

# Incertidumbre del Factor de Emisiones de GEI por Generación Eléctrica Costa Rica

Ing. Jorge Mario Montero  
Planificación y Desarrollo Eléctrico



# Recursos para Generación Eléctrica

## Geotermia



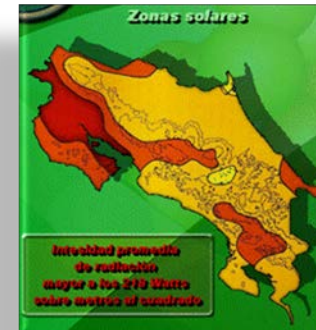
- Existencia de volcanes a lo largo de la mayor parte del territorio nacional: importante potencial geotérmico.

## Hidroeléctrica



- País montañoso con alta pluviosidad: excelente potencial de recursos hidroeléctricos.

## Solar & Biomasa



- Territorio ubicado en zona tropical con intensa radiación solar y terrenos agrícolas: potencial solar y de biomasa.

## Eólica



- Territorio con vientos fuertes y sostenidos en pasos de la divisoria continental: gran potencial eólico.



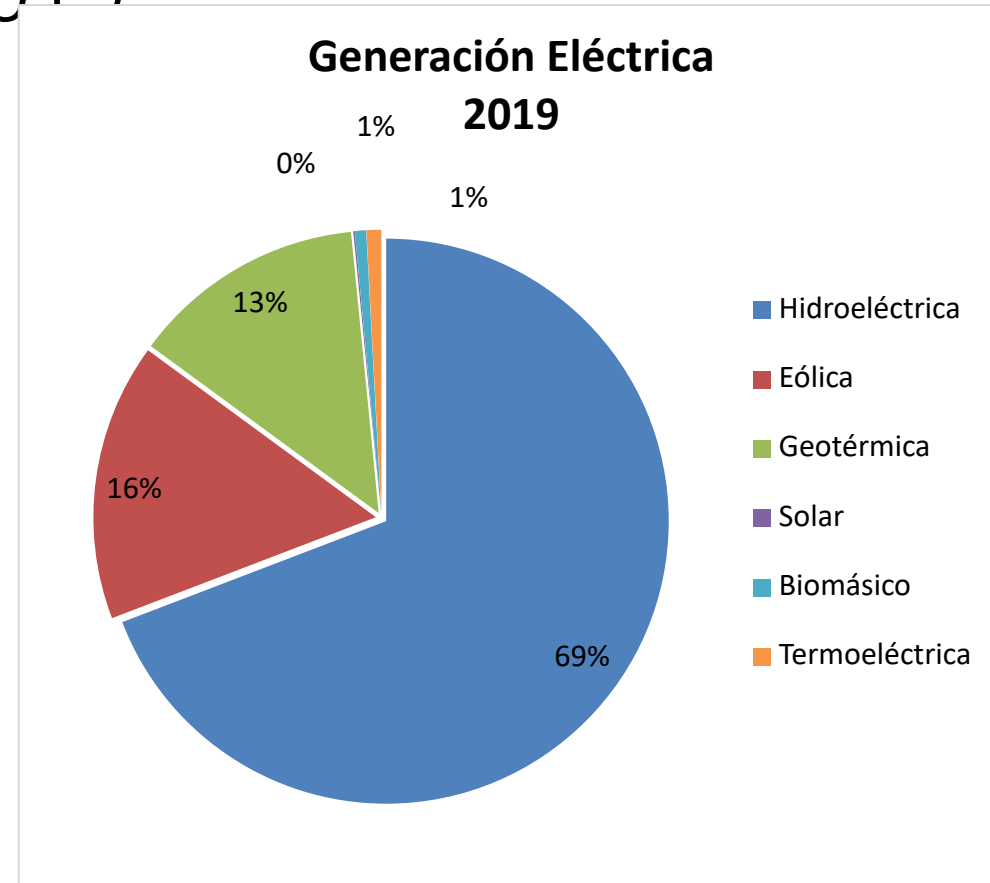
# Potenciales para Generación Eléctrica

FUENTE		IDENTIFICADO MW	INSTALADO MW	INSTALADO / IDENTIFICADO
Hidroeléctrico		7137	2328	33%
Geotérmico		875	207	24%
Eólico		2400	319	13%
Biomasa		445	40	9%
Solar		600+	6	1%
<b>Total</b>		<b>11435</b>	<b>2 895</b>	<b>25%</b>



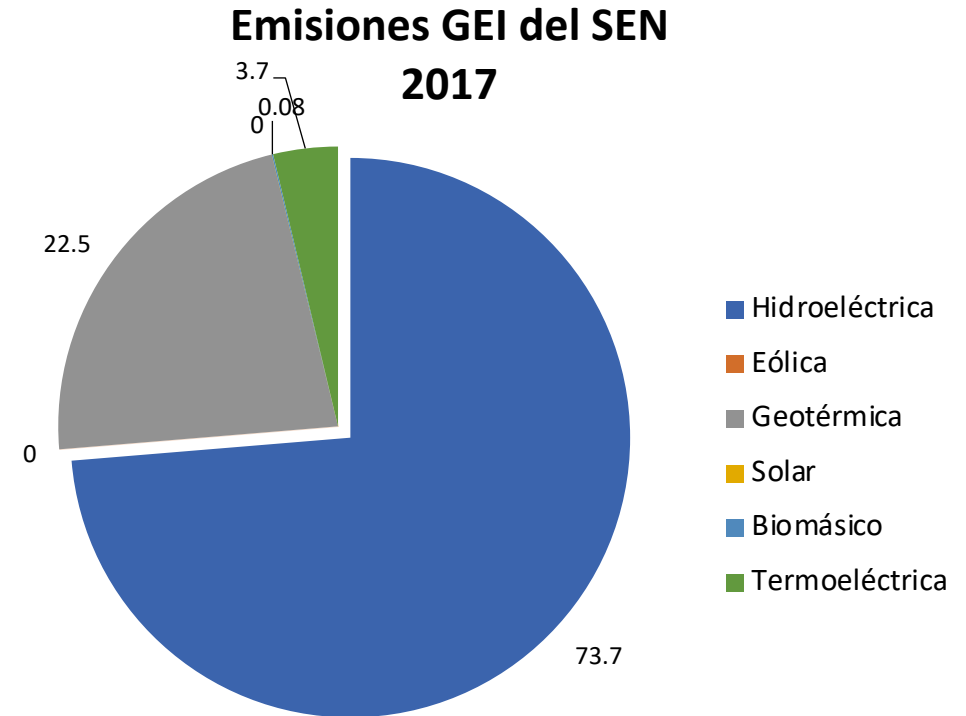
# El Sistema Eléctrico de Costa Rica 2019

FUENTE	ENERGÍA GENERADA	
	2019	
	(GWh)	(%)
Hidroeléctrica	7827	69.2
Eólica	1796	15.9
Geotérmica	1513	13.4
Solar	9.6	0.1
Biomásico	72.1	0.6
Termoeléctrica	95.6	0.8
<b>GENERACIÓN</b>	<b>11210</b>	<b>100.0</b>



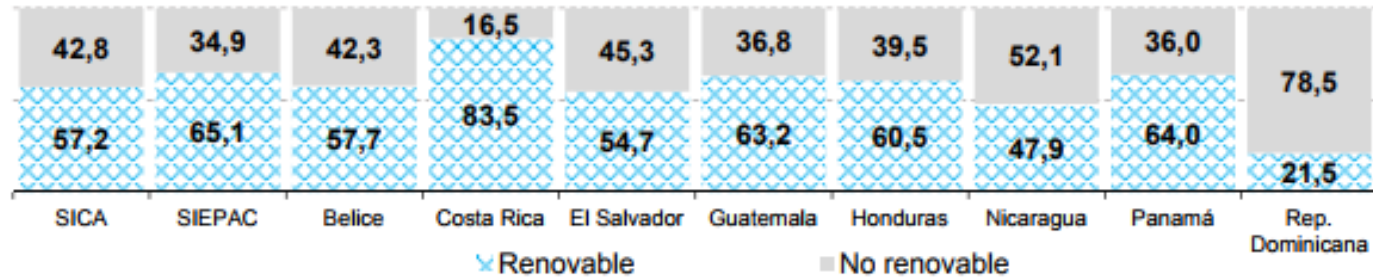
# El Sistema Eléctrico de Costa Rica

Tipo de Fuente	Factor de Emisión (tCO <sub>2</sub> e/GWh)	Emisiones Directas	
		(tCO <sub>2</sub> e)	(%)
Hidroeléctrica	12	93059	24.7
Eólica	0	0	0
Geotérmica	141	212985	56.6
Solar	0	0	0
Biomásico	30	2154	0.57
Termoeléctrica	713	68186	18.1
<b>Emisiones</b>	<b>33.3</b>	<b>376384</b>	<b>100.0</b>

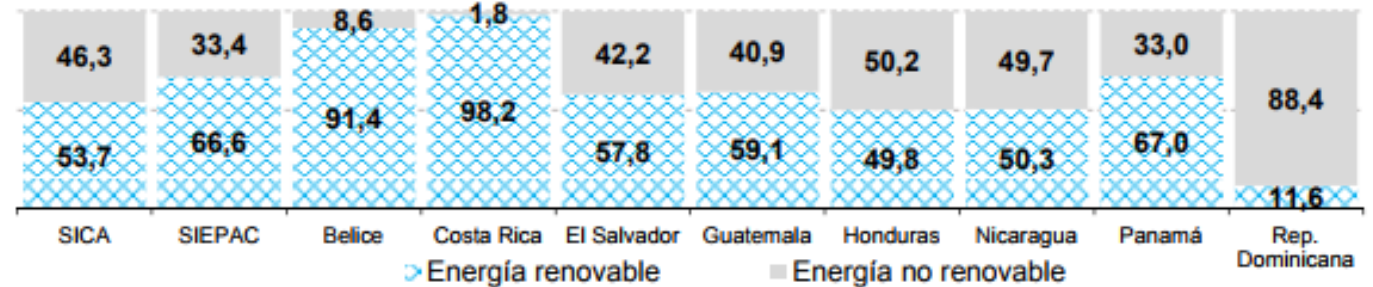


# Sector Eléctrico – La Región

COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LA CAPACIDAD INSTALADA, 2016



COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LA GENERACIÓN, 2016

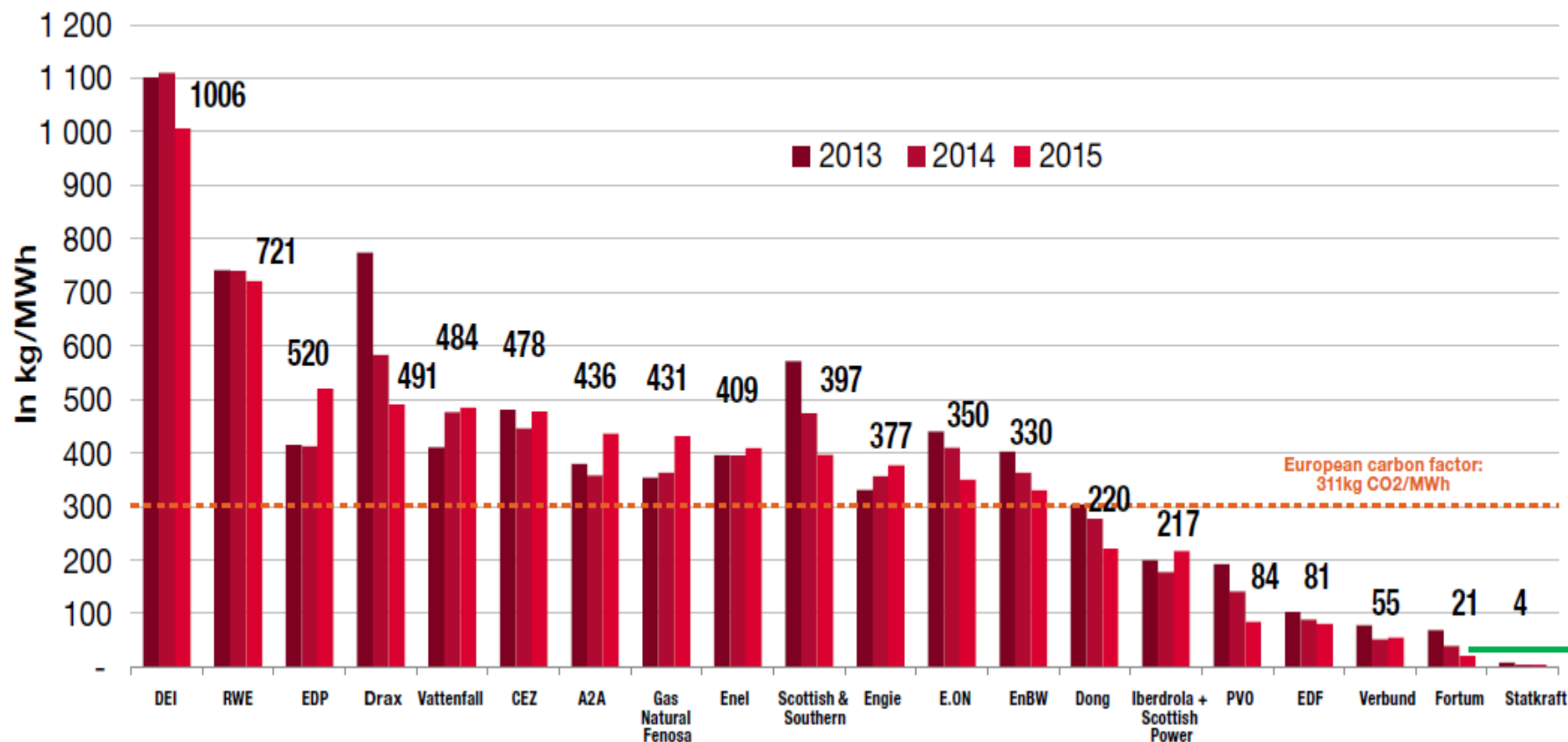


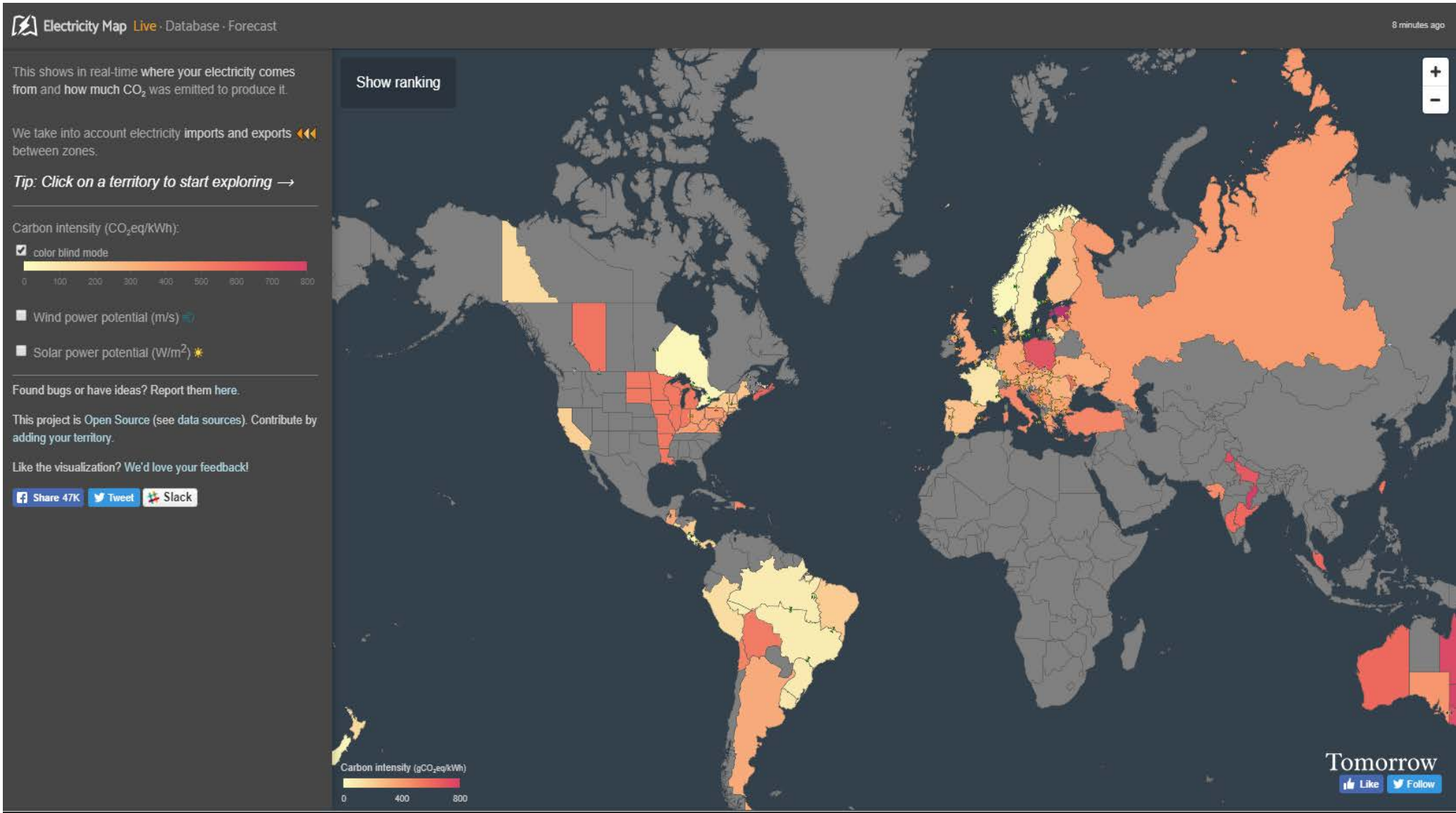
Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras oficiales preliminares.

Fuente: CEPAL, 2017.

# Emisiones por Electricidad de Utilities Europeas. 2016.

Fuente: PWC 2016. ICE PDE 2017.





Reglas de medición no están estandarizadas

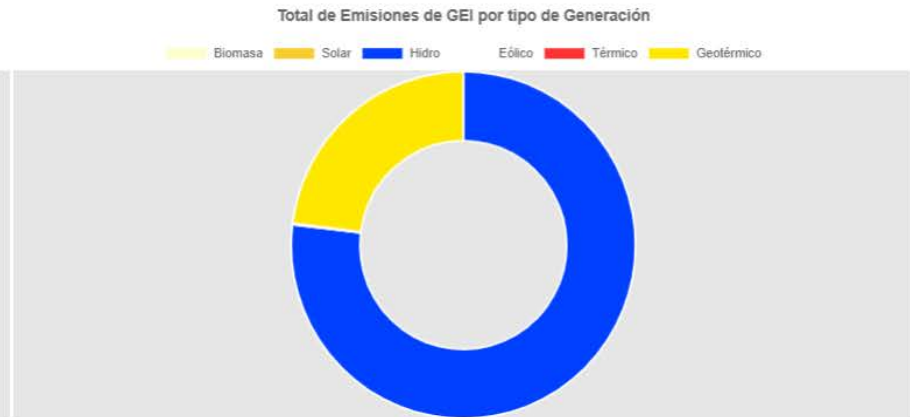
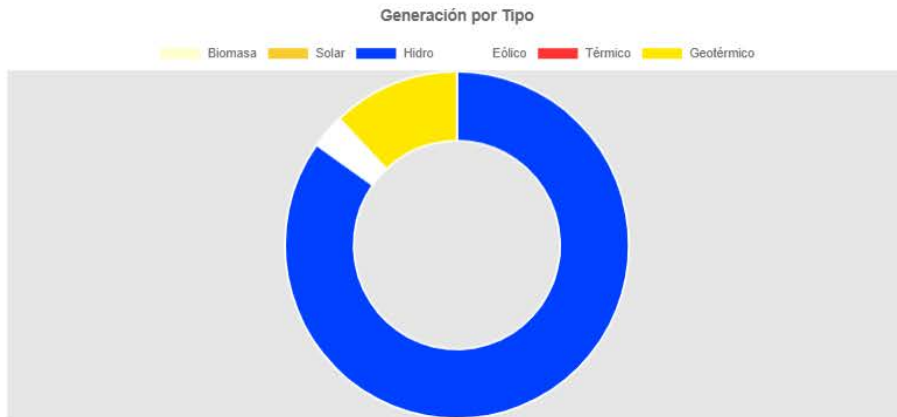
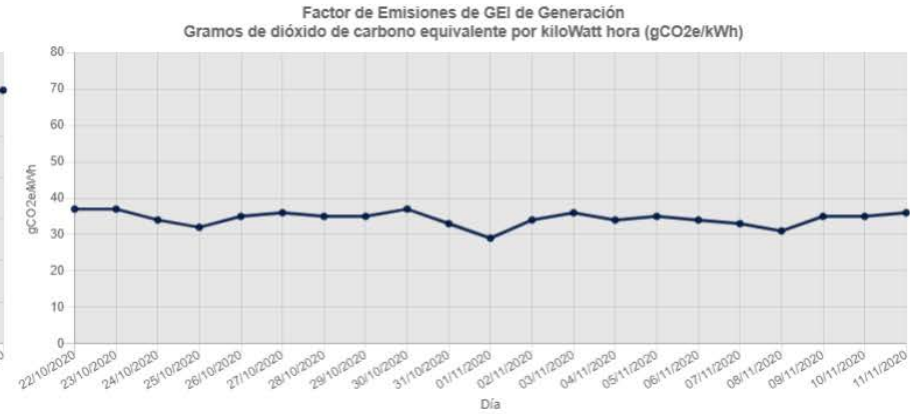
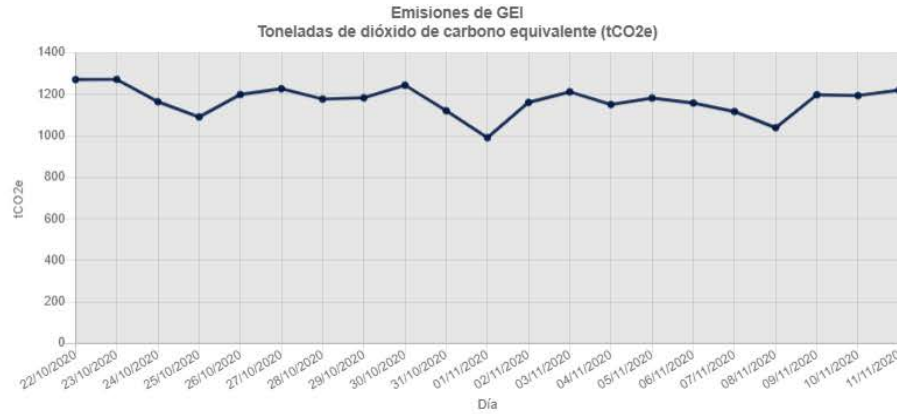
Junio 2018

Electricidad



# Emisiones de GEI de Electricidad

## Sistema Eléctrico Nacional - Costa Rica Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) últimos 21 días

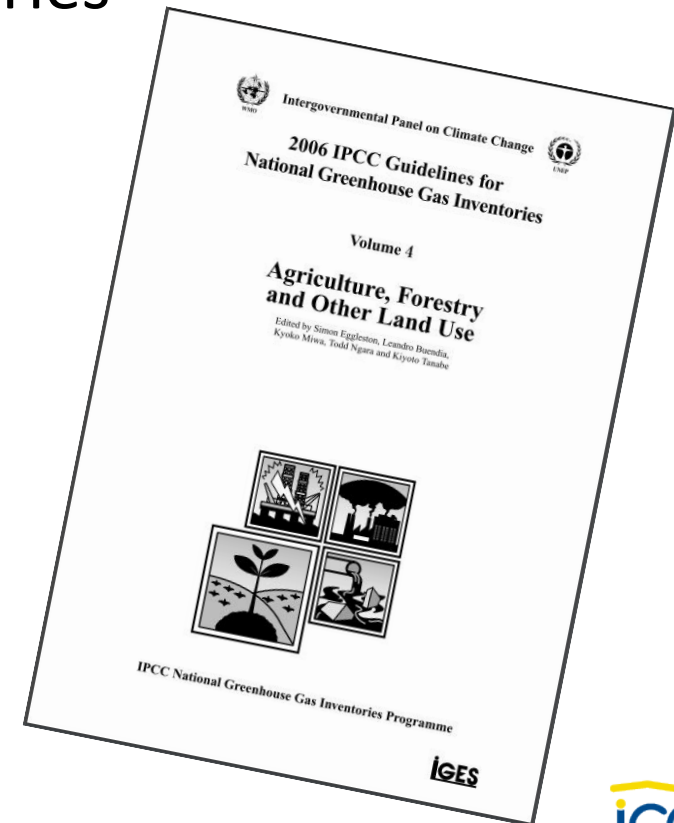
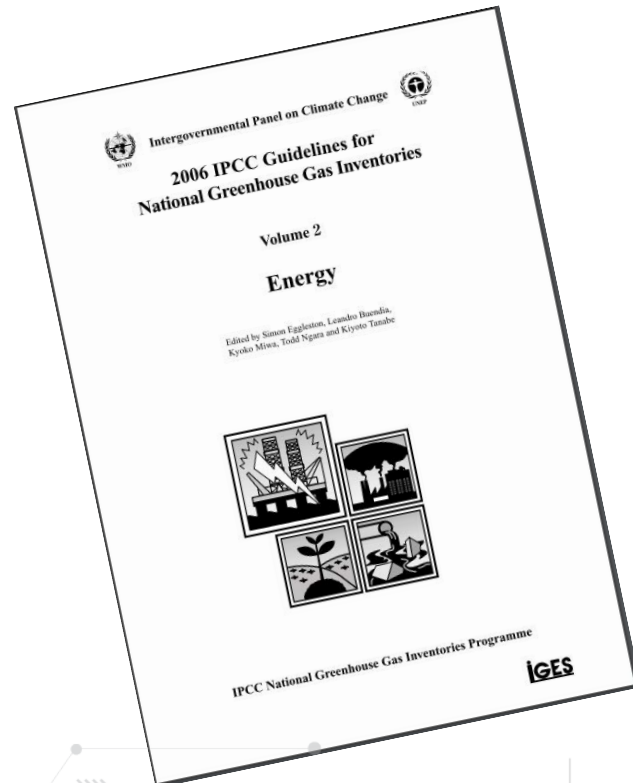


<https://apps.grupoice.com/CenceWeb/paginas/EstimacionesGEI.html>

Electricidad

# Cómo medimos estas emisiones de GEI ?

- De acuerdo a las directrices del 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories



Electricidad

# Cómo medimos estas emisiones de GEI ?

- En Hidroeléctricas
  - Mediciones trianuales de CH<sub>4</sub> y de CO<sub>2</sub>.
  - Varios puntos de los embalses
  - Promedio y extrapolación



# Cómo medimos estas emisiones de GEI ?

- En Geotermia
  - Mediciones mensuales de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.
  - Muestreo directo en el flujo de vapor.
  - Análisis con cromatógrafo de gases y otros métodos.
  - Promedio y extrapolación



# Cómo medimos estas emisiones de GEI ?

- En Plantas Térmicas
  - Medición teórica de acuerdo a parámetros energéticos del combustible.
  - Medición con Tier 1 recomendada por IPCC para inventarios nacionales.
  - Factores estandarizados por IPCC.



# Cómo medimos estas emisiones de GEI ?

- Solares y Viento
  - En fase de operación son cero.



# Cómo medimos estas emisiones de GEI ?

- Integración:
  - Suma de emisiones de GEI por grupo Tecnología/Recurso.
  - Obtención Factor Emisiones Generación
  - Inclusión de Pérdidas de Transmisión y Distribución
  - Obtención de Factor de Emisiones de Consumo (FEC).



# Formulae para propagación de incertidumbre

## 1 Addition or Subtraction

If  $Q$  is some combination of sums and differences, i.e.

$$Q = a + b + \dots + c - (x + y + \dots + z), \quad (1)$$

then

$$\delta Q = \sqrt{(\delta a)^2 + (\delta b)^2 + \dots + (\delta c)^2 + (\delta x)^2 + (\delta y)^2 + \dots + (\delta z)^2}. \quad (2)$$

In words, this means that the uncertainties add *in quadrature* (that's the fancy math word for the square root of the sum of squares). In particular, if  $Q = a + b$  or  $a - b$ , then

$$\delta Q = \sqrt{(\delta a)^2 + (\delta b)^2}. \quad (3)$$

Example: suppose you measure the height  $H$  of a door and get  $2.00 \pm 0.03$  m. This means that  $H = 2.00$  m and  $\delta H = 0.03$  m. The door has a knob which is a height  $h = 0.88 \pm 0.04$  m from the bottom of the door. Then the distance from the doorknob to the top of the door is  $Q = H - h = 1.12$  m. What is the uncertainty in  $Q$ ? Using equation (3),

Fuente: [http://ipl.physics.harvard.edu/wp-uploads/2013/03/PS3\\_Error\\_Propagation\\_sp13.pdf](http://ipl.physics.harvard.edu/wp-uploads/2013/03/PS3_Error_Propagation_sp13.pdf)

$$\delta Q = \sqrt{(\delta H)^2 + (\delta h)^2} \quad (4)$$

$$= \sqrt{(0.03 \text{ m})^2 + (0.04 \text{ m})^2} \quad (5)$$



# Formulae para propagación de incertidumbre

## 2 Multiplication or Division

If

$$Q = \frac{ab \cdots c}{xy \cdots z}, \quad (12)$$

then

$$\frac{\delta Q}{|Q|} = \sqrt{\left(\frac{\delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\delta b}{b}\right)^2 + \cdots + \left(\frac{\delta c}{c}\right)^2 + \left(\frac{\delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\delta y}{y}\right)^2 + \cdots + \left(\frac{\delta z}{z}\right)^2}. \quad (13)$$

What this means is that the *fractional uncertainties* add in quadrature. In practice, it is usually simplest to convert all of the uncertainties into *percentages* before applying the formula.

Example: a bird flies a distance  $d = 120 \pm 3$  m during a time  $t = 20.0 \pm 1.2$  s. The average speed of the bird is  $v = d/t = 6$  m/s. What is the uncertainty of  $v$ ?

$$\frac{\delta v}{v} = \sqrt{\left(\frac{\delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\delta t}{t}\right)^2} \quad (14)$$

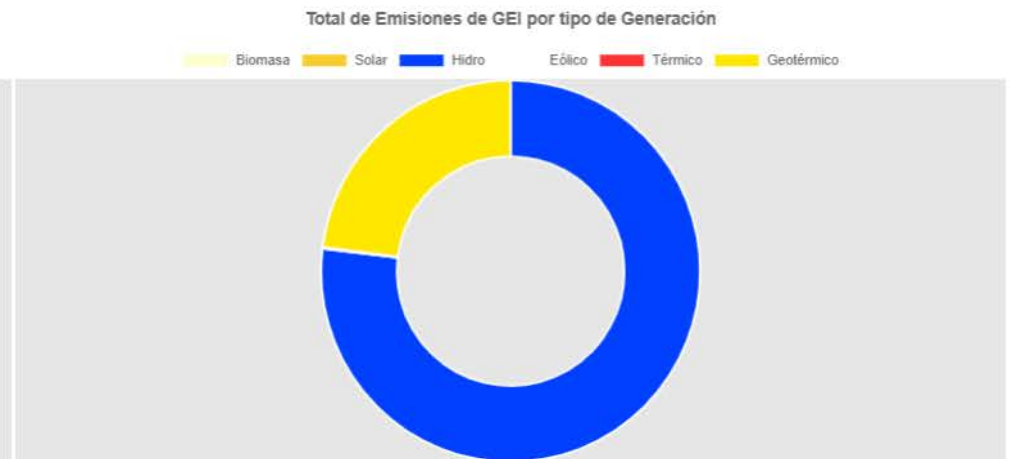
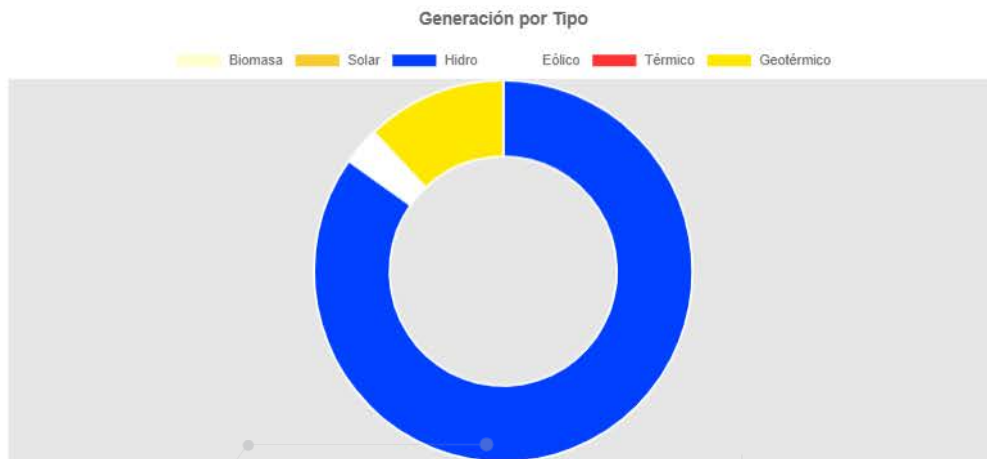
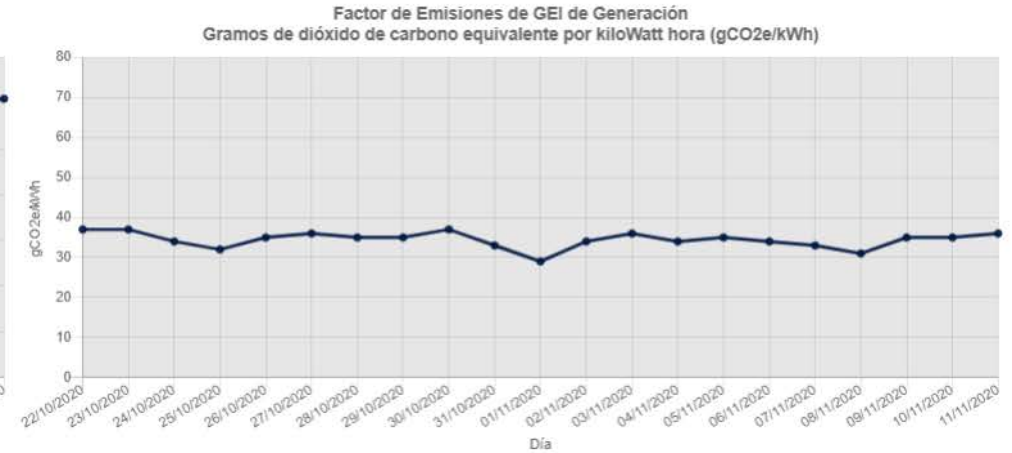
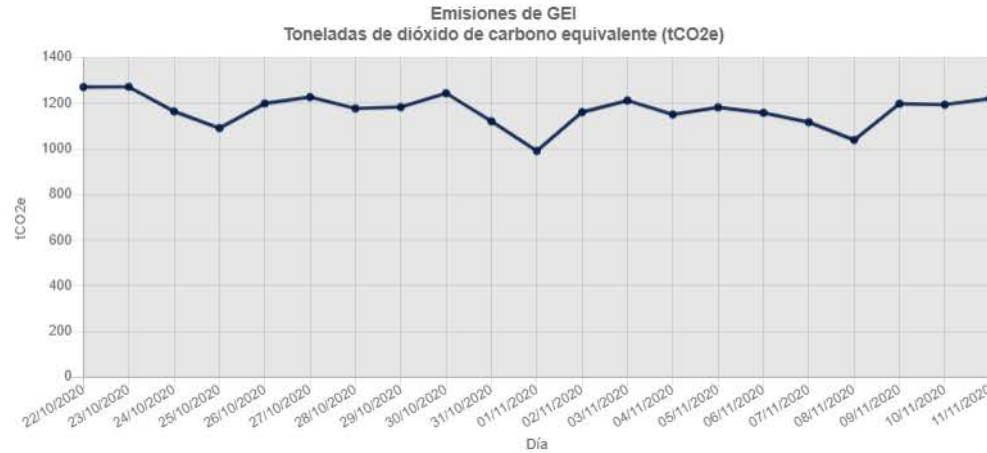
$$= \sqrt{\left(\frac{3 \text{ m}}{120 \text{ m}}\right)^2 + \left(\frac{1.2 \text{ s}}{20.0 \text{ s}}\right)^2} \quad (15)$$

$$= \sqrt{(2.5\%)^2 + (6\%)^2} \quad (16)$$

# Caso: Hidroelectricidad

# Emisiones de GEI de Electricidad

## Sistema Eléctrico Nacional - Costa Rica Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) últimos 21 días



Electricidad



20  
20

# Muchas Gracias!

Ing. Jorge Mario Montero A.

[jmonteroa@ice.go.cr](mailto:jmonteroa@ice.go.cr)

