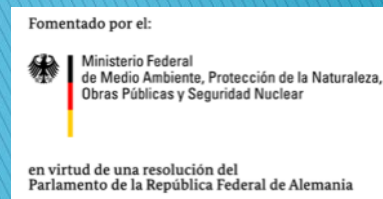


Proyecto IKI – ONU Medio Ambiente Centrales Hidroeléctricas

Ian Vázquez Rowe, PhD
Daniel Verán Leigh, Ing.

Red Peruana Ciclo de Vida
03 Julio 2018 – Lima
Pontificia Universidad Católica del Perú



Actores involucrados en el Proyecto

Financiamiento

- ▶ Iniciativa Internacional para la Protección del Clima (IKI) del Ministerio Federal de Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de Alemania
- ▶ ONU – Medio Ambiente (ONU-MA)

Ejecución

- ▶ **Grupo de Investigación de la Red Peruana Ciclo de Vida y Ecología Industrial – PELCAN**
(Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP)

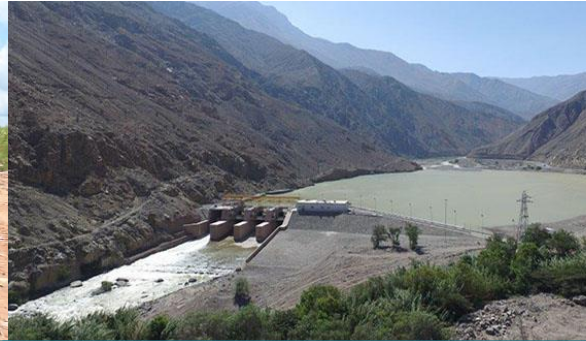
Revisión

- ▶ Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM)

Sectores prioritarios



Rellenos Sanitarios



**Centrales
Hidroeléctricas**



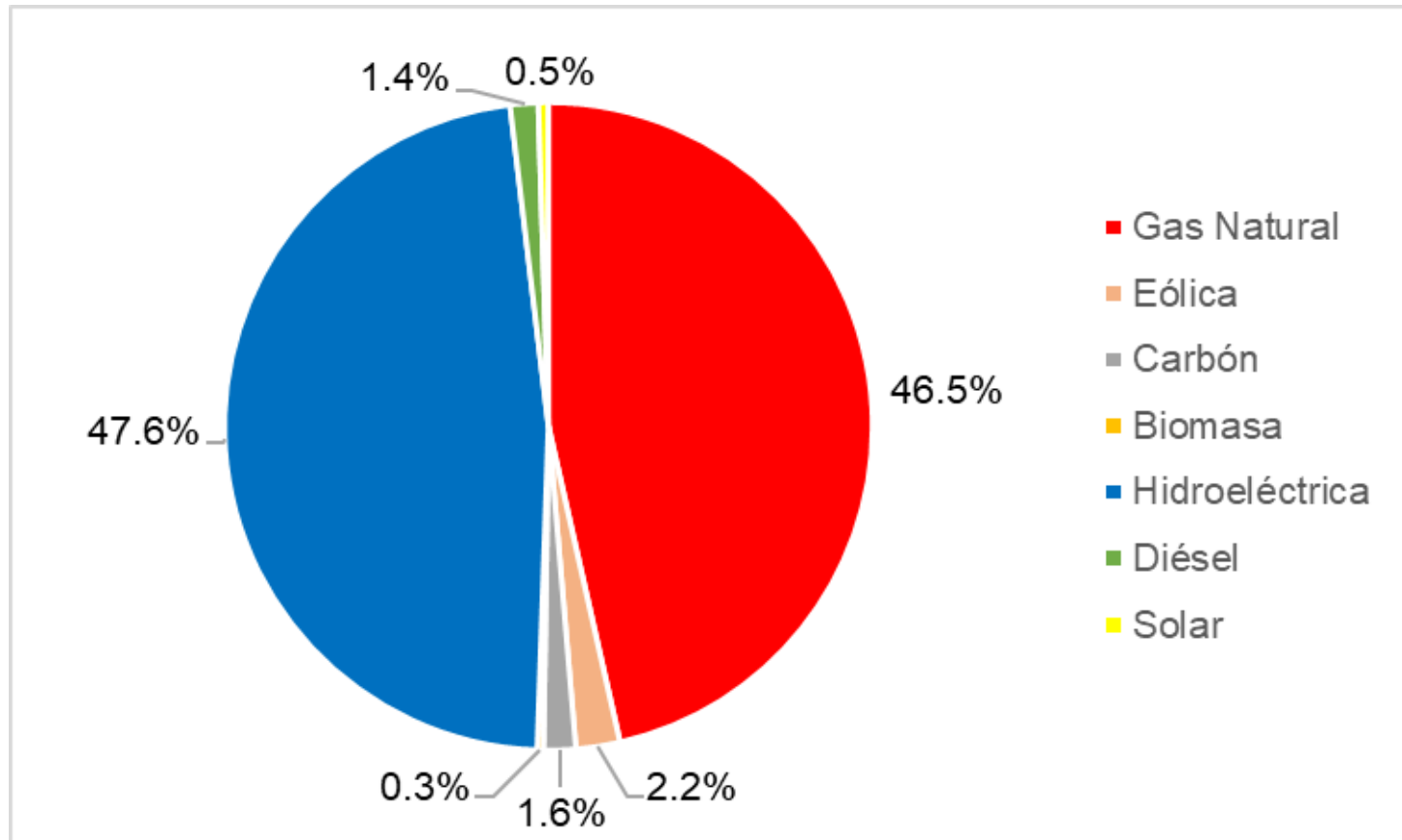
Productos de Refinería



PUCP

Sector: Centrales Hidroeléctricas

Matriz energética peruana año 2016



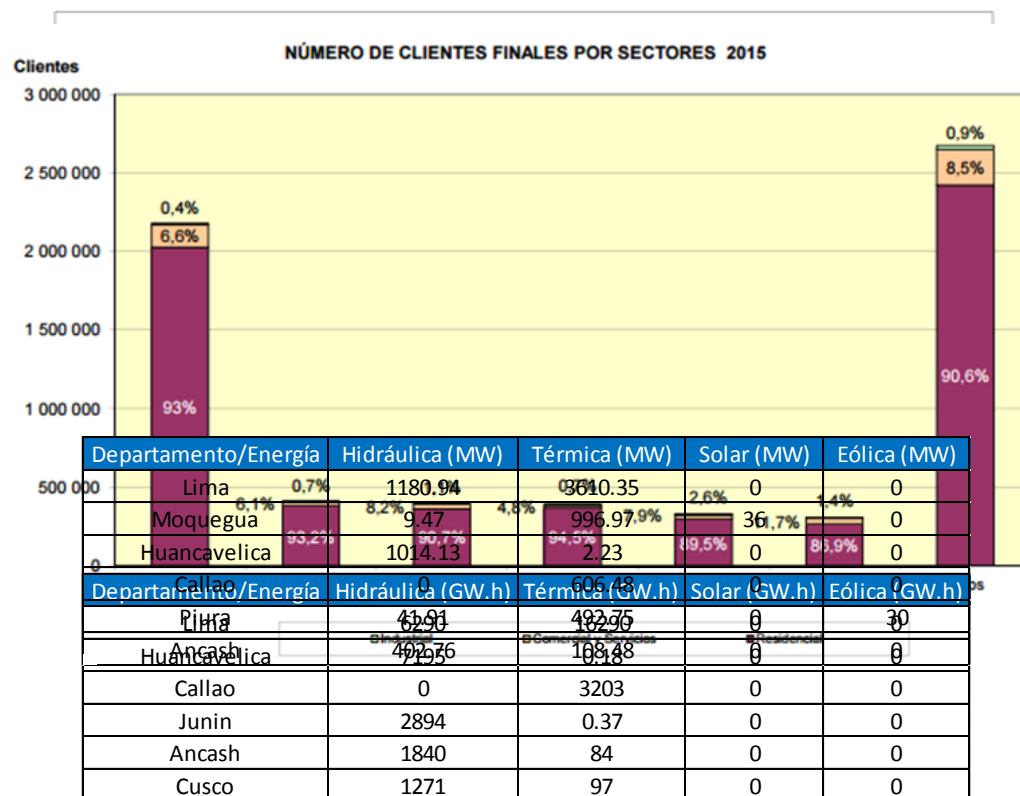
Producción eléctrica total
año 2016: 48,326 GWh



PUCP

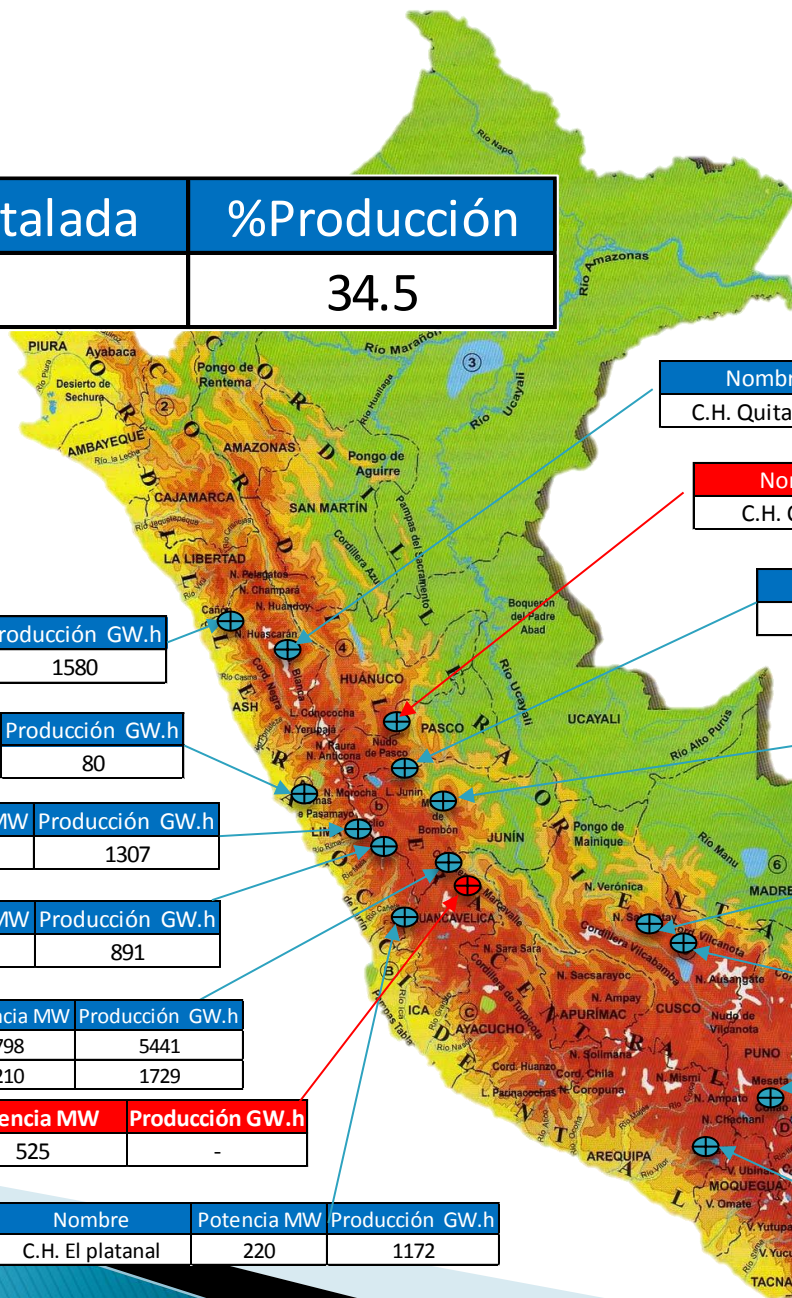
Sector energético en el Perú año 2015

Indicadores eléctricos	2014	2015
Potencia instalada de centrales eléctricas a nivel nacional MW	11 203	12 189
Hidráulica (%)	33	34
Térmica (%)	65	63
Solar (%)	1	1
Eólica (%)	1	2
Potencia efectiva de centrales eléctricas a nivel nacional MW	10269	11230
Hidráulica (%)	34	36
Térmica (%)	63	61
Solar (%)	0.8	0.8
Eólica (%)	1.4	2
Producción de energía eléctrica a nivel nacional (GW.h)	45550	48270
Hidráulica (%)	49	49
Térmica (%)	50	49
Solar (%)	0.4	0.5
Eólica (%)	0.6	1.2



Ubicación de las principales Centrales Hidroeléctricas

%Potencia Instalada	%Producción
24.4	34.5



Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Quitaracsa	115	88

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Chaglla	406	-

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Yuncan	130	901

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Cañon del Pato	247	1580

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Cheves	172	80

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Huinco	258	1307

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Matucana	120	891

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Santiago Nunez de Mayolo	798	5441
C.H. Restitución	210	1729

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Cerro del Águila	525	-

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. El platanal	220	1172

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Chimay	143	888

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Machu Picchu	189	985

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Santa Teresa	100	245

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. San Gaban II	114	797

Nombre	Potencia MW	Producción GW.h
C.H. Charcani V	145	538

¿Qué es el Análisis de Ciclo de Vida?



Análisis de Ciclo de Vida

CONVENCIONAL

INSUMOS



Producto Final

PENSAMIENTO DE CICLO DE VIDA

Basura

Beneficio

INSUMOS



Residuos



Uso

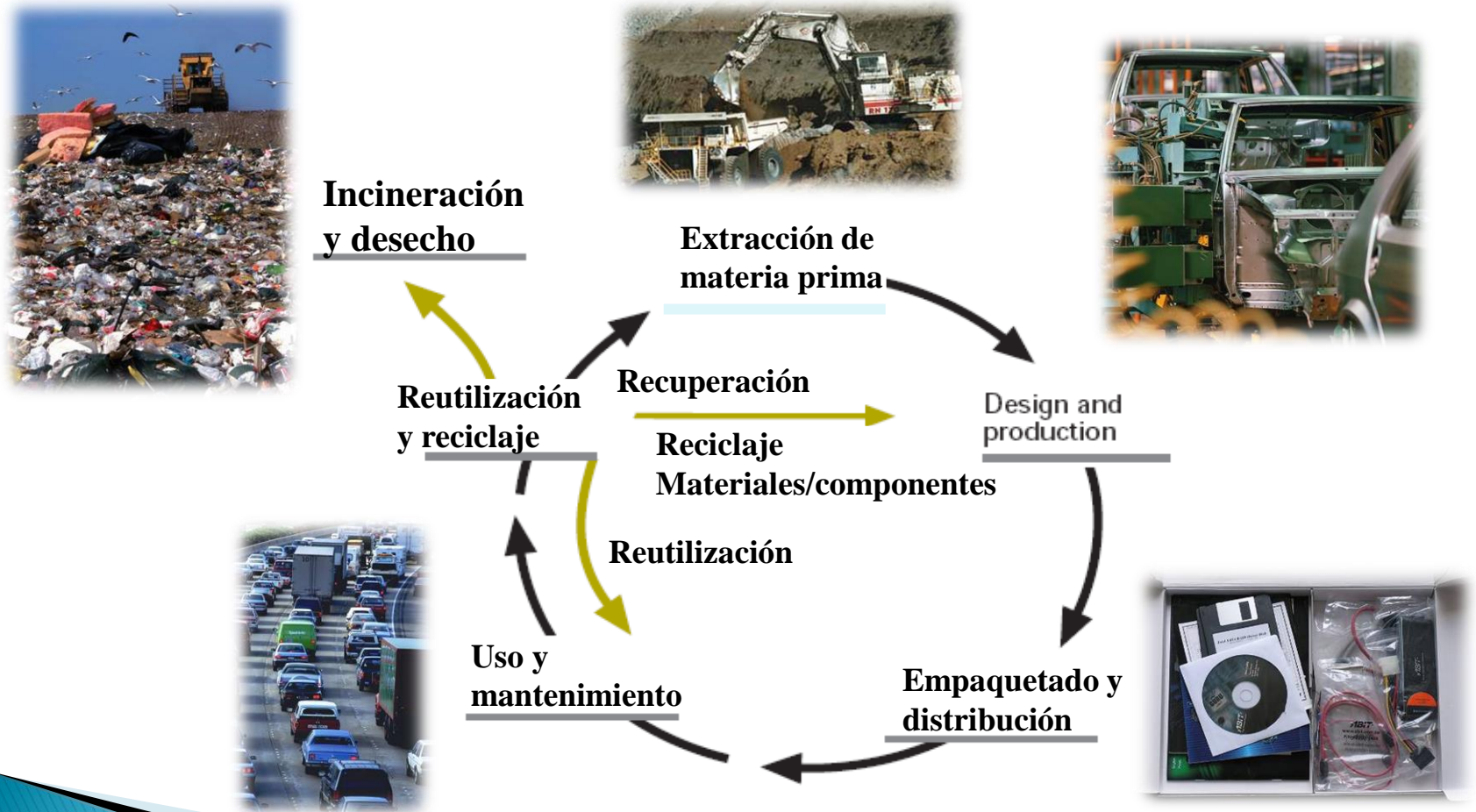


Producto

Final



Ciclo de Vida



Análisis de Ciclo de Vida

Herramienta estandarizada internacionalmente que se usa para la evaluación de aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con productos, bienes o servicios (ISO 14040, 2006).

Cuatro etapas principales:



ISO 14040, 2006. Environmental management: Life cycle assessment: Principles and framework. International organisation for standardisation, Geneva, Switzerland.

Objetivos y Alcance

» FASE I

Objetivos



Objetivo principal:

El presente estudio se enfoca en la elaboración y validación de Inventarios de Ciclo de Vida para centrales hidroeléctricas en el Perú.

Objetivos específicos:

- Estructurar el Inventario de Ciclo de Vida de una central hidroeléctrica en la cordillera peruana.
- Evaluar los impactos ambientales de una central hidroeléctrica.

Unidad Funcional

Los resultados se expresaron en función de 1 kWh de energía eléctrica transmitida al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

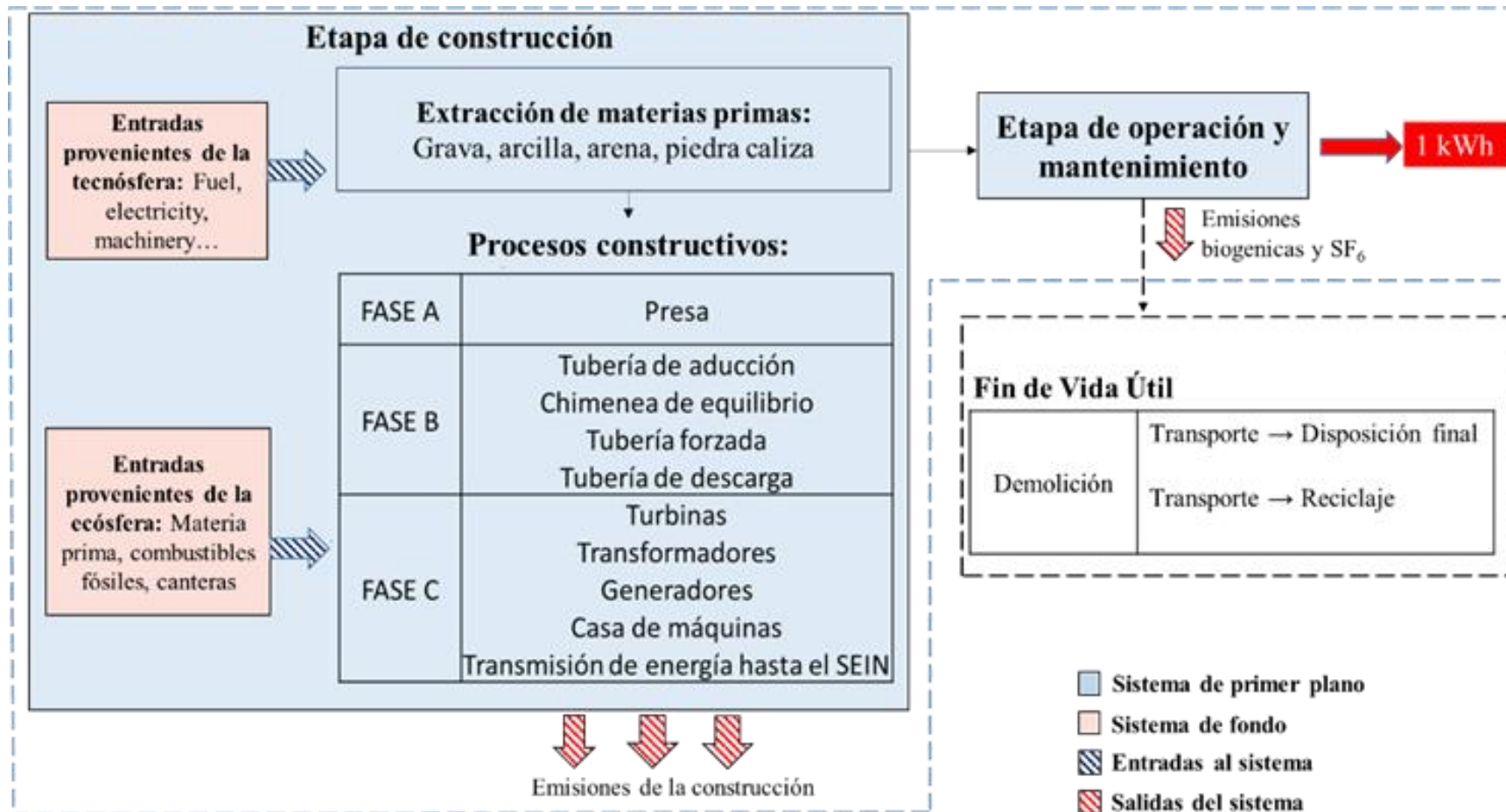


Sub estación Huacho (CH Cheves)



Sub estación Chilca (CH El Platanal)

Límites del sistema



Central Hidroeléctrica Cheves



- **Potencia Instalada :** 178 MW
- **Ubicación:** Provincia de Huaura y Oyón, Lima.
- **Energía promedio anual:** 426 GWh
- **Turbinas:** 2 tipo Pelton de Eje vertical
- **Tipo de casa de máquinas:** en caverna



- **Salto bruto:** 600m
- **Caudal nominal:** 33 m³/s
- **Tipo de Central:** Hidráulica de embalse
- **Inicio de Operaciones:** Setiembre 2015

Central Hidroeléctrica El Platanal



- **Potencia Instalada :** 220 MW
- **Ubicación:** Provincia de Cañete, Lima.
- **Energía promedio anual:** 908 GWh
- **Turbinas:** 2 tipo Pelton de Eje vertical
- **Tipo de casa de máquinas:** en caverna



- **Salto bruto:** 630m
- **Caudal nominal:** 41 m³/s
- **Tipo de Central:** Hidráulica de embalse
- **Inicio de Operaciones:** Abril 2010

Mini Centrales Hidroeléctricas



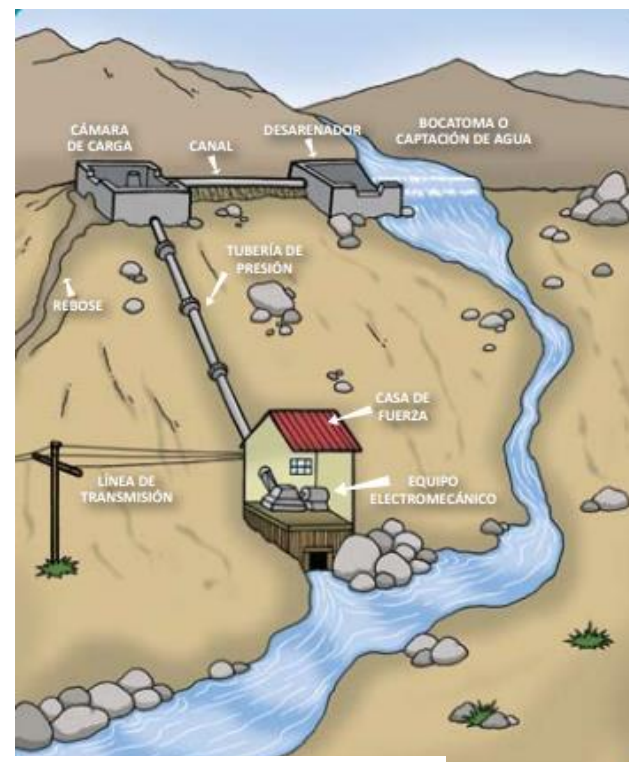
PUCP

¿Qué son?

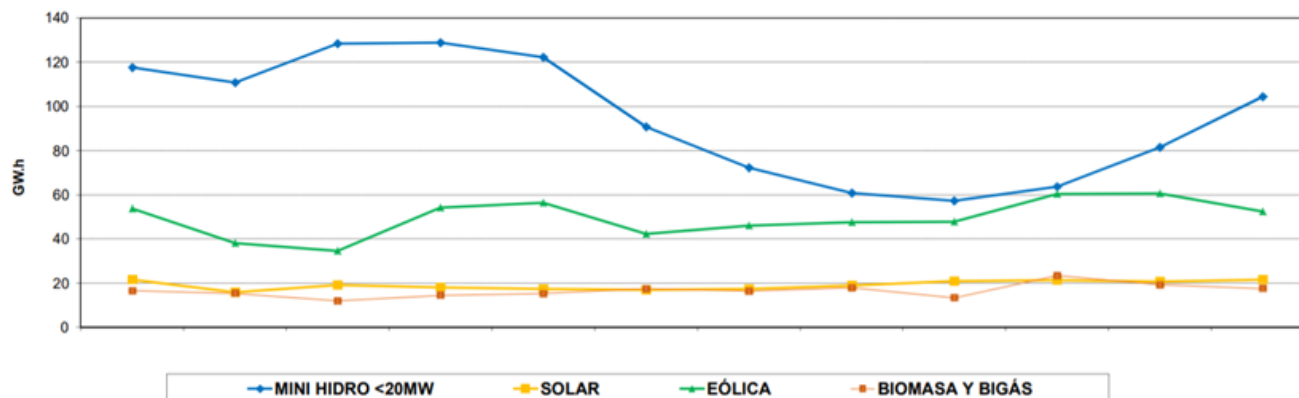
Centrales hidroeléctricas pequeñas para alimentar a comunidades rurales alejadas de la red nacional de energía (SEIN)

Clasificación:

- Picocentrales hidroeléctricas: hasta 5 kW
- Microcentrales hidroeléctricas: 5 a 100 kW
- Minicentrales hidroeléctricas: 100 a 2000 kW



PRODUCCIÓN MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA
ORIGEN - RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES (RER*)



Minicentral Hidroeléctrica Marañón



- **Potencia Instalada :** 18.4 MW
- **Ubicación:** Provincia de Huamalíes, Huánuco.
- **Energía promedio anual:** 147.3 GWh
- **Turbinas:** 3 tipo Francis de eje horizontal
- **Tipo de casa de máquinas:** en superficie
- **Salto bruto:** 83.5m
- **Caudal nominal:** 26 m³/s
- **Tipo de Central:** Hidráulica de Pasada
- **Inicio de Operaciones:** 2017



Recolección de Datos e Inventario de Ciclo de Vida

» FASE II

Recolección de datos

Central Hidroeléctrica Cheves



Casa de Máquinas



Reservorio de compensación Picunche.



Visita Presa Checras.

Visita de Obra

Cuestionario
Provisional

Recolección de datos

Información Secundaria



```
graph LR; A[Información Secundaria] --> B[Libros, revistas locales, aplicaciones de geolocalización, artículos científicos.]; A --> C[Base de datos Ecoinvent® versión 3.3.]; A --> D[Método de cuantificación de emisiones propuesto por Hertwich.];
```

Libros, revistas locales, aplicaciones de geolocalización, artículos científicos.

Base de datos Ecoinvent® versión 3.3.

Método de cuantificación de emisiones propuesto por Hertwich.

- ▶ Los inventarios de ciclo de vida son flujos de entradas y salidas.
- ▶ ¡No se puede modelar todo! → Necesidad de recurrir a bases de datos con información secundaria.
- ▶ Principal base de datos en ACV → ecoinvent® (Suiza).
- ▶ Esfuerzos por autoridades nacionales por desarrollar sus propios inventarios.



Suposiciones y limitaciones



- ▶ Cantidad de acero por unidad de volumen de concreto. [CH Cheves](#)
- ▶ Maquinaria empleada en los procesos constructivos de acuerdo a construcciones anteriores. [CH Cheves](#) y [CH el Platanal](#)
- ▶ Rendimientos de perforación de roca en túneles. [CH Cheves](#) y [CH El Platanal](#)
- ▶ Se asumió un transporte de materias primas de acero y cemento proveniente de ACEROS AREQUIPA y CEMENTOS UNACEM. [CH Cheves](#) y [El Platanal](#)

Análisis de Sensibilidad

Análisis de Sensibilidad

A1	Modificación en la generación anual de las CCHH, producto de la desglaciación en un 50% (A1) y 100% (A2) de la superficie de los glaciares naturales que aportan agua a los reservorios regulatorios.
A2	
B1	Modificación del tiempo de vida útil de las CCHH apliándolo en 100 años (B1) y 120 años (B2) de vida útil del proyecto.
B2	

Inventario de Ciclo de Vida

CH Cheves

Toma
Huaura

Presa
Checras

Reservorio
Picunche

Sistema de
túneles

Casa de
máquinas

Línea de
transmisión

Emisiones Biogénicas

①

Recolección de datos

- Región geográfica: (e.g., Costa, Andes peruanos, Cuenca amazónica...).
- Características geográficas: (e.g, altitud, clima, ríos influenciados).
- Periodo de tiempo: (i.e., año).

②

Localización y cuantificación de la producción de la producción de NPP por reservorio

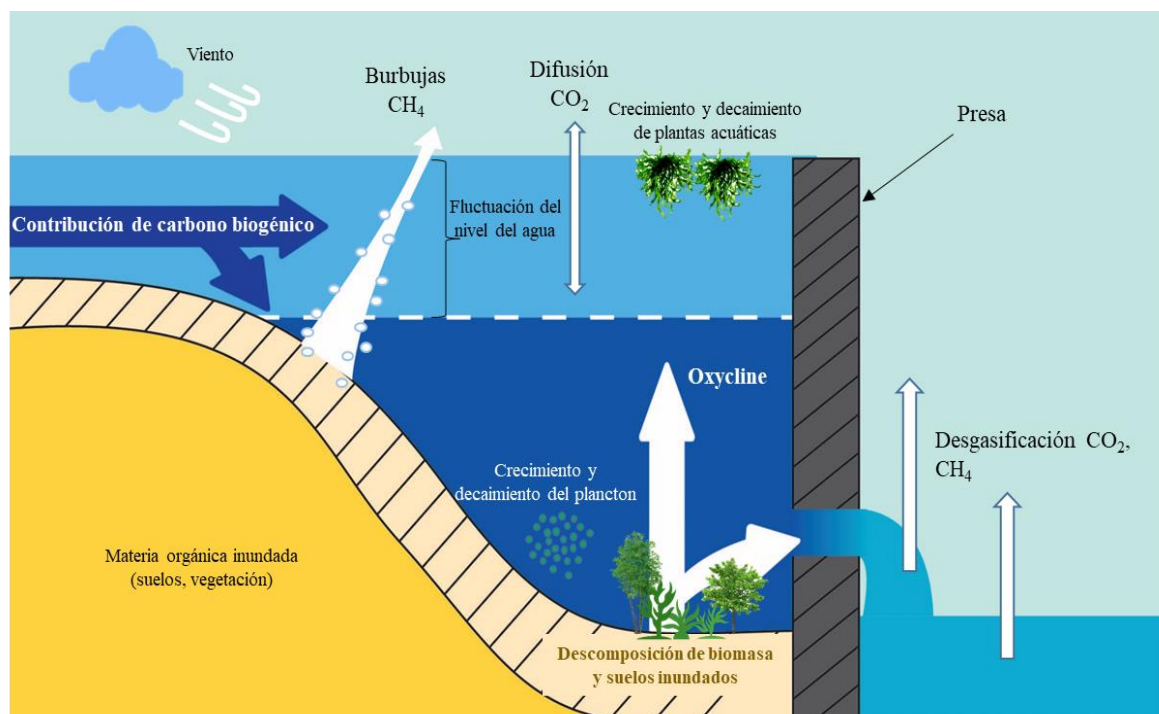
Central Hidroeléctrica NPP (g C/m²año)

H1	Toma de agua	255.71
H1	Presa	265.4
H1	Reservorio	135.4
H2	Presa	315.1
H2	Reservorio	226.5
H3	Presa	537.2

NPP=Producción Primaria Neta

③

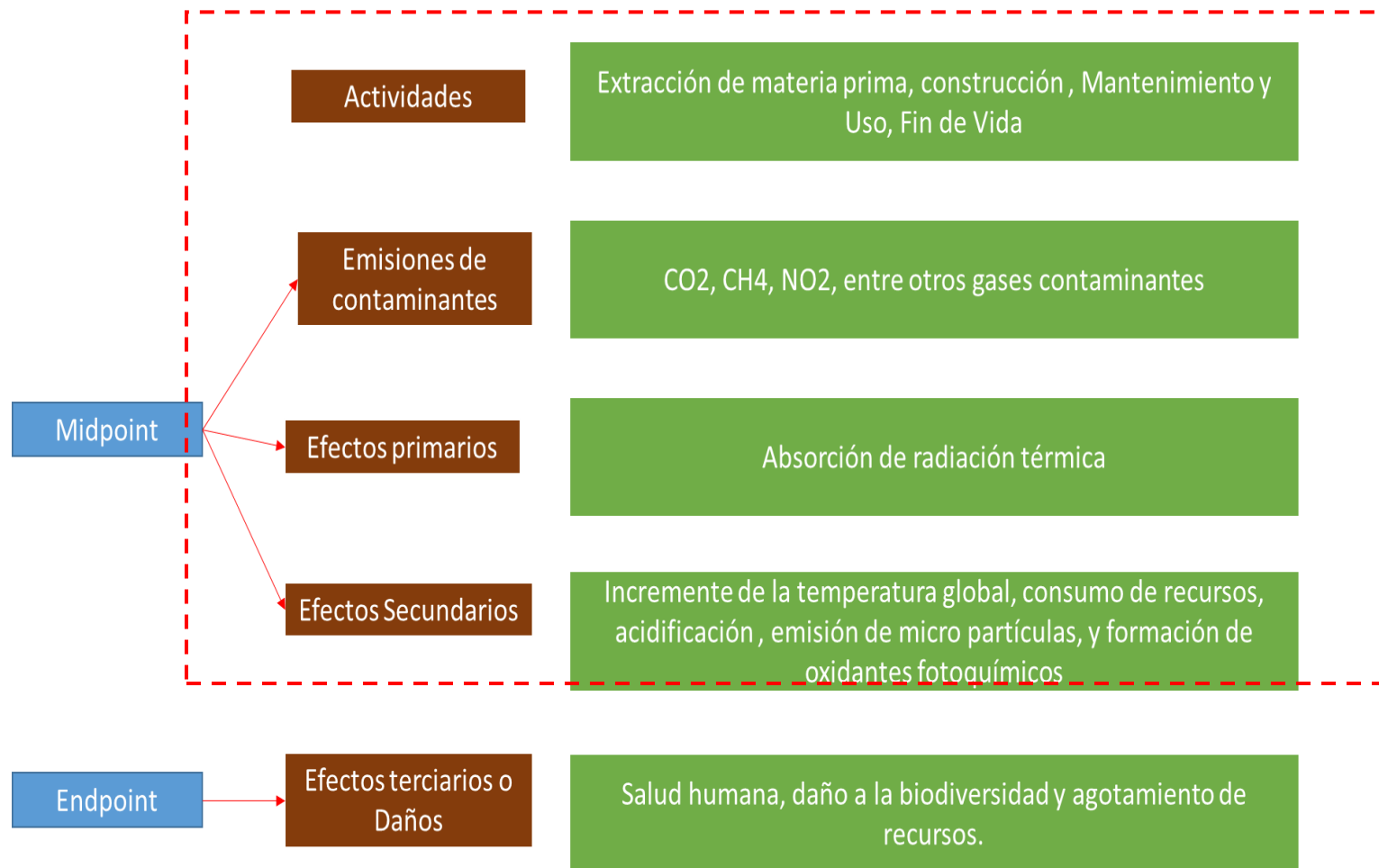
Aplicación del método Hertwich (2013)



Inventario Ciclo de Vida para un kWh en el año 2016

Generación Eléctrica Central Hidroeléctrica Cheves año 2016 para un kWh		
Materiales/Combustibles	Unidad	Cantidad
Concreto	cm ³	3.03
Diesel en la maquinaria	g	0.0175
Transporte	kg*km	0.666
Explosivos	g	0.0166
Acero de refuerzo	g	0.123
Línea de transmisión	g	0.087
Generador	Pieza	7.73E-11
Transformador	Pieza	1.03E-10
Turbina Pelton	Pieza	1.03E-10

Métodos de análisis



Métodos de análisis



PUCP

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON
climate change



ReCiPe



SimaPro

Método EICV	Categoría de Impacto	Unidad
ReCiPe midpoint (excluyendo eco- toxicidad marina)	Cambio climático	kg CO ₂ eq
	Agotamiento de ozono	kg CFC-11 eq
	Acidificación terrestre	kg SO ₂ eq
	Eutrofización de aguas continentales	kg P eq
	Eutrofización marina	kg N eq
	Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq
	Formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC
	Formación de partículas	kg PM ₁₀ eq
	Eco-toxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq
	Eco-toxicidad de aguas continentales	kg 1,4-DB eq
	Eco-toxicidad marina	kg 1,4-DB eq
	Radiación ionizante	kg U235 eq
	Ocupación de suelo agrícola	m ² a
	Ocupación de suelo urbano	m ² a
	Transformación de suelo natural	m ²
	Agotamiento de agua	m ³
	Agotamiento de metals	kg Fe eq
	Agotamiento de combustibles fósiles	kg oil eq
ReCiPe endpoint	Salud Humana	Pt (DALY)
	Ecosistemas	Pt (species.yr)
	Recursos	Pt (\$)
	Valor final agregado	Pt

Gases de Efecto Invernadero – Huella de Carbono

- ▶ Se miden las emisiones por un período de residencia en la atmósfera de 100 años.
- ▶ Los resultados se reportan en CO₂ equivalente.
- ▶ Por ejemplo:
 - CO₂ (GWP = 1)
 - Metano (GWP = 25)
 - Óxido Nitroso (GWP = 298)
 - Hidrofluorocarbonos (GWP = 124 – 14,800)
 - Perfluorohidrocarbonos (GWP = 7,500 – 17,200)
 - Hexafloruro de azufre (GWP = 22,800)

Categorías de impacto



PUCP

Cambio Climático

Material particulado

Agotamiento de ozono estratosférico

Smog fotoquímico

Toxicidad humana

Acidificación terrestre

Uso de suelo

Eco-toxicidad terrestre

Eco-toxicidad de agua dulce

Eco-toxicidad de agua marina

Eutrofización

Consumo de agua

Software de Cálculo

- ▶ **SimaPro (Holanda) es el software más usado en el ámbito académico.**



- ▶ GaBi (Alemania) es muy usado en el sector industrial.
- ▶ Incremento en el uso de software libre (OpenLCA).

La Familia del ACV – Las Huellas Ambientales

A faint, stylized background graphic showing a family silhouette (two adults and a child) with several footprints trailing behind them, suggesting movement or a path.

Huella de Carbono –
ISO 14067

Huella Hídrica –
ISO 14046

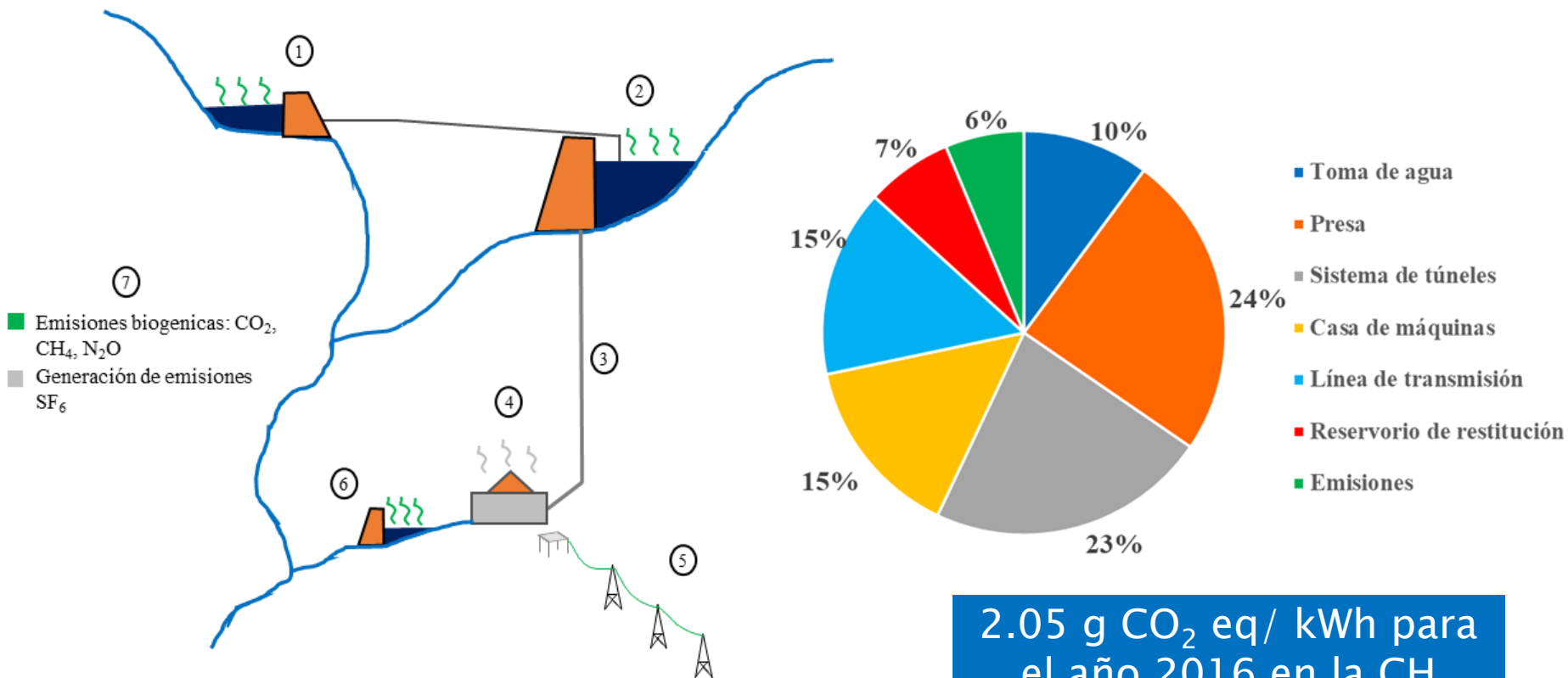
Eco-eficiencia –
ISO 14045

Resultados del ACV

» FASE III

Resultados IPCC

Generación eléctrica central hidroeléctrica Cheves año 2016 para un kWh

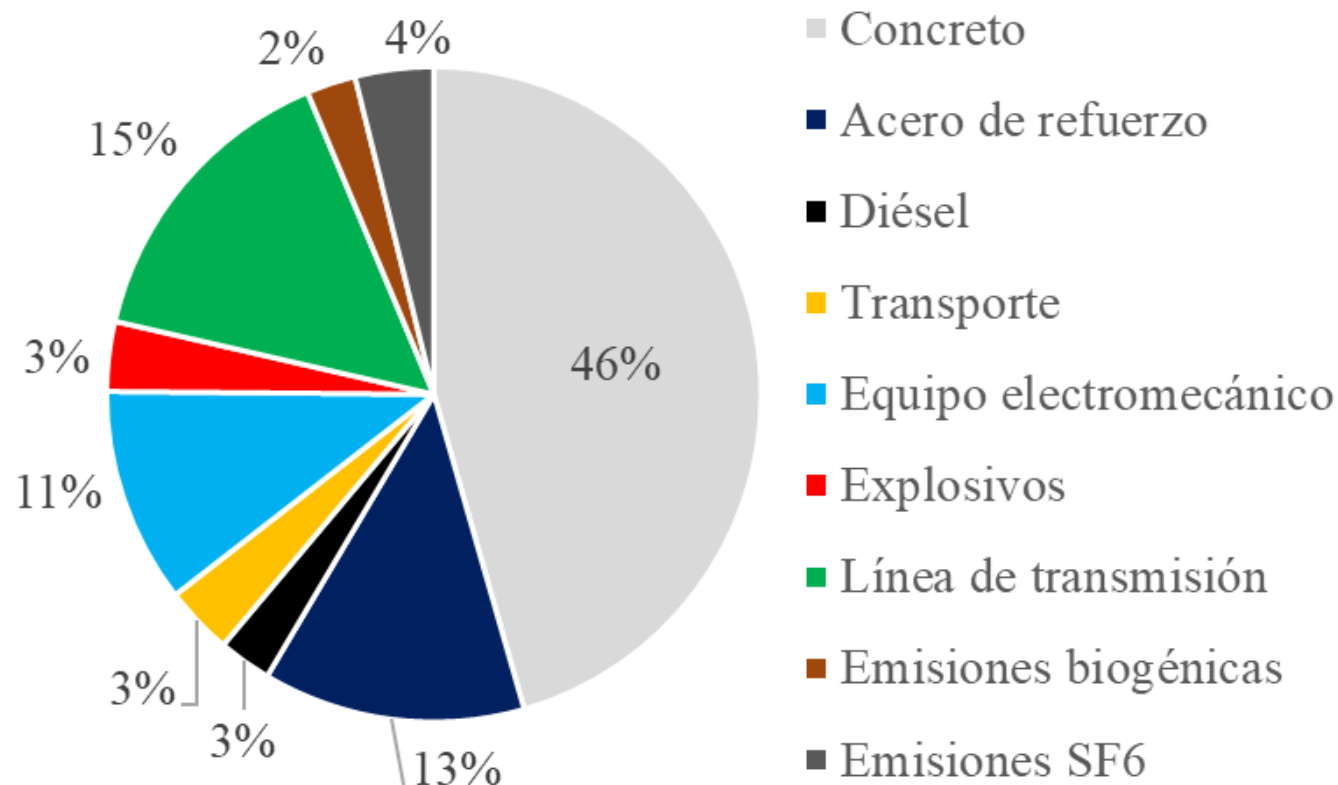


2.05 g CO₂ eq/ kWh para
el año 2016 en la CH
Cheves

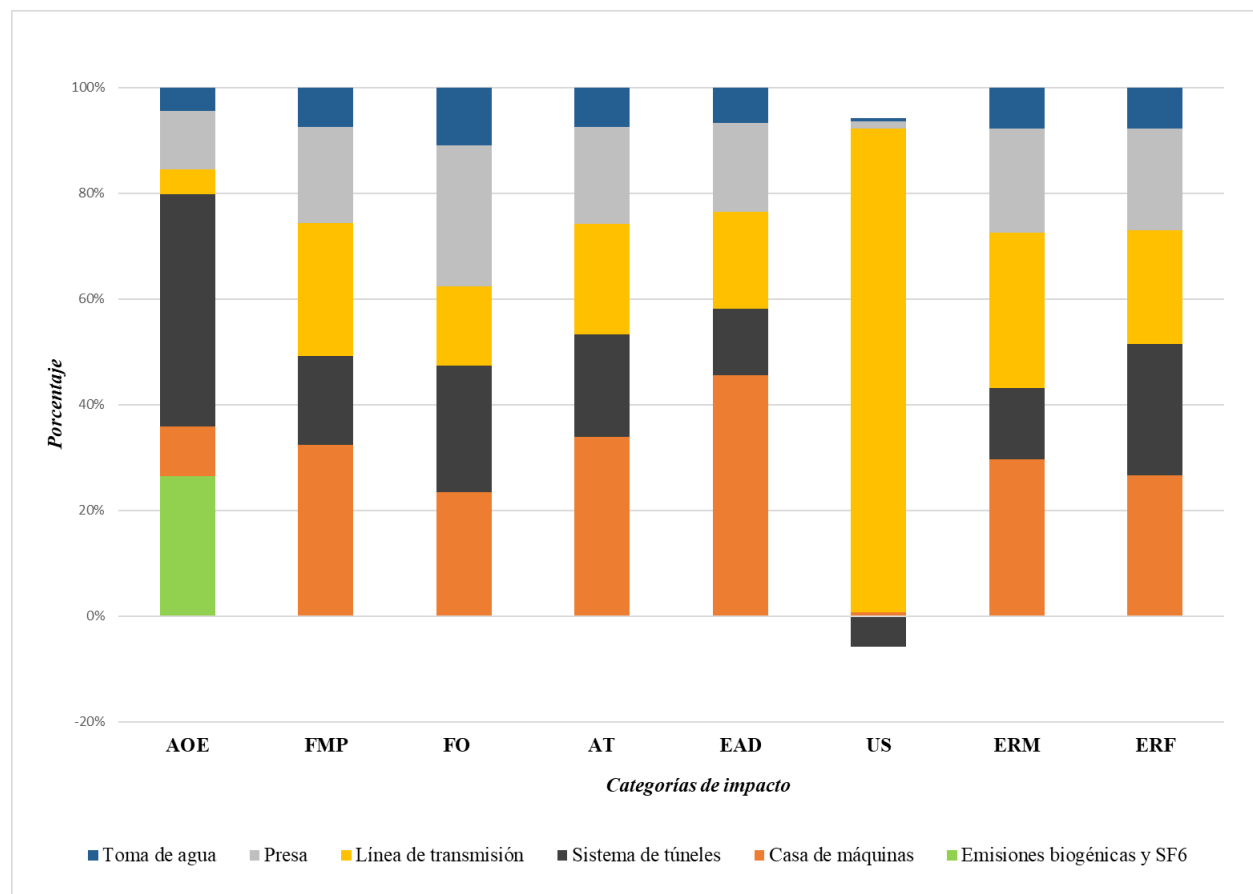
Resultados IPCC: Generación eléctrica central hidroeléctrica Cheves año 2016 para un kWh



PUCP



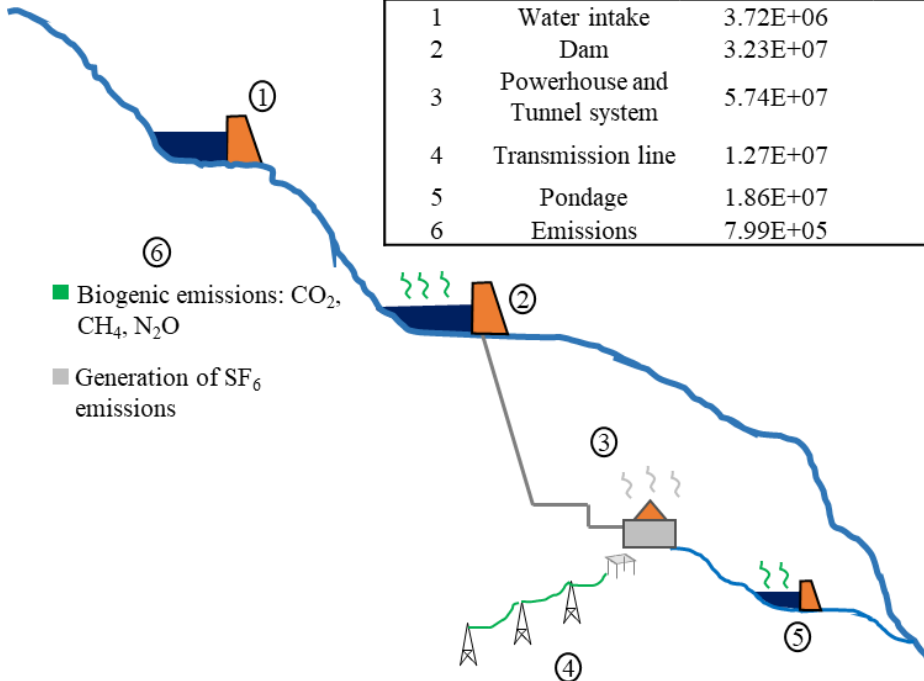
Resultados ReCiPe: Central Hidroeléctrica Cheves



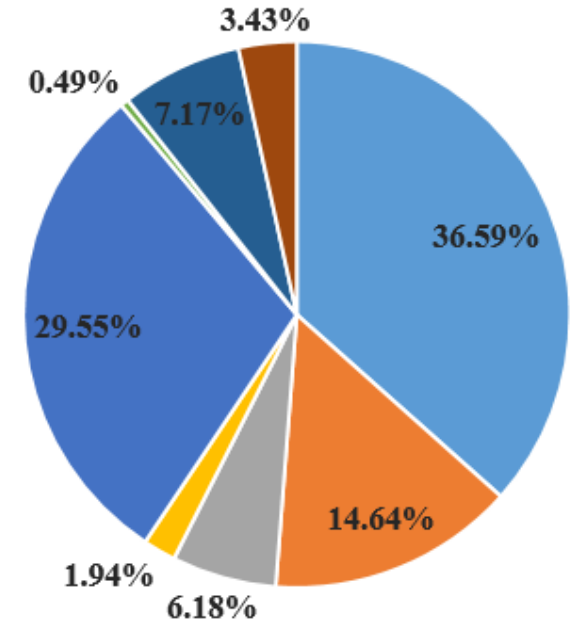
AOE: Agotamiento de ozono estratosférico
FMP: Formación de material particulado.
FO: Formación de ozono.
AT: Acidificación terrestre.
EAD: Eutrofización de agua dulce.
US: Uso de suelo
ERM: Escasez de recursos minerales.
ERF: Escasez de recursos fósiles

Resultados IPCC: Central Hidroeléctrica El Platanal

Number	Element	Total emissions (kg CO ₂ eq)	kg CO ₂ eq/kWh	Percentage
1	Water intake	3.72E+06	6.78E-05	2.8
2	Dam	3.23E+07	5.90E-04	24.35
3	Powerhouse and Tunnel system	5.74E+07	1.05E-03	43.24
4	Transmission line	1.27E+07	2.32E-04	9.57
5	Pondage	1.86E+07	3.39E-04	14.01
6	Emissions	7.99E+05	1.46E-04	6.03



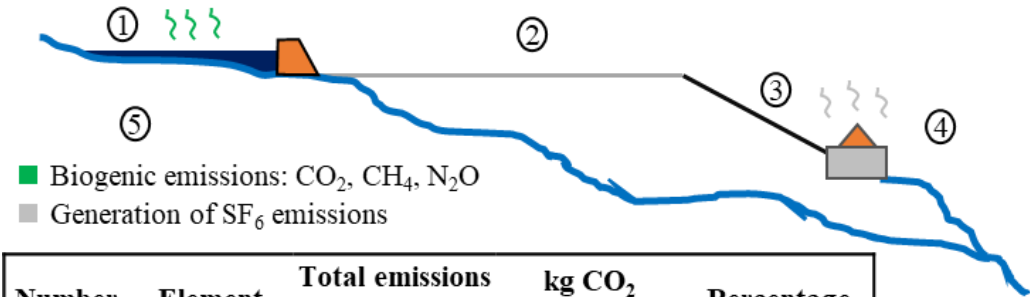
2.33 g CO₂ eq/ kWh para el año 2016 en la CH El Platanal



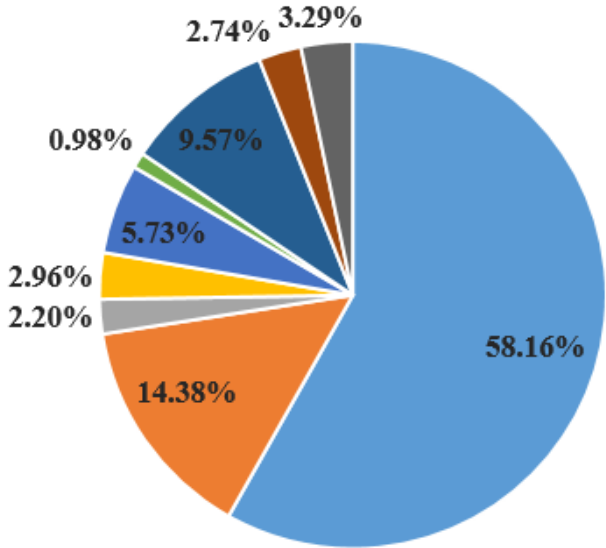
- Concreto
- Acero de refuerzo
- Maquinaria
- Transporte
- Equipo electromecánico
- Explosivos
- Emisiones biogenicas
- Sf6

Resultados IPCC: Minicentral Hidroeléctrica Marañón

H2



Number	Element	Total emissions (kg CO ₂ eq)	kg CO ₂ eq/kWh	Percentage
1	Dam	2.57E+06	3.48E-04	14.97
2	Channel	3.96E+06	5.37E-04	23.07
3	Penstock	9.16E+05	1.24E-04	5.34
4	Powerhouse	7.89E+06	1.07E-03	46.01
5	Emissions	1.82E+06	2.47E-04	10.61



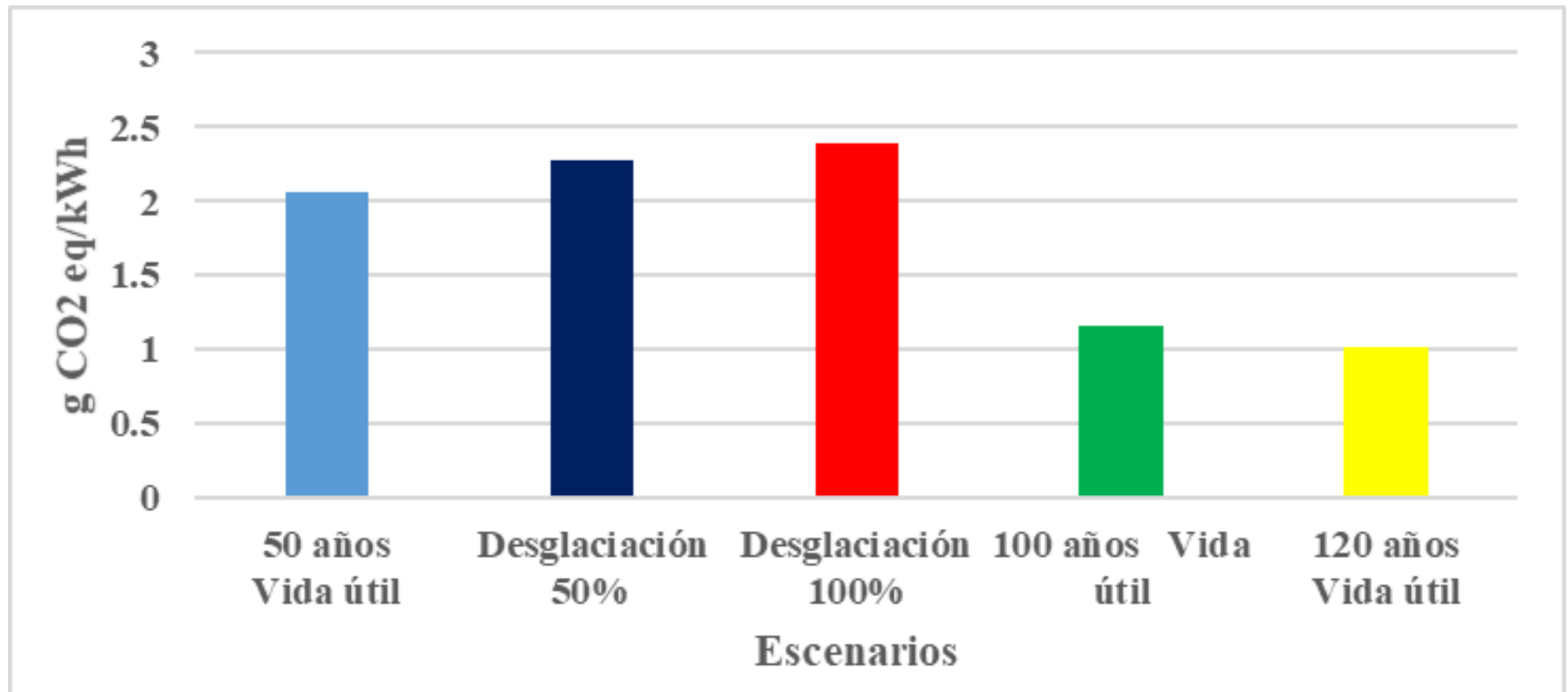
- Concreto
- Acero de refuerzo
- Maquinaria
- Transporte
- Equipo electromecánico
- Explosivos
- Emisiones biogenicas
- Sf6

2.43 g CO₂ eq/ kWh para el año 2016 en la Minicentral Hidroeléctrica Marañón

Interpretación de los Resultados

» FASE IV

Análisis de Sensibilidad



Equivalencias



PUCP

Para 1 MWh de electricidad generada en una central hidroeléctrica



45 horas de una bombilla de 20 MW encendida



0.05 m² de selva amazónica deforestada



1 km de recorrido en auto diésel

Gas Natural



Si se compara con 1 MWh generado con gas natural, el ahorro de emisiones de GEI equivaldría a tener 4,500 bombillas de 20W encendidas durante 24 horas.

Si se compara con 1 MWh generado con gas natural, el ahorro de emisiones de GEI equivaldría a 11 m² de selva amazónica deforestada

Si se compara con 1 MWh generado con gas natural, el ahorro de emisiones de GEI equivaldría a 235 km de recorrido en auto

Resultados en la literatura

Referencia	Ubicación Geográfica	Unidad Funcional	Características (capacidad; vida útil; tipo)	Cambio Climático
Verán-Leigh & Vazquez-Rowe	Cañete, Lima, Perú	1 kWh	El Platanal (220 MW; 50 años, run-of-river)	2.42 g CO ₂ eq/kWh
Verán-Leigh & Vazquez-Rowe	Huaura, Lima, Perú	kWh	Cheves (178; 50 años, run-of-river)	2.05 g CO ₂ eq/kWh
Verán-Leigh & Vazquez-Rowe	Huánuco, Perú	1 kWh	Mini central Marañón (18.4 MW; 50 años, run-of-river)	2.33 g CO ₂ eq/kWh
de Miranda Ribeiro, F., & Da Silva, G. A. (2010). [22]	Brasil	1 MWh	Itaipu (12,600 MW; 100 años, reservorio)	5.19 g CO ₂ eq/kWh
Suwanit et al., 2011 [23]	Tailandia	1 Mwh	Nam Man 5.1 MW; 50 años; run-of-river Nam San 3.1 MW; 50 años; run-of-river Mac Pai 1.250 MW; 50 años; run-of-river Mac Thoei 2.250 MW; 50 años; run-of-river Mac Ya 1.150 MW; 50 años; run-of-river	11.01-23.01 g CO ₂ eq/kWh
Zhang et al., 2015 [21]	China	1 kWh	Nuozhadu Power Station 5850 MW; 33 años; reservorio	8.36-11.11 g CO ₂ eq/kWh

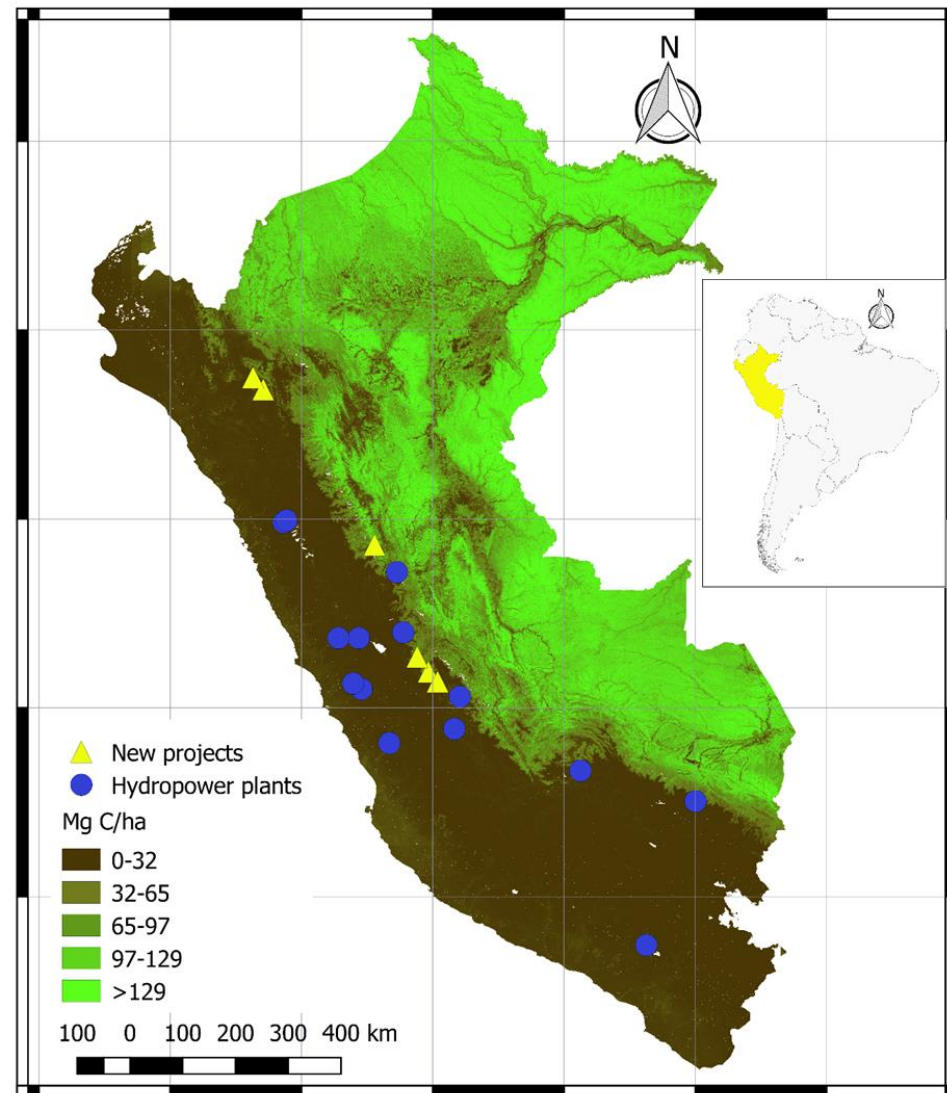
Recomendaciones: políticas públicas

Promover la introducción de cementos adicionados (puzolana o escoria).

Desarrollo y promoción de fuentes energéticas renovables.

Usar información de ACV para complementar estudios de Impacto Ambiental (EIA)

Realizar regulaciones al momento de desarrollar nuevos proyectos energéticos en la selva peruana.



Conclusiones

El concreto es el elemento que más emisiones genera, debido a que es utilizado en gran medida en las presas y túneles.

Las emisiones biogénicas por descomposición de materia orgánica en el embalse (CH_4 , N_2O y CO_2) no influyen de forma significativa (2%), debido a las condiciones áridas de la zona, temperaturas medias y área reducida de los embalses.

Se generan emisiones de GEIs en un rango significativamente menor que otras centrales analizadas en la literatura científica.

Contribución al desarrollo de futuros proyectos energéticos de CCHH y en la toma de decisiones de nuevas políticas, con el fin de reducir las emisiones y mejorar la matriz energética nacional.

Enlace con Base de Datos de Inventarios de Ciclo de Vida



Dos inventarios generados para la base de datos de Perú

- Objetivo: nutrir a la futura Base de Datos Peruana de Ciclo de Vida

ecoinvent®, 2017. EcoEditor. Disponible en:

<http://www.ecoinvent.org/data-provider/data-provider-toolkit/ecoeditor/ecoeditor.html>



Electricidad, alto voltaje, hidroeléctrica convencional, salto de agua, Perú (2016)

electricity-high-voltage-conventional-hydro-run-of-river-pe-2016-2016

↓ Descargar (ZIP, 9.99 Kb)

Electricity, high voltage, small hydro, PE 2017-2017

electricity-high-voltage-small-hydro-pe-2017-2017

↓ Descargar (ZIP, 7.98 Kb)

Activity Description		Modelling and Administrative	Exchanges	Exchange Properties	Parameters	Tasks
Activity		electricity, high voltage, PE 2016				
Activity Name	electricity, high voltage					
Type	UnitProcess					
Special Type	OrdinaryTransformingActivity					
Inheritance Depth	NotAChild					
General Comment						
Included Activities Start	The activities included are the construction of the hydropower plants, the biogenic emissions in the reservoirs, the transmission line up to the substation and the maintenance of the plant.					
Included Activities End	Excluded activities include the transmission line beyond the substation and end of life activities in terms of the demolition of the hydropower plants.					
Synonym						
Tags						
Energy Values	Undefined					
Allocation Comment						
Dataset Icon Url						
Dataset Icon						
Classifications						
System : Value	ISIC rev.4 ecoinvent: 3510:Electric power generation, transmission and distribution					
Geography						
Shortname	PE					
Comment	The two hydropower plants included in the dataset represent business as usual conditions along the Peruvian coast. Data for year 2016.					
Technology						
Technology Level	Current					
Comment	Run-of-river hydropower plants					
TimePeriod						
Start Of Period	01/01/2016					
End of Period	31/12/2016					
Data Valid For Entire Period	<input checked="" type="checkbox"/>					
Comment						
MacroeconomicScenario						
Value	Business-as-Usual					
Comment	This dataset represents the production of hydropower that can be assumed for large plants along the Peruvian coast.					

<div> <div>Activity Description</div> <div>Modelling and Administrative</div> <div>Exchanges</div> <div>Exchange Properties</div> <div>Parameters</div> <div>Tasks</div> </div>											
<div> <div> <div>+</div> Add <div>✗</div> Remove <div>✓</div> Validate </div> <div> Column Layouts: <div>Amount Only</div> <div>Compact</div> <div>Extended</div> <div>Customize Current Column Layout...</div> </div> <div>Reset Columns</div> </div>											
Exchange											
Type	Name	Unit	Compartment	Subcompartment	Link	Product Information	Amount	Variable Name	Mathematical Relation	Comment	Uncertainty
0 - ReferenceProd...	electricity production, hydr...	kWh					1			Production of	Lognormal (Geomet...
4 - ToEnvironment	Dinitrogen monoxide	kg	air	unspecif...			5.1623E-08			Dinitrogen	Lognormal (Geomet... 21
4 - ToEnvironment	Methane, non-fossil	kg	air	unspecif...			3.7982E-08			Methane from	Lognormal (Geomet... 21
4 - ToEnvironment	Carbon dioxide, non-fossil	kg	air	unspecif...			4.4803E-05			Carbon	Lognormal (Geomet... 21
4 - ToEnvironment	Sulfur hexafluoride	kg	air	unspecif...			1.612E-09			Sulfur	Lognormal (Geomet... 21
4 - ToEnvironment	Water	m3	air	unspecif...			0.00249			Evaporation in	<
4 - ToEnvironment	Water	m3	wa...	surface...			0.65962			Amount fo	<
4 - FromEnvironme...	Water, river	m3	na...	in water			0.66447			Water	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	concrete, 30-32MPa	m3					1.1323E-06			Concrete used	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	transport, freight, lorry 16...	metric...					0.00041398			Aggregated	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	concrete, 35MPa	m3					1.7651E-06			Concrete used	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	concrete, 20MPa	m3					4.3991E-07			Concrete used	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	reinforcing steel	kg					0.00014065			Steel used in	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	aluminium around steel bi...	m					0.00037559			Aluminium	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	explosive, tovox	kg					7.9243E-06			The explosive	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	diesel	kg					1.3872E-05			Diesel used by	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	transformer, high voltage...	kg					2.0153E-05			Transformers	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	cast iron	kg					2.5571E-07			This amount	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	transport, freight, sea, tra...	metric...					0.00031166			Transport of	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	aluminium alloy, metal m...	kg					8.2985E-06	AI_MMC		This use of	Lognormal (Geomet... <
5 - FromTechnosp...	chromium	kg					4.8698E-08			This amount	Lognormal (Geomet... <

Análisis de Ciclo de Vida Centrales Hidroeléctricas del Perú **Gracias por su atención**

*Proyecto IKI financiado por la Iniciativa Internacional del Clima
y coordinado por ONU Medio Ambiente.*

*El grupo de investigación agradece al gobierno alemán, por la
contribución económica para poder llevar a cabo de esta
investigación.*

**Ian Vázquez Rowe
Daniel Verán Leigh**

**ian.vazquez@pucp.pe
Daniel.veran@pucp.pe**

Red Peruana Ciclo de Vida
Julio 2018 – Lima