

NOTA TÉCNICA # 001
sobre la relación demanda de energía
eléctrica y temperatura en Colombia-
1991-2013

Revisión Junio de 2014



Subdirección de demanda

**NOTA TÉCNICA # 001
SOBRE LA RELACION ENTRE
DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y TEMPERATURA EN COLOMBIA
1991-2013**

Revisión Junio de 2014

República de Colombia
Ministerio de Minas y Energía
Unidad de Planeación Minero Energética, UPME
Subdirección de Demanda

Revisión
Junio 2014

Resumen

La presente Nota Técnica presenta el análisis de la correlación entre demanda de energía eléctrica y temperatura para el período 1991-2013, y compara el comportamiento histórico de ambas variables, acorde con el enfoque que ha desarrollado recientemente la Unidad para las proyecciones de demanda de energía eléctrica. Este enfoque está detallado en los informes de revisión publicadas en noviembre de 2013 y marzo de 2014. Debe tenerse en cuenta que las proyecciones han incorporado directamente las variables explicativas, incluida la temperatura, razón por la cual no debe adicionarse un factor que amplifique *ad-hoc* los resultados de cada escenario.

Como se ilustra detalladamente en ambos informes, se escogieron como variables explicativas la población, el PIB y la temperatura; se han aplicado todas las pruebas que permiten determinar la coherencia interna de cada proyección. La revisión en curso que se publicará en el presente mes de junio, introduce la aplicación de tres modelos diferentes para la proyección, lo cual permitirá reducir los errores y sesgos sistemáticos.

CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESPECTO A LA TEMPERATURA EN COLOMBIA

Para un modelo VAR Exógeno, empleando las variables de la demanda de energía eléctrica, PIB total, población y temperatura promedio de Colombia, por cada °C que aumente la temperatura en Colombia la demanda de energía eléctrica aumentaría en 45,61 GWh al mes; esto equivaldría aproximadamente al 0,8988% de la demanda total de EE del país.

Por otra parte, para un modelo VAR Endógeno, empleando las mismas variables del modelo exógeno, por cada °C que aumente la temperatura en Colombia la demanda de energía eléctrica aumenta en 25,99 GWh al mes; esto equivaldría aproximadamente al 0,5113% de la demanda total de EE del país.

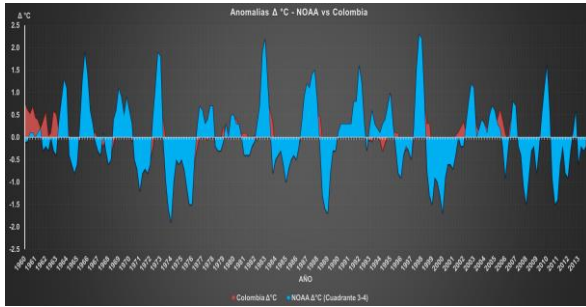
Y por último, para un modelo de Series de Tiempo con efecto calendario, por cada °C que aumente la temperatura en Colombia la demanda de energía eléctrica aumenta en 19,73 GWh al mes; esto equivaldría

aproximadamente al 0,3889% de la demanda total de EE del país.

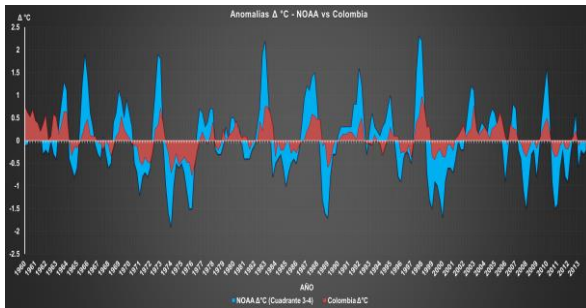
| | Crecimiento DEE (GWh) | % Participación DEE |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Modelo VAR Exógeno | 45,61 | 0,8988% |
| Modelo VAR Endógeno | 25,99 | 0,5113% |
| Modelo Series de Tiempo (Calendario) | 19,73 | 0,3889% |
| PROMEDIO | 30,44 | 0,60% |

1. RELACIÓN TEMPERATURA DE COLOMBIA Y TEMPERATURA NOAA (CUADRANTE 3-4)

Se emplearon los datos de las anomalías de temperatura de Colombia y de la temperatura NOAA (cuadrante 3-4) desde el año 1960 hasta el año 2013. (NOAA, SoGE, 2014).



Fuente: UPME, NOAA, SoGE, 2014.



Fuente: UPME, NOAA, SoGE, 2014.

Resumen Estadísticos

Se emplearon los datos desde el año 1992 a 2013, tanto de demanda de energía eléctrica como de temperatura (NOAA, XM, IDEAM, 2013). Esta tabla muestra las estadísticas de resumen para cada una de las variables de los datos seleccionados.

| | Colombia Δ°C | NOAA Δ°C (Cuadrante 3-4) |
|---------------------|--------------|-----------------------------|
| Cuenta | 216 | 216 |
| Media | 0,0565 | 0,0032 |
| Moda | 0,01 | 0,3 |
| Desviación estándar | 0,3158 | 0,8117 |
| Varianza muestral | 0,0998 | 0,6589 |
| Rango | 1,75 | 4,2 |
| Mínimo | -0,77 | -1,9 |
| Máximo | 0,98 | 2,3 |

Correlaciones

Esta tabla muestra las correlaciones de Pearson entre cada par de variables. Estos

coeficientes de correlación oscilan entre -1 y +1 y se mide la fuerza de la relación lineal entre las variables.

Con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se concluye que existe una relación lineal entre:

- ΔTemperatura NOAA (Cuadrante 3-4) y ΔTemperatura de Colombia.

| | Colombia Δ°C | NOAA Δ°C (cuadrante 3-4) |
|-----------------------------|--------------|-----------------------------|
| Colombia Δ°C | 1 | 0,7058 |
| NOAA Δ°C (Cuadrante 3-4) | 0,7058 | 1 |

Valor P

Valor P pone a prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores P mayores a 0,05 indican correlaciones estadísticamente significativas al nivel de confianza del 95,0%.

H_0 : ΔTemperatura de Colombia y ΔTemperatura NOAA (cuadrante 3-4) están significativamente correlacionadas.

H_1 : ΔTemperatura de Colombia y ΔTemperatura NOAA (cuadrante 3-4) no están significativamente correlacionadas.

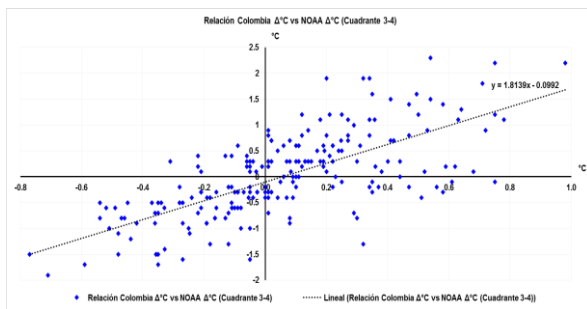
| | Colombia Δ°C | NOAA Δ°C (Cuadrante 3-4) |
|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Media | 0.0565 | 0.0032 |
| Varianza (conocida) | 0.0998 | 0.6589 |
| Observaciones | 216 | 216 |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| z | 0.90 | |
| P(Z<=z) una cola | 0.1846 | |
| Valor crítico de z (una cola) | 1.6449 | |
| Valor crítico de z (dos colas) | 0.3691 | |
| Valor crítico de z (dos colas) | 1.9600 | |

Valor de z = 0.90

Como es un contraste de dos extremos, se calcula el p-valor correspondiente a $z^* = 0.90$, es decir el área que hay por debajo de $z = -0.90$ más el área que hay por encima de $z = 0.90$, o sea el área en las dos colas.

Observando la tabla de la distribución normal estándar, se comprueba que el área que hay a la izquierda de $z = -0.90$ es 0,184060 y el área que hay a la derecha de 0,90 es también $1 - 0,815940 = 0,184060$ por lo que el p-valor = $2 * 0,184060 = 0,36812$.

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula con un Valor P > 0,05. Esto significa que el Δ temperatura de Colombia y Δ temperatura NOAA (Cuadrante 3-4) están significativamente correlacionadas.



Fuente: UPME, Base de Datos XM, DANE, IDEAM, 2014.

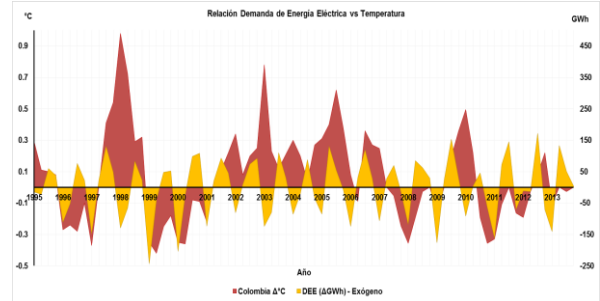
2. RELACIÓN DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA VS TEMPERATURA EN COLOMBIA

Se emplearon los datos de la demanda de energía eléctrica desde el año 1991 a 2013 y de la temperatura en Colombia desde el año 1991 hasta el año 2013. (DANE, IDEAM; SoGE, XM, 2014).

Se tiene que la correlación que posee la demanda de energía eléctrica con la temperatura es del 42.72%.

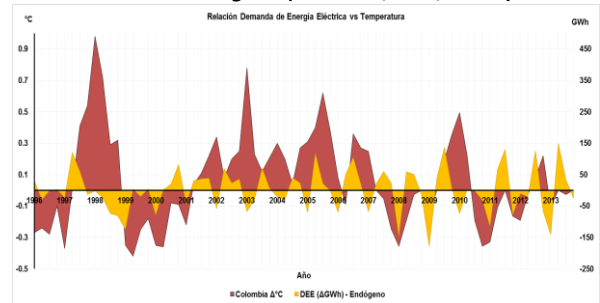
A continuación, se muestra gráficamente la relación de los deltas de la demanda de energía eléctrica con la temperatura de Colombia en los diferentes modelos:

Modelo VAR Exógeno (PIB Total, POB, TEMP)



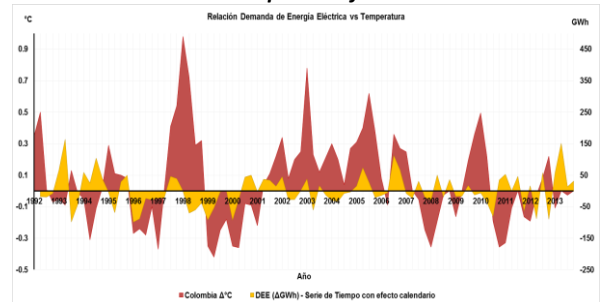
Fuente: UPME, Base de Datos XM, DANE, IDEAM, SoGE, 2014.

Modelo VAR Endógeno (PIB Total, POB, TEMP)



Fuente: UPME, Base de Datos XM, DANE, IDEAM, SoGE, 2014.

Modelo Serie de Tiempo con efecto Calendario



Fuente: UPME, Base de Datos XM, IDEAM, SoGE, 2014.

2.1 Análisis Modelo VAR Exógeno (PIB, POB, TEMP)

Resumen Estadísticos

Se emplearon los datos desde el año 1991 a 2013, tanto de demanda de energía eléctrica

como de temperatura. Esta tabla muestra las estadísticas de resumen para cada una de las variables de los datos seleccionados.

| | Demanda de EE | Temperatura |
|---------------------|---------------|-------------|
| n | 76 | 76 |
| Media | -0.2257 | 0.0694 |
| Moda | #N/A | 0.0007 |
| Desviación estándar | 91.5473 | 0.2906 |
| Varianza muestral | 8380.9006 | 0.0844 |
| Rango | 414.5712 | 1.4 |
| Mínimo | -242.8184 | -0.42 |
| Máximo | 171.7528 | 0.98 |

Correlaciones

Esta tabla muestra las correlaciones de Pearson entre cada par de variables. Estos coeficientes de correlación oscilan entre -1 y +1 y se mide la fuerza de la relación lineal entre las variables.

Con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se concluye que existe una relación lineal entre:

- Demanda de EE y temperatura.

| | Demanda de EE | Temperatura |
|---------------|---------------|-------------|
| Demanda de EE | 1 | 0.1448 |
| Temperatura | 0.1448 | 1 |

Valor P

Valor P pone a prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores P mayores a 0,05 indican correlaciones estadísticamente significativas al nivel de confianza del 95,0%.

H_0 : La demanda de EE y la temperatura están significativamente correlacionadas.

H_1 : La demanda de EE y la temperatura no están significativamente correlacionadas.

| | Demanda de EE | Temperatura |
|-------------------------------------|---------------|-------------|
| Media | -0.2257 | 0.0694 |
| Varianza (conocida) | 8390.9006 | 0.0844 |
| Observaciones | 76 | 76 |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |

Avenida calle 26 No 69 D – 91 Torre 1, Oficina 901
 PBX (57) 1 222 06 01 FAX: 221 95 37
 Línea Gratuita Nacional 01800 911 729
www.upme.gov.co



MinMinas
 Ministerio de Minas y Energía



| | Demanda de EE | Temperatura |
|--------------------------------|---------------|-------------|
| z | -0.03 | |
| P(Z<=z) una cola | 0.4888 | |
| Valor crítico de z (una cola) | 1.6449 | |
| Valor crítico de z (dos colas) | 0.9776 | |
| Valor crítico de z (dos colas) | 1.9600 | |

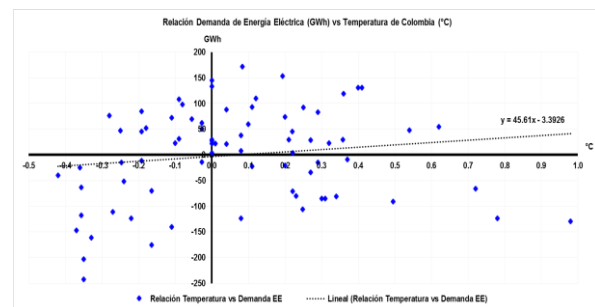
Valor de z = -0.03

Como es un contraste de dos extremos, se calcula el p-valor correspondiente a $z^* = -0.03$, es decir el área que hay por encima de $z = 0.03$ más el área que hay por debajo de $z = -0.03$, o sea el área en las dos colas.

Observando la tabla de la distribución normal estándar, se comprueba que el área que hay a la izquierda de $z = -0.03$ es 0,488034 y el área que hay a la derecha de 0,03 es también $1 - 0,511966 = 0,488034$ por lo que el p-valor = $2 * 0,488034 = 0,976068$.

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula con un Valor P > 0,05. Esto significa que la demanda de energía eléctrica y la temperatura de Colombia, se encuentran correlacionadas.

Con una correlación del 14.48%, se puede concluir que por cada °C que aumente la temperatura en Colombia la demanda de energía eléctrica aumenta en 45.61 GWh al mes; esto equivaldría aproximadamente al 0,8988% de la demanda total de EE del país.



Fuente: UPME, Base de Datos XM, DANE, IDEAM, 2014.

La siguiente ecuación es producto de la correlación de las variables Temperatura y Demanda de Energía Eléctrica

$$Y = 45.61x - 3.3926$$

Donde

Y : Demanda de energía eléctrica (GWh).

X : Temperatura (°C).

2.2 Análisis Modelo VAR Endógeno (PIB, POB, TEMP)

Resumen Estadísticos

Se emplearon los datos desde el año 1991 a 2013, tanto de demanda de energía eléctrica como de temperatura. Esta tabla muestra las estadísticas de resumen para cada una de las variables de los datos seleccionados.

| | Demanda de EE | Temperatura |
|---------------------|---------------|-------------|
| n | 72 | 72 |
| Media | 1.2212 | 0.0652 |
| Moda | #N/A | 0.0007 |
| Desviación estándar | 68.3701 | 0.2974 |
| Varianza muestral | 4674.4665 | 0.0884 |
| Rango | 327.7768 | 1.4 |
| Mínimo | -178.2093 | -0.42 |
| Máximo | 149.5674 | 0.98 |

Correlaciones

Esta tabla muestra las correlaciones de Pearson entre cada par de variables. Estos coeficientes de correlación oscilan entre -1 y +1 y se mide la fuerza de la relación lineal entre las variables.

Con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se concluye que existe una relación lineal entre:

- Demanda de EE y temperatura.

| | Demanda de EE | Temperatura |
|---------------|---------------|-------------|
| Demanda de EE | 1 | 0.1129 |
| Temperatura | 0.1129 | 1 |

Valor P

Valor P pone a prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas.

Valores P mayores a 0,05 indican correlaciones estadísticamente significativas al nivel de confianza del 95,0%.

Hipótesis:

H_0 : La demanda de EE y la temperatura están significativamente correlacionadas.

H_1 : La demanda de EE y la temperatura no están significativamente correlacionadas.

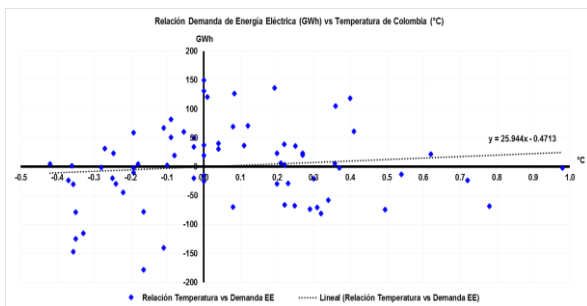
| | Demanda de EE | Temperatura |
|-------------------------------------|---------------|-------------|
| Media | 1.2212 | 0.0652 |
| Varianza (conocida) | 4674.4665 | 0.0884 |
| Observaciones | 72 | 72 |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| z | 0.14 | |
| P(Z<=z) una cola | 0.4430 | |
| Valor crítico de z (una cola) | 1.6449 | |
| Valor crítico de z (dos colas) | 0.8859 | |
| Valor crítico de z (dos colas) | 1.9600 | |

Valor de z = 0.14

Como es un contraste de dos extremos, se calcula el p-valor correspondiente a $z^* = 0.14$, es decir el área que hay por debajo de $z = -0.14$ más el área que hay por encima de $z = 0.14$, o sea el área en las dos colas.

Observando la tabla de la distribución normal estándar, se comprueba que el área que hay a la izquierda de $z = -0.14$ es 0,444330 y el área que hay a la derecha de 0,14 es también $1 - 0,555670 = 0,444330$ por lo que el p-valor = $2 * 0,444330 = 0,888660$.

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula con un Valor P > 0,05. Esto significa que la demanda de energía eléctrica y la temperatura de Colombia, se encuentran correlacionadas.



Fuente: UPME, Base de Datos XM, DANE, IDEAM, 2014.

Con una correlación del 11.29%, se puede concluir que por cada °C que aumente la temperatura en Colombia la demanda de energía eléctrica aumenta en 25.99 GWh al mes; esto equivaldría aproximadamente al 0,5113% de la demanda total de EE del país.

La siguiente ecuación es producto de la correlación de las variables temperatura y demanda de energía eléctrica

$$Y = 25.944x - 0.4713$$

Donde

- Y : Demanda de energía eléctrica (GWh).
- X : Temperatura (°C).

2.3 Análisis Modelo Serie de Tiempo con efecto calendario

Resumen Estadísticos

Se emplearon los datos desde el año 1991 a 2013, tanto de demanda de energía eléctrica como de temperatura. Esta tabla muestra las estadísticas de resumen para cada una de las variables de los datos seleccionados.

| | Demanda de EE | Temperatura |
|---------------------|---------------|-------------|
| Cuenta | 87 | 87 |
| Media | 0.7077 | 0.0603 |
| Moda | #N/A | 0.00066 |
| Desviación estándar | 52.5095 | 0.2807 |
| Varianza muestral | 2757.2440 | 0.0788 |
| Rango | 262.438 | 1.4 |
| Mínimo | -98.815 | -0.42 |
| Máximo | 163.623 | 0.98 |

Correlaciones

Esta tabla muestra las correlaciones de Pearson entre cada par de variables. Estos coeficientes de correlación oscilan entre -1 y +1 y se mide la fuerza de la relación lineal entre las variables.

Con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se concluye que existe una relación lineal entre:

- Demanda de EE y temperatura.

| | Demanda de EE | Temperatura |
|---------------|---------------|-------------|
| Demanda de EE | 1 | 0.1055 |
| Temperatura | 0.1055 | 1 |

Valor P

Valor P pone a prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores P mayores a 0,05 indican correlaciones estadísticamente significativas al nivel de confianza del 95,0%.

H_0 : La demanda de EE y la temperatura están significativamente correlacionadas.

H_1 : La demanda de EE y la temperatura no están significativamente correlacionadas.

| | Demanda de EE | Temperatura |
|-------------------------------------|---------------|-------------|
| Media | 0.7077 | 0.0603 |
| Varianza (conocida) | 2757.2440 | 0.0788 |
| Observaciones | 87 | 87 |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| z | 0.12 | |
| P(Z<=z) una cola | 0.4542 | |
| Valor crítico de z (una cola) | 1.6449 | |
| Valor crítico de z (dos colas) | 0.9084 | |
| Valor crítico de z (dos colas) | 1.9600 | |

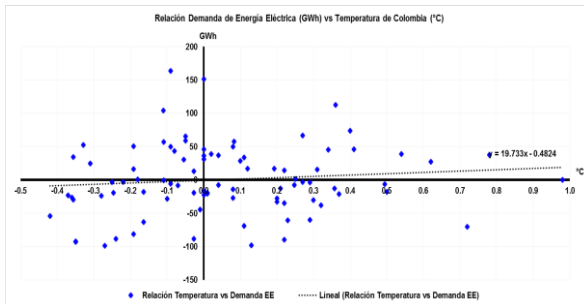
Valor de z = 0.12

Como es un contraste de dos extremos, se calcula el p-valor correspondiente a $z^* = 0.12$, es decir el área que hay por debajo de $z = -$

0.12 más el área que hay por encima de $z = 0.14$, o sea el área en las dos colas.

Observando la tabla de la distribución normal estándar, se comprueba que el área que hay a la izquierda de $z = -0.12$ es 0,452242 y el área que hay a la derecha de 0,12 es también $1 - 0,547758 = 0,452242$ por lo que el p -valor = $2 * 0,452242 = 0,904484$.

Conclusión: Aceptamos la hipótesis nula con un Valor $P > 0,05$. Esto significa que la Demanda de Energía Eléctrica y la Temperatura de Colombia, se encuentran correlacionadas.



Fuente: UPME, Base de Datos XM, IDEAM, 2014.

Con una correlación del 10.55%, se puede concluir que por cada $^{\circ}\text{C}$ que aumente la temperatura en Colombia la demanda de energía eléctrica aumenta en 19.73 GWh al mes; esto equivaldría aproximadamente al 0,3889% de la demanda total de EE del país.

La siguiente ecuación es producto de la correlación de las variables temperatura y demanda de energía eléctrica

$$Y = 19.733x - 0.4824$$

Donde

Donde

Y : Demanda de energía eléctrica (GWh).

X : Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

ANEXO

TIPOS DE ERROR

Los errores estadísticos relacionados con la verdad de las hipótesis, se denominan:

- Error Alfa, α , o tipo 1, o error por exclusión o falso positivo: es el error que se comete al decir que una diferencia es significativa cuando en realidad no lo es, o sea, si rechazo la hipótesis H_0 cuando en realidad era la hipótesis verdadera. Este error se llama falso positivo porque se comete si se afirma que si hay diferencia significativa cuando realmente no la hay.
- Error Beta, β , o de tipo II, o error por inclusión o falso negativo: es el error que se comete si se dice que una diferencia no es significativa, cuando en realidad sí lo es; en otras palabras, rechazar H_1 , cuando es la hipótesis verdadera (aceptar H_0 cuando es falsa). Este error se llama falso negativo, porque se comete si se afirma que no hay diferencia significativa, cuando realmente si la hay.

Formas de Error

| Decisión tomada | Estado Real | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| | H_0 Cierta | H_1 Cierta |
| Rechazar H_0 | Error tipo I | Decisión correcta |
| No rechazar H_0 | Decisión correcta | Error tipo II |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** (2014). Cuentas Nacionales. PIB. En línea: <http://www.dane.gov.co/index.php/cuentas-economicas/cuentas-trimestrales> (Consulta, Enero 2014).
- -----. **Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** (2014). Población y Demografía. En línea: <https://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion> (Consulta, Enero 2014).
- **IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.** (2013). Bases de Datos de Temperaturas. Bogotá, Colombia. (Consulta: Abril – Mayo de 2013).
- **NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration.** (2014). “Cold & Warm episodes by season”. National Weather Service, Climate Prediction Center. En línea: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml (Consulta: Mayo de 2014).
- **SoGE. School of Geography and the Environment.** (2014). “UNDP Climate Change Country Profile”. University of Oxford. South Parks Road. Oxford. United Kingdom. En línea: <http://www.geog.ox.ac.uk/research/climate/projects/undp-cp/> (Consulta: Mayo de 2014).
- **WALPOLE, Ronald E., MYERS, Raymond H., MYERS, Sharon L.** (1999). “Probabilidad y Estadística para Ingenieros”. Editorial Pearson Prentice Hall. Sexta Edición. México, 1999. En línea: <http://books.google.com.co/books?id=9DWw696jLbMC&printsec=frontcover&q=Probabilidad+y+Estad%C3%ADstica+para+Ingenieros&hl=es&sa=X&ei=yRbPUO3xJYXZ0wHGIIwBw&ved=0CDkQ6AEwAA> (Consulta: Mayo de 2014).
- **XM. Compañía de Expertos en Mercados S.A. ESP.** (2014). *Portal BI. Información Inteligente. Demanda.* En línea: <http://informacioninteligente10.xm.co/demanda/paginas/default.aspx> (Consulta: Mayo de 2014).

Contacto:

Avenida Calle 26 # 69 D – 91

Torre 1 Oficina 901

Pbx: 222 06 01

Fax: 221 95 37

Línea Gratuita Nacional: 01800911729

www.upme.gov.co

Síguenos en: @UPMEOFICIAL

Avenida calle 26 No 69 D – 91 Torre 1, Oficina 901
PBX (57) 1 222 06 01 FAX: 221 95 37
Línea Gratuita Nacional 01800 911 729
www.upme.gov.co



MinMinas
Ministerio de Minas y Energía

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**