

# Estudio de la variación demanda energética de las Islas Canarias con el cambio climático



**Curso: 2020/21**

---

**Juan Orribo Morales**

**Tutor : Albano José González Fernández**

 **Universidad  
de La Laguna**



---

Tabla de contenido	
<b>Abstract.</b>	<b>4</b>
<b>Resumen.</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.</b>	<b>7</b>
<b>Análisis de Datos.</b>	<b>12</b>
<b>Estudio de las variaciones en la demanda mensual, diaria y horaria.</b>	<b>12</b>
<b>Relación entre Demanda Energética y Temperatura de la isla.</b>	<b>16</b>
<b>Demanda de Refrigeración. CDD.</b>	<b>19</b>
<b>Análisis de la evolución de la demanda energética a futuro a través de los CDD.</b>	<b>22</b>
<b>Conclusiones.</b>	<b>24</b>
<b>Referencias bibliográficas.</b>	<b>26</b>
<b>Anexo I</b>	<b>27</b>
<b>Anexo II</b>	<b>30</b>
<b>Anexo III</b>	<b>35</b>

---

## Abstract.

*In the study presented below, an analysis of the variability of the increase in energy demand in the Canary Islands due to meteorological causes has been carried out. The seasonal and daily conditions of energy demand in the period 2013-2019 have been studied. Then, some future estimations were made.*

*The variability of the energy demand has been studied through three standard indexes, monthly seasonal variation index (MSVI), daily seasonal variation index (DSVI) and hourly seasonal variation index (HSVI).*

*The results confirm the seasonal increase in energy demand in the long summers of all the Canary Islands. This variability is greater in the non-capital islands, probably due to a greater flow of residents during the summer period. The hourly and daily variability of the energy demand is also very remarkable in all the islands, which has been reflected by the imposition of different quotas in several time slots by the Spanish Government and the Electricity Companies. The energy consumed during weekdays remains fairly constant throughout the week, decreasing on Saturday and, even more so, on Sunday. Even in some islands, such as Fuerteventura or La Gomera, the drop is only really noticeable on Sundays.*

*The direct relationship between the increase in demand and the increase in temperatures, through the cooling degree-days, CDD, has been proven. This gives rise to quite disparate values, with particularities being observed on each island. For this purpose, the comfort temperatures of the different islands have been calculated, using a degree 3 polynomial fit of the energy demand data versus the average temperature of each island, once demand time series have been detrended. Establishing in this way a base level of energy consumption of cooling systems from which temperature changes involve an increase in energy demand. Both by the use of refrigeration systems giving rise to the CDD, and heating systems that give rise to the so-called Heating degree-days, HDD. The latter having a relatively lower weight in the Canary Islands due to climatic conditions. The time series for the mean temperature of each island were calculated from the ERA5 reanalysis data, averaging all those grid nodes that correspond to land and that are below 1000 masl. In this way, the possible bias produced by the low temperatures at higher elevations, which are not significant for the relationship with electricity consumption, since it does not occur in those areas, is reduced.*

*After the analysis of the historical 2013-2019 period, the study has been extended to the analysis of possible future scenarios of the evolution of electricity demand and its variability due to climate change.*

*Regionalized climate projection data were provided by Grupo de Observación y la Atmósfera (GOTA), that you belong to the Universidad de La Laguna (ULL). These projections were made using the WRF mesoscale model and different boundary conditions provided by three global climate models (GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-MR and MIROC-ESM) were used to simulate two future periods under study: 2030-59 and 2070-99. In addition, two possible socio-economic scenarios of greenhouse gas emissions, the RCP4.5 (Representative Concentration Pathway) scenario, a more hopeful scenario, and the RCP8.5, a more catastrophic one, were taken into account. They correspond to additional 4.5 and 8.5 W/m<sup>2</sup> radiative forcings by 2100, respectively. Data from the WRF simulations, which have a much higher*

---

*resolution, were aggregated to create a grid equivalent to that of the ERA5 and the same process was applied to calculate the mean temperature time series for each island. Furthermore, a bias correction method was applied to these time series, using the scaled distribution mapping (SDM) technique, which outperforms previous methods based on quantile mapping and preserves raw climate model projected changes to meteorological variables such as temperature and precipitation.*

*An increase in CDD was predicted in both cases, in the RCP4.5 scenario in a more moderate and assumable way with a stabilization of the values. On the other hand, in the RCP8.5 scenario, the increase in CDD is exponential and without stabilization, reaching values of almost 5 more CDD in the summers of the 2070-2099 period. In addition, in the first three months of the year, when there are currently very few days with non-zero CDD values, the energy demand for cooling in the future could be significant. At the end of the century and in the least favorable scenario, the corresponding CDD could take values between 2 and 5 during those first months.*

*For future work, it would be interesting to have more disaggregated data on energy demand; it would be interesting to study the relationship between energy demand and temperature in different socioeconomic environments: rural, residential areas, industrial or commercial areas, etc. In addition, the use of projections of technological and socioeconomic evolution, that allow us to estimate a future trend in the use of cooling systems and their efficiency, would make it possible to translate project results, currently based on CDD, into estimates of future energy demand. This approximation would be much more appropriate than simply assuming that energy uses and technologies remain unchanged.*

---

## Resumen.

En el estudio que se presenta, se ha hecho un análisis de variabilidad de la demanda energética en las Islas Canarias por causas meteorológicas. Se han estudiado las condiciones estacionales y diarias de la demanda energética en el periodo 2013-2019.

Se ha estudiado dicha variabilidad de la demanda a través de tres índices estándar, monthly seasonal variation index (MSVI), daily seasonal variation index (DSVI) y hourly seasonal variation index (HSVI).

Obteniendo la confirmación del aumento de la demanda energética de manera estacional en los veranos alargados de todas las Islas Canarias.

Asumiendo una relación directa entre el aumento de la demanda y el aumento de las temperaturas, a través de los cooling degree-days , CDD, se han calculado las temperaturas de confort de las diferentes islas. Estableciendo en esta un nivel base de consumo energético de los sistemas de refrigeración a partir del cual los cambios de temperatura implican el aumento en la demanda energética.

Realizado un análisis en el histórico 2013-2019 se ha extendido el estudio al análisis de los posibles escenarios futuros de la evolución de la demanda eléctrica y la variabilidad de estas por el cambio climático.

Se han supuesto diferentes condiciones de contorno para la simulación de los datos de la temperatura media diaria de los dos periodos futuros a estudio 2030-2059 y 2070-2099. Condiciones provenientes de tres modelos climáticos globales de nivel internacional, los modelos GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-MR y MIROC-ESM. Además se han usado datos basados en dos posibles escenarios socioeconómicos de emisiones de gases de efecto invernadero, los escenarios RCP 4.5, un escenario más esperanzador, y el escenario RCP 8.5, un escenario más catastrofista.

Se estima un aumento de los CDD en ambos casos, en el escenario RCP 4.5 de una manera más moderada y asumible con una estabilización de los valores. En cambio en el escenario RCP 8.5 el aumento de los CDD se produce de manera más abrupta y sin estabilización, alcanzando valores de casi 5 CDD más en los veranos del periodo 2070/99.



---

## Introducción.

*The variation in energy demand in general is non-linear and has a multivariable social, economic and meteorological dependence. In this study we will focus on the meteorological one, more specifically on the variation of the average temperature.*

*The study of electricity demand becomes important for governments and power utilities when forecasting power generation, as it is hardly conservable.*

La variación de la demanda de energía eléctrica en general es no lineal y depende de una multivariabilidad socioeconómica y meteorológica. En la primera influye el cambio de la población, la industrialización, el turismo, el día de la semana o las épocas del año, etc. Por los factores meteorológicos es donde centraremos nuestro estudio de la variación de la demanda energética en las Islas Canarias .

Existen varios factores meteorológicos que influyen en la variación de la demanda energética, factores como la velocidad del viento, la humedad relativa o incluso la claridad de los días, pero sobre estos factores se destaca la variabilidad térmica como un factor estacional y diario de la variación de la demanda de energía, a través de sistemas de calefacción si la temperaturas son bajas, y de sistemas de refrigeración en caso de que las temperaturas sean altas.

El estudio de la variación de la demanda energética se vuelve interesante para gobiernos y empresas de suministros eléctricos. En una sociedad mundial cada vez más concienciada con el cambio climático y con la consecuente descarbonización y disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, se vuelve imprescindible una buena predicción de la demanda energética a la hora de planificar la construcción de nuevas centrales eléctricas y de gestionar la demanda, sobre todo en un futuro en que se espera que dominen las energías renovables.

El mayor problema de la industria energética es la incapacidad de almacenar grandes cantidades de energía, siendo generalmente generada la energía y entregada a la red eléctrica para ser consumida ante una demanda determinada.

Para ello, las eléctricas hacen predicciones de demanda para suministrar a la red. Con los sistemas de generación de energía convencionales, variar la producción es simple más simple variar la producción, como quemando más carbón o derivados del petróleo. Son, por así decirlo, almacenes de energía. En cambio con las energías renovables esto se vuelve más complejo, en la eólica y fotovoltaica podemos prever en cierta medida, utilizando sistemas de predicción especializados, la producción, pero no controlarla. Con la hidráulica se puede almacenar energía pero lleva grandes extensiones de superficie, con trasvases de agua a presas de mayor altitud para luego generar energía de forma controlada .

Es por ello que cada vez se vuelve más importante la predicción exacta de la demanda energética, este problema se vuelve fino en una frecuencia diaria y horaria , pero también hemos de prever la demanda a largo plazo para adaptar nuestros sistemas de generación.

A lo largo de este estudio que procedemos a presentar veremos la relación de la temperatura con la variaciones diarias y estacionales de la demanda eléctrica. Además, se analizará el posible aumento de ésta a largo plazo con el aumento de las temperaturas por el cambio climático.

En el siguiente apartado se expondrán los datos utilizados para el desarrollo de este trabajo y, a continuación, se explicará el análisis de los mismos y los principales resultados obtenidos a través de diferentes índices estándar.



---

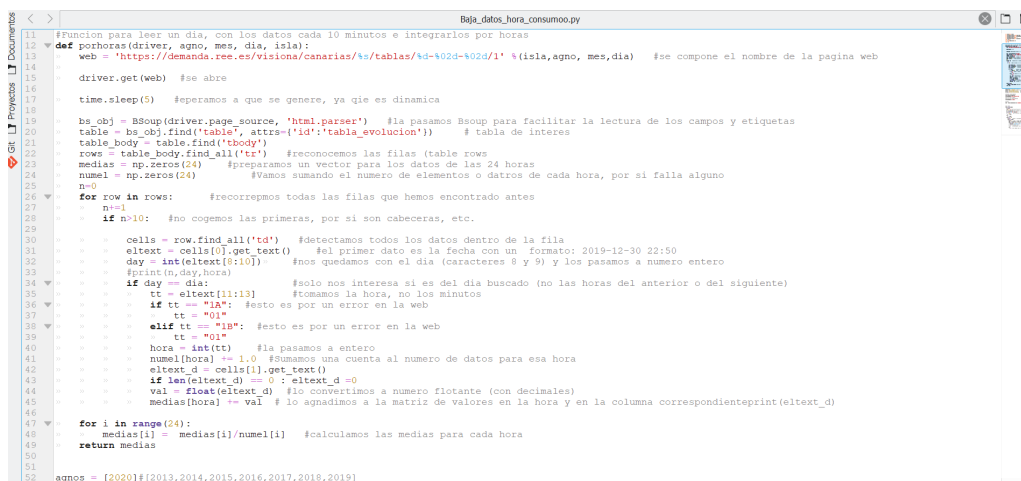
Una vez establecida la relación entre la energía consumida en cada isla y la temperatura diaria promedio de la misma, se expondrán las variaciones esperadas a futuro, a través de la aplicación de los resultados de diversas simulaciones climáticas. Por último, se aportarán una serie de conclusiones y se propondrán posibles trabajos futuros.

## Datos sobre Demanda Energética y Temperatura.

*The historical data for the period 2013/19 of the energy demand of the Canary Islands have been obtained through web scraping in Python from the REE website. The year 2020 has been omitted due to the covid-19 pandemic. The daily mean temperature data for each island has been obtained by ERA5 reanalysis. The data for the future periods have been provided by the Grupo de Observación de la Tierra y la Atmósfera - GOTA, from the ULL.*

Se han obtenido los datos de demanda energética a través de la técnica de *Web Scraping* utilizando Python. Los datos han sido descargados de la web de REE (Red Eléctrica de España, <https://demanda.ree.es/visiona/seleccionar-sistema>). Esta web nos suministra la demanda prevista y real de cada sistema eléctrico a nivel nacional, dándonos un dato de la demanda en MW/h cada diez minutos.

En el programa utilizado para el *Web Scraping*, se ha calculado la media de demanda de cada hora de cada día. Una muestra del *script* desarrollado se puede observar en la *Figura 1*.

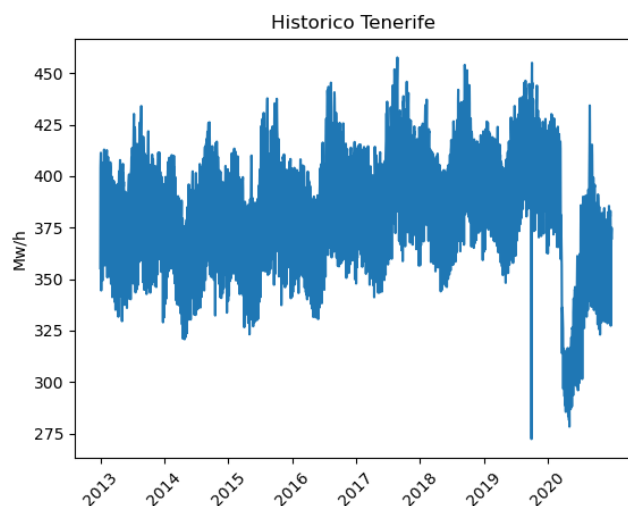


```
11 #Funcion para leer un dia, con los datos cada 10 minutos e integrarlos por horas
12 def porhoras(driver, agno, mes, dia, isla):
13     web = "https://demanda.ree.es/visiona/canarias/%s/tablas/%d-%02d-%02d/" % (isla, agno, mes, dia) #se compone el nombre de la pagina web
14
15     driver.get(web) #se abre
16
17     time.sleep(5) #esperamos a que se genere, ya que es dinamica
18
19     bs_obj = BeautifulSoup(driver.page_source, 'html.parser') #la pasamos Bsoup para facilitar la lectura de los campos y etiquetas
20     table = bs_obj.find('table', attrs={'id': 'tabla_evolucion'}) # tabla de interes
21     table_body = table.find('tbody')
22     rows = table_body.find_all('tr') #reconocemos las filas (table rows)
23     medias = np.zeros(24) #preparamos un vector para los datos de las 24 horas
24     numel = np.zeros(24) #Vamos sumando el numero de elementos o datos de cada hora, por si falla alguno
25     n=0
26     for row in rows: #recorremos todas las filas que hemos encontrado antes
27         n+=1
28         if n>10: #no cogemos las primeras, por si son cabeceras, etc.
29
30             cells = row.find_all('td') #detectamos todos los datos dentro de la fila
31             eltext = cells[0].get_text() #el primer dato es la fecha con un formato: 2019-12-30 22:50
32             day = int(eltext[8:10]) #nos quedamos con el dia (caracteres 8 y 9) y los pasamos a numero entero
33             #print(n, day, hora)
34             if day == dia: #solo nos interesa si es del dia buscado (no las horas del anterior o del siguiente)
35                 tt = eltext[11:13] #tomamos la hora, no los minutos
36                 if tt == "JA": #esto es por un error en la web
37                     tt = "01"
38                 elif tt == "IB": #esto es por un error en la web
39                     tt = "01"
40                 hora = int(tt) #la pasamos a entero
41                 numel[hora] += 1.0 #Sumamos una cuenta al numero de datos para esa hora
42                 eltext_d = cells[1].get_text()
43                 if len(eltext_d) == 0: eltext_d = 0
44                 val = float(eltext_d) #lo convertimos a numero flotante (con decimales)
45                 medias[hora] += val # lo agnamos a la matriz de valores en la hora y en la columna correspondiente(print(eltext_d)
46
47     for i in range(24):
48         medias[i] = medias[i]/numel[i] #calculamos las medias para cada hora
49     return medias
50
51
52 agnos = [2020]#[2013,2014,2015,2016,2017,2018,2019]
```

**Figura 1. Muestra del script utilizada en el Web Scraping**

Se han tomado los datos del periodo 2013-2020 de siete de las ocho islas que componen las Islas Canarias, ya que la isla de La Graciosa pertenece al mismo sistema eléctrico que la isla de Lanzarote.

Al hacer el análisis de los datos se ha prescindido de los datos del 2020 por ser anómalos, como se observa en la *Figura 2.*, habiendo una caída del consumo debido a la pandemia de Covid-19, causando la caída del turismo, el aumento del teletrabajo, etc. Podrían ser datos para un futuro estudio de cómo ha afectado la pandemia y las nuevas costumbres de vida en la demanda energética de las islas.



**Figura 2. Gráfico del Histórico de Tenerife de la demanda media por hora y día.**

Esta caída en la demanda se ve mermada en las islas no capitalinas al no estar tan industrializadas y su demanda provenir principalmente del uso doméstico. Esto se observará en posteriores apartados al estudiar la diferencia de demanda de los días laborales y los fines de semana.

Los datos de temperatura media para cada día del periodo 2013-2019 han sido obtenidos a través del reanálisis ERA5 (<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>). ERA5 es el último reanálisis climático realizado por el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF). Éste cubre la superficie de la tierra en parcelas de 30 Km, existiendo datos por hora de cada parcela, cubriendo un periodo desde 1950 hasta la actualidad (Hersbach et al., 2020).

Hemos trabajado con estos datos para calcular una temperatura media para cada día de nuestro periodo para cada isla, teniendo en cuenta las parcelas que engloban cada isla. Eliminando los datos de las parcelas que tenían mayor superficie de mar que de tierra pues la temperatura oceánica es bastante menor que la de las superficies terrestres alterando de manera significativa los datos. Además, se han eliminado aquellas celdas cuya altura media es superior a 1000 m, ya que hacen que la temperatura media de la isla sea demasiado baja como para ser representativa, si tenemos en cuenta que la demanda de consumo eléctrico no se produce a cotas tan altas. Esto representa muy pocas celdas en las islas de Tenerife y La Palma.

Los datos simulados a futuro, en dos periodos de tres décadas, han sido cedidos por el Grupo de Observación de la Tierra y la Atmósfera - GOTA, de la ULL, que han utilizado el modelo mesoescalar denominado WRF (Skamarock et al., 2008) para realizar simulaciones regionalizadas a la región de Canarias. Para ello, se han tomado como datos de contorno los datos provenientes de tres modelos climáticos globales de un experimento a nivel internacional, el CMIP5 (<https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip/wgcm-cmip5>).

En concreto se han tomado datos de los siguientes modelos: GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-MR, MIROC-ESM, que en el futuro denominaremos GFDL, IPSL y MIROC para facilitar la notación.

Los datos de las proyecciones climáticas tienen una resolución mucho mayor (3x3 km) que la aportada por ERA5. Por ello, se han promediado los valores originales para generar una rejilla análoga a la del reanálisis, de forma que el tratamiento en el cálculo de la temperatura media de cada isla sea el mismo explicado anteriormente. Además, los resultados proporcionados por simulaciones de modelos climáticos presentan generalmente discrepancias (desviaciones o *biases*) respecto a las observaciones (Christensen et al., 2008). Esto hace que no

puedan utilizarse de forma directa para establecer impactos sobre diferentes sectores. Para corregir esas desviaciones se han desarrollado diferentes métodos, tratando de obtener series temporales a partir de las simulaciones con características estadísticas similares a las de las observaciones para un mismo lugar y periodo. En este trabajo, se ha aplicado la técnica de corrección de *bias* denominada SDM (scaled distribution mapping) a las series temporales futuras de las temperaturas medias de cada isla, usando para su cálculo las series temporales tanto simuladas como obtenidas del reanálisis para el periodo 1980-2009. Este método, que no asume la estacionariedad de los datos, ha demostrado superar a métodos anteriores basados en mapeo de cuantiles en las variables de temperatura y precipitación (Switanek et al, 2017).

Además, se ha centrado la simulación en dos de las cuatro posibles suposiciones de evolución de la concentración de gases de efecto invernadero para lo que se definen diferentes escenarios posibles socioeconómicos (Figura 3):

- **RCP4.5:** Es un escenario intermedio de emisiones de gases de efecto invernadero donde el pico de emisiones se alcanza en 2045 y luego empiezan a disminuir. Está asociado a un valor de forzamiento radiativo en el año 2100 de unos  $4.5W m^{-2}$  respecto al periodo base.
- **RCP8.5:** Es un escenario catastrofista y que se asume bastante improbable hoy en día. Se toma como base para las peores previsiones. En el que se supone que seguimos aumentando las emisiones como hemos hecho en el siglo XX y principios del XXI. Está asociado a un valor de forzamiento radiativo en el año 2100 de unos  $8.5W m^{-2}$  respecto al periodo base.

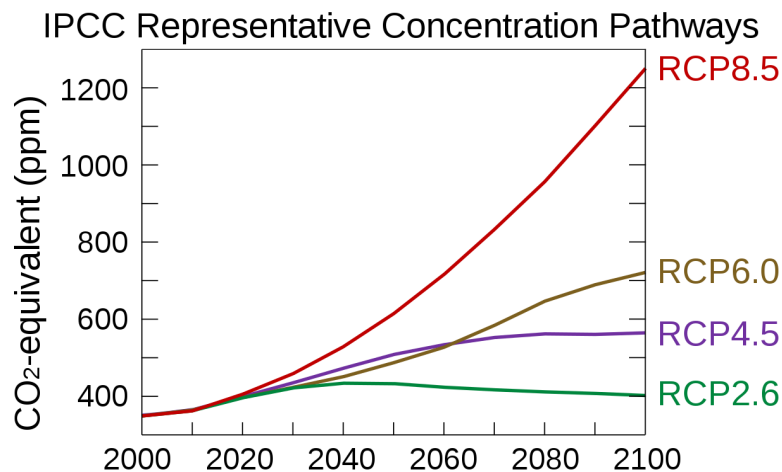


Figura 3 By Efbrazil - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=87801257>

# Análisis de Datos.

## Estudio de las variaciones en la demanda mensual, diaria y horaria.

*In this section we have studied the three standard indexes, MSVI, DSVI and HSVI. In order to determine the seasonal, daily and hourly variability in electricity demand, we observed a seasonal variability with an increase in demand in the summer.*

En este apartado se realizará un estudio de los cambios en la demanda eléctrica y el análisis de la existencia de períodos cíclicos mensuales, diarios y horarios. Se hará a través de tres índices definidos Valor et al. (2001): MSVI, que corresponden a las variaciones mensuales, lo mismo con las diarias (DSVI) y el de las horas del día (HSVI).

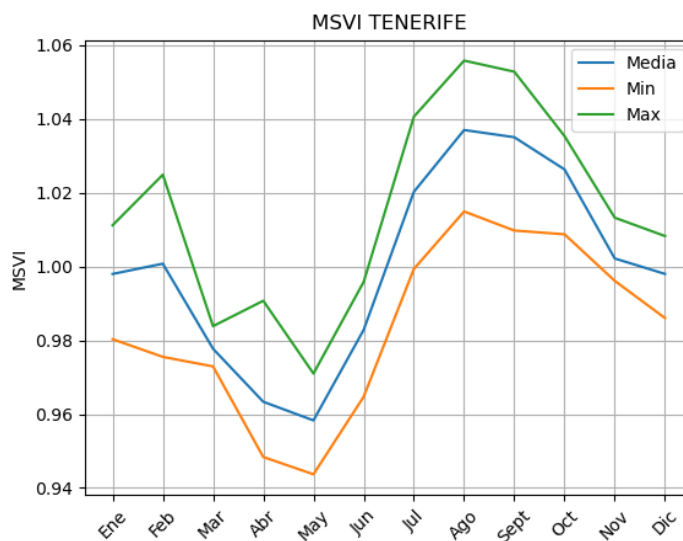
### MSVI.

El índice de variación estacional mensual (MSVI, por sus siglas en inglés: “monthly seasonal variation index”) es definido (Valor et al, 2001) como :

$$MSVI_{ij} = E_{ij} / \bar{E}_j$$

siendo  $MSVI_{ij}$ , el valor del índice para el mes  $i$  en el año  $j$ .  $E_{ij}$ , es el consumo de energía mensual para ese mes y ese año concreto y  $\bar{E}_j$  es la demanda mensual media por año (media de 12 valores de  $E_{ij}$ , para el año  $j$ ). El valor promedio de MSVI muestra el comportamiento relativo a lo largo de los meses del año, mientras que los valores máximo y mínimo de MSVI revelan desviaciones del comportamiento medio.

Para la isla de Tenerife, los resultados de dicho índice, calculados para el periodo 2013-2019, se muestran en la Figura 4.1.



**Figura 4.1 MSVI Tenerife Período 2013-2019**

En el *Anexo I Sección 1* se encuentran las gráficas del resto de las islas. En general, se observa un incremento de la demanda en los meses que comprenden entre junio y octubre, meses más cálidos en las Islas Canarias. Este incremento es debido, principalmente, al uso de sistema de refrigeración. En apartados futuros centraremos nuestro estudio en la dependencia del aumento de demanda energética con la temperatura..

En las Islas más occidentales se observa cierto incremento de la demanda en el invierno pero nada comparable con el aumento generalizado en verano. Este pequeño aumento de la demanda se puede deber al uso de sistemas de calefacción, y también a que es la época del año donde las noches son más largas que los días. Aunque esta última hipótesis debería observarse por igual en todas las islas.

En otros estudios en la España peninsular y Grecia, se observa este incremento de la demanda bastante más pronunciado, debido a que son lugares con inviernos más fríos. (Garrido-Perez, 2021; Giannakopoulos, 2006)

De forma generalizada también se observa la caída de la demanda en los meses primaverales marzo-mayo, meses en que podríamos decir que existen temperaturas de confort. En las islas de Fuerteventura y Lanzarote la demanda se mantiene baja en todo el resto del año respecto a los meses de verano.

En las islas capitalinas, Tenerife y Gran Canaria, al estar más industrializadas y tener más fuentes de demanda de energía, la variación estacional de verano es menor, un 4 % de la media de consumo mensual. En cambio en la Isla de Fuerteventura se observa un incremento de la demanda de entorno al 12 % y en general en las islas no capitalinas se observa esta tendencia.

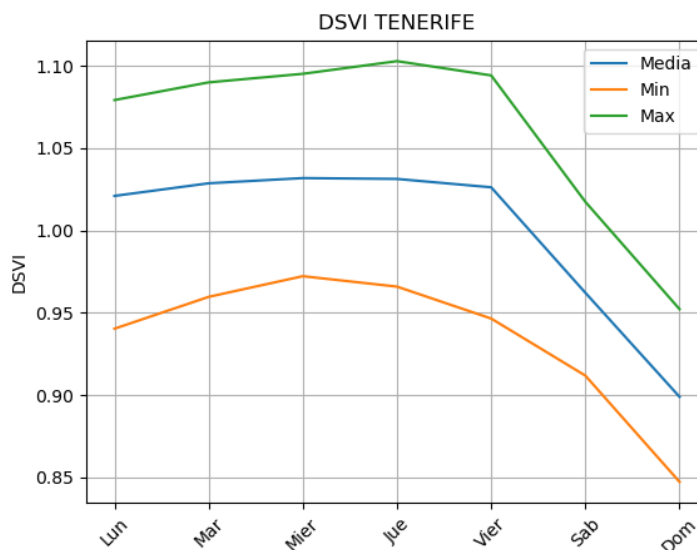
Además, es destacable el pico de consumo en agosto de las islas no capitalinas de La Palma, La Gomera y El Hierro. Coincidiendo con la época tradicionalmente vacacional en España, pudiendo ser debido al retorno de parte de la población de las islas capitalinas a su lugar de origen, islas no capitalinas.

## DSVI.

El índice de variación diaria (DSVI, por su siglas en inglés: “daily seasonal variation index”) es definido (Valor et al, 2001) como:

$$DSVI_{ijk} = E_{ijk} / \overline{E_{jk}}$$

siendo  $DSVI_{ijk}$ , el valor del índice para el día  $i$  en la semana  $j$  en el año  $k$ .  $E_{ijk}$ , es la demanda de energía diario para ese día particular.  $\overline{E_{jk}}$  es la demanda diaria media para la semana  $j$  y año  $k$ .



**Figura 5.1 DSVI Tenerife Periodo 201319**

La *Figura 5.1* representa en azul la media del DSVI de cada día de la semana en el global de todo el periodo 2013-2019 para la isla de Tenerife. Las representaciones en verde y naranja, muestran las desviaciones del índice que son debidas a la estacionalidad de las semanas. En el *Anexo I Sección 2* se encuentra el mismo tipo de gráfica para el resto de las islas.

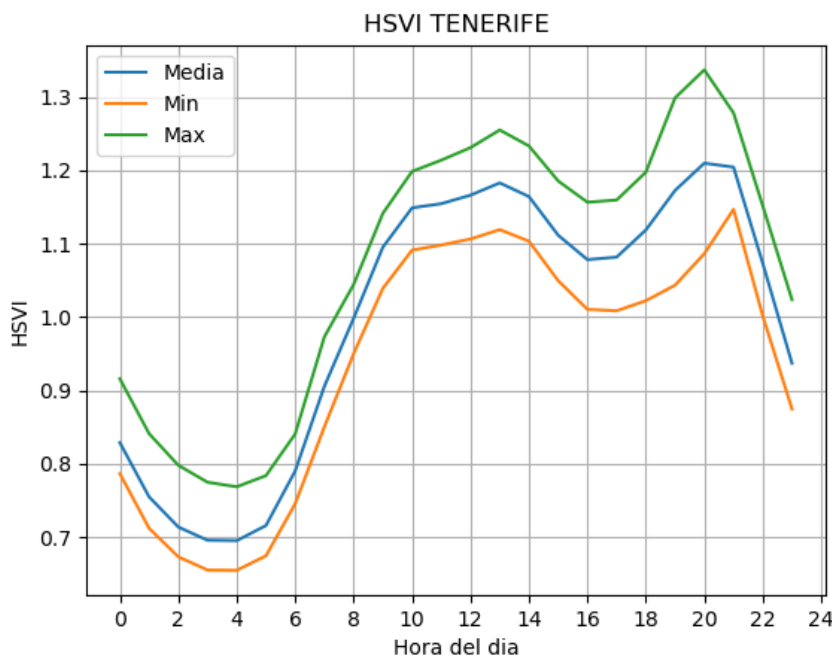
En general, se observa una caída de la demanda los fines de semana. Esta tendencia es más grande en las islas capitalinas, Tenerife y Gran Canaria. Viéndose incluso reducido a los domingos en algunas islas, como Fuerteventura y La Gomera, en este último caso sólo aproximadamente un 2%.

## HSVI.

El índice de variación horaria estacional (HSVI por sus siglas en inglés: “hourly seasonal variation index”) no es definido en este caso por Valor et al. (2001), sino por Giannakopoulos et al. (2006), que al igual que en este estudio disponían de datos horarios de demanda lo que permite extrapolar en concepto de los anteriores índices a una escala horaria:

$$HSVI_{ijk} = E_{ijk} / \overline{E_{jk}}$$

siendo  $HSVI_{ijk}$  el valor del índice para la hora  $i$  en el mes  $j$  en el año  $k$ .  $E_{ijk}$ , es la demanda de energía de una hora determinada  $i$  del mes  $j$  y año  $k$ .  $\overline{E_{jk}}$  es la media mensual de la demanda horaria para el mes  $j$  y el año  $k$ .



**Figura 6.1 HSVI Tenerife Periodo 2013/19**

Tanto los valores promedios como los extremos del índice HSVI para la isla de Tenerife en el periodo estudiado se muestran en la *Figura 6.1*. En el *Anexo I Sección 3* se encuentra el mismo tipo de gráfica para el resto de las islas.

De forma generalizada se observa el aumento de la demanda en la jornada laboral de 6:00 a 14:00, con un pequeño receso de 14:00 a 16:00, retomando la demanda luego hasta a las 21:00, cuando se alcanza el pico de demanda diaria.

---

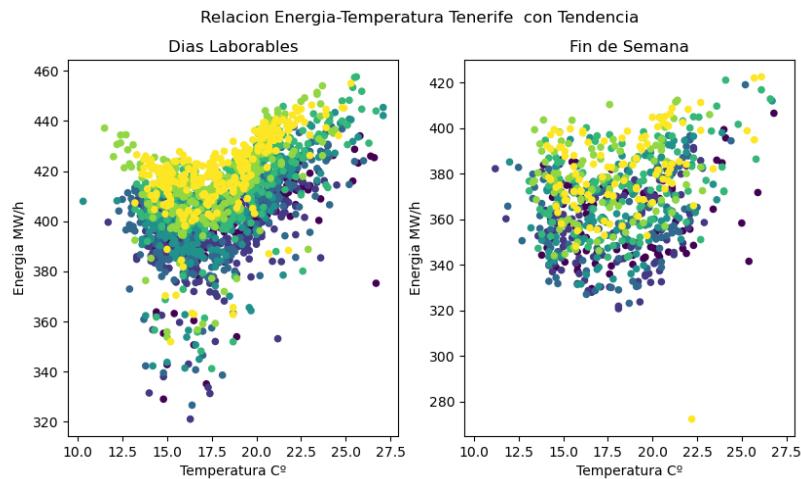
En este índice no se encuentran particularidades entre islas, como se encontraban en los anteriores, podríamos decir que la variaciones de demanda energética horaria son generadas por la costumbres laborales y domésticas de las personas, no teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas particulares de cada isla.



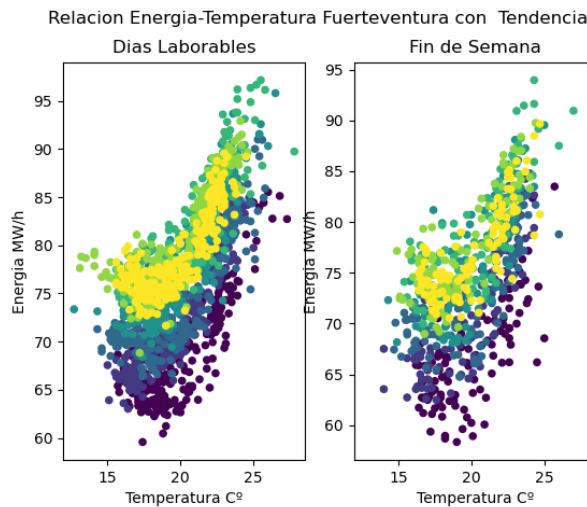
## Relación entre Demanda Energética y Temperatura de la isla.

*In this section, an upward trend observed in the period 2013/19 under study, a trend coming from other socio-economic variables, has been eliminated. Then we have found through a third degree adjustment the comfort temperature of each island.*

En este apartado estudiaremos la relación entre la demanda diaria de energía y la temperatura media del día correspondiente. En primer lugar, debemos eliminar la tendencia que existe en el aumento de la demanda que no está relacionada con la temperatura, sino debida a factores socioeconómicos como en el aumento de la población, el aumento del poder económico medio, el aumento del turismo, etc. Esta tendencia se ha observado también en la serie temporal representada en la *Figura 2* y en los índices estudiados en el punto anterior, viéndose reflejada en las representaciones mínimas y máximas, en los datos de comienzo y final de periodo respectivamente.



**Figura 7.1 Energía-Temperatura Tenerife con Tendencia**



**Figura 7.2 Energía-Temperatura Fuerteventura con Tendencia**

En la *figura 7.1*, se han separado los datos entre días entre semana generalmente laborables y fines de semana. Como se ha estudiado en el apartado anterior, la demanda baja los fines de semana, por lo que trabajar de forma conjunta alteraría los resultados.

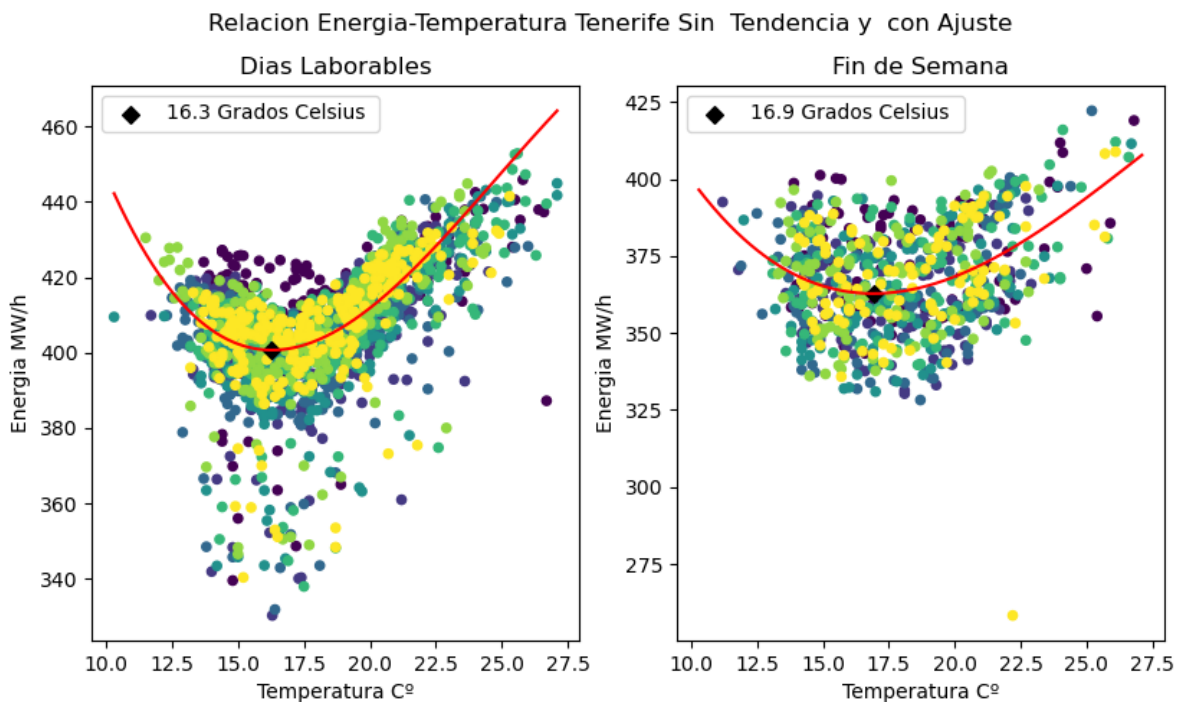
Los diferentes colores de los datos reflejados en las gráficas representan de más oscuro al amarillo el año de los datos, siendo los más recientes los que están reflejados en amarillo. Se observa claramente un aumento de la demanda no relacionado con el aumento de la temperatura media del día.

En la *figura 7.2* se observa de manera más clara la tendencia en la isla de Fuerteventura.

## Cálculo de la Temperatura de Confort.

Con el objetivo final de calcular una temperatura de confort, consideramos punto de inflexión la estabilidad en la demanda energética. Es decir temperatura a partir de la cual asumimos que empieza el consumo generalizado de energía en sistemas de refrigeración. Y que cuando es inferior se establecería el uso de sistemas calefacción, pero este tipo de consumo energético es casi inexistente en Canarias como vimos anteriormente.

Una vez eliminada la tendencia lineal del aumento de la demanda con el paso de los años utilizando un modelo de series temporales aditivo que tiene en cuenta tendencia, estacionalidad y residuos, procederemos a realizar un ajuste a una función cúbica de los datos sin tendencia. Tomaremos la temperatura en la que esté localizado el mínimo de la función ajustada como la temperatura de inflexión en la que cambia la demanda o temperatura de confort de la población de la isla en la que se disminuye el uso de sistemas de calefacción o refrigeración. No se incluirá en este estudio el efecto de las temperaturas por debajo de la de confort, debido a la pequeña demanda eléctrica proveniente de sistemas de calefacción, por las condiciones climáticas de las islas. Además de la existencia de sistemas calefacción de combustión, no eléctricos, gas o leña que no afectarían a la demanda eléctrica.



**Figura 8.1 Relación Energía-Temperatura Tenerife con cálculo de la temperatura de confort.**

En la *Figura 8.1* se muestran los datos sin tendencia y el ajuste polinómico, de grado 3, para la isla de Tenerife.

En el *Anexo II sección 1* se encuentran las demás gráficas de la relación Energía-Temperatura de las islas restantes. En las gráficas de Tenerife y Gran Canaria, se observan datos atípicos que revisándolos en detalle corresponde con días festivos.

En la *Tabla 1* se muestran los valores calculados mediante los ajustes correspondientes de las temperaturas de confort para cada isla.

**Tabla 1. Temperaturas de confort de las distintas islas, separadas por días laborables y fines de semana.**

Isla	Tenerife	Gran Canaria	Fuerteventura	Lanzarote	El Hierro	La Gomera	La Palma
Temperatura Wd*	16,3 °C	16,2° C	17,4°C	17.9°C	17.6°C	18,9°C	16,3°C
Temperatura We*	16,9°C	16,9°C	17,4°C	18,0°C	13,7°C**	18,3°C	16,4°C

\*Wd-Días laborables \*We-Fin de semana \*\*Dato erróneo.El ajuste no es adecuado.

## Demanda de Refrigeración. CDD.

*In this section we will study the relationship of average temperatures with the increase in energy demand, with the values of cooling degree-days CDD and Heating degree-days HDD. In the Canary Islands this study is reduced to the CDD because the climatic conditions make the HDD much less relevant.*

La demanda de refrigeración, en adelante denominada CDD por las siglas en inglés de 'cooling degree-days', proviene de los grados-días, DD, definidos por primera vez en los artículos de *Thom (1952, 1954, 1962)*. Siendo los grados-días la diferencia entre la temperatura media del día y la temperatura de confort. Esta operación se puede dividir entre los valores positivos y negativos. (*American Meteorological Society, 2021*)

Existiendo los CDD 'cooling degree-days' y los HDD 'Heating degree-days', según sea positivo o negativo el valor del DD, se entiende que cuando la temperatura media del día es menor que la de confort se utilizarán sistemas de calefacción. Y en caso de ser mayor, se utilizarán sistemas de refrigeración (*Giannakopoulos, 2006*)

$$CDD = (T_d - T_c, 0)$$

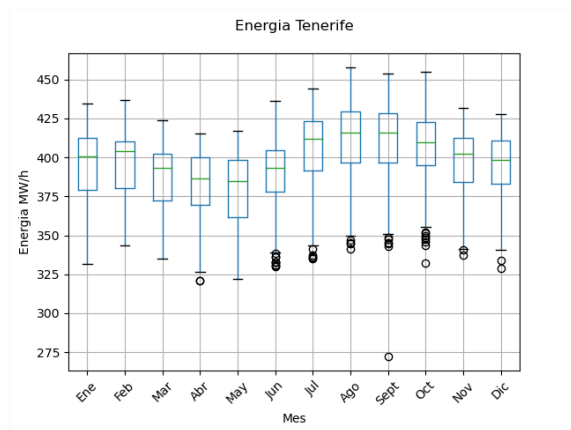
$$HDD = (T_c - T_d, 0)$$

Siendo  $T_d$ , la temperatura media del día, y  $T_c$ , la temperatura de confort. Se fija a 0 el valor cuando la resta es negativa. La temperatura de confort puede ser diferente para los HDD y CDD.

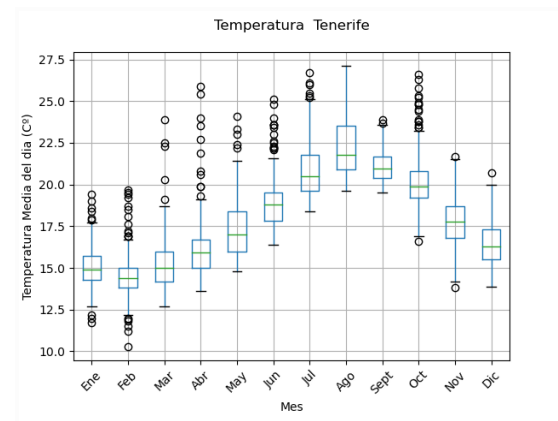
En este estudio nos centraremos en los CDD, pues, como ya hemos comentado antes, el aumento de la demanda por el uso de sistemas de calefacción es mucho menos relevante en las Islas Canarias.

Nuestras temperaturas de confort serán las calculadas anteriormente para cada isla. Existen varias tendencias a la hora de definir esta temperatura de manera única o describiendo dos temperaturas, una para los HDD y otra para los CDD. En los primeros estudios se definió una temperatura única de confort de 18 °C (*Valor et al. 2001*), en otros estudios, por ejemplo uno basado en datos de Turquía se definen dos temperaturas diferentes de 24°C para CDD y de 15°C para HDD (*Kadioglu et al., 2001*).

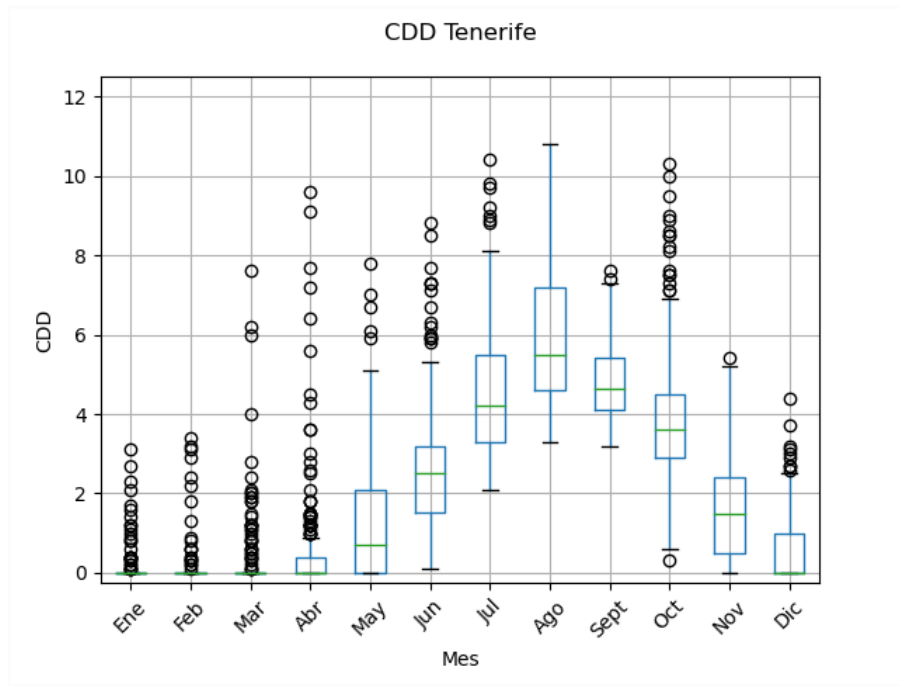
En este estudio hemos seguido los pasos de un estudio en la España peninsular, donde toman como temperatura de confort única la que hemos hallado en el apartado anterior por el ajuste de los datos a una función cúbica. Según los autores, esta temperatura de confort se adapta más al medio en estudio (*Garrido-Perez et al., 2021*).



**Figura 9.1** Boxplot Energía Tenerife

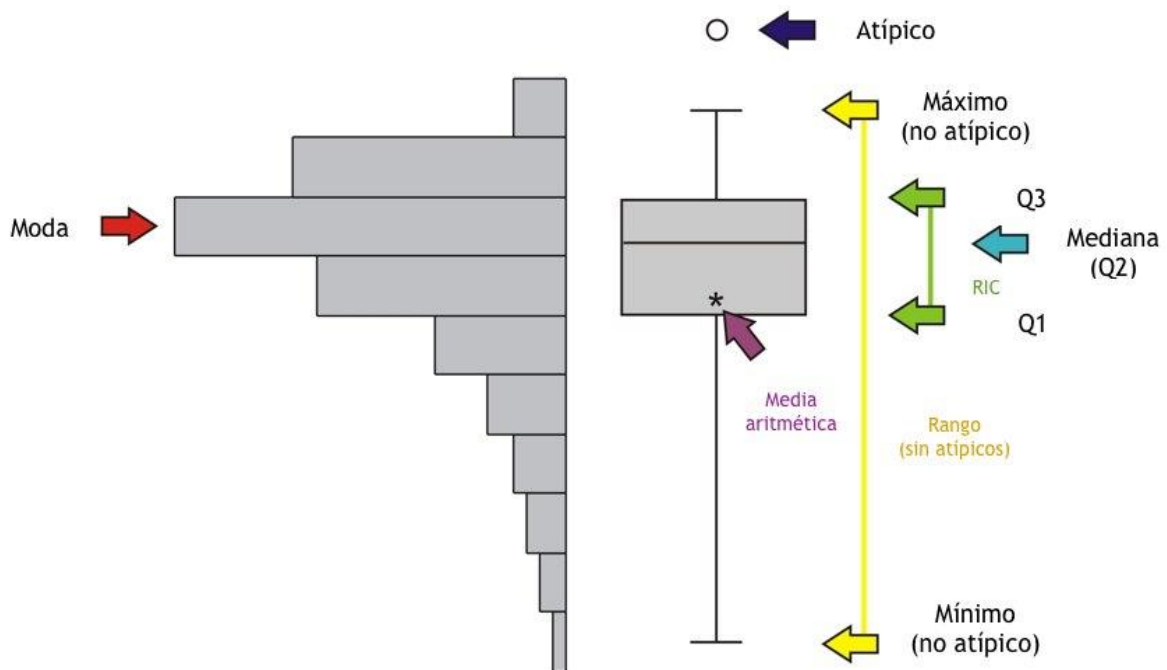


**Figura 10.1** Boxplot Temperatura Tenerife



**Figura 11.1** Boxplot CDD Tenerife

Los resultados en esta sección se presentan en forma de *boxplot*. Los *boxplots* representan los cuartiles y la mediana de los datos, tal como se indica en la *Figura 12*.



**Figura 12.** Descripción del Boxplot.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/User:OnkelDagobert>

---

En la *Figura 9.1* se muestra un *boxplot* de la demanda energética en Tenerife para cada uno de los meses del año. Se aprecia claramente la variabilidad estacional con un máximo en el mes de agosto, seguido por los meses anteriores y posteriores. Como cabría esperar de los resultados anteriores y los ajustes mostrados en la *Figura 8.1*, la correlación es muy alta con la temperatura, cuya variabilidad anual se muestra en la *Figura 10.1*. La distribución para los distintos meses de los CDD se representa en la *Figura 11.1*. De nuevo, los valores más altos corresponden a los meses de verano, siendo prácticamente nulos, excepto para algunos días aislados, en los meses de enero a marzo. Es decir, según las suposiciones realizadas, dadas las relativamente bajas temperaturas, durante esos meses el consumo de energía debido a la refrigeración sería muy escaso. En el *Anexo II Sección 2* se encuentran los diferentes *boxplots* anteriores para el resto de islas.

En el apartado anterior habíamos hallado determinadas temperaturas de confort referidas a cada isla, existiendo valores que en un principio parecían anómalos, como que la temperatura de confort de La Gomera fuera la más alta, con 18,9°C. Ahora, observando las *Figuras 10.x* correspondientes a cada isla, vemos que La Gomera presenta unas temperaturas semejantes a las islas de Lanzarote y Fuerteventura, no alcanzando picos de temperatura tan altos en verano. Las anomalías en las temperaturas de algunas islas respecto a lo que uno esperaría pueden deberse a la baja resolución del reanálisis (30 km) si consideramos los tamaños de las islas. Aún habiendo filtrado las celdas cuya altura es superior a 1000 m sobre el nivel del mar, las islas más montañosas pueden presentar temperaturas medias más bajas.

En las *Figuras 11.x* encontramos el fin en el que se ha centrado nuestro estudio los CCD que relacionan el aumento de la demanda con usos de sistemas de refrigeración. Las islas capitalinas son las que tienen mayor CDD, en general. Como en el caso de Tenerife, se observa un largo periodo con valores de CDD no nulos, desde abril hasta incluso diciembre. Realmente los valores relevantes van de junio hasta octubre, alcanzando el pico en agosto en todas las islas. Este coincide plenamente con los índices MSVI representados en las *Figuras 4.x* que indican el incremento de la demanda energética para este periodo junio-octubre. De esta forma, parece evidente el aumento de la demanda en las islas canarias con el uso de sistemas de refrigeración.

---

## Análisis de la evolución de la demanda energética a futuro a través de los CDD.

In this section we will extrapolate the CDD concept to look at the change in demand in two future periods of three decades 2030-2059 and 2070-2099. In two possible scenarios of greenhouse gas emissions RCP4.5 and RCP 8.5.

Para la estimación de las temperaturas medias a futuro para cada isla se han usado los datos de las simulaciones de regionalización climática que han sido cedidos por el grupo de investigación GOTA (Grupo de Observación de la Tierra y la Atmósfera) de la Universidad de La Laguna.

Se ha hecho un estudio de la evolución de los CDD en el futuro, en dos épocas que comprende tres décadas cada una, y en diferentes suposiciones socioeconómicas de la evolución del clima mundial y, por lo tanto, de las emisiones de gases de efecto invernadero (RCP4.5 y RCP8.5)

Se ha realizado la suposición de que la temperatura de confort se mantendrá estable. Si entendemos esta temperatura exclusivamente como a la que las personas no necesitan sistemas de enfriamiento para sentirse confortables, la temperatura de confort cambiará en el futuro, pues con el aumento de la temperatura se genera cierta adaptación de la población al medio. Sin embargo, la energía se usa para muchas más labores de enfriamiento, como, por ejemplo, la de los alimentos, tanto en los hogares como en las empresas relacionadas con el sector alimentario. Además, en el futuro podrán existir diferentes avances en el aislamiento de los edificios o en la refrigeración de productos perecederos o congelados, de manera que no se genere el aumento de la demanda a ciertas temperaturas con lo que el método por el que hemos hallado esta temperatura de confort arrojaría otros datos.

Por todo ello, la relación entre el aumento de la demanda energética y el cambio en los CDD no es lineal. Existen muchos factores pueden influir en esta relación, el acceso de un porcentaje mayor de la población a sistemas de refrigeración, mejoras técnicas y arquitectónicas, etc. Esa es la razón de expresar los cambios a futuro en base CDD, que es lo único que depende de la temperatura y que puede ser estimado a través de modelos climáticos.

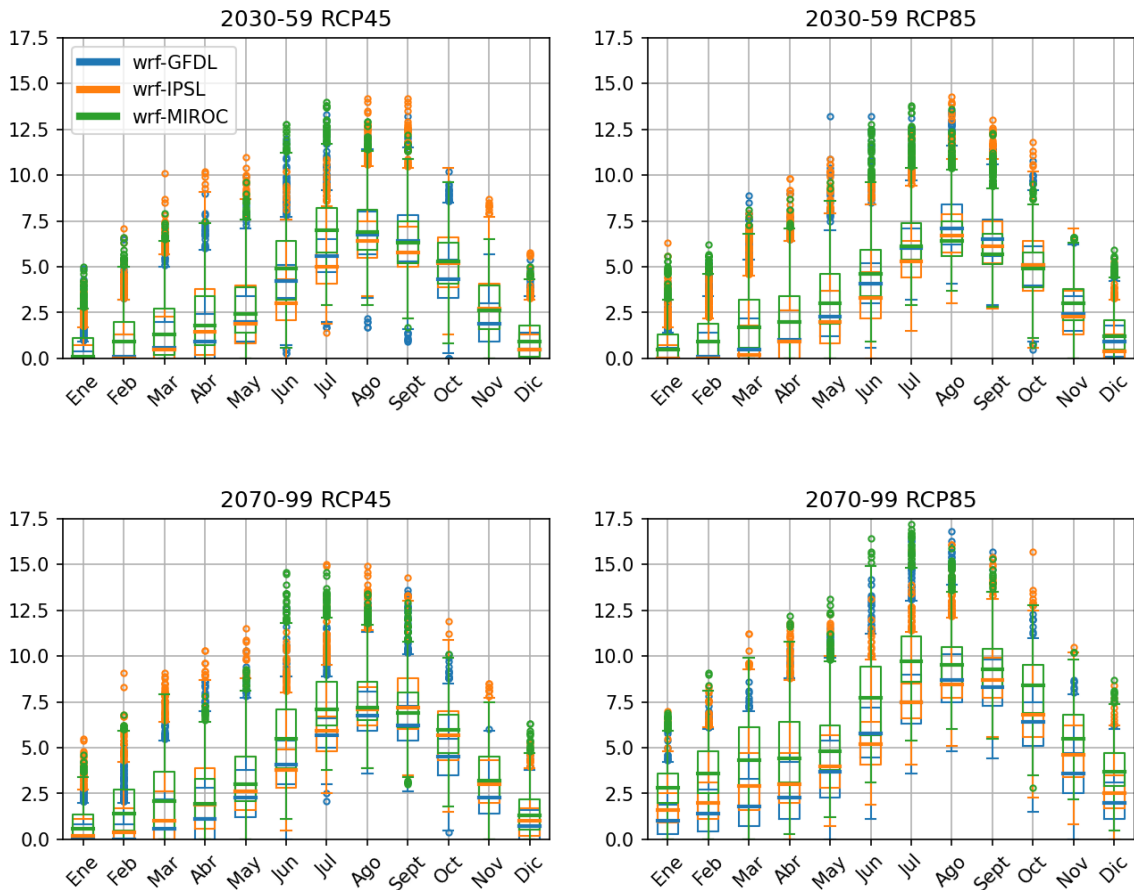
En la *Figura 13.1* se resumen los valores proyectados de CDD utilizando las tres simulaciones WRF (una para cada modelo global cuyos datos son usados como condiciones de contorno: GFDL, IPSL y MIROC), para los dos periodos (2030-2059 y 2070-2099) y para los dos escenarios de emisiones. En el *Anexo III*, se encuentran la evolución de los CDD de las resto de la islas como se ha realizado en el resto de la memoria.

En el periodo comprendido entre 2030-2059, las diferencias entre los dos escenarios RCP4.5 y RCP8.5, son leves de apenas décimas de grados. Pero se observa de manera generalizada el aumento de las temperaturas en épocas no veraniegas, aumentando la tendencia a la existencia real de dos épocas estivales en canarias con unos inviernos cada vez más cortos. Si comparamos con la *Figura 11.1*, vemos que ahora si encontramos una mediana distinta de cero en los tres primeros meses del año en todas las simulaciones. Además, los valores aumentan para todos los meses y son muy similares en las tres simulaciones. Este aumento es de más de 1.5 CDD en verano.

En el segundo periodo a futuro comprendido entre 2070-99, con una suposición de un escenario RCP4.5, se observa la estabilización del ligero aumento de temperatura observado en el anterior periodo. En cambio si nos situamos en el segundo escenario, el RCP8.5 el aumento de las temperatura lleva a la existencia de valores positivos relevantes del CDD durante todo el año, llegando a casi duplicar los CDD en verano en el conjunto de islas con valor menor de temperatura de confort, Tenerife y La Palma.

En este escenario las condiciones climáticas de contorno GFDL, IPSL y MIROC, ya generan de forma bastante diferenciada diferentes escenarios climáticos todos con una alto aumento de las temperaturas. Siendo el más esperanzador el arrojado por el modelo GFDL. Y el modelo que arroja unos datos más alarmantes con una diferencias de incluso 2 grados es MIROC. Es necesario resaltar que se trabaja con valores medios de temperatura diaria lo que puede significar que dos grados de media más, pueden ser temperaturas máximas que disten más allá de los dos grados en algunas regiones de cada isla..

Evolucion CDD Tenerife



**Figura 13.1 Evolución Futura de los CDD Tenerife**

El aumento de la demanda energética por sistemas de refrigeración irá al alza en el futuro por el aumento de las temperaturas y el acortamiento de los inviernos. Además del posible aumento del acceso de la población a sistemas de aire acondicionado de uso doméstico. Situándonos en el escenario RCP8.5 en el 2070-99 el aumento de la demanda energética podría ser el menor de nuestros problemas como habitantes de las Islas Canarias.



---

## Conclusiones.

The conclusions obtained in this study are

- the confirmation of the seasonal variability of energy demand.
- The correlation of the increase in demand when the average temperatures of each island are different from the comfort temperature.
- The expected future increase in the cooling degree days for all the islands.

En este trabajo se ha realizado un análisis de la relación entre la variación de las temperaturas medias diarias de cada una de las siete Islas Canarias y la demanda energética de cada una de ellas. Para ello se han utilizado diversas bases de datos, tanto de la distribuidora de la energía, REE, como de diferentes modelos climáticos, tanto a presente como a futuro.

Tras dicho análisis se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Existe una tendencia general anual al aumento de la demanda energética.
- Existe un comportamiento estacional muy marcado en la demanda energética de las islas, con máximos en los meses de verano. Esta variabilidad es menos acusada, en porcentaje, en las islas capitalinas.
- Existe una dependencia diaria y horaria, en la cual se ve reflejado el motivo de la reciente implementación de tramos en la tarifa de la luz aplicada en España. Fomentando el consumo energético en horas de baja demanda.
- Se confirma la relación entre aumento de la demanda y variación de la temperatura.
- Se han calculado las diferentes temperaturas de confort, que difieren, en algún caso de forma considerable, entre las diferentes islas.
- El aumento de las temperaturas estimado por las diferentes simulaciones que hacen uso de distintos modelos globales como condiciones de contorno, y usando dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, apuntan a un futuro aumento importante de la demanda de energía en Canarias.
- La asunción de que se ha de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero debería conducir, como mucho, a que se alcancen las suposiciones del modelo RCP4.5, ya que las condiciones en el peor escenario son poco halagüeñas.

A la vista de los resultados obtenidos y la experiencia acumulada durante el desarrollo de este proyecto, se proponen algunas posibles mejoras o ampliaciones futuras:

- Si estuviesen disponibles los datos de demanda energética de forma más desagregada, sería interesante estudiar la relación de la misma con la temperatura en diferentes entornos socioeconómicos: rurales, zonas residenciales, áreas industriales o comerciales, etc.
- Utilización de proyecciones de evolución tecnológica y socioeconómica que permitan estimar una tendencia futura en el uso de sistemas de enfriamiento y su eficiencia. Eso permitiría traducir los resultados del proyecto, actualmente en función de CDD, en estimaciones sobre la demanda futura de energía. Eso sería mucho más adecuado que simplemente suponer que los usos de la energía y las tecnologías permanecen inalterados.

---

## Referencias bibliográficas.

- American Meteorological Society (2021) Degree-day. Glossary of Meteorology. <https://glossary.ametsoc.org/wiki/Degree-day>
- Christensen, J. H., Boberg, F., Christensen, O. B. & Lucas-Picher, P. On the need for bias correction of regional climate change projections of temperature and precipitation. *Geophys. Res. Lett.* 35, L20-709 (2008).
- Garrido-Perez, J.M., Barriopedro, D., García-Herrera, R. et al. Impact of climate change on Spanish electricity demand. *Climatic Change* 165, 50 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03086-0>
- Giannakopoulos, C., & Psiloglou, B. (2006). Trends in energy load demand for Athens, Greece: weather and non-weather related factors. *Climate Research*, 31, 97-108.
- Hersbach, H, Bell, B, Berrisford, P, et al. The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.* 2020; 146: 1999– 2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Kadioglu M, Ş en Z, Gültekin L (2001) Variations and trends in Turkish seasonal heating and cooling degree-days. *Clim Change* 49:209–223
- Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, M. G Duda, X.-Y. Huang, W. Wang, and J. G. Powers, 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR, 113 pp. [doi:10.5065/D68S4MVH](https://doi.org/10.5065/D68S4MVH)
- Switanek, M. B., Troch, P. A., Castro, C. L., Leuprecht, A., Chang, H.-I., Mukherjee, R., and Demaria, E. M. C.: Scaled distribution mapping: a bias correction method that preserves raw climate model projected changes, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, 2649–2666, <https://doi.org/10.5194/hess-21-2649-2017>, 2017
- Thom HSC (1952) Seasonal degree day statistics for the United States. *Mon Weather Rev* 80: 143–149
- Thom HSC (1954) The rational relationship between heating degree days and temperature. *Mon Weather Rev* 82:1–6
- Thom HSC (1962) Normal degree days above any base by the universal truncation coefficient. *Mon Weather Rev* 94: 461–465
- Valor, E., Meneu, V., & Caselles, V. (2001). Daily Air Temperature and Electricity Load in Spain. *Journal of Applied Meteorology*, 40, 1413-1421.

# Anexo I

## Sección 1: Gráficas MSVI resto de islas.

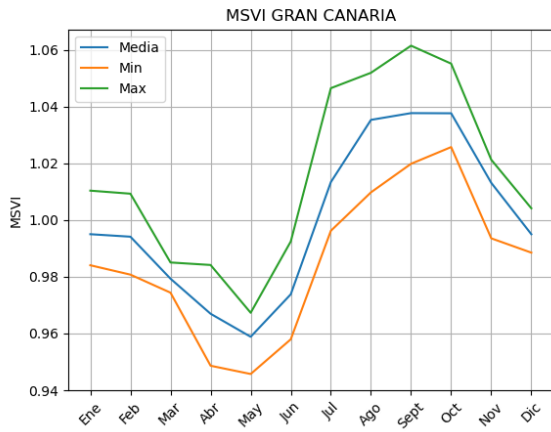


Figura 4.2 MSVI Gran Canaria 2013/19

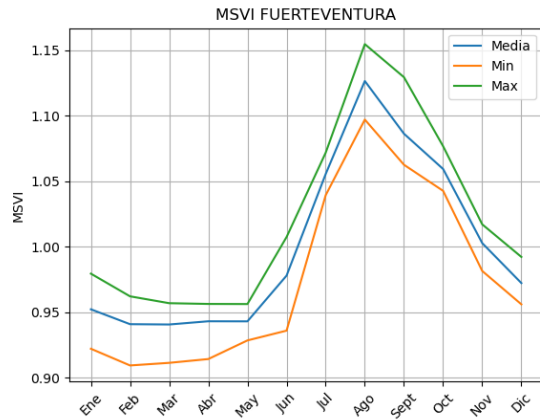


Figura 4.3 MSVI Fuerteventura 2013/19

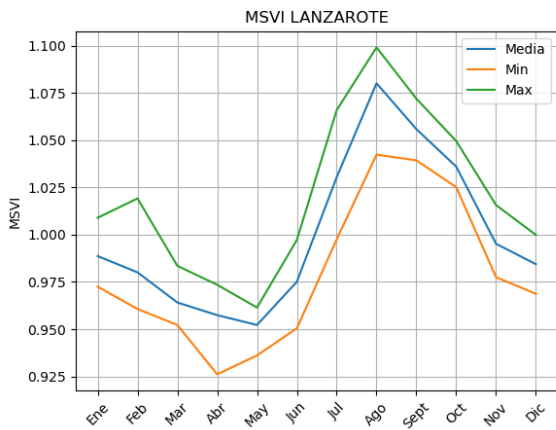


Figura 4.4 MSVI Lanzarote 2013/19

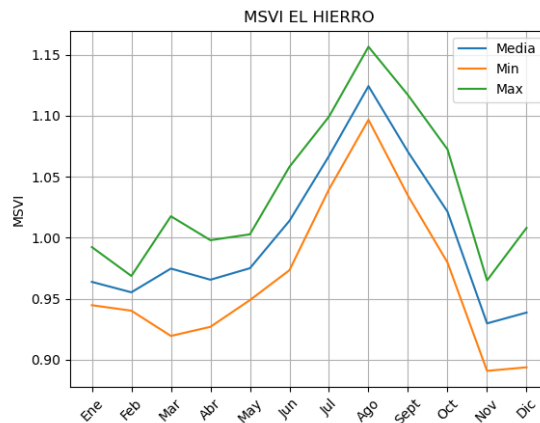
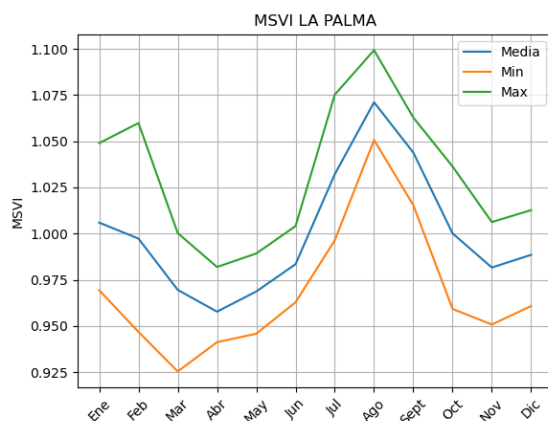
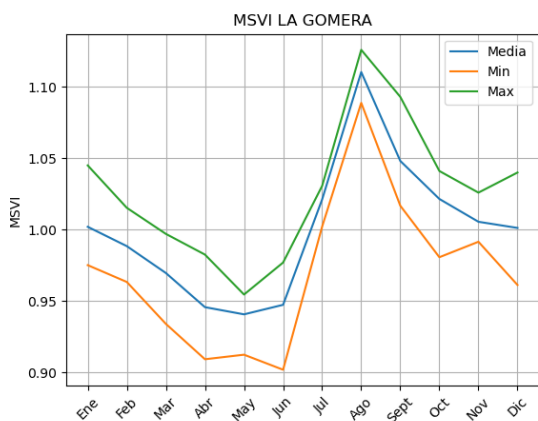


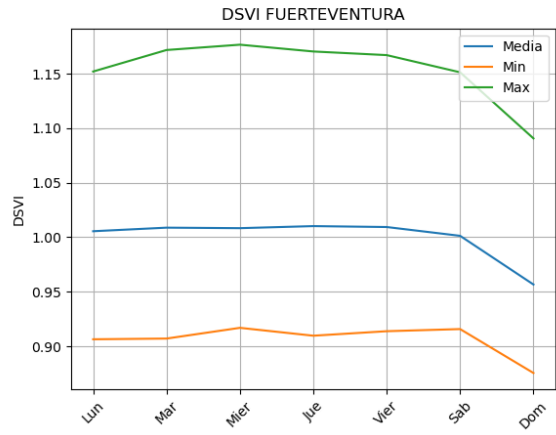
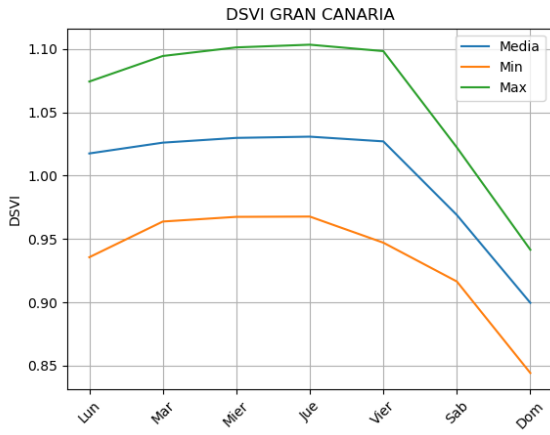
Figura 4.5 MSVI El Hierro 2013/19



**Figura 4.6 MSVI La Gomera 2013/19**

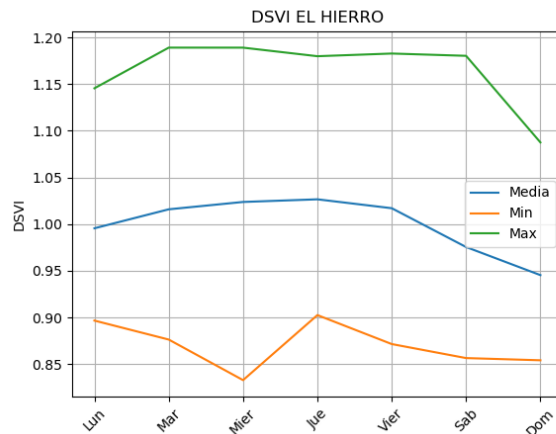
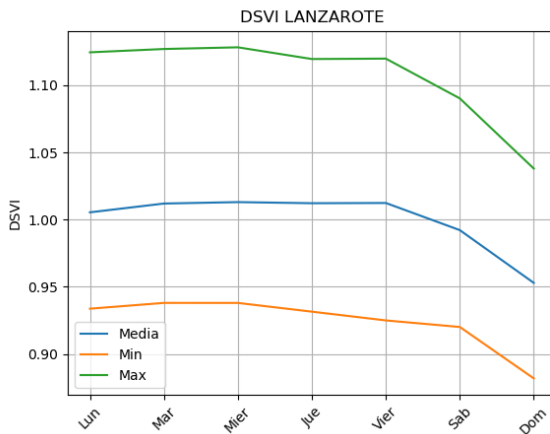
**Figura 4.7 MSVI La Palma 2013/19**

**Sección 2 : Gráficas DSVI demás islas.**



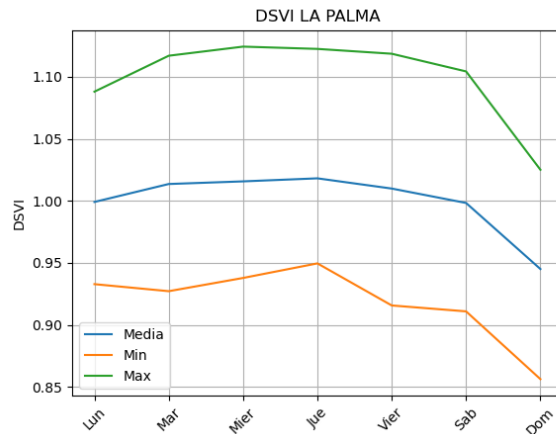
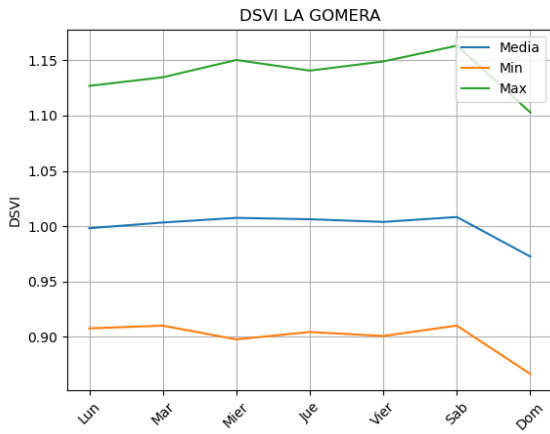
**Figura 5.2 DSVI Gran Canaria 2013/19**

**Figura 5.3 DSVI Fuerteventura 2013/19**



**Figura 5.4 DSVI Lanzarote 2013/19**

**Figura 5.5 DSVI EL Hierro 2013/19**



**Figura 5.6 DSVI LA Gomera 2013/19**

**Figura 5.7 DSVI La Palma 2013/19**

### Sección 3 : Gráficas HSVI demás islas.

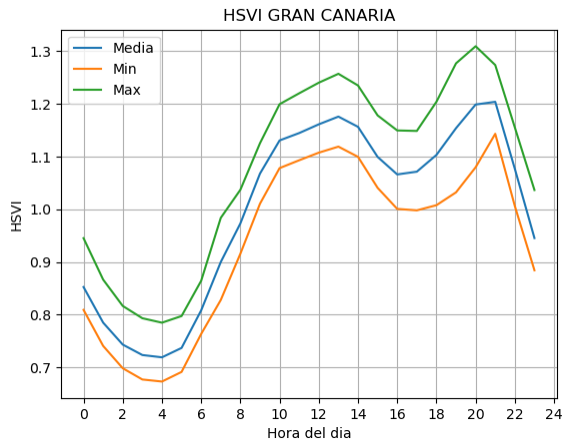


Figura 6.2 HSVI Gran Canaria 2013/19

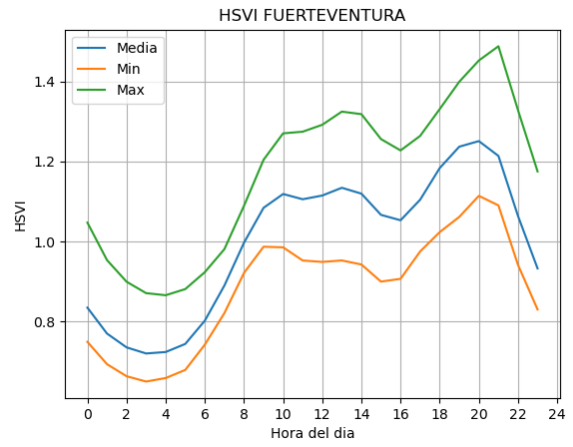


Figura 6.3 HSVI Fuerteventura 2013/19

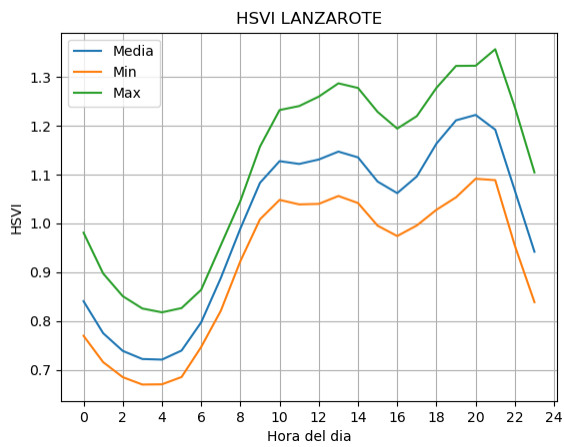


Figura 6.4 HSVI Lanzarote 2013/19

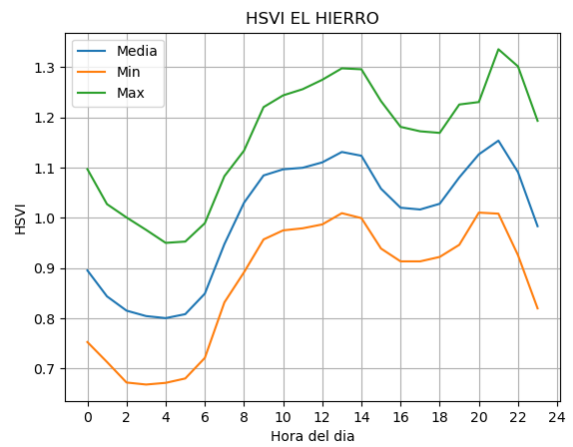


Figura 6.5 HSVI El Hierro 2013/19

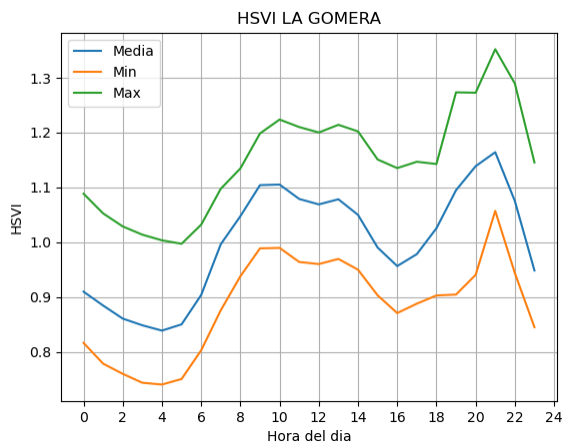


Figura 6.6 HSVI La Gomera 2013/19

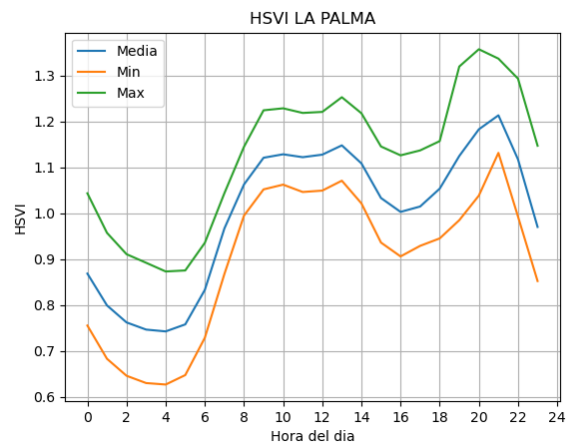
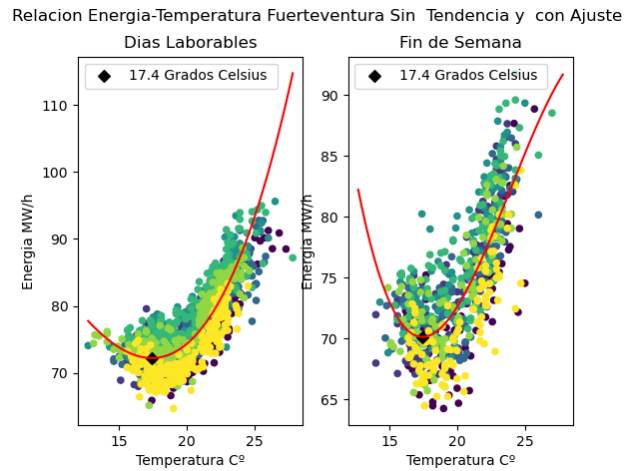
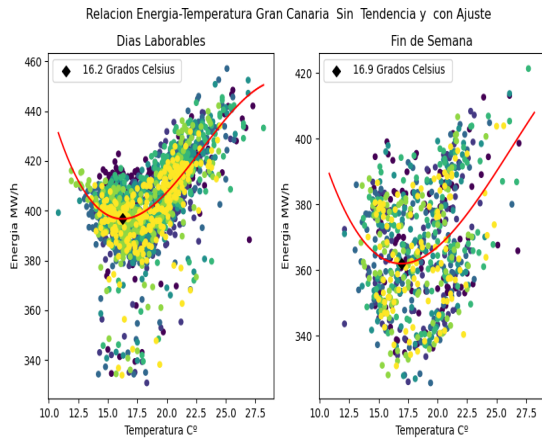


Figura 6.7 HSVI La Palma 2013/19

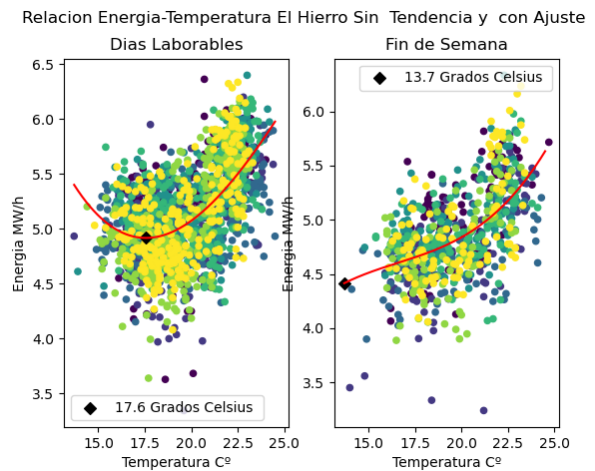
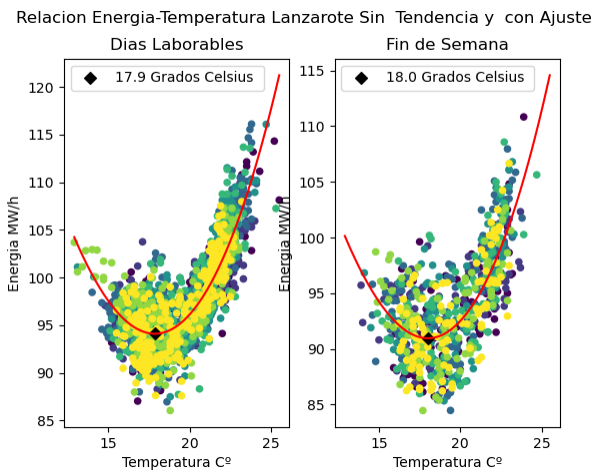
# Anexo II

## Sección 1: Gráficas Relación Energía-Temperatura y Cálculo de la Temperatura de Confort.



**Figura 8.2 Relación Energía-Temperatura Gran Canaria con cálculo de la temperatura de confort.**

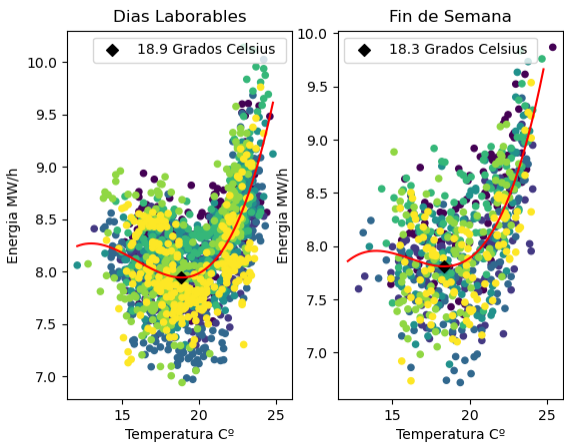
**Figura 8.3 Relación Energía-Temperatura Fuerteventura con cálculo de la temperatura de confort.**



**Figura 8.4 Relación Energía-Temperatura Lanzarote con cálculo de la temperatura de confort.**

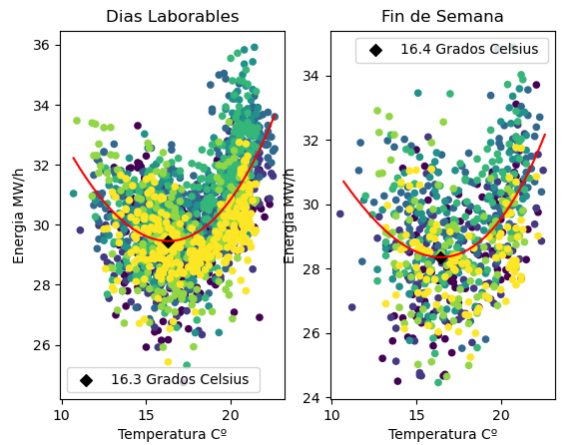
**Figura 8.5 Relación Energía-Temperatura El Hierro con cálculo de la temperatura de confort.**

Relacion Energia-Temperatura La Gomera Sin Tendencia y con Ajuste



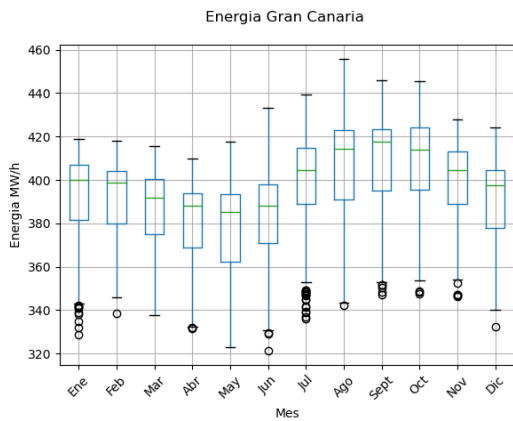
**Figura 8.6 Relación Energía-Temperatura La Gomera con cálculo de la temperatura de confort.**

Relacion Energia-Temperatura La Palma Sin Tendencia y con Ajuste

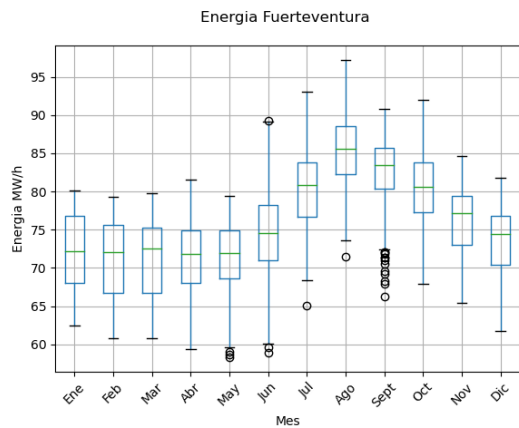


**Figura 8.7 Relación Energía-Temperatura La Palma con cálculo de la temperatura de confort.**

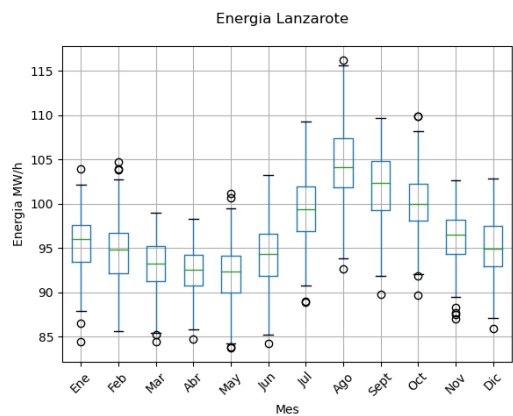
## Sección 2: Boxplots



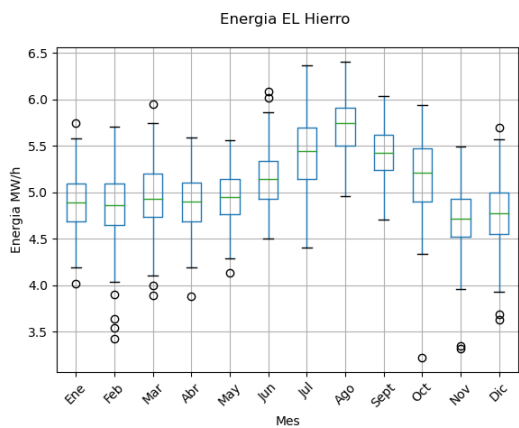
**Figura 9.2 Boxplot Energía Gran Canaria**



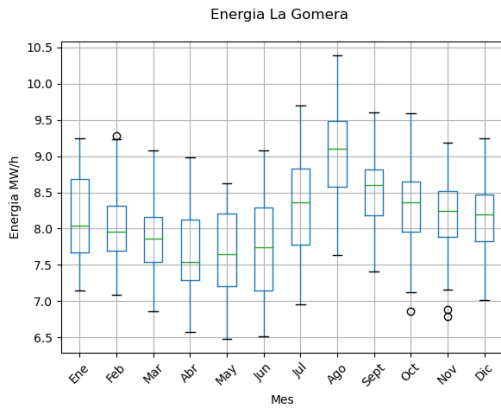
**Figura 9.3 Boxplot Energía Fuerteventura**



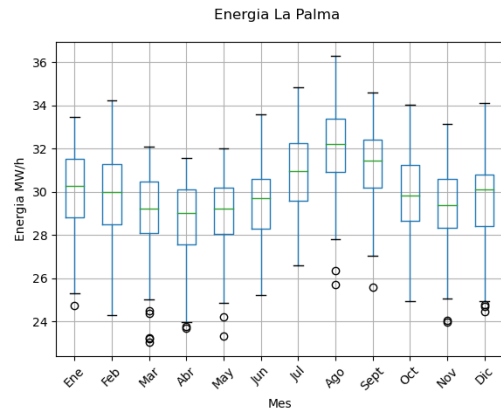
**Figura 9.4 Boxplot Energía Lanzarote**



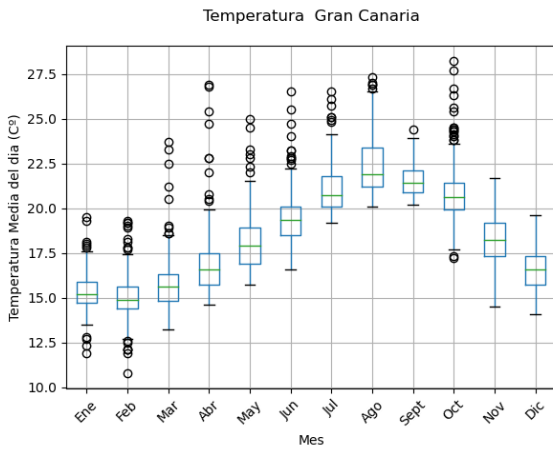
**Figura 9.5 Boxplot Energía El Hierro**



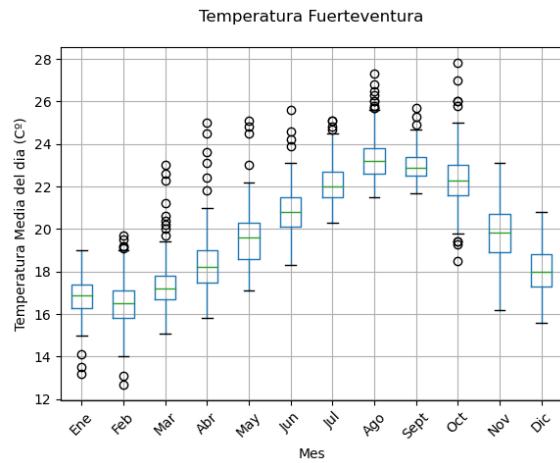
**Figura 9.6 Boxplot Energía La Gomera**



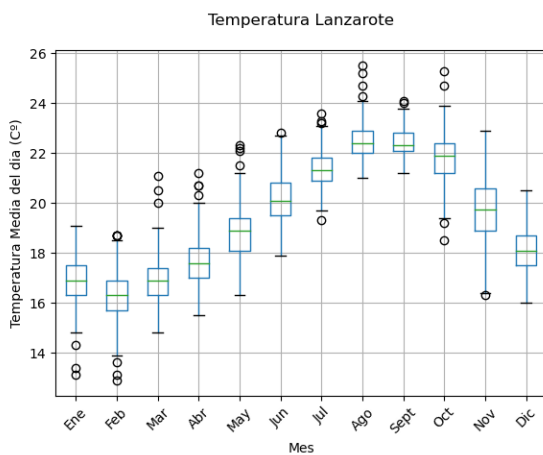
**Figura 9.7 Boxplot Energía La Palma**



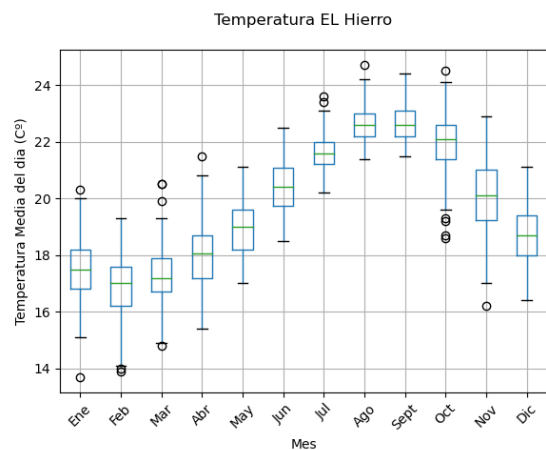
**Figura 10.2 Boxplot Temperatura Gran Canaria**



**Figura 10.3 Boxplot Temperatura Fuerteventura**

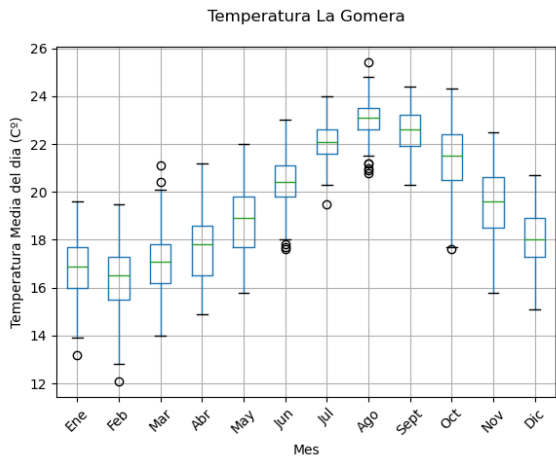


**Figura 10.4 Boxplot Temperatura Lanzarote**

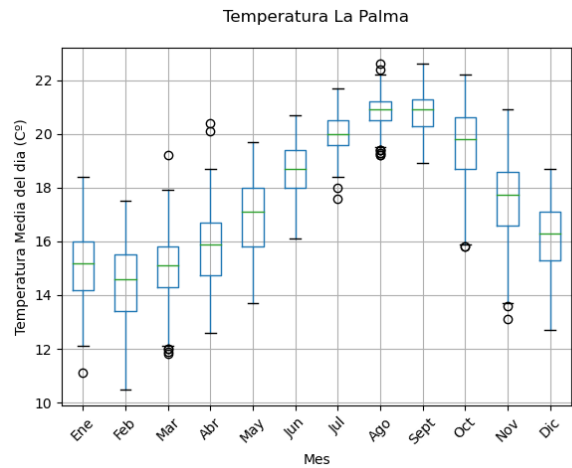


**Figura 10.5 Boxplot Temperatura EL Hierro**

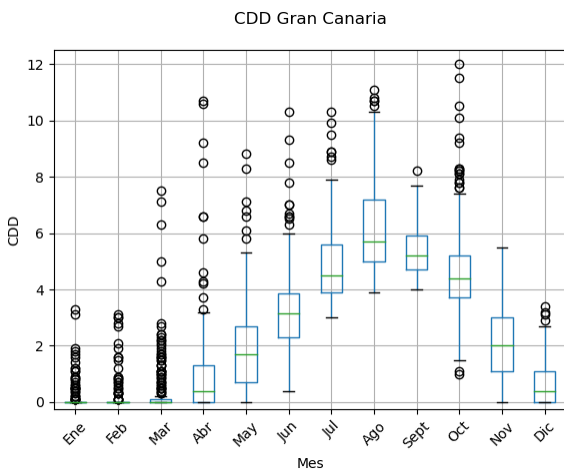




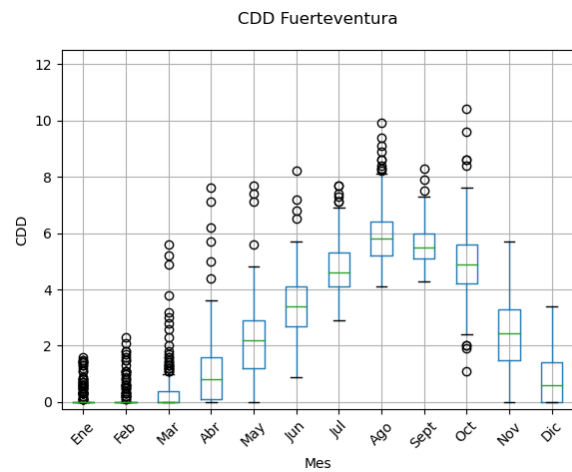
**Figura 10.6** Boxplot Temperatura La Gomera



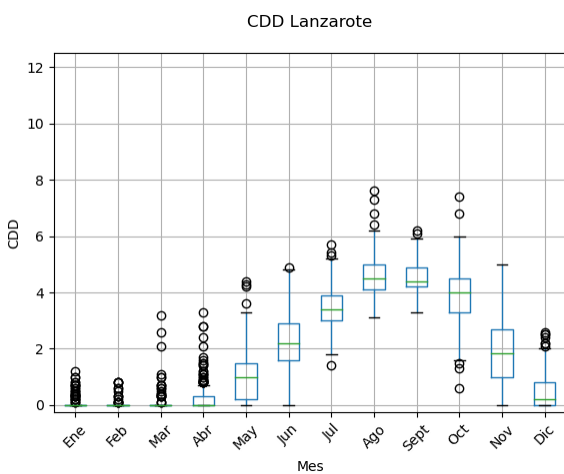
**Figura 10.7** Boxplot Temperatura La Palma



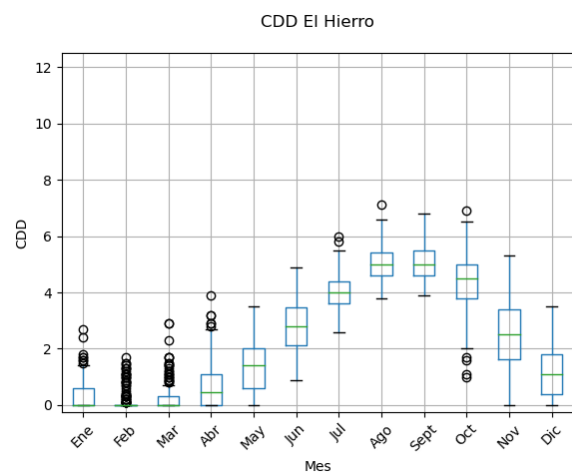
**Figura 11.2** Boxplot CDD Gran Canaria



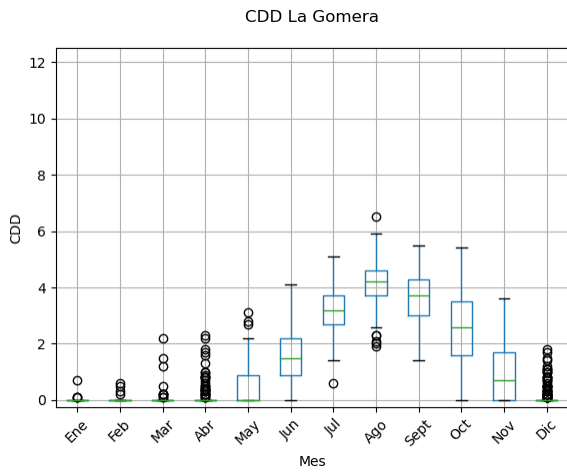
**Figura 11.3** Boxplot CDD Fuerteventura



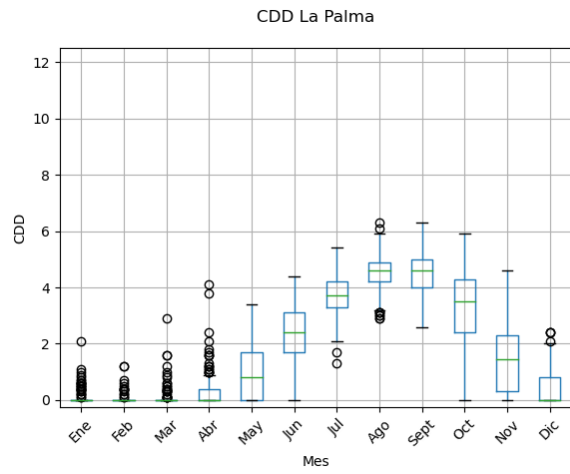
**Figura 11.4** Boxplot CDD Lanzarote



**Figura 11.5** Boxplot CDD El Hierro



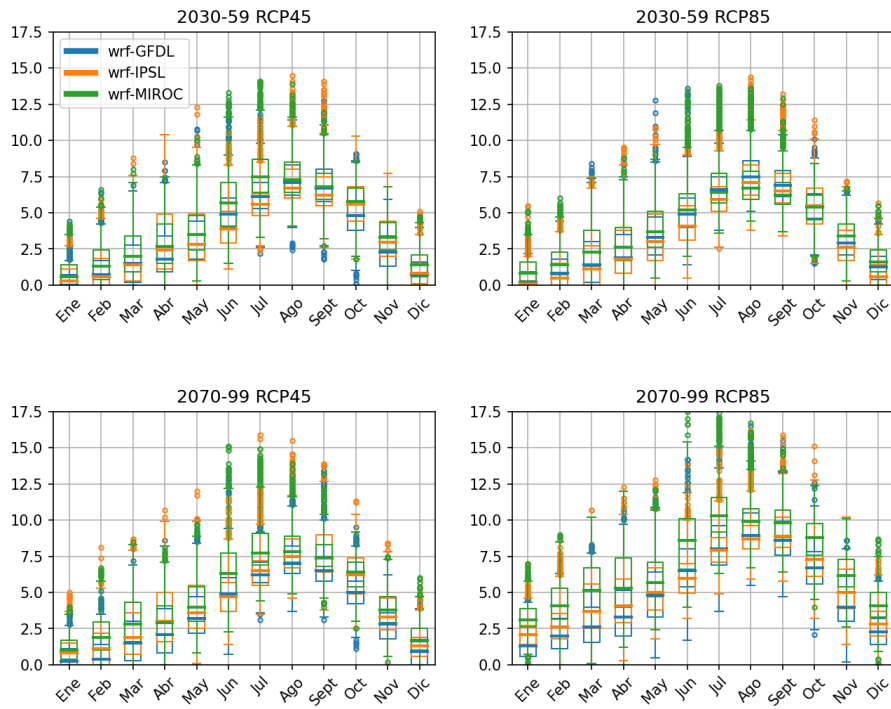
**Figura 11.6** Boxplot CDD La Gomera



**Figura 11.7** Boxplot CDD La Palma

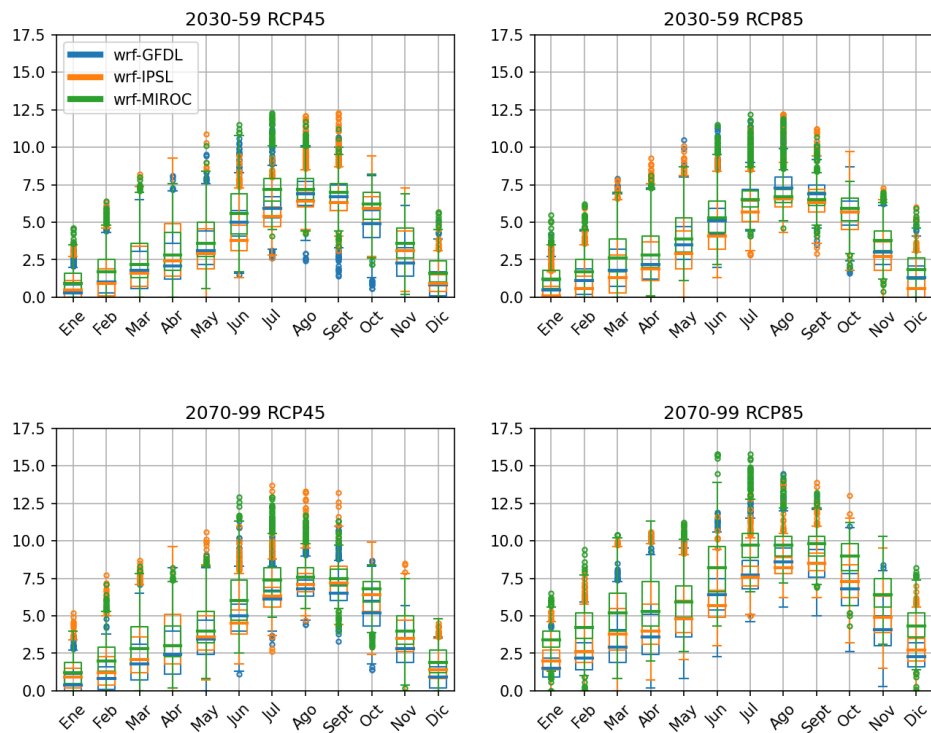
# Anexo III

Evolucion CDD Gran Canaria



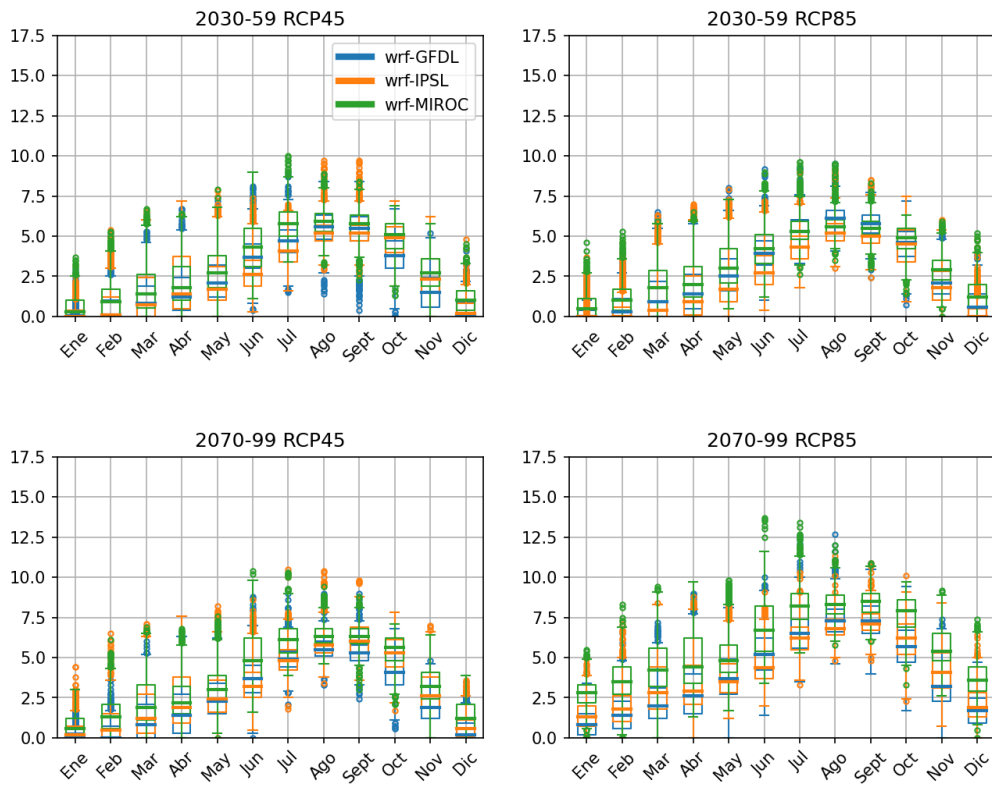
**Figura 13.2 Evolución Futura de los CDD Gran Canaria**

Evolucion CDD Fuerteventura



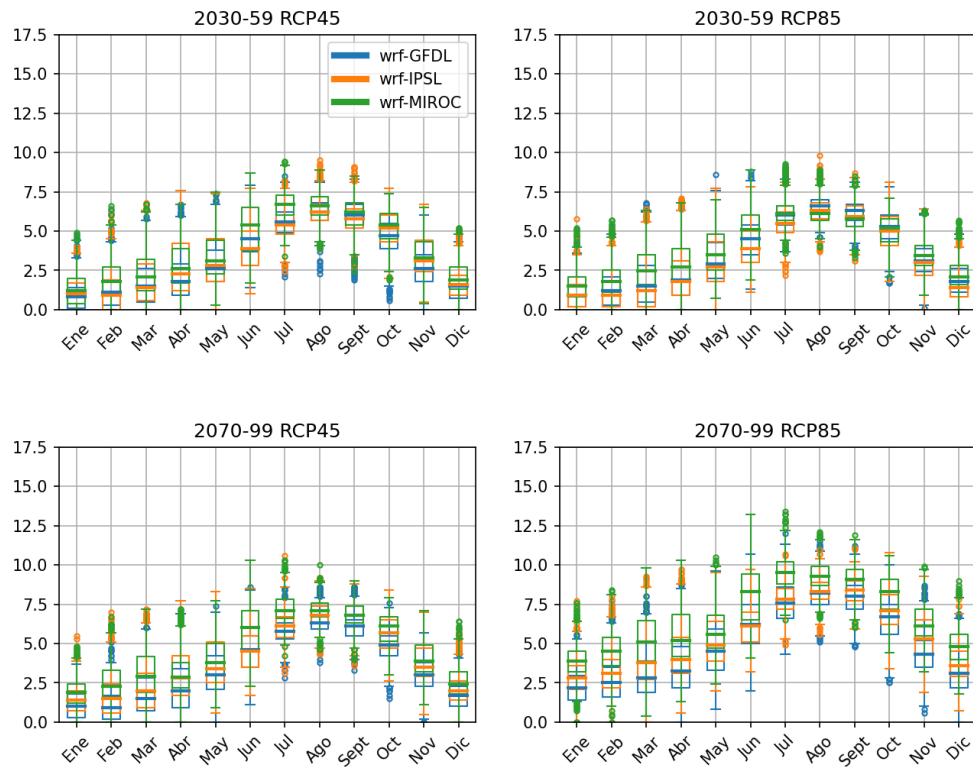
**Figura 13.3 Evolución Futura de los CDD Fuerteventura**

Evolucion CDD Lanzarote



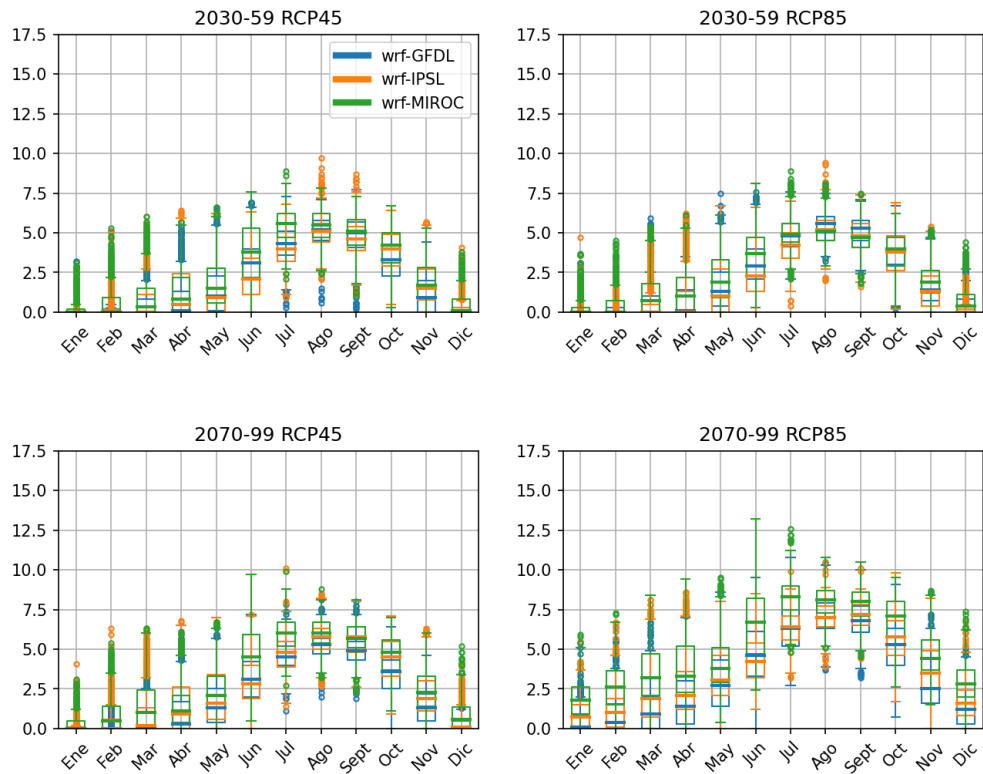
**Figura 13.4 Evolución Futura de los CDD Lanzarote**

Evolucion CDD El Hierro



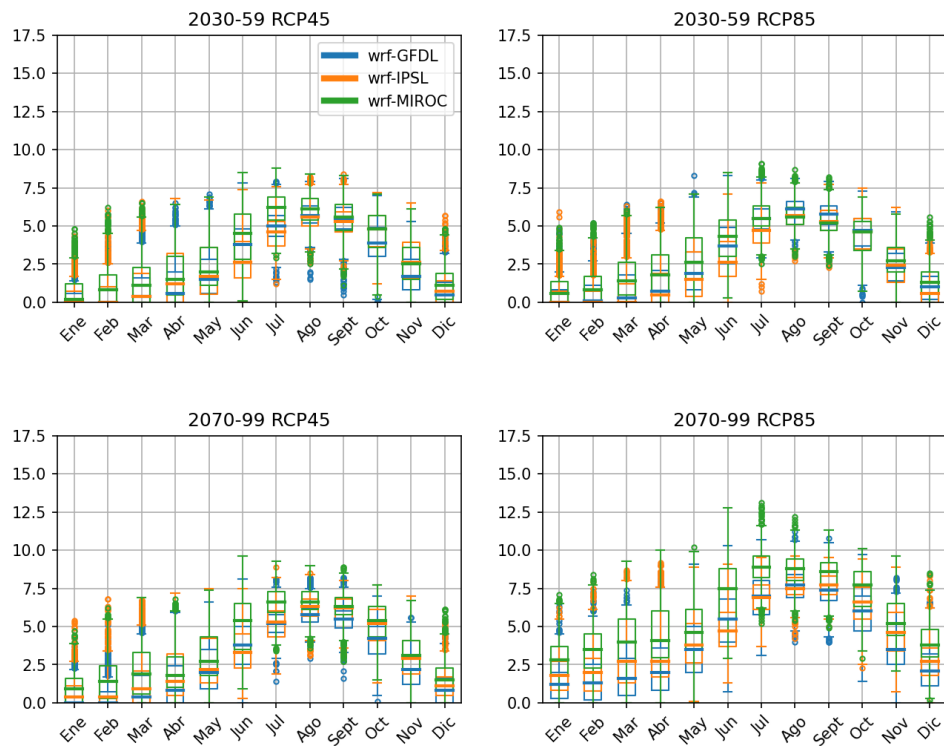
**Figura 13.5 Evolución Futura de los CDD El Hierro**

Evolucion CDD La Gomera



**Figura 13.6 Evolución Futura de los CDD La Gomera**

Evolucion CDD La Palma



**Figura 13.7 Evolución Futura de los CDD La Palma**