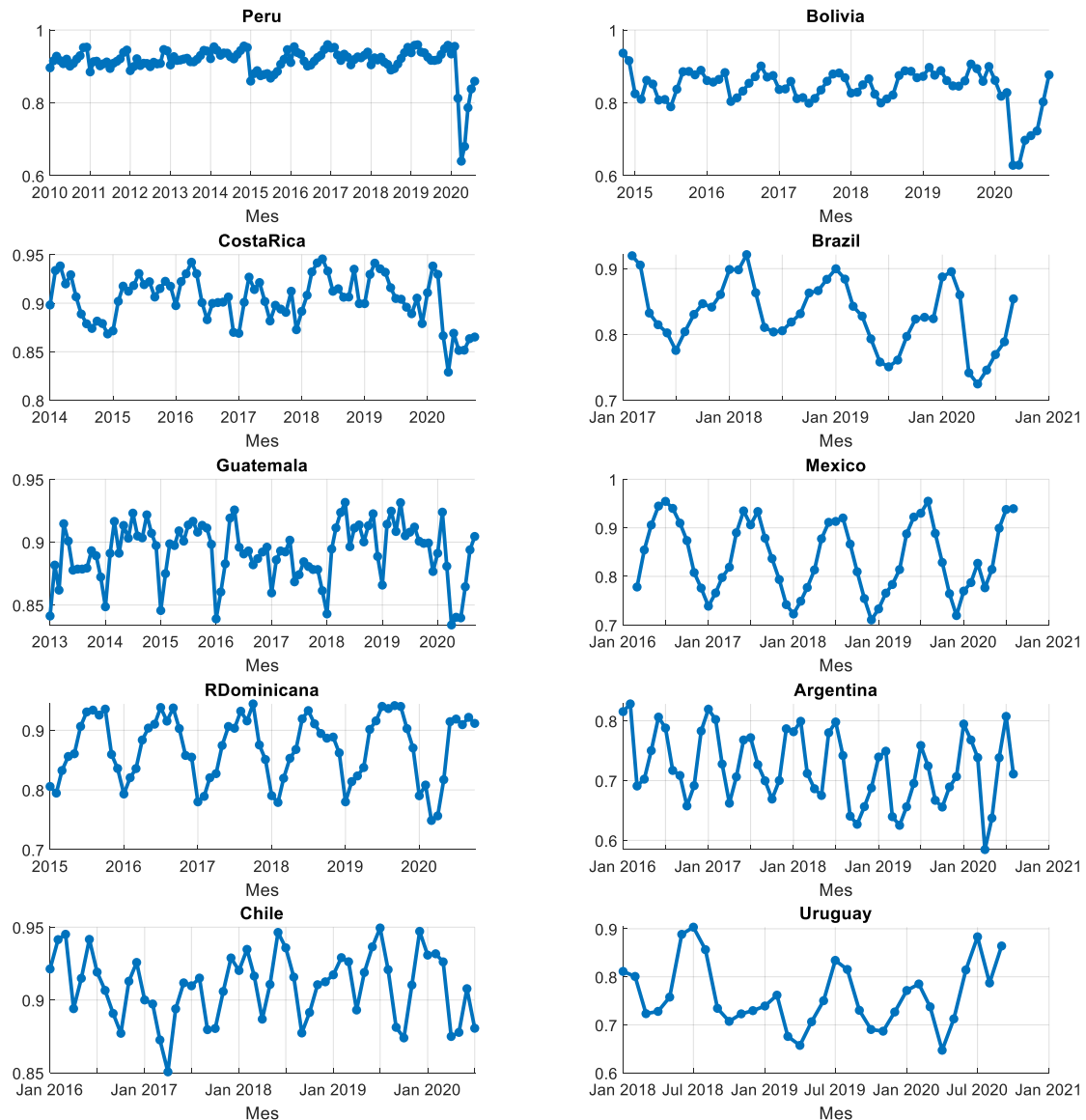


Figura 42: Factor de forma calculado para los diferentes países considerados.

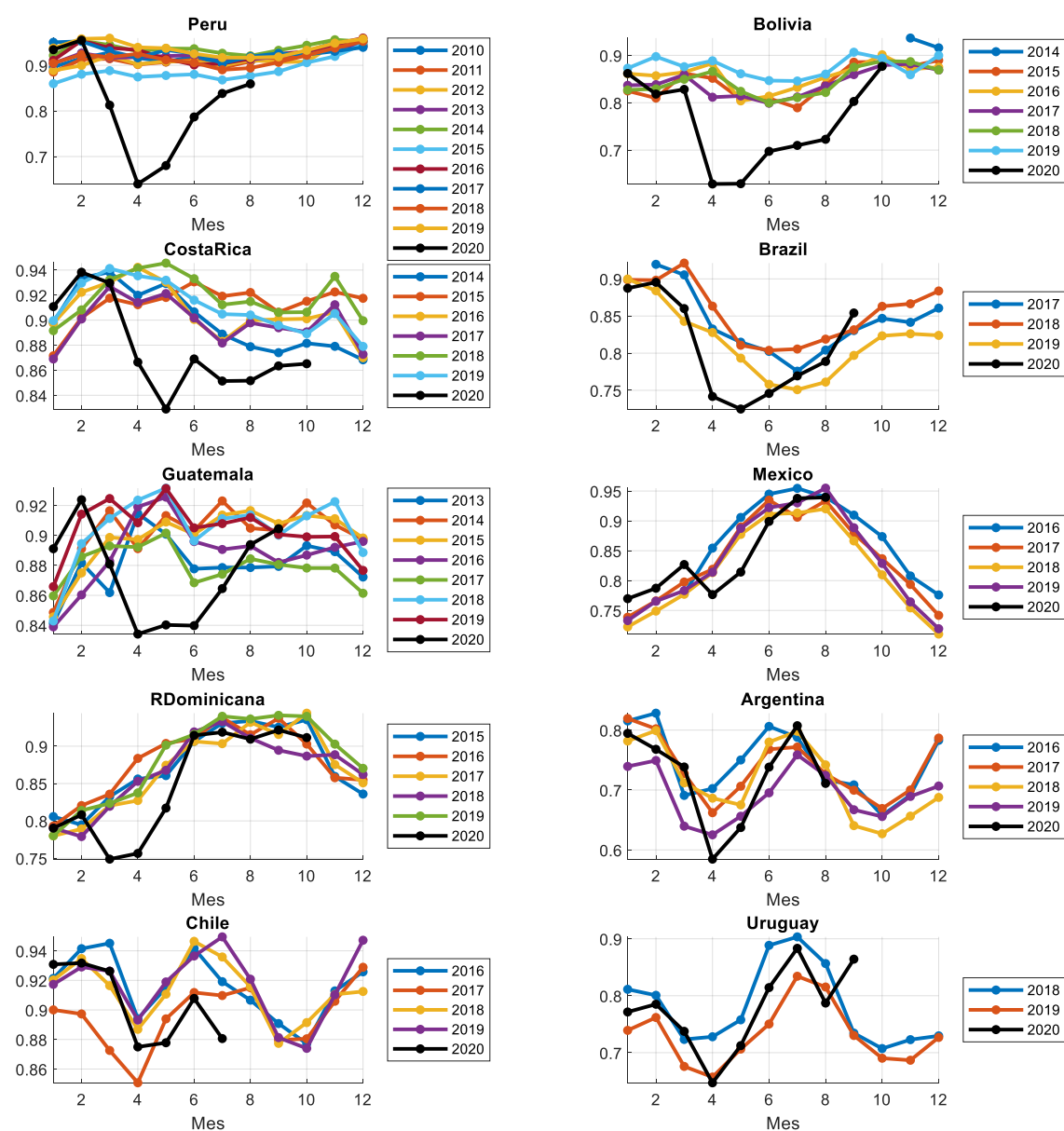


Figura 43: Factor de forma calculado para los diferentes países considerados.

Finalmente, en la Tabla 21 se recogen los factores de forma para los años 2019 y 2020 de cada uno de los países estudiados.

Tabla 21: Factores de forma de los diferentes países analizados para los años 2019 y 2020.

| País | Año | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-------------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|
| Peru | 2019 | 0.938 | 0.958 | 0.959 | 0.939 | 0.937 | 0.925 | 0.917 | 0.917 | 0.918 | 0.933 | 0.949 | 0.958 |
| | 2020 | 0.934 | 0.955 | 0.813 | 0.640 | 0.680 | 0.787 | 0.838 | 0.859 | | | | |
| Bolivia | 2019 | 0.873 | 0.897 | 0.876 | 0.888 | 0.861 | 0.847 | 0.846 | 0.860 | 0.907 | 0.894 | 0.859 | 0.900 |
| | 2020 | 0.862 | 0.818 | 0.828 | 0.628 | 0.629 | 0.697 | 0.710 | 0.723 | 0.803 | 0.877 | | |
| Costa Rica | 2019 | 0.900 | 0.930 | 0.941 | 0.935 | 0.932 | 0.916 | 0.905 | 0.904 | 0.896 | 0.889 | 0.905 | 0.879 |
| | 2020 | 0.911 | 0.938 | 0.930 | 0.866 | 0.829 | 0.869 | 0.851 | 0.852 | 0.863 | 0.865 | | |
| Brazil | 2019 | 0.900 | 0.884 | 0.843 | 0.828 | 0.793 | 0.758 | 0.751 | 0.761 | 0.797 | 0.823 | 0.826 | 0.824 |
| | 2020 | 0.887 | 0.895 | 0.860 | 0.742 | 0.725 | 0.746 | 0.769 | 0.789 | 0.854 | | | |
| Guatemala | 2019 | 0.866 | 0.914 | 0.925 | 0.908 | 0.931 | 0.905 | 0.908 | 0.912 | 0.901 | 0.899 | 0.899 | 0.877 |
| | 2020 | 0.891 | 0.924 | 0.881 | 0.834 | 0.840 | 0.840 | 0.865 | 0.894 | 0.905 | | | |
| Mexico | 2019 | 0.733 | 0.765 | 0.783 | 0.814 | 0.887 | 0.922 | 0.930 | 0.955 | 0.889 | 0.829 | 0.764 | 0.719 |
| | 2020 | 0.770 | 0.787 | 0.827 | 0.777 | 0.814 | 0.899 | 0.938 | 0.939 | | | | |
| RDominicana | 2019 | 0.780 | 0.814 | 0.823 | 0.838 | 0.901 | 0.916 | 0.940 | 0.936 | 0.941 | 0.940 | 0.903 | 0.870 |
| | 2020 | 0.790 | 0.808 | 0.749 | 0.756 | 0.817 | 0.914 | 0.919 | 0.909 | 0.922 | 0.911 | | |
| Argentina | 2019 | 0.739 | 0.749 | 0.640 | 0.625 | 0.656 | 0.695 | 0.759 | 0.724 | 0.667 | 0.656 | 0.689 | 0.707 |
| | 2020 | 0.795 | 0.768 | 0.738 | 0.585 | 0.637 | 0.738 | 0.807 | 0.711 | | | | |
| Chile | 2019 | 0.917 | 0.929 | 0.926 | 0.893 | 0.919 | 0.937 | 0.949 | 0.921 | 0.881 | 0.874 | 0.910 | 0.947 |
| | 2020 | 0.931 | 0.932 | 0.926 | 0.875 | 0.878 | 0.908 | 0.881 | | | | | |
| Uruguay | 2019 | 0.739 | 0.762 | 0.676 | 0.657 | 0.706 | 0.750 | 0.834 | 0.815 | 0.730 | 0.690 | 0.687 | 0.727 |
| | 2020 | 0.771 | 0.785 | 0.738 | 0.647 | 0.712 | 0.814 | 0.883 | 0.787 | 0.864 | | | |

