

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS
LICENCIATURA EN ESTADÍSTICA



ANALISIS DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN LA UNIVERSIDAD DE EL
SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

MATERIA:

SEMINARIO II

ALUMNO:

FERNANDO ERNESTO MANZANARES MORÁN

SANTA ANA, DICIEMBRE 2015, EL SALVADOR
CENTRO AMÉRICA

Índice general

Abstract	1
Introducción	2
1. El Problema	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos de la investigación	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Hipótesis	7
2. Fundamentación teórica	8
2.1. Antecedentes	8
2.1.1. Eficiencia Energetica en España	8
2.1.2. Eficiencia Energetica en Chile	8
2.1.3. Eficiencia Energetica en México	9
2.1.4. Eficiencia Energetica en El Salvador	10
2.2. Teorías acerca de la eficiencia energética	10
2.3. Teorías estadísticas	11
2.3.1. Estacionariedad, Estacionalidad y transformaciones	11
2.3.2. Función de autocorrelacion simple (FAS o ACF)	14
2.3.3. Función de autocorrelacion parcial (FAP o PACF)	15

2.3.4.	Metodología Box-Jenkins	17
2.3.5.	Modelo autoregresivos integrados de media movil ARIMA(p,d,q) . .	18
2.3.6.	Proceso estacional autoregresivos integrados de media movil SARIS- MA(P,D,Q)	19
2.3.7.	Selección, validación del modelo y elaboración de pronósticos	19
3.	Metodología	22
3.1.	Tipo de Investigación	22
3.2.	Población	22
3.3.	Instrumentos	22
3.4.	Procedimiento	22
4.	Análisis de los Datos	24
4.1.	Estacionarización de los datos	27
4.2.	Selección del modelo	29
4.2.1.	Ajuste del modelo SARISMA(2,0,0)*(1,1,0) y SARISMA(0,0,2)*(0,1,1)	30
4.3.	Validación del modelo	31
4.3.1.	Incorrelación en los residuos	31
4.3.2.	Normalidad en los residuos	32
4.4.	Proyecciones	32
	Conclusiones	35
	Medidas Correctivas	36
	Bibliografía	42

Abstract

Why is conserving energy important? As you can see there are many reasons that conservation is important, ranging from the environment to the economy. The world's dependence on fossil fuels is creating a problem that will affect generations to come. It is important that energy not only be conserved, but also that research continues to find cleaner and better solutions for future generations, in this case the investigation applies a time series to help to UES FMOcc to find a good way to save electrical energy, that means make the energy consumption has to be a priority, in the same line reducing the amount of energy that they use is a good way to save money, and there are also other benefits to decreasing energy consumption, the efficient use of energy and apply a time series is a priority in this investigation, and this investigation discover that the time series model that describe the energy consumption in UES FMOcc is a SARISMA(0,0,2)*(0,1,1) and the forecasting of this model says that the UES FMOcc has not an efficient energy consumption and have to be fixed.

Keywords: Forecast, Time series, energy consumption, conserved energy.

Introducción

En la actualidad el medio ambiente es uno de los factores más tomados en cuenta con respecto a la eficiente utilización de los recursos que éste entrega, además de la utilización de técnicas estadísticas que aporten información para la correcta interpretación de la eficiencia con la que dichos recursos son utilizados, estas son unas de las razones por la que investigaciones como esta son necesarios para alcanzar la contribución efectiva en la protección del ambiente, en términos generales, esta investigación tiene como objetivo la provisión de un diseño favorable en cuanto análisis estadístico, sustentabilidad ambiental, para alcanzar la eficiencia energética, normalmente, los aspectos energéticos en cuanto a eficiencia están asociados a la especificación de las potencias o capacidades de los equipos utilizados en la localización física y geográfica donde se encuentran ubicados, y su objetivo principal es alcanzar la utilización máxima de la capacidad de los aparatos eléctricos con el menor consumo de energía posible, es decir a través de actividades y tareas como el mantenimiento de sistemas y aparatos eléctricos, por esa razón se busca la creación de una propuesta para alcanzar dicha eficiencia con el fin de crear conciencia ambiental en las personas en general, en la UES FMOcc y lograr la contribución al ambiente a través del ahorro de energía, además de sentar un precedente para el análisis de datos, que se realizara a través de una serie de tiempo con el objetivo de alcanzar el preciso análisis de los datos y así tomar las decisiones que generen mayor impacto ambiental.

Capítulo 1.

El Problema

1.1. Planteamiento del problema

Desde hace ya varios años, la protección al medio ambiente se ha ido convirtiendo en un tema de mucha importancia, tanto así, que varios países del mundo han comenzado a adoptar políticas para la conservación de este, dichas políticas van desde, el tratamiento de desechos sólidos hasta el ahorro de energía y cada día que pasa se adoptan muchas más; entonces la falta de protección del ambiente está generando dichas reacciones en las poblaciones de todos los países alrededor del mundo, ya que en la actualidad se viven problemas como la contaminación y escasez de agua, contaminación del aire, degradación de los suelos y descenso de la productividad agrícola, deforestación, residuos sólidos y peligrosos, pérdida de la diversidad biológica, desgaste de la capa de ozono y cambios climáticos, todos estos problemas afectan a los países, de manera desigual, según el grado de su desarrollo, de su estructura económica y de las políticas ambientales que aplican, es decir para combatir el deterioro ambiental se llevan a cabo dos tipos de políticas; las que procuran relacionar el desarrollo con el medio ambiente a nivel general de población, recursos, legislación y tecnologías, y las que se orientan a problemas específicos, uno de los factores más importantes al interior de estas problemáticas es el ahorro de energía, este factor entra en el segundo tipo de política anteriormente mencionada, es por eso que países desarrollados están comenzando a implementar medidas que buscan dicho ahorro y además buscan consumir energía pero de manera eficiente.

En El Salvador, el problema de la eficiencia energética no ha sido abordado desde el punto de vista estadístico, es decir, la aplicación de técnicas estadísticas para investigar dicho problema, normalmente, los aspectos energéticos en cuanto a eficiencia están asociados a la especificación de las potencias o capacidades de los equipos utilizados en la localización física y geográfica donde se encuentran ubicados, y su objetivo principal es alcanzar la utilización máxima de la capacidad de los aparatos eléctricos con el menor consumo de energía posible, por esa razón esta investigación busca la implementación de una serie temporal para el análisis de los datos del consumo eléctrico mensual en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente (UES FMOcc), además, desarrollar proyecciones a partir de dicho modelo para analizar e interpretar el comportamiento del consumo eléctrico y sentar un precedente a nivel académico y teórico sobre el abordaje que se le pueden dar a este tipo de problemas, a esto se agrega, contribuir en la protección del ambiente y generar conciencia para cambiar los hábitos del consumo eléctrico, en la misma línea también pretende responder a las siguientes preguntas ¿Será eficiente el consumo eléctrico en la UES FMOcc? ¿Es posible alcanzar la eficiencia energética en los edificios y aulas de la UES FMOcc? ¿Está el consumo energético en la UES FMOcc creciendo a través del tiempo? ¿Cuáles son los periodos de tiempo donde se consume más energía eléctrica? ¿Cuánta energía podría ahorrarse si se lograra la eficiencia energética?

1.2. Justificación

Esta investigación pretende analizar y desarrollar proyecciones sobre los datos del consumo eléctrico en la UES FMOcc, para descubrir si existe o no eficiencia energética además de la aplicación de un modelo estadístico autoregresivo integrado de media móvil para datos estacionales y de esta manera poder interpretar los datos del consumo energético de manera nueva y más precisa, la importancia de realizar esta investigación se basa principalmente en el aporte teórico nuevo que sentará una base para el desarrollo de futuras investigaciones de esta índole, además de la aplicación de técnicas propiamente estadísticas para el monitoreo del comportamiento del consumo energético en la UES FMOcc, esto con el fin de identificar los espacios de tiempo donde se consume la mayor cantidad de energía eléctrica y de esta manera poder abordar de manera efectiva la problemática de eficiencia energética, a esto se agrega que esta investigación trascenderá en el tiempo y será útil durante los próximos 18 meses a partir de agosto de 2015 debido al tipo de técnica utilizada para desarrollar las proyecciones y por último la contribución a la protección del ambiente una vez alcanzada la eficiencia en los sistemas eléctricos de la UES FMOcc, en el aspecto económico la realización de esta investigación resultaría favorable ya que la eficiencia energética además de contribuir al ambiente sugiere una reducción en los costos del consumo energético.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Analizar los datos del consumo eléctrico a través de la utilización de una serie temporal, para la interpretación de el comportamiento del consumo energético a través del tiempo y si existe eficiencia energética en la UES FMOcc en los próximos 18 meses.

1.3.2. Objetivos específicos

- Desarrollar y analizar las proyecciones de los datos del consumo eléctrico de la FMOcc a través de modelos estadísticos de series temporales para los próximos 18 meses.
- Identificar el periodo de tiempo donde el consumo energetico es mas bajo y análogamente donde es mas alto.
- Conocer la cantidad de energia y costos que podrían reducirse para contribuir al ambiente si se lograra la eficiencia energetica.

1.4. Hipótesis

Hipotesis 1.

H_0 No existe eficiencia energetica en los edificios de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

H_1 Existe eficiencia energetica en los edificios de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

Hipotesis 2.

H_0 El consumo energetico en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente es creciente a través del tiempo.

H_1 El consumo energetico en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente no es creciente a través del tiempo.

Hipotesis 3.

H_0 Los periodos donde más energia electrica se consume son durante los ciclos academicos desarrollados en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

H_1 Los periodos donde más energia electrica se consume no son durante los ciclos academicos desarrollados en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

Capítulo 2.

Fundamentación teórica

2.1. Antecedentes

2.1.1. Eficiencia Energetica en España

Las variaciones marginales del consumo de energía en España, que son debidas tanto a la evolución de la actividad económica como a las modificaciones de la intensidad energética, implican variaciones equivalentes en las importaciones de petróleo, es decir España depende mucho del petróleo como fuente de energía, en la estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética que España posee se ha previsto una mejora sostenida de la intensidad energética durante los próximos años. Pero lo realmente importante a señalar no son las cifras absolutas de mejora, sino el porcentaje de mejora de la eficiencia que en la práctica se puede conseguir, es decir la conciencia ambiental juega un papel fundamental para un país como España.

2.1.2. Eficiencia Energetica en Chile

¿Cómo es el consumo energético en Chile?

El grupo de energéticos que más se consume corresponde a los derivados del petróleo, que representa el 54 % del consumo final secundario, prácticamente la totalidad de los derivados debe ser importada o son producto de la refinación de petróleo crudo, cuya

importación alcanza al 96,5 %,el segundo energético más utilizado es la electricidad, que representa el 19,2 % del consumo final; le sigue la leña con el 17,8 %, el gas natural con el 5,5 %, esto según el estudio de mercado en Chile, en febrero de 2012 se dio a conocer la Estrategia Nacional de Energía 2012-2030, que se basa en 6 pilares fundamentales entre ellos el abordaje de la Eficiencia energética.

2.1.3. Eficiencia Energética en México

Históricamente, el sector energético de México ha dependido de los hidrocarburos para satisfacer la energía que demanda el país. Sin embargo, la producción nacional de energía primaria ha disminuido constantemente desde 2004, debido a la caída inercial que presentó la producción de petróleo, que se originó principalmente por la declinación del yacimiento de Cantarell. Por otro lado, el consumo nacional de energía se ha mantenido a la alza por varios años, lo anterior ha llevado a reflexionar sobre el riesgo que enfrenta la productividad del país ante una tendencia que haga vulnerable la eficiencia energética en los siguientes años, hoy en día una preocupación prioritaria de los gobiernos modernos en todo el mundo se focaliza en promover el aprovechamiento sustentable del uso de la energía y la utilización de nuevas fuentes de energía, sin menoscabar aspectos claves que propicien el crecimiento económico, la seguridad energética y la adaptación al cambio climático de cada país, dada la situación actual, el Gobierno de la República atiende la necesidad de llevar a cabo acciones para el aprovechamiento sustentable de la energía que contribuyan a la seguridad energética y económica del país, promoviendo la eficiencia energética en los diversos sectores productivos y de consumo de energía en México, a partir del reconocimiento de las áreas de oportunidad y sus fortalezas institucionales [Johnson et al., 2009].

2.1.4. Eficiencia Energetica en El Salvador

Hablar de ahorro energético es complejo, siendo la energía un elemento básico para la productividad, por lo que al buscar una solución viable y sostenible la propuesta es lograr un uso eficiente de este recurso. los programas de eficiencia energética deben involucrar al estado, al sector empresarial y a la sociedad civil, y establecer como ejes principales la generación de una cultura de uso racional de la energía en la población, la formulación de políticas nacionales y el diseño de un marco regulatorio adecuado, que permitan el correcto balance entre el crecimiento económico y la demanda en el consumo eléctrico, acompañar el crecimiento económico del país, suministrando el servicio eléctrico requerido por hogares, comercios e industrias; bajo un enfoque sostenible que permite asegurar la protección de los recursos naturales para las generaciones futuras, El Salvador cree que la sostenibilidad tiene entre uno de sus principales fundamentos la eficiencia energética, por ello se ocupa de brindar de forma permanente capacitación, información y asesoría, fortalecer sus herramientas tecnológicas para asistir a sus clientes, y disponer de programas permanentes dirigidos a crear una cultura de uso responsable y seguro de la energía eléctrica en las nuevas generaciones, hay propuestas, pero no estan siendo llevadas a cabo. [de Economía de la República de El Salvador, b]

2.2. Teorías acerca de la eficiencia energética

Aunque a priori pudiera pensarse que “eficiencia energética” es un concepto auto-explicativo y que, el alcance del mismo está claramente delimitado, la realidad muestra que se trata de un término difícil, como lo demuestran las dificultades que encuentran algunos expertos para ponerse de acuerdo a la hora de establecer indicadores específicos de eficiencia energética, en el caso de esta investigación se abordara de manera mas sencilla, basandose unicamente en la cantidad de energía consumida y si esta se puede reducir, dejando claro el hecho de que si se puede encontrar una manera de reducir el consumo energetico entonces puede lograrse la eficiencia energetica.

A manera de ejemplo puede suponerse, la mayoría reconoce como medida de eficiencia energética el aislamiento de las viviendas, al mantener el nivel de confort con un ahorro de energía (en el caso de la UES FMOcc la maximización de las capacidades de los aparatos eléctricos con el consumo mínimo de energía), pero este ahorro energético que se produce a nivel individual no necesariamente se visualiza a nivel del conjunto de la comunidad, un incremento en el número de viviendas construidas o un aumento de la demanda de confort (más electrodomésticos, aire acondicionado, etc.), pueden enmascarar las mejoras en la eficiencia energética alcanzadas a nivel individual, es decir puede que no se logre la eficiencia energética deseada.

2.3. Teorías estadísticas

2.3.1. Estacionariedad, Estacionalidad y transformaciones

Los datos en los negocios, ingeniería, medicina y en otras áreas de investigación científica generalmente se recolectan en forma de series temporales, es decir, son recolectados de manera secuencial en un lapso determinado de tiempo que generalmente describen el comportamiento de una o varias variables que son observadas, de manera específica el objetivo principal que persigue una serie temporal es: entender e interpretar la dinámica de estructuras dependientes que forman las observaciones en el tiempo consigo mismas (de una variable, que se retroalimenta) o el efecto que pueden tener las relaciones de este tipo de estructuras temporales con otras (varias variables); los beneficios que puede lograr el claro entendimiento de este tipo de estructuras temporales son principalmente las predicciones precisas de las observaciones en el futuro en una variedad de esquemas de información en este caso el del consumo energético.

”Formalmente una serie de tiempo se define como un conjunto de observaciones repetidas de la misma variable tal como: Y_1, Y_2, \dots, Y_T . A partir de esta caracterización se desprenden dos conceptos fundamentales en el análisis de series de tiempo. Los mismos se

definen mediante la imposición de algunos supuestos sobre el comportamiento de Y_t ". [Peña, 2014]

Uno de estos supuestos es la estacionariedad de una variable observada en el tiempo (Y_t); de manera teórica, esto equivale a decir que las observaciones están fluctuando en torno a un mismo valor, es decir dichas observaciones poseen media constante, además para complementar este concepto es necesario tomar en cuenta que los datos observados deben estar fluctuando de manera similar en un lapso de tiempo, en otras palabras deben poseer varianza constante, a esto se agrega que la covarianza entre dos observaciones dependa únicamente de su separación y no del instante en el tiempo en el que se toman, en la misma línea cabe destacar que en la práctica, la mayoría de las series que se analizan poseen ausencia de estacionariedad, es decir, no poseen media ni varianza constante y que la covarianza depende del instante del tiempo y no de su separación (son no estacionarias), de manera formal es posible definir que para el análisis de una serie temporal, la estacionariedad, es estrictamente necesaria, ya que si una serie cumple esta condición esta será invariante en el tiempo (en teoría), esta es una de las condiciones más fuertes que debe cumplir una serie en el tiempo.

El autor [Tsay, 2010], define de manera formal la estacionariedad (debil) de una serie de tiempo si se cumple:

1. $E(Y_t) = \mu$
2. $Cov(Y_t, Y_{t-\ell}) = Y_\ell$, y solo depende de ℓ .

Otro concepto importante es el de la estacionalidad, esto quiere decir que la serie temporal presenta un comportamiento cíclico, es decir dicho ciclo puede repetirse semanal, mensual, trimestral, semestral e incluso anualmente, todo depende del tipo de variable que se esté observando, cuando esta característica está presente la serie adopta el nombre de serie de tiempo estacional, para el análisis de este tipo de series es necesario aplicar ciertos procedimientos para lograr un ajuste estacional (remover la estacionalidad) y luego conseguir que esta nueva serie cumpla la condición de ser estacionaria; para saber si una serie

es estacional, se utiliza el correlograma comúnmente denominado grafico de auto correlaciones simples, donde se observan los retardos con mayor correlación durante un lapso determinado de tiempo esto con el fin de encontrar cierta repetitividad en cada periodo observado, posteriormente una vez detectada la estacionalidad pueden utilizarse técnicas como la diferenciación estacional definida por, $\Delta_s Y_t = y_t - y_{t-s}$; de una serie estacional Y_t con periodicidad "s", cabe mencionar que esta expresión es similar a la diferenciación para una serie no estacional Y_t , definida por $Y_t = y_t - y_{t-1}$; [Tsay, 2010]

Una vez detectada la estacionalidad o la no estacionalidad de la serie, es necesario que la serie sea estacionaria, para lograr esto, se utiliza comúnmente la técnica de diferenciación no estacional y la diferenciación estacional, esta última solo si la serie es estacional, este proceso se lleva a cabo para lograr que la serie sea constante en media; para conseguir varianza constante comúnmente se utilizan transformaciones de escala como la logarítmica o se usa la transformacion de box-cox para tomar la mejor decisión, dicha transformacion esta definida por:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} & \text{para } \lambda \neq 0 \\ \log(x) & \text{para } \lambda = 0 \end{cases}$$

Esta transformación consiste en calcular un valor de lambda y aplicar la transformación, cabe mencionar que si λ se aproxima a cero la transformacion equivale a el $\log(x)$ si λ es igual a $\frac{1}{2}$ la tranasformación equivale a la raiz cuadrada y si λ es igual a -1 enconces multiplicar por el reciproco de cada dato sería su equivalente, algunos programas estadísticos facilitan el calculo de λ a partir de los datos en esta investigación se utilizara el programa R. [Cryer and Chan, 2008]

Ahora necesario probar estadisticamente si la serie es estacionaria, para eso se utiliza la prueba de Dickey Fuller (DF) que contrasta la hipótesis nula de que una serie es no estacionaria si el polinomio asociado a esta posee raíz unitaria, la decisión sobre este contraste se toma a partir del valor asintótico (P-valor) arrojado por la prueba, si este es menor a la significancia utilizada entonces se rechaza la hipótesis nula y puede concluirse

que la serie es estacionaria, por último es importante mencionar que “el test DF, es poco potente, corremos por tanto el riesgo de admitir la presencia de una raíz unitaria cuando en realidad no existe” [Mahía, 1999]. En la misma línea debe saberse por que tomar la decisión de utilizar una prueba como la de DF para probar estacionariedad, se sabe que una variable simple auto regresiva tiene la forma $x_t = \alpha x_{t-1} + \varepsilon_t$; [Peña et al., 2001], si se sustrae x_{t-1} de ambos lados el resultado es $\Delta x_t = (\alpha - 1)x_{t-1} + \varepsilon_t$; esta ecuación es la base de la prueba DF, “el estadístico de prueba es el estadístico t sobre la variable rezagada. Si $\alpha > 1$ el coeficiente de la variable rezagada será positivo, si α es igual a la unidad ($\alpha - 1$) será igual a cero. En ambos casos x_t será no estacionaria” [Commandeur, 2007].

2.3.2. Función de autocorrelacion simple (FAS o ACF)

Cuando se mide una variable a lo largo del tiempo, las observaciones en diferentes periodos a menudo están relacionadas o correlacionadas. Esta correlación se mide usando el coeficiente de autocorrelación. La autocorrelación es la correlación que existe entre una variable retrasada uno o más períodos consigo misma. Los patrones de datos que incluyen componentes como tendencia y estacionalidad pueden estudiarse usando autocorrelaciones. Los patrones se identifican examinando los coeficientes de autocorrelación de una variable en diferentes retrasos de tiempo.

La ecuación siguiente ecuacion es la fórmula para calcular el coeficiente de autocorrelación r_k entre las observaciones Y_t y Y_{t-k} , que se encuentran a k periodos de distancia.

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}; \text{ Para } k = 1, 2, 3, \dots$$

Donde,

ρ_k : Es el coeficiente de autocorrelación para un retraso de k periodos.

\bar{Y} : Es la media de los valores de la serie de tiempo.

Y_t : Es la observación en el periodo t.

Y_{t-k} : Es la observación k periodos anteriores o durante un periodo $t - k$.

2.3.3. Función de autocorrelacion parcial (FAP o PACF)

La autocorrelación parcial mide la correlación entre dos variables separadas por k periodos cuando no se considera la dependencia creada por los retardos intermedios existentes entre ambas, Los coeficientes de autocorrelación para diferentes retrasos de tiempo de una variable pueden usarse para contestar las siguientes preguntas acerca de una serie de tiempo:

1. Los datos son ruido blanco.¹
2. Los datos muestran una tendencia (son no estacionarios).
3. Los datos son estacionarios.
4. Los datos son estacionales.

Si una serie es aleatoria, las autocorrelaciones entre Y_t y Y_{t-k} para cualquier retraso de tiempo k son cercanas a cero. Los valores sucesivos de una serie de tiempo no están relacionados entre sí. "Si una serie muestra una tendencia, las observaciones sucesivas están altamente correlacionadas y es típico que los coeficientes de correlación sean significativamente diferentes de cero, para los primeros retrasos de tiempo, y de forma gradual tienden a cero conforme se incrementa el número de retrasos" [Peña, 2014].

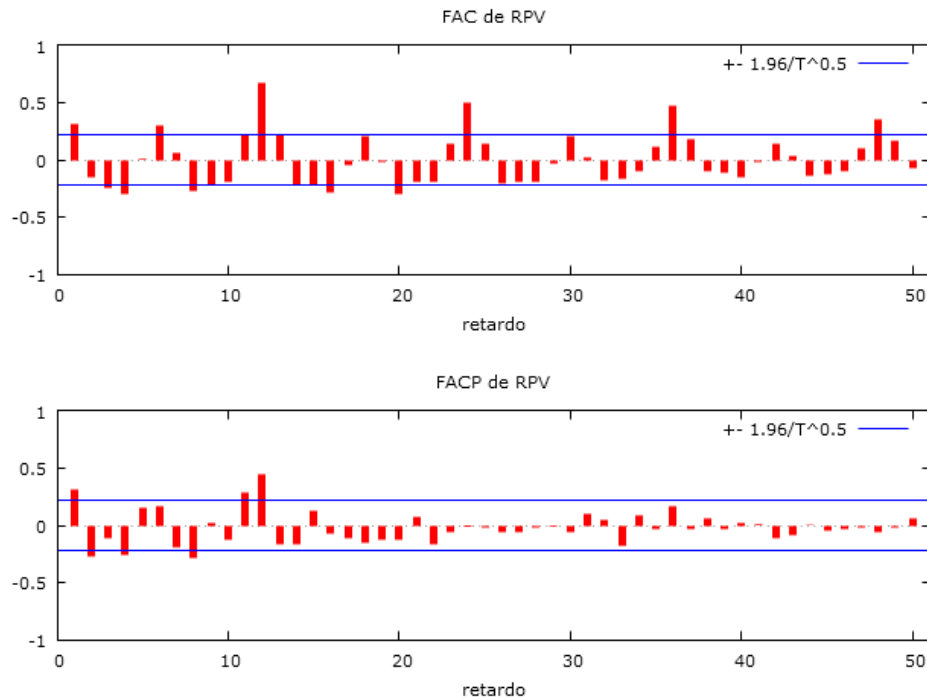
Para identificar si una autocorrelacion es significativamente diferente de cero se utiliza el correlograma, y apartir de este se toma la decisión sobre los retardos, por ejemplo:

De este correlograma puede observarse que las barritas son la representacion de la correlacion de los retardos y las que no se salen de las lineas horizontales son significativa-

¹El proceso t se define como ruido blanco si cumple con las siguientes condiciones:

1. La esperanza de Y_t o promedio es igual a 0 para todos los periodos t . Esto es $E(Y_t) = 0$ para toda t .
2. La varianza de Y_t es constante y por consiguiente independiente del tiempo. Esto es $var(Y_t) = \sigma^2$.

Gráfico 2.1: Correlograma



mente iguales a cero y las que no se salen son los retardos con correlacion significativamente diferente de cero.

¿Cómo identificar cuando los datos de una serie muestran tendencia?

Si una serie muestra una tendencia, hay una relación significativa entre los valores sucesivos de la serie de tiempo. Los coeficientes de autocorrelación son usualmente grandes para varios de los primeros retrasos de tiempo y luego, conforme se incrementa el número de retrasos, caen gradualmente hacia cero; Una serie de tiempo estacionaria es aquella cuyas propiedades estadísticas básicas, como la media y la varianza, permanecen constantes en el tiempo, por lo tanto, se dice que una serie que varía alrededor de un nivel fijo (sin crecimiento ni decrecimiento) con el paso del tiempo es estacionaria, se dice también que una serie que contiene una tendencia es no estacionaria, los coeficientes de autocorrelación de una serie estacionaria decrecen hacia cero bastante rápidamente, por lo común después del segundo o tercer retraso de tiempo, por otro lado, las autocorrelaciones muestrales de serie no estacionaria se permanecen muy grandes durante varios periodos.

¿Cómo identificar estacionalidad en una serie temporal?

Si una serie es estacional, un patrón relacionado con el calendario se repite así mismo durante un intervalo de tiempo específico (generalmente un año). Las observaciones de la misma posición, en diferentes periodos estacionales, tienden a estar relacionadas. Si se analizan datos trimestrales que tienen un patrón estacional, los primeros trimestres tienden a parecerse, los segundos trimestres tienden a parecerse, y así sucesivamente, y habrá un coeficiente de autocorrelación significativo en el retraso de tiempo 4, si se analizan datos mensuales, aparecerá un coeficiente de autocorrelación significativo en el retraso de tiempo 12, es decir, enero se correlacionará con otros eneros, febrero se correlacionará con otros febreros y así sucesivamente, un ejemplo de ello se nota en el gráfico 2.1 para un retraso de tiempo 12.

2.3.4. Metodología Box-Jenkins

La metodología Box-Jenkins para generar pronósticos es diferente de la mayoría de los métodos porque no supone ningún patrón particular en los datos históricos de las series que se van a pronosticar, se basa en un enfoque iterativo para identificar un modelo posible a partir de una clase general de modelos, luego, el modelo seleccionado se coteja con los datos históricos para ver si describe la serie con exactitud, el modelo está bien ajustado si los residuos son generalmente pequeños, están distribuidos aleatoriamente y no contienen información útil, si el modelo especificado no es satisfactorio, el proceso se repite usando un nuevo modelo diseñado para mejorar el original, este procedimiento iterativo continúa hasta que se encuentra un modelo satisfactorio, en ese momento, el modelo se considera útil para pronosticar. La selección inicial de un modelo ARIMA se basa en examinar una gráfica de la serie de tiempo (para observar su carácter general) y en analizar sus autocorrelaciones para varios retrasos de tiempo, específicamente, el patrón de las autocorrelaciones muestrales calculado a partir de la serie de tiempo se coteja con el patrón conocido de autocorrelación asociado con un modelo ARIMA particular, este

acoplamiento se hace tanto para las autocorrelaciones como para las autocorrelaciones parciales [Peña, 2014].

2.3.5. Modelo autoregresivos integrados de media movil ARI-MA(p,d,q)

Este modelo es la composicion de un modelo AR(p) y un MA(q) [Cryer and Chan, 2008] y tambien esta basado en el supuesto de estacionariedad, esto es, la media y la varianza para una serie de tiempo son constantes en el tiempo y la covarianza es invariante en el tiempo, pero se sabe que muchas series de tiempo y en especial las series económicas no son estacionarias, porque pueden ir cambiando de nivel en el tiempo o sencillamente la varianza no es constante en el tiempo, a este tipo de proceso se les considera procesos integrados, por consiguiente, se debe diferenciar una serie de tiempo "d" veces para hacerla estacionaria y luego aplicarla a esta serie diferenciada un modelo ARMA(p, q) , se dice que la serie original es ARIMA(p, d, q)², es decir, una serie de tiempo autoregresiva integrada de media m´ovil, donde "p"denota el número de términos autoregresivos, "d."es el número de veces que la serie debe ser diferenciada para hacerla estacionaria y "q."el número de términos de la media móvil.

El modelo teórico es el siguiente:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d Y_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t$$

$B^k(Y_t) = Y_{t-k}$ es el operador de retardos o retroactivo.

²Observe que cuando $q = 0$, el modelo ARMA(p, 0) se reduce a un modelo autorregresivo puro de orden p, de forma similar, cuando $p = 0$, el modelo ARMA(0, q) es un modelo de promedio móvil puro de orden q

2.3.6. Proceso estacional autoregresivos integrados de media móvil SARISMA(P,D,Q)

Segun [Cryer and Chan, 2008] cuando una serie de tiempo en estudio tiene intervalos de observación menores a un año, entonces es frecuente que estas tengan variaciones o patrones sistemáticos cada cierto periodo, estas variaciones sistemáticas inferiores a un año por ejemplo semestral, mensual, diario, etc., deben ser captadas en los llamados "Factores Estacionales", dentro de la estructura del modelo a construirse, cada una de estas series puede ser estacionaria o no estacionaria, de esta manera se combinan términos ordinarios del proceso ARMA y términos estacionales, así como diferencias regulares y diferencias estacionales para transformar en series estacionarias; este tipo de procesos tiene las siguientes características:

1. Contiene una componente ARIMA(p, d, q) que modela la dependencia regular, que es la dependencia asociada a observaciones consecutivas.
2. Contiene una componente ARIMA(P, D, Q) que modela la dependencia estacional, que está asociada a observaciones separadas por periodos.

El modelo teórico es el siguiente:

$$Y_t = c + \underbrace{\phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p}}_{AR(p)} + \underbrace{\Phi_1 Y_{t-s} + \Phi_2 Y_{t-2s} + \dots + \Phi_P Y_{t-Ps}}_{SAR(P)} + \underbrace{\varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}}_{MA(q)} - \underbrace{\Theta_1 \varepsilon_{t-s} - \dots - \Theta_Q \varepsilon_{t-Qs}}_{SMA(Q)}$$

2.3.7. Seleccin, validación del modelo y elaboracion de pronósticos

Selección del modelo

Para tener una idea del valor de p, q, P y Q para el modelo $ARIMA(p, d, q)^*(P, D, Q)$ se hacen uso de las herramientas graficas: Correlogramas, Correlograma extendido, una vez seleccionado los valores de p, q, P y Q , se prueban los modelos y se comparan con los criterios de seleccion AIC, BIC [Shumway and Stoffer,], cuando ya se ha seleccionado el modelo con el menor valor de AIC y BIC entonces se procede a la validación.

Validación del modelo

Para validar el modelo seleccionado deben de cumplirse los siguientes supuestos:

1. Debe probarse que los residuos del modelo tienen una distribución normal.
2. Los residuos deben tener media 0 y varianza constante (ser ruido blanco).
3. Las autocorrelaciones residuales individuales deben ser pequeñas y generalmente dentro de la banda del correlograma y deben ser muy próximas a cero.
4. Las autocorrelaciones residuales como un grupo deben ser congruentes con aquellas producidas por los errores aleatorios, una verificación general de la idoneidad del modelo se realiza mediante una prueba de distribución chi cuadrada (X^2) con base en el estadístico Q de LjungBox³

Elaboración de pronósticos

Una vez que se ha encontrado un modelo adecuado, es factible elaborar los pronósticos de uno o varios periodos futuros, con base en los pronósticos también se pueden construir intervalos de predicción, en general, para un nivel de confianza dado, cuanto más largo sea el tiempo guía del pronóstico, mayor será el intervalo de predicción, esto es razonable, puesto que se espera que la incertidumbre sea mayor para el pronóstico de un valor distante que para el pronóstico de, digamos, la siguiente observación. El cálculo de los pronósticos e intervalos de predicción es una labor tediosa y es preferible dejarla

³Si el valor p asociado con el estadístico Q es pequeño (digamos, el valor $p < 0,05$), el modelo se considera inadecuado.

a la computadora, los programas de computadora que ajustan modelos ARIMA generan pronósticos e intervalos de predicción a requerimiento del analista [Peña, 2014].

Capítulo 3.

Metodología

3.1. Tipo de Investigación

Se realiza un estudio descriptivo retrospectivo porque es un estudio longitudinal en el tiempo que se analiza en el presente, pero con datos del pasado.

3.2. Población

Se cuenta con una cantidad de registros del consumo energético mensuales de la UES FMOcc desde enero del 2009 hasta agosto de 2015.

3.3. Instrumentos

Con el propósito de obtener un modelo que se ajuste a las series de tiempo se utilizan softwares para determinar el mejor modelo, éstos son: Gretl, R y SPSS.

3.4. Procedimiento

Previo a la utilización de la metodología ARIMA se verifica que las series cumplieran con los requisitos recomendados por algunos autores: consistencia, estabilidad y no

existencia de valores perdidos y que tuvieran un número suficiente de observaciones (más de 50 observaciones por cada serie temporal), la existencia de autocorrelación se explora mediante el gráfico de las funciones de autocorrelación o correlograma y los ordenes de los términos incluidos en los diferentes modelos se correspondieron con los coeficientes de correlación simple y parcial estadísticamente significativos, para la selección del modelo adecuado se sigue la metodología Box-Jenkins que consta de las siguientes etapas: Identificación, Estimación, Diagnóstico o chequeo y Predicciones (Pronósticos), se sigue esta metodología siempre que la serie sea estacionaria en media y en varianza, para lograr la estacionariedad de la serie y estabilizar la media y las autocorrelaciones se realizan diferenciaciones, es decir reemplazar las observaciones por el valor de la diferencia entre esta y la observación anterior para la diferenciación regular (de orden 1) o reemplazarla por la diferencia entre la observación actual y la correspondiente al periodo estacional anterior para la diferenciación estacional. Además se efectúa, sobre todo transformación de Box-Cox a los datos para la estabilización de la varianza, la búsqueda del modelo que mejor se ajuste a las series se efectúa tratando de que sean sencillos, expliquen bien las correlaciones internas del proceso y produzcan una diferencia mínima entre el valor observado y el esperado. Esto se realiza de manera iterativa, probando las combinaciones más lógicas de términos regulares AR y MA y de términos estacionales SAR y SMA, incluyendo las diferenciaciones necesarias. La adecuación de un modelo se estableció a partir del análisis de la significación estadística de los parámetros del mismo, de las características de los residuos o errores producidos por el modelo sobre la serie y del valor del error de predicción, se utiliza el Porcentaje de Error Medio Absoluto (MAPE).

Capítulo 4.

Analisis de los Datos

Presentacion de los datos:

Tabla 4.1: Registros del consumo energetico en Kw/h

Meses/Años	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	6299	9652	10921	8788	10922	11786	11024
Febrero	18237	20676	22251	18085	20625	19406	18593
Marzo	26416	35408	36067	32867	34239	33325	32106
Abril	30059	31546	42266	29160	30327	41981	31394
Mayo	37505	41199	29261	34341	37033	29850	41651
Junio	39370	42164	38202	35712	38811	38354	41560
Julio	35814	33579	16255	29565	33884	35204	35915
Agosto	19151	27229	24435	23470	27635	25858	25756
Septiembre	38658	40030	34671	33122	41097	38512	
Octubre	38994	37948	31354	35154	40081	41093	
Noviembre	38993	38354	28972	33985	39675	38201	
Diciembre	36617	34544	30023	31293	35763	34900	

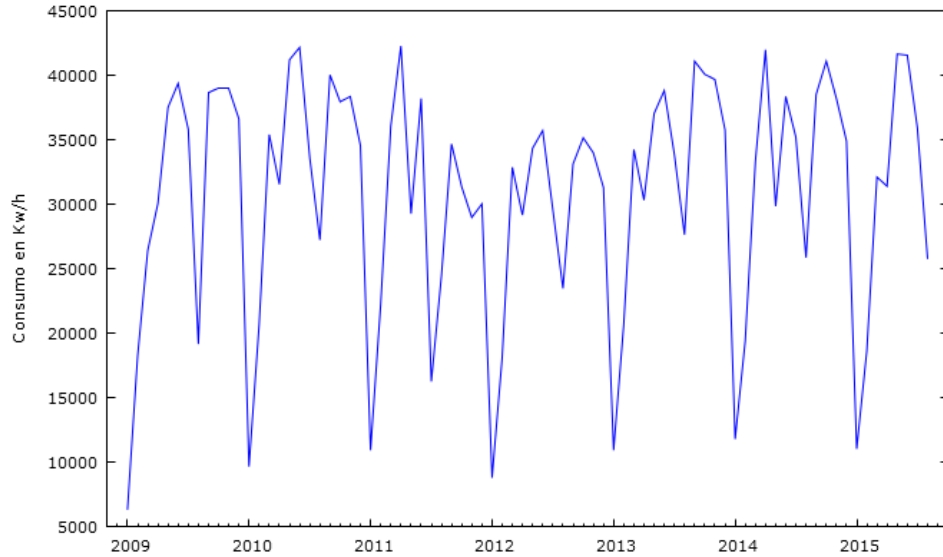
Fuente: [GONZÁLEZ GUEVARA et al., 2015]

La tabla 4.1 muestra la poblacion de registros del consumo electrico de la UES FMOcc desde enero de 2009 hasta agosto de 2015 en Kw/h,¹ en una primera observación puede notarse como el cosumo para el mes de enero y diciembre varían mucho del resto, es decir, es lógico suponer que en los meses de vacaciones la UES FMOcc consuma menos cantidad de energía.

¹Kilowatts por Hora

Su representacion gráfica² como una serie de tiempo es la siguiente:

Gráfico 4.1: Serie de tiempo de los datos del consumo energético



Fuente: Propia

Del gráfico 4.1 puede notarse como el comportamiento del consumo eléctrico pareciera ser cíclico o estacional, dado que se repite cada año, en palabras más sencillas si se trazara una línea vertical en la marca de cada año (sobre el eje horizontal) podría observarse como se forma una especie de "M" cada año denotando un patrón estacional claro, Además la serie pareciera ser no estacionaria tanto en media como en varianza, para probar esto se hará uso de la prueba de Dickey Fuller Aumentada realizada con el software R.

```
> #cargando librerías necesarias
> library(tseries)
> library(xts)
> library(fUnitRoots)
> #cargando base de datos
> datosSII<-read.csv("SeriesDatosSII.csv", header = TRUE, sep = ",")
> #aplicando formato de serie temporal
> Base<- ts(datosSII$RPV, start = c(2009,1), end = c(2015,8), frequency = 12)
```

²Realizada con Gretl

```

> #Test ADF con constante y tendencia
> ADF1<-adfTest(Base, lags = 11, type = "ct")
> #Test ADF con constante
> ADF2<-adfTest(Base, lags = 11, type = "c")

```

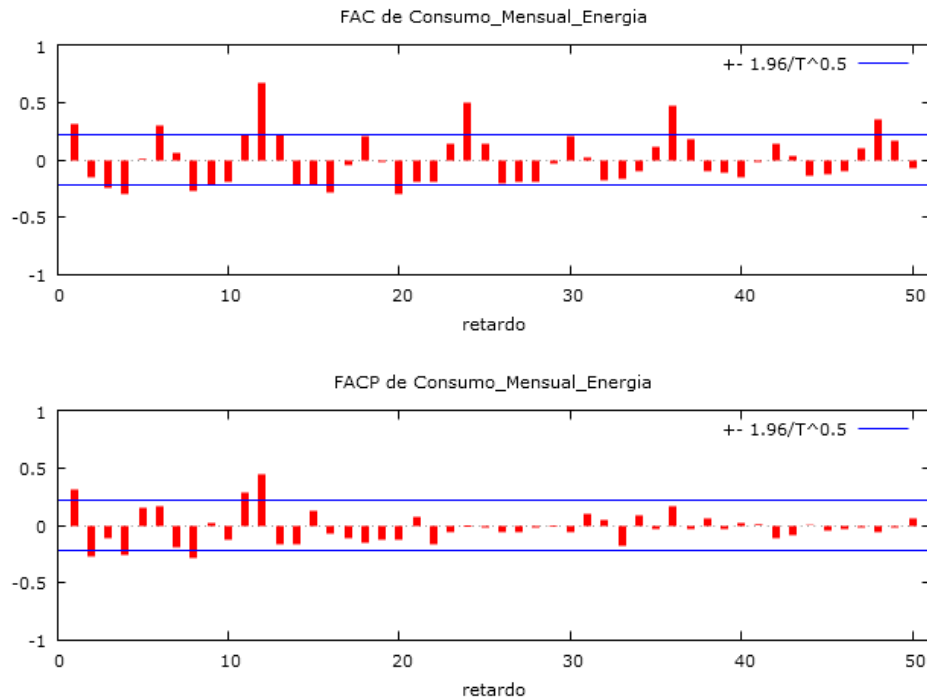
Tabla 4.2: Test de Dickey Fuller Aumentado

H_0 : existencia de raíz unitaria: $a = 1$	
Tipo de contraste	P-valor
Con constante	0.7238
Con constante y tendencia	0.9414

Fuente: Propia

De la tabla 4.2 puede concluirse que la serie no es estacionaria ya que el P-valor de la prueba de ADF es mayor a 0.05 por lo que hay existencia de raíz unitaria y por lo tanto la serie es no estacionaria.

Gráfico 4.2: Correlogramas FAC y FACP de los datos del consumo energético



Fuente: Propia

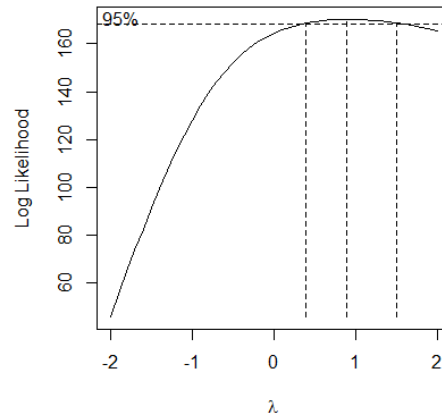
El gráfico 4.2 desarrollado en Gretl, muestra también como la serie es no estacionaria dado que varios de los primeros retardos en FAC y FACP son significativamente diferentes de cero además puede notarse que los retardos 1, 12, 24, 36 y 48 para FAC poseen una correlación significativamente diferente de cero lo que da la pauta para concluir que la serie analizada es estacional.

4.1. Estacionarización de los datos

Para estacionarizar los datos se hará uso de una diferencia estacional para estabilizar en media y reducir la estacionalidad y de la transformación de box-cox para estabilizar la varianza, este análisis se desarrollará en R.

```
> #cargando librerías necesarias
> library(tseries)
> library(xts)
> library(TSA)
> #cargando base de datos
> datosSII<-read.csv("SeriesDatosSII.csv", header = TRUE, sep = ",")
> #aplicando formato de serie temporal
> Base<- ts(datosSII$RPV, start = c(2009,1), end = c(2015,8), frequency = 12)
> #buscando un lambda para la transformación
> BoxCox.ar(datosSII$RPV)
> #Aplicando la diferencia estacional
> #con el retardo 12
> DFE<-diff(Base, lag = 12)
```

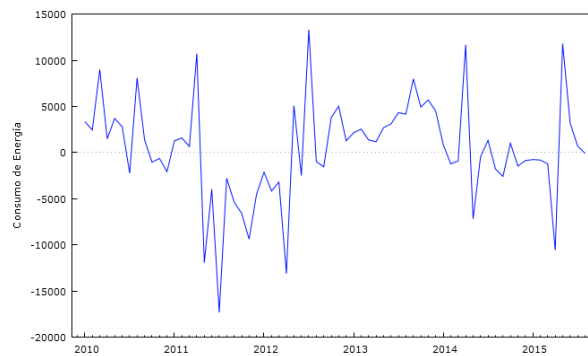
Gráfico 4.3: Test de Box-Cox para encontrar un Lambda Adecuado



Fuente: Propia

Puede observarse en el gráfico 4.3 que la linea central de las tres lineas verticales punteadas estan cercanas a el valor de 1 por lo que la transformación de Boxcox sugiere que lambda sea igual a 1 con un 95 % de confianza, sin embargo que lambda sea igual a 1 indica que no es necesario aplicar una transformación a los datos.

Gráfico 4.4: Serie estabilizada en media por una diferecia estacional



Fuente: Propia

Del gráfico 4.4 puede observarse que la serie ha sido estabilizada en media y pareciera que también esta estabilizada en varianza aun sin hacer alguna transformación, sin embargo se realizará el Test de ADF para probar si la serie difereciada es estacionaria.

Tabla 4.3: Test de Dickey Fuller Aumentado

H_0 : existencia de raíz unitaria: $a = 1$	
Tipo de contraste	P-valor
Con constante	0.00339
Con constante y tendencia	0.01873

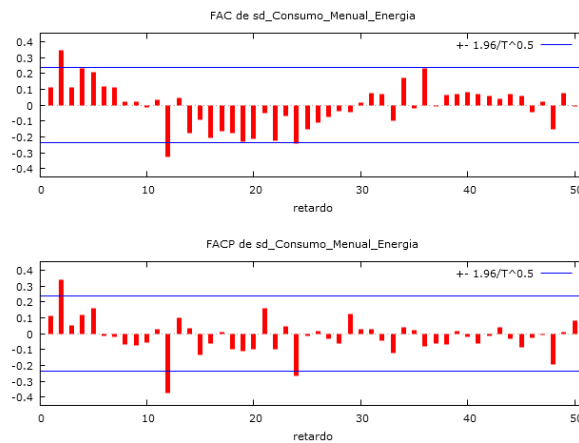
Fuente: Propia

Puede observarse que segun la tabla 4.3 el P-valor de la prueba ADF desarrollada en Gretl es menor que 0.05 por lo que hay evidencia estadística para rechazar H_0 por lo tanto la nueva serie es estacionaria con una diferencia estacional.

4.2. Selección del modelo

El modelo a utilizar sera un SARISMA para ecoger el valor de los retardo se hara uso de los correlogramas de la serie estacionarizada.

Gráfico 4.5: Correlograma de la serie estacionaria



Fuente: Propia

Puede observarse en el gráfico 4.5 que para la FAC el segundo retardo es considerablemente diferente de cero por lo que sugiere un modelo ARIMA(0,0,2) y con su componente estacional SARISMA(0,1,1)³, al mismo tiempo el correlograma segun el FACP

³En este caso D=1 por que fue difereciada estacionalmente una sola vez.

sugiere ARIMA(2,0,0) dado que el retardo 2 es considerablemente diferente de cero y su componente estacional un SARISMA(1,1,0), Entonces tenemos dos posibilidades un SARISMA(2,0,0)*(1,1,0) ó un SARISMA(0,0,2)*(0,1,1). se hará el ajuste de ambos modelos y se escogerá el que sea más significativo estadísticamente.

4.2.1. Ajuste del modelo SARISMA(2,0,0)*(1,1,0) y SARISMA(0,0,2)*(0,1,1)

Al hacer el ajuste en Gretl pudo observarse lo siguiente:

Ajuste del modelo SARISMA(2,0,0)*(1,1,0)

Tabla 4.4: Estadísticos de comparación

Media de la vble. dep.	361.6471	D.T. de la vble. dep.	5589.167
media innovaciones	39.44258	D.T. innovaciones	4746.117
Log-verosimilitud	-673.2666	Criterio de Akaike	1356.533
Criterio de Schwarz	1367.631	Hannan-Quinn	1360.930

Fuente: Propia

Puede observarse en la tabla 4.4 que el AIC, y el HQC tienen un valor de 1356.533 y 1360.930 respectivamente lo que servirá de comparación para el siguiente modelo.

Ajuste del modelo SARISMA(0,0,2)*(0,1,1)

Tabla 4.5: Estadísticos de comparación

Media de la vble. dep.	361.6471	D.T. de la vble. dep.	5589.167
media innovaciones	-153.5331	D.T. innovaciones	3649.986
Log-verosimilitud	-665.7208	Criterio de Akaike	1341.442
Criterio de Schwarz	1352.539	Hannan-Quinn	1345.839

Fuente: Propia

Puede observarse en la tabla 4.4 que el AIC, y el HQC tienen un valor de 1341.533 y 1345.930 respectivamente lo que servira de comparacion para escoger el modelo.

Conclusión

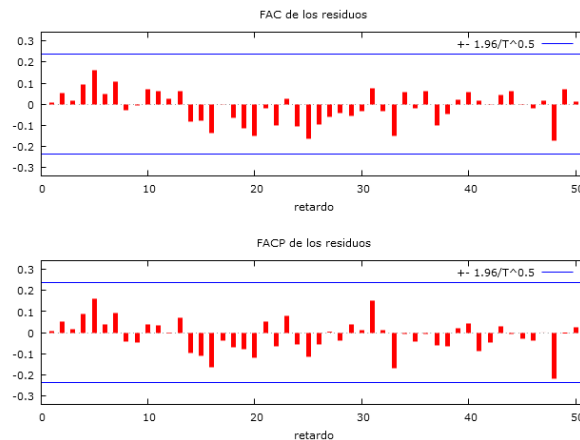
Dado que el AIC y el HQC son mas pequeños en el ajuste del modelo SARIS-MA(0,0,2)*(0,1,1) se seleccionara éste para el analisis de los datos del consumo de energía.

4.3. Validación del modelo

En esta etapa se comprueba la normalidad de los residuos del modelo y la incorrelación de los residuos, si una de estas condiciones no se cumple es porque el modelo no es adecuado.

4.3.1. Incorrelación en los residuos

Gráfico 4.6: Correlograma de la serie estacionaria

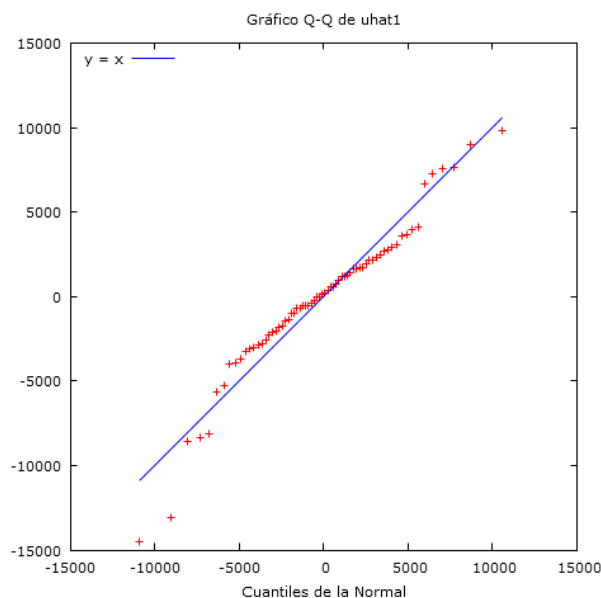


Fuente: Propia

El gráfico 4.6 muestra que los residuos del modelo SARISMA identificado son incorrelados, es decir, todos o la mayoría no se salen de las bandas rojas que representan el intervalo de confianza a un nivel de confianza el 95 por ciento.

4.3.2. Normalidad en los residuos

Gráfico 4.7: Correlograma de la serie estacionaria



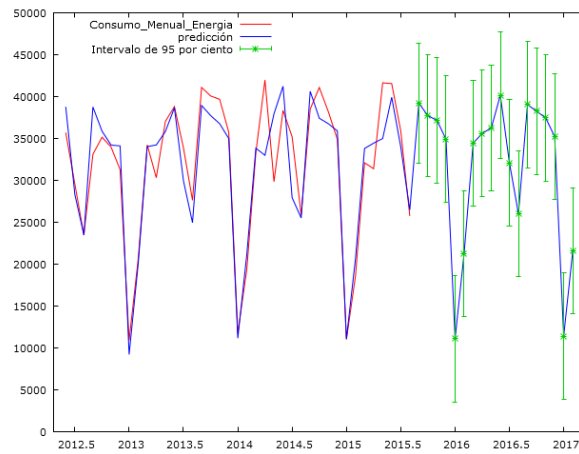
Fuente: Propia

Para verificar la normalidad de los residuos se utiliza el estadístico Chi cuadrado con hipótesis nula: Existe normalidad, y el gráfico QQ (4.7) de los residuos el cual comprueba la existencia de normalidad si los puntos del gráfico de dispersión se ajustan muy bien a la recta con pendiente positiva $y = x$. El p valor de la prueba es igual a 0,8828, como el p valor es mayor que el nivel de significancia de cinco por ciento entonces se acepta la hipótesis nula de que los residuos del modelo son normales.

4.4. Proyecciones

Para intervalos de confianza 95 %, $z(0,025) = 1,96$

Gráfico 4.8: Correlograma de la serie estacionaria



Fuente: Propia

Puede observarse en el gráfico 4.8 las proyecciones realizadas por el modelo y como éste se ajusta considerablemente bien a los datos originales, además en la tabla 4.6 pueden observarse las proyecciones de energía que será consumida en los próximos 18 meses junto con sus intervalos de confianza.

Tabla 4.6: Proyecciones del Modelo

Observaciones	Consumo_Mensual_Energia	predicción	Desv. Típica	Intervalo de 95 %	
2015:09		39211.16	3649.986	32057.32	46365.00
2015:10		37730.96	3689.022	30500.61	44961.31
2015:11		37162.87	3842.656	29631.40	44694.34
2015:12		34917.81	3842.656	27386.34	42449.28
2016:01		11111.38	3842.656	3579.91	18642.85
2016:02		21278.06	3842.656	13746.59	28809.52
2016:03		34445.35	3842.656	26913.88	41976.82
2016:04		35614.87	3842.656	28083.40	43146.34
2016:05		36255.81	3842.656	28724.35	43787.28
2016:06		40159.68	3842.656	32628.21	47691.15
2016:07		32107.43	3842.656	24575.96	39638.89
2016:08		26020.34	3842.656	18488.87	33551.80
2016:09		39060.78	3842.656	31529.31	46592.25
2016:10		38251.39	3842.656	30719.92	45782.86
2016:11		37471.91	3842.656	29940.44	45003.38
2016:12		35226.85	3842.656	27695.38	42758.32
2017:01		11420.42	3842.656	3888.95	18951.89
2017:02		21587.10	3842.656	14055.63	29118.56

Fuente: Propia

Conclusiones

En Respuesta a las Hipotesis y preguntas de Investigación:

1. Para la Hipotesis 1. No hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula por lo que se concluye que NO hay eficiencia energética en los edificios de la UES FMOcc.
2. Para la Hipotesis 2. Hay suficiente evidencia para rechazar la Hipotesis nula por lo que dada las proyecciones realizadas pudo determinarse que el consumo energetico es estable a través del tiempo, sin embargo puede llegar a reducirse.
3. Para la Hipotesis 3. No hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula por lo que se concluye que el periodo de tiempo donde mas energía se consume es el los ciclos activos en la UES FMOcc.
4. Si es posible alcanzar la eficiencia energetica a través de las propuestas de [GONZÁLEZ GUEVARA et al., 2015] que sugieren la reduccion del consumo energetico y su costo.
5. La cantidad de energía Ahorrada dependera de la correcta aplicacion de las propuestas de [GONZÁLEZ GUEVARA et al., 2015] y podria llegar a ahorrarse hasta un 30 %- 60 % en un largo plazo de 18 meses.

En respuesta a los Objetivos:

1. Si se logro desarrollar las proyecciones del consumo energetico a través de una serie temporal
2. El periodo de tiempo donde se consume mayor cantidad de energía según los datos y las proyecciones analizadas es en los meses de Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Junio,

Septiembre, Octubre, Noviembre y donde es mas bajo el consumo en Enero, Julio, Agosto y Diciembre.

3. Este objetivo sera respondido gracias al trabajo de [GONZÁLEZ GUEVARA et al., 2015] de la siguiente manera.

Medidas Correctivas

Algunas de las medidas consideradas en este trabajo gracias a [GONZÁLEZ GUEVARA et al., 2015] son las siguientes:

Problema 1.

Descripción:

El sistema de climatización de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente consta de demasiadas unidades de aire acondicionado con baja capacidad de refrigeración (capacidad máxima de 5 Toneladas de Refrigeración (TR)), esto causa el inconveniente que deban emplazarse muchas unidades para satisfacer la demanda térmica de un edificio, como el caso del edificio de Carreras Múltiples donde hay 20 aires acondicionados emplazados para una capacidad instalada de 75 TR, donde pudo emplazarse tres unidades de 25 TR. El problema es el consumo de energía eléctrica excesivo en 20 aires acondicionados comparado con el consumo de tres o cuatro unidades que sumen la misma capacidad de 75 TR; entonces, cuando se tenga que sustituir el sistema de climatización debe evaluarse la alternativa de emplazar una sola unidad que suministre la demanda térmica completa del edificio y que proporcione menor consumo de energía. Además se aumentan los costos de mantenimiento, ya que, se tiene que intervenir correctiva y preventivamente a las 20 unidades realizando sustitución de piezas y partes como condensadores, compresores, también recargar el fluido refrigerante, revisar sistema eléctrico, entre otras intervenciones a varias de las unidades al mismo tiempo, en cambio si se tiene solo una unidad exterior de aire acondicionado el mantenimiento preventivo y correctivo será exclusivo para ésta ahorrando incluso recurso

humano. El tener una sola unidad exterior no quiere decir, que si se encuentra está en funcionamiento, todas las oficinas estarán climatizadas aunque estén vacías, ya que, este tipo de aires acondicionados de gran capacidad permiten instalar varias unidades interiores cada una de las cuales se controla individualmente permitiendo tener oficinas con el aire acondicionado apagado, incluso oficinas a diferentes temperaturas.

Medida correctiva

Consiste en sustituir los aires acondicionados de baja capacidad de refrigeración instalados en los edificios por una unidad climatizadora individual que cubra la misma demanda térmica que los equipos sustituidos. La acción está pensada primeramente para disminuir el consumo de electricidad que provoca el tener demasiadas unidades de aire acondicionados instaladas; la nueva unidad climatizadora además de proporcionar la misma capacidad de refrigeración tiene un consumo menor de electricidad como consecuencia principal de que solo se tendrá un compresor demandando potencia de funcionamiento a diferencia de tener 20 compresores demandando potencia en el caso los 20 aires acondicionados del edificio de Carreras Múltiples. Además se mejorará la gestión del mantenimiento de este sistema.

Problema 2.

Descripción.

Las oficinas y laboratorios que cuentan con aire acondicionado instalado no tienen sistema de renovación de aire que produce el inconveniente de disminuir la calidad de éste, la causa principal es la concentración de di-óxido de carbono que aumenta progresivamente debido a la transpiración de las personas que se encuentran dentro de la oficina. Instalar un sistema de renovación de aire representa un aumento en la demanda térmica del sistema de climatización, con el correspondiente aumento del consumo en electricidad, sin embargo, es mucho menor que la carga por transmisión, por equipo, por personas y por radiación, pero, lo importante es garantizar la salubridad del aire que las personas respiran cuando se encuentran dentro de las oficinas.

El aire debe de renovarse por lo menos cada hora, sin embargo, el sistema de renovación de aire renovará el aire por lo menos cada hora mientras el aire acondicionado esté en funcionamiento.

Los inconvenientes que causa el no contar con sistema de renovación de aire en las oficinas y laboratorios son los siguientes:

- Disminución de la calidad del aire debido por las concentraciones de di-óxido de carbono.
- Aumento de la probabilidad de enfermedades producto de aire contaminado.

El no contar con sistema de renovación de aire tiene beneficios desde el punto de vista del consumo como los siguientes:

- Disminución de la demanda térmica de las oficinas y laboratorios
- Disminución de los costos de la factura eléctrica que se paga a la empresa distribuidora

Esta disminución es pequeña, además, no se puede disminuir el consumo de electricidad a costa de la salud y seguridad de las personas y por eso el sistema de renovación de aire es necesario.

Medida correctiva

Consiste en instalar dos ventiladores en la oficina o laboratorio, un primer ventilador que extraiga el aire contaminado del interior del espacio climatizado y un segundo ventilador que introduzca aire salubre del exterior al interior de la oficina. Los sistemas industriales se instalan en el techo de los edificios, sin embargo, el edificio debe contar con un sistemas de ductos de ventilación que conduzcan el aire renovado y contaminado que actualmente no se tiene, esto con el motivo de renovar el aire de todas las oficinas y laboratorios con un solo sistema. También se puede instalar un sistema individual en cada

oficina o laboratorio simplemente con dos ventiladores pequeños. Hay lugares donde no es estrictamente necesario el sistema de renovación de aire, en especial aquellos donde se concentran menos de cinco personas; una solución práctica sería que estas personas tuvieran la responsabilidad de renovar el aire abriendo las ventanas cuando se da el descanso por motivo de almuerzo de 12:00 a 2:00 pm, cerrándolas al terminar el descanso, sería un hábito que mejoraría las condiciones de salubridad del aire. Ahora, los lugares donde es necesario instalar el sistema de renovación son los que tiene altas concentraciones de personas, como salas de exposiciones y conferencias, centros de cómputo, laboratorios y salones de clase. Entonces en estos se instalará el sistema.

Problema 3.

Descripción

Según la investigación realizada en la Facultad se percibe que uno de las problemáticas más comunes que se presentan, es la falta de sectorización de algunos de los circuitos de luminarias internas de edificios tanto de oficinas administrativas como de áreas comunes como aulas, y con esto se tiene una fuga de energía eléctrica desperdiciada cada vez que son utilizadas las luminarias.

Medida Correctiva

La sectorización por áreas y zonas, es la acción correctiva consiste en realizar el ordenamiento en los circuitos de las luminarias internas que presentan un patrón que no está bien definido o que presentan características que no van de acuerdo al tipo de actividad de se realiza en el lugar. Se presentan dos de los patrones que deberán ser usados en los espacios de donde a color rojo se tienen las secciones de los circuitos como deben ser controlados por un mismo apagador y con esto iluminar zonas independientes de otras.

Patrón 01: Para este corresponde la figura donde el patrón de los circuitos está dado como bloques paralelos a la pizarra, donde este está enfocado a aquellas aulas que presentan un nivel de iluminación aproximadamente igual en todos sus puntos y que la iluminación natural no provoca mayor incidencia en los niveles de iluminación del área.

Patrón 02: En este caso la sectorización está dada por con un patrón mixto donde se tienen bloques paralelos a la pizarra de los circuitos controlados por apagadores independientes, pero sumado a esto se tiene una sección que es paralela a las ventanas del aula en cuestión donde puede verse en la figura. Este patrón de conexión de los circuitos de las luminarias es con el fin aprovechar la luz natural proveniente de las ventanas.

Patrón 03: Se propone un tercer caso en donde a criterio de las condiciones que se presentan en el áreas deber ser establecido el orden de los circuitos como es el caso de laboratorios y oficinas, pues en función de las exigencias que se necesitan lumínicamente, así deberá ordenarse donde no hay un patrón establecido.

Problema 4.

Descripción

Se pueden plantear acciones de eficiencia energética bien estructuradas en innovación tecnológica (equipo electrónico de menor consumo), domótica (control automatizado de equipos electrónicos), entre muchas otras que pretendan disminuir el consumo de energía sin tomar en cuenta las práctica humanas; y aun así, tener desperdicio de electricidad debido a las actividades de los seres humanos que favorecen el uso ineficiente de la energía. El problema es, que la comunidad universitaria ejecuta prácticas y tiene hábitos en el uso de equipo eléctrico-electrónico que incurren en desperdicio de energía, se citan unos ejemplos:

- No apagar iluminación en salones de clase vacíos y áreas de trabajo.
- Ajustar aires acondicionados con temperaturas diferentes de la temperatura de confort.
- Comprar equipos electrónicos baratos y de alto consumo eléctrico.
- Pintar ventanas y colocar cortinas que obstaculizan la luz natural y obligan a utilizar luz artificial.

En algunas prácticas es conocido por la mayoría que son causantes de desperdicio energético como: luminarias encendidas y sin uso en salones de clase vacíos; y en otras prácticas no es conocido por la comunidad universitaria que causan desperdicio de energía, como: comprar equipo electrónico barato y de alto consumo de electricidad, ya que, se demuestra con un análisis de costos de todo el ciclo de vida (este suma el precio inicial más los costos de consumo eléctrico durante toda la vida útil del producto) que comprando productos con eficiencia energética alta aunque el precio inicial sea mayor se termina pagando mucho menos en el largo plazo que comprando un producto barato e ineficiente, como en el caso de la luminaria LED.

Medida correctiva

La implementación de Cultura Energética en la UES-FMOcc tiene el objetivo de cambiar la forma de actividad humana en la universidad que favorece el desperdicio de electricidad, por otro tipo de actividad que utilice la electricidad de manera eficiente. Entonces se pretende un cambio en la cultura organizacional, algo muy difícil de lograr y que requiere el apoyo de toda la comunidad tanto en liderazgos formales como informales. La acción correctiva se enfoca a un cambio de hábitos, practicas, costumbres, información, conocimiento y mucho más que favorece el desperdicio de energía, y una de las formas de lograr el cambio es generando conciencia en función de costos-beneficios obtenidos. Utilizando el sentido estricto de la palabra “CONCIENCIA” es lo que se hace, a través de la ciencia (investigación científica) se demuestra que los costos, que su la mayoría no son económicos, sino, de voluntad de la comunidad son mucho menores que los beneficios o dicho de otra forma, el ahorro de energía trae beneficios de magnitud exponencial que no son solo beneficios económicos sino medio-ambientales.

Estas medidas suponen la reducción del consumo energético a corto, mediano y largo plazo, logrando de esta manera obtener un sistema de energía más eficiente.

Bibliografía

Christensen, R. (2000). *Advanced Linear Modeling*.

Commandeur, Jacques J.F.; Koopman, S. J. (2007). *State Space Time Series Analysis*.

Cryer, J. D. and Chan, K.-S. (2008). *Time series Analysis with applications in R*. Springer.

de Economía de la República de El Salvador, M. *Metodología de Eficiencia Energética en el Comercio*.

de Economía de la República de El Salvador, M. *Metodología de Eficiencia Energética en la Industria*.

GONZÁLEZ GUEVARA, L. M. M., MARTÍNEZ CORDOVA, J. L., MARTÍNEZ MOLINA, N. M., and PIMENTEL HERNÁNDEZ, L. A. (2015). *PROPUESTA DE PLAN DE AHORRO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*. PhD thesis, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Hanke, J. E. (2010). *Pronosticos en los negocios*.

Johnson, T. M., Alatorre, C., Romo, Z., and Liu, F. (2009). México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono. *Banco Mundial*.

Mahía, R. (1999). Revisión de los procedimientos de análisis de la estacionariedad de las series temporales.

Nguyen, H. T. (1996). *A Course in Stochastic Processes Stochastic Models and Statistical Inference*.

Peña, D., Tiao, G. C., and Tsay, R. S. (2001). *A Course in Time Series Analysis*.

- Peña, I. (2014). *Análisis de Series Temporales utilizando Modelos Arima y su Aplicación en la Predicción de Indicadores del Ministerio de Salud en el Departamento de Santa Ana*. PhD thesis, Universidad de El Salvador.
- (PTE-EE), P. T. E. D. E. E. (2009). Documento de visión de la eficiencia energética en españa.
- RUIZ, C. N. (2002). La prevención del cambio climático: ¿límites tecnológicos o políticos?
- S.A., A. S. and ECONOLER (2010). Estudio de mercado de eficiencia energética en chile. Technical report.
- Schuschny, A. R. (2007). El método dea y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de co2 en américa latina y el caribe. CEPAL.
- Shumway, R. H. and Stoffer, D. S. *Time Series Analysis and Its Applications With R Examples*.
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*.