

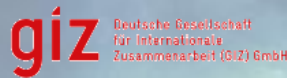
Capacitación en cálculo de Pérdidas Técnicas y No Técnicas en el Sector Eléctrico incluyendo Generación Distribuida

- La Paz, del 3 al 7 de febrero de 2020

Ejercicio Pérdidas No Técnicas



Implementada por:



estudios energéticos consultores.
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

Contenido

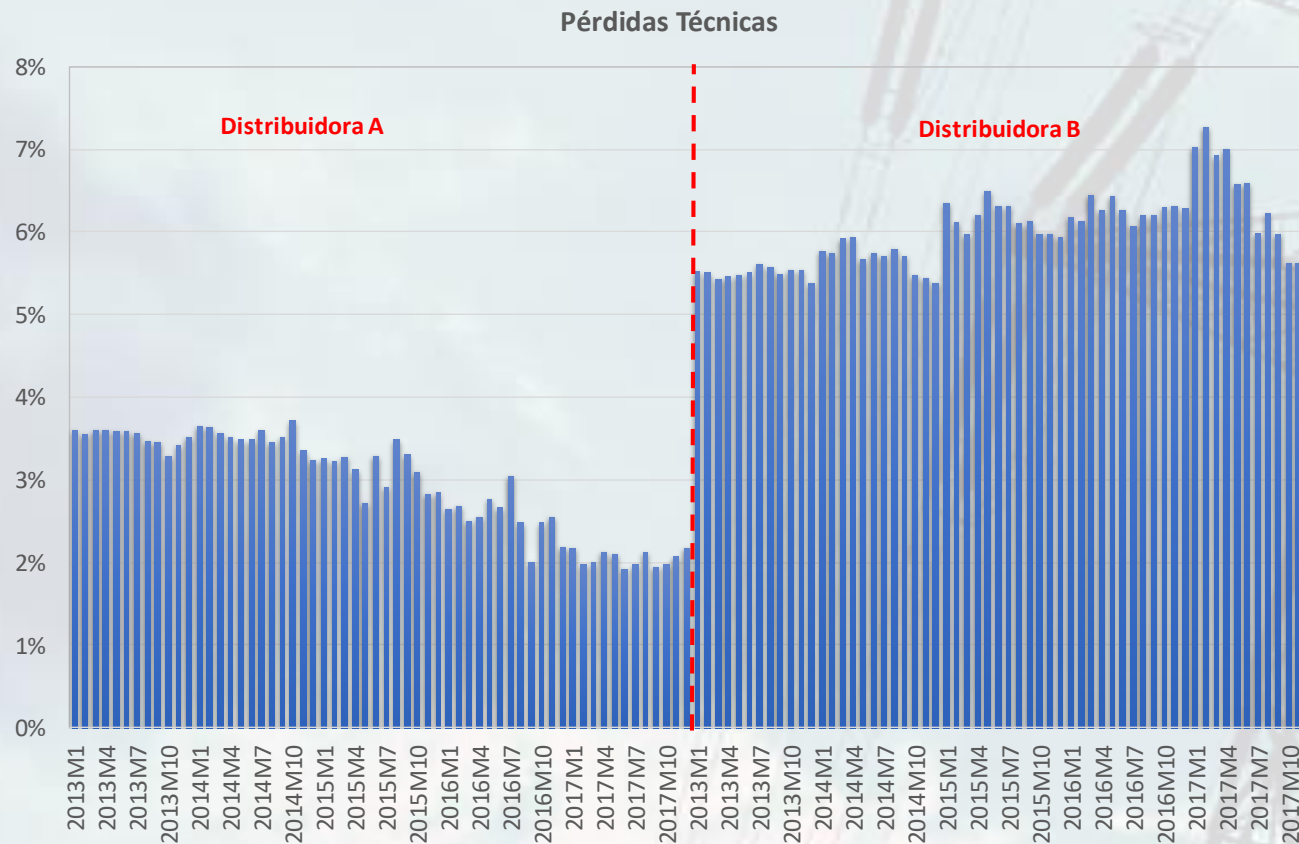
- PNT y variables ambientales
- Información utilizada
- Modelos
- Resultados
- Conclusiones
- La metodología utilizada en Panamá

PNT y variables ambientales

- En muchos casos, los esfuerzos realizados por las empresas distribuidoras para reducir las PNT han rendido pocos frutos.
- Esta realidad llevó a la necesidad de buscar nuevas alternativas.
- Enfoques más recientes sobre la problemática de las PNT ponen el foco en los factores ambientales como determinantes.
- Estos estudios permitieron poner en perspectiva la existencia de una fuerte correlación entre precariedad social, económica e institucional y nivel de robo de energía; así, los países con reducido nivel de ingreso, altas tasas de corrupción y bajo nivel de educación son los que poseen mayores índices de robo de electricidad.

Información utilizada

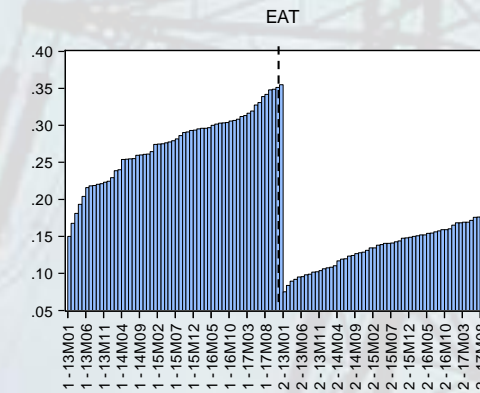
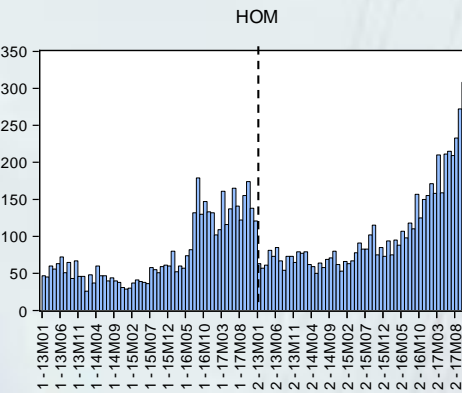
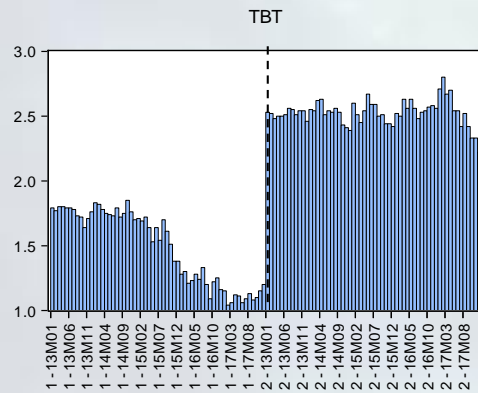
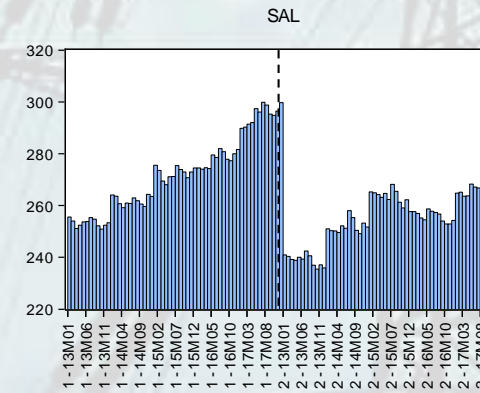
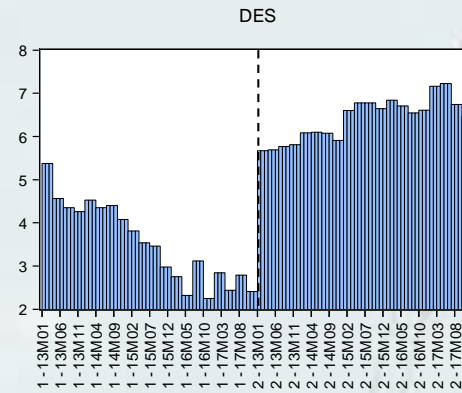
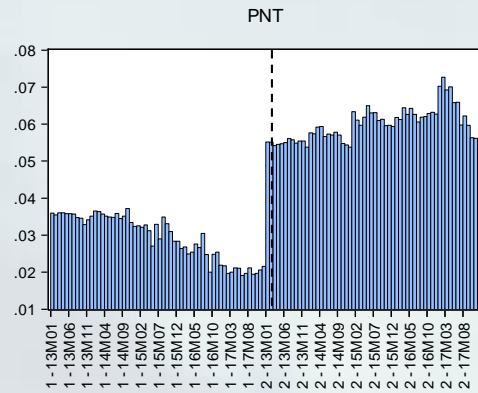
- El ejercicio propuesto busca modelizar las PNT considerando información de dos empresas distribuidoras de electricidad que atienden en un mismo país.



Información utilizada

- En primer lugar se construyó una base de datos con la siguiente información para cada empresa:
 - Datos mensuales del período enero 2013 a diciembre 2017 de:
 - Pérdidas No Técnicas;
 - Tasa de Desocupación;
 - Salario Medio;
 - Tarifa Media en Baja Tensión;
 - Tasa de Homicidios Intencionales (homicidios por cada 100. 000 habitantes);
 - Energía consumida en Alta Tensión / Energía consumida Total;

Información utilizada



Modelos

- Se simularon dos alternativas:
 - Alternativa 1: Modelos para la función de *PNT* individual para empresa:

$$PNT_t = \beta_0 + \beta_1 \times DES_t + \beta_2 \times SAL_t + \beta_3 \times TBT_t + \beta_4 \times HOM_t + \beta_5 \times EAT_t + \mu_t$$

- Donde:
 - PNT_t son las PNT en el mes t , en logaritmo;
 - DES_t es la desocupación en el mes t , en logaritmo;
 - SAL_t es el salario medio en el mes t , en logaritmo;
 - TBT_t es la tarifa media a usuarios de BT en el mes t , en logaritmo;
 - HOM_t es la tasa de homicidios en el mes t , en logaritmo;
 - EAT_t es la participación de la energía en AT en la energía total en el mes t , en logaritmo;
 - β_0 es la constante del modelo estimada mediante regresión lineal, en logaritmo;
 - β_i son los parámetros del modelo estimados mediante regresión lineal, en logaritmo; y
 - μ_t es el término de error del modelo.

Modelos

- Se simularon dos alternativas:
 - Alternativa 2: Modelo de datos de panel para la función de PNT de las empresas así como para comparar ambas empresas:

$$PNT_{i,t} = \beta_{0,i} + \beta_{1,t} \times DES_{i,t} + \beta_2 \times SAL_{i,t} + \beta_3 \times TBT_{i,t} + \beta_4 \times HOM_{i,t} + \beta_5 \times EAT_{i,t} + \mu_{i,t}$$

- Para comparar ambas empresas las variables se expresaron en función de la media.

Resultados

- Alternativa 1 – Empresa A

Dependent Variable: LOG(PNT) Method: Least Squares Date: 02/06/20 Time: 17:58 Sample: 2013M01 2017M12 Included observations: 60				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(EAT)	-0.030151	0.078317	-0.384990	0.7018
LOG(SAL)	-0.859825	0.305450	-2.814949	0.0068
LOG(TBT)	1.118246	0.100037	11.17827	0.0000
LOG(DES)	-0.188991	0.058328	-3.240166	0.0020
LOG(HOM)	0.015605	0.020781	0.750910	0.4560
C	0.973626	1.783010	0.546057	0.5873
R-squared	0.967054	Mean dependent var	-3.547613	
Adjusted R-squared	0.964003	S.D. dependent var	0.221398	
S.E. of regression	0.042006	Akaike info criterion	-3.407393	
Sum squared resid	0.095281	Schwarz criterion	-3.197958	
Log likelihood	108.2218	Hannan-Quinn criter.	-3.325471	
F-statistic	317.0071	Durbin-Watson stat	0.969116	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: LOG(PNT) Method: Least Squares Date: 02/06/20 Time: 17:58 Sample: 2013M01 2017M12 Included observations: 60				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(SAL)	-0.954427	0.231152	-4.129011	0.0001
LOG(TBT)	1.057465	0.072824	14.52090	0.0000
LOG(DES)	-0.168491	0.047984	-3.511395	0.0009
C	1.606698	1.327337	1.210467	0.2312
R-squared	0.966547	Mean dependent var	-3.547613	
Adjusted R-squared	0.964755	S.D. dependent var	0.221398	
S.E. of regression	0.041565	Akaike info criterion	-3.458784	
Sum squared resid	0.096748	Schwarz criterion	-3.319161	
Log likelihood	107.7635	Hannan-Quinn criter.	-3.404170	
F-statistic	539.3245	Durbin-Watson stat	1.016077	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: LOG(PNT) Method: Least Squares Date: 02/06/20 Time: 18:00 Sample: 2013M01 2017M12 Included observations: 60				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(SAL)	-0.733769	0.243552	-3.012781	0.0039
LOG(TBT)	0.911562	0.065481	13.92106	0.0000
C	0.218475	1.387319	0.157480	0.8754
R-squared	0.959181	Mean dependent var	-3.547613	
Adjusted R-squared	0.957749	S.D. dependent var	0.221398	
S.E. of regression	0.045509	Akaike info criterion	-3.293121	
Sum squared resid	0.118049	Schwarz criterion	-3.188404	
Log likelihood	101.7936	Hannan-Quinn criter.	-3.252161	
F-statistic	669.7046	Durbin-Watson stat	0.912891	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Resultados

- Alternativa 1 – Empresa B

Dependent Variable: LOG(PNT)
Method: Least Squares
Date: 02/06/20 Time: 17:58
Sample: 2013M01 2017M12
Included observations: 60

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(EAT)	-0.030151	0.078317	-0.384990	0.7018
LOG(SAL)	-0.859825	0.305450	-2.814949	0.0068
LOG(TBT)	1.118246	0.100037	11.17827	0.0000
LOG(DES)	-0.188991	0.058328	-3.240166	0.0020
LOG(HOM)	0.015605	0.020781	0.750910	0.4560
C	0.973626	1.783010	0.546057	0.5873
R-squared	0.967054	Mean dependent var	-3.547613	
Adjusted R-squared	0.964003	S.D. dependent var	0.221398	
S.E. of regression	0.042006	Akaike info criterion	-3.407393	
Sum squared resid	0.095281	Schwarz criterion	-3.197958	
Log likelihood	108.2218	Hannan-Quinn criter.	-3.325471	
F-statistic	317.0071	Durbin-Watson stat	0.969116	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: LOG(PNT)
Method: Least Squares
Date: 02/06/20 Time: 18:04
Sample: 2013M01 2017M12
Included observations: 60

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(SAL)	-0.040952	0.074272	-0.551377	0.5836
LOG(TBT)	0.903979	0.038125	23.71101	0.0000
LOG(DES)	0.768615	0.039981	19.22453	0.0000
C	-4.854139	0.363279	-13.36200	0.0000
R-squared	0.985040	Mean dependent var	-2.818097	
Adjusted R-squared	0.984239	S.D. dependent var	0.073909	
S.E. of regression	0.009279	Akaike info criterion	-6.457832	
Sum squared resid	0.004821	Schwarz criterion	-6.318209	
Log likelihood	197.7350	Hannan-Quinn criter.	-6.403218	
F-statistic	1229.136	Durbin-Watson stat	0.377988	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: LOG(PNT)
Method: Least Squares
Date: 02/06/20 Time: 18:02
Sample: 2013M01 2017M12
Included observations: 60

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(TBT)	0.914181	0.033130	27.59401	0.0000
LOG(DES)	0.748614	0.016711	44.79773	0.0000
C	-5.053381	0.037142	-136.0547	0.0000
R-squared	0.984959	Mean dependent var	-2.818097	
Adjusted R-squared	0.984431	S.D. dependent var	0.073909	
S.E. of regression	0.009222	Akaike info criterion	-6.485751	
Sum squared resid	0.004848	Schwarz criterion	-6.381034	
Log likelihood	197.5725	Hannan-Quinn criter.	-6.444790	
F-statistic	1866.340	Durbin-Watson stat	0.356542	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Resultados

- Alternativa 2 – Sin “Medias”

Dependent Variable: LOG(PNT)

Method: Panel Least Squares

Date: 02/07/20 Time: 08:40

Sample: 2013M01 2017M12

Periods included: 60

Cross-sections included: 2

Total panel (balanced) observations: 120

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(DES)	-0.032408	0.042314	-0.765876	0.4453
LOG(EAT)	0.042376	0.025630	1.653397	0.1010
LOG(HOM)	0.061693	0.009078	6.795682	0.0000
LOG(SAL)	0.335062	0.157379	2.129010	0.0354
LOG(TBT)	1.415764	0.059526	23.78393	0.0000
C	-6.125051	0.884836	-6.922247	0.0000
R-squared	0.989065	Mean dependent var	-3.182855	
Adjusted R-squared	0.988585	S.D. dependent var	0.401469	
S.E. of regression	0.042893	Akaike info criterion	-3.411490	
Sum squared resid	0.209742	Schwarz criterion	-3.272115	
Log likelihood	210.6894	Hannan-Quinn criter.	-3.354889	
F-statistic	2062.168	Durbin-Watson stat	0.357668	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: LOG(PNT)

Method: Panel Least Squares

Date: 02/06/20 Time: 18:08

Sample: 2013M01 2017M12

Periods included: 60

Cross-sections included: 2

Total panel (balanced) observations: 120

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(HOM)	0.056469	0.008553	6.601892	0.0000
LOG(SAL)	0.477612	0.129697	3.682527	0.0004
LOG(TBT)	1.349766	0.022629	59.64649	0.0000
C	-6.973633	0.715971	-9.740101	0.0000
R-squared	0.988776	Mean dependent var	-3.182855	
Adjusted R-squared	0.988486	S.D. dependent var	0.401469	
S.E. of regression	0.043079	Akaike info criterion	-3.418789	
Sum squared resid	0.215275	Schwarz criterion	-3.325872	
Log likelihood	209.1273	Hannan-Quinn criter.	-3.381055	
F-statistic	3406.378	Durbin-Watson stat	0.341794	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: LOG(PNT)

Method: Panel Least Squares

Date: 02/07/20 Time: 09:02

Sample: 2013M01 2017M12

Periods included: 60

Cross-sections included: 2

Total panel (balanced) observations: 120

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(HOM)	0.073051	0.007653	9.546011	0.0000
LOG(TBT)	1.281034	0.013465	95.13580	0.0000
C	-4.339838	0.034642	-125.2764	0.0000
R-squared	0.987464	Mean dependent var	-3.182855	
Adjusted R-squared	0.987250	S.D. dependent var	0.401469	
S.E. of regression	0.045333	Akaike info criterion	-3.324894	
Sum squared resid	0.240441	Schwarz criterion	-3.255207	
Log likelihood	202.4936	Hannan-Quinn criter.	-3.296593	
F-statistic	4608.068	Durbin-Watson stat	0.355112	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Resultados

- Alternativa 2 – Con “Medias”

Dependent Variable: LOG(PNT)
 Method: Panel Least Squares
 Date: 02/07/20 Time: 08:55
 Sample: 2013M01 2017M12
 Periods included: 60
 Cross-sections included: 2
 Total panel (balanced) observations: 120

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(DESM)	0.009572	0.042519	0.225119	0.8223
LOG(EATM)	0.142358	0.038957	3.654218	0.0004
LOG(HOMM)	0.033158	0.012256	2.705397	0.0079
LOG(SALM)	-0.064514	0.193316	-0.333723	0.7392
LOG(TBTM)	1.248522	0.076256	16.37269	0.0000
C	-3.110993	0.004892	-635.9929	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.990030	Mean dependent var	-3.182855
Adjusted R-squared	0.989501	S.D. dependent var	0.401469
S.E. of regression	0.041137	Akaike info criterion	-3.487258
Sum squared resid	0.191224	Schwarz criterion	-3.324655
Log likelihood	216.2355	Hannan-Quinn criter.	-3.421224
F-statistic	1870.184	Durbin-Watson stat	0.422755
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dependent Variable: LOG(PNT)
 Method: Panel Least Squares
 Date: 02/07/20 Time: 08:56
 Sample: 2013M01 2017M12
 Periods included: 60
 Cross-sections included: 2
 Total panel (balanced) observations: 120

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(EATM)	0.132344	0.024902	5.314536	0.0000
LOG(HOMM)	0.034434	0.011264	3.057069	0.0028
LOG(TBTM)	1.270147	0.034544	36.76883	0.0000
C	-3.111113	0.004768	-652.4470	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.990018	Mean dependent var	-3.182855
Adjusted R-squared	0.989670	S.D. dependent var	0.401469
S.E. of regression	0.040803	Akaike info criterion	-3.519348
Sum squared resid	0.191462	Schwarz criterion	-3.403203
Log likelihood	216.1609	Hannan-Quinn criter.	-3.472181
F-statistic	2851.343	Durbin-Watson stat	0.408921
Prob(F-statistic)	0.000000		

Dependent Variable: LOG(PNT)
 Method: Panel Least Squares
 Date: 02/07/20 Time: 08:58
 Sample: 2013M01 2017M12
 Periods included: 60
 Cross-sections included: 2
 Total panel (balanced) observations: 120

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(HOMM)	0.065815	0.010659	6.174573	0.0000
LOG(TBTM)	1.246310	0.038062	32.74420	0.0000
C	-3.117685	0.005118	-609.2168	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.987566	Mean dependent var	-3.182855
Adjusted R-squared	0.987244	S.D. dependent var	0.401469
S.E. of regression	0.045342	Akaike info criterion	-3.316395
Sum squared resid	0.238485	Schwarz criterion	-3.223479
Log likelihood	202.9837	Hannan-Quinn criter.	-3.278662
F-statistic	3071.086	Durbin-Watson stat	0.352486
Prob(F-statistic)	0.000000		

Conclusiones

- Alternativa 1. Los resultados del modelamiento confirmaron la existencia de relación de las PNT con variables ambientales. El modelo permitió capturar la incidencia –con el signo correcto– de algunas variables ambientales.
- En el caso de la Empresa A, el modelo individual indica que las PNT dependen negativamente del salario medio de la región, y positivamente de la tarifa media de los usuarios en BT.
 - Ante un incremento del 10% del salario medio, las PNT se reducen un 7,3%.
 - Ante un incremento de la tarifa media en BT del 10%, las PNT aumentan un 9,1%.

Conclusiones

- En el caso de la Empresa B, el modelo individual indica que las PNT dependen positivamente del nivel de desocupación de la región, y positivamente de la tarifa media de los usuarios en BT.
 - Ante un incremento del 10% de la tasa de desocupación, las PNT se incrementan un 7,4%.
 - Ante un incremento de la tarifa media en BT del 10%, las PNT aumentan un 9,1%.
- El modelo de datos de panel indica que las PNT de las empresas dependen positivamente de la tasa de homicidios y de la tarifa media en BT.
 - Ante un incremento del 10% de la tasa de homicidios, las PNT se incrementan un 0,7%.
 - Ante un incremento de la tarifa media en BT del 10%, las PNT aumentan un 10,3%.

Conclusiones

- El modelo de datos de panel que considera a las variables en función de su ubicación respecto a la media indica que la empresa que tiene la mayor tasa de homicidios y la mayor tarifa media en BT tendrá mayores pérdidas.
 - Si la tasa de homicidios es un 10% mayor a la media, las PNT serán un 0,7% mayores.
 - Si la tarifa media en BT es un 10% mayor a la media, las PNT serán un 10,2% mayores.

La metodología utilizada en Panamá

- En Panamá el mecanismo de regulación es de Ingreso Máximo Permitido.
- Ingreso Máximo Permitido de la actividad de distribución →
 $IMPD = IPSD + IPPD$; donde $IPSD$ es el VP de los ingresos permitidos por los costos de distribución (OPEX + CAPEX) y $IPPD$ el VP de los ingresos permitidos por el costo de las pérdidas de distribución.
- Ingresos anuales permitidos por el costo de pérdidas (PD_t) →
$$PD_t = PD\%_t \times MWhD_t \times CMM_t$$
- Donde $PD\%_t$ es un % eficiente de pérdidas; $MWhD_t$ es la energía; CMM_t es el costo monómico en el mercado mayorista.

La metodología utilizada en Panamá

- Regulación por comparación → Se seleccionan “empresas comparadoras” con el fin de definir condiciones de eficiencia para las empresas de distribución.
- Con los datos de las “empresas comparadoras” se estima una “ecuación de eficiencia” para determinar las pérdidas eficientes.
- La “ecuación de eficiencia” es la base para el cálculo de las pérdidas que se les reconocerá a las empresas de distribución:

La metodología utilizada en Panamá

- Las pérdidas eficientes se representan a través de un coeficiente de Pérdidas de Energía ($PD\%_j$) para cada empresa, que se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$EP_i = e^\alpha \times MWhD_i^\beta \times e^\mu$$

$$\ln(EP_i) = \alpha + \beta * \ln(MWhD_i) + \mu$$

Donde EP_i son las pérdidas de energía; $MWhD_i^\beta$ es la energía total; e es base de los logaritmos naturales; α y β son parámetros estimados mediante regresión lineal y μ es el término de error.

- Luego:

$$PD\%_i = \frac{\sum_i EP_i}{\sum_i MWhD_i}$$

Donde $PD\%_{t,i}$ es el porcentaje de pérdidas respecto a la energía ingresada.

La metodología utilizada en Panamá

- En el último estudio tarifario (2018-2022), para el cálculo de las pérdidas la ASEP:
 - Consideró como empresas comparadoras a empresas “eficientes” de Estados Unidos (FERC).
 - Removió de la muestra a las empresas que presentaban pérdidas menores a 6.5% y a 2 empresas con pérdidas con pérdidas superior a las panameñas.
 - Los % de pérdidas eficientes que resultaron estuvieron en el orden de 7.7%.
 - Adicionalmente, se reconoció un “adicional por pérdidas no gestionables”, para “zonas rojas”. El adicional fue el 60% de las pérdidas de estas zonas. Esto implicó entre un 1.7% y un 1%, dependiendo la empresa.

La metodología utilizada en Panamá

Empresa	Energía Ingresada	Energía Pérdidas	Pérdidas
	MWh	MWh	%
Appalachian Power Company	30,686,165	2,247,926	7.33%
Commonwealth Edison Company	96,888,547	7,985,135	8.24%
Delmarva Power & Light Company	13,212,152	1,071,033	8.11%
Idaho Power Company	15,359,432	1,163,682	7.58%
Indiana Michigan Power Company	20,093,396	1,685,776	8.39%
Kansas Gas and Electric Company	10,553,647	810,473	7.68%
Lockhart Power Company	213,628	18,068	8.46%
MDU Resources Group, Inc.	3,485,761	227,224	6.52%
Mt. Carmel Public Utility Co	100,317	8,178	8.15%
Northern States Power Company (Wisconsin)	7,322,670	681,128	9.30%
Northwestern Wisconsin Electric Company	181,705	13,193	7.26%
San Diego Gas & Electric Company	16,758,631	1,105,592	6.60%
Southern California Edison Company	90,792,357	6,609,174	7.28%
Tucson Electric Power Company	9,656,446	760,070	7.87%
Duke Energy Kentucky, Inc.	4,385,519	286,320	6.53%
Chugach Electric Association, Inc.	1,213,679	100,659	8.29%
Cheyenne Light, Fuel and Power Company	1,565,115	115,866	7.40%
Black Hills/Colorado Electric Utility Company, LP	2,079,618	155,968	7.50%

La metodología utilizada en Panamá

- Resultados Estadísticos

Dependent Variable: LOG(EP)				
Method: Least Squares				
Date: 04/03/18 Time: 16:32				
Sample: 1 18				
Included observations: 18				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(MWH)	0.995822	0.012047	82.66434	0
C	-2.504777	0.187172	-13.38224	0
R-squared	0.997664	Mean dependent var		12.84665
Adjusted R-squared	0.997518	S.D. dependent var		1.989547
S.E. of regression	0.099118	Akaike info criterion		-1.680572
Sum squared resid	0.15719	Schwarz criterion		-1.581642
Log likelihood	17.12515	Hannan-Quinn criter.		-1.666931
F-statistic	6833.393	Durbin-Watson stat		2.342716
Prob(F-statistic)	0			

La metodología utilizada en Panamá

- Resultados Estadísticos

$$\ln(EP_i) = -2.504777 + 0.995822 * \ln(MWhD_i)$$

$$EP_i = 0.08 * MWhD_i^{0.995822}$$

- La aplicación de la ecuación anterior permite obtener las pérdidas de energía de cada empresa en MWh. Para obtener los coeficientes de pérdidas, el resultado anterior se divide por la energía inyectada a la red de la empresa, también en MWh:

$$PD_i^{\%} = \frac{EP_i}{MWhD_i}$$

- Dónde:
 - $PD_i^{\%}$ son las pérdidas de energía de la empresa i (coeficiente de pérdidas), expresadas en porcentaje respecto a la energía inyectada.