

# LA ECONOMÍA CIRCULAR DEL CARBONO APLICADA A DISTRITOS TÉRMICOS EN RUTA A LA NEUTRALIDAD SOSTENIBLE.

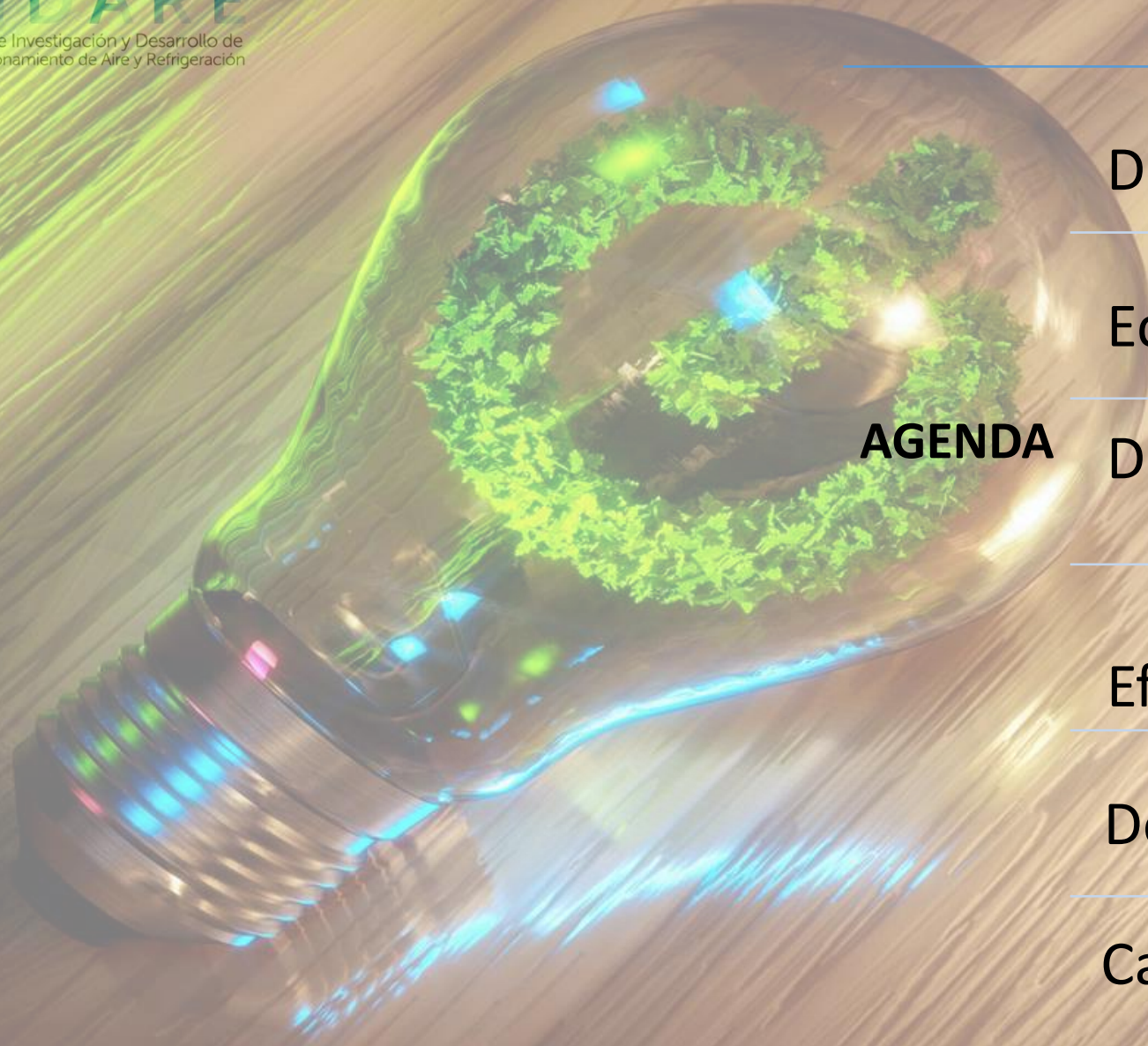
Ing. Marlon Cabrera

## Ing. Marlon Cabrera

**BSME, MSEM, CRL, CEM, CEA**

- Mechanical & Energy Engineer
- Master in Energy Management
- Certified Energy Manager
- Certified Energy Auditor
- Specialized in Cogeneration conceptual design,
- O&M, optimization, Energy Efficiency,
- Thermal energy technologies,
- PPA's,
- Propane Gas Maritime terminal management.





**AGENDA**

---

De la Cuna a la Cuna

---

Economía Circular y Lineal

---

Distritos Energéticos Distribuidos

---

Eficiencia Energética

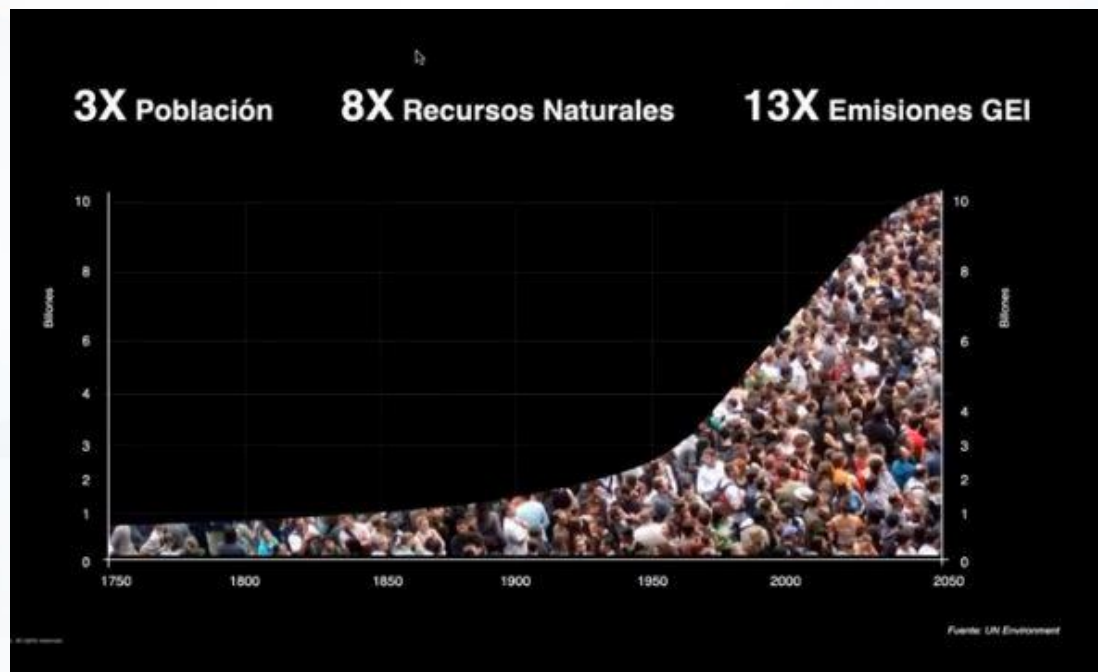
---

Descarbonización

---

Casos de estudio

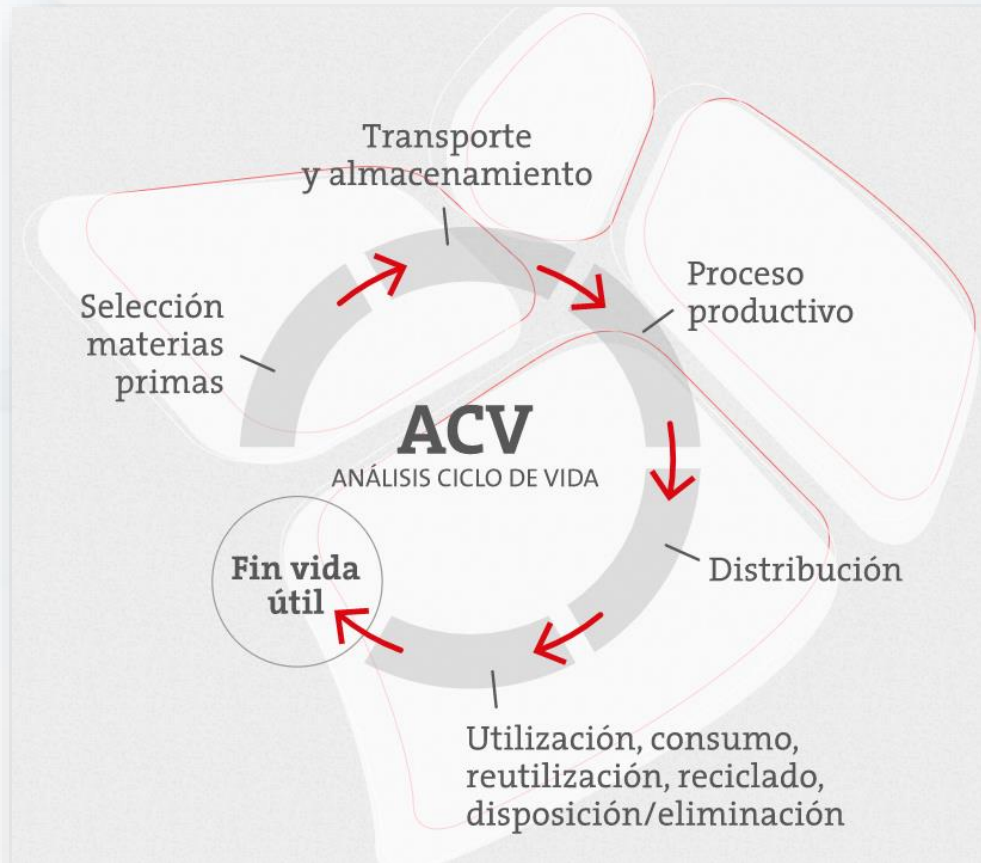
# DE LA CUNA A LA TUMBA



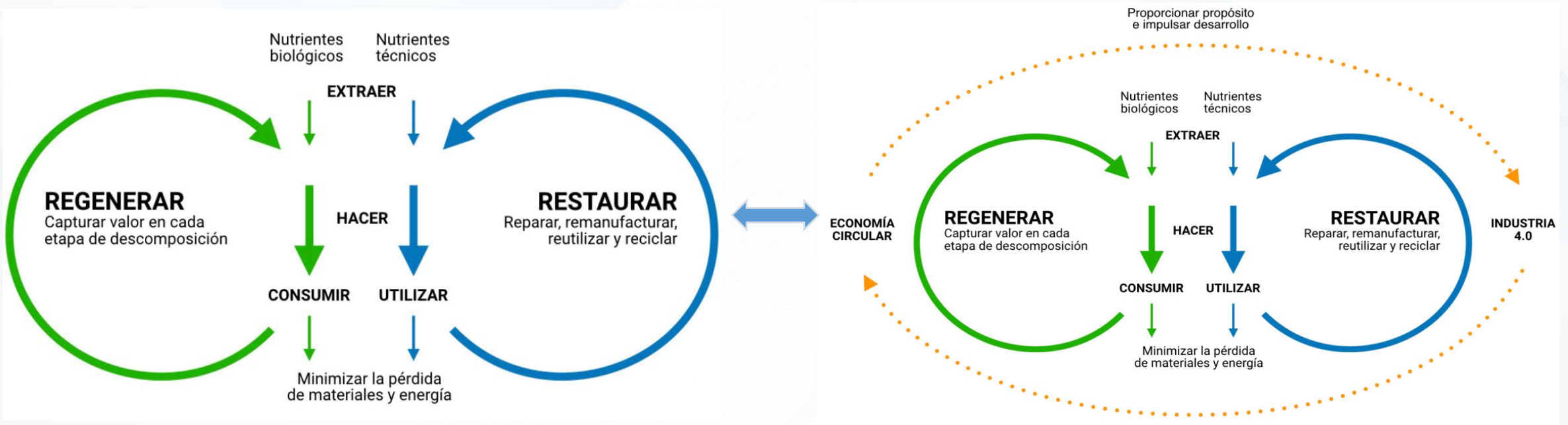
## ECONOMÍA LINEAL



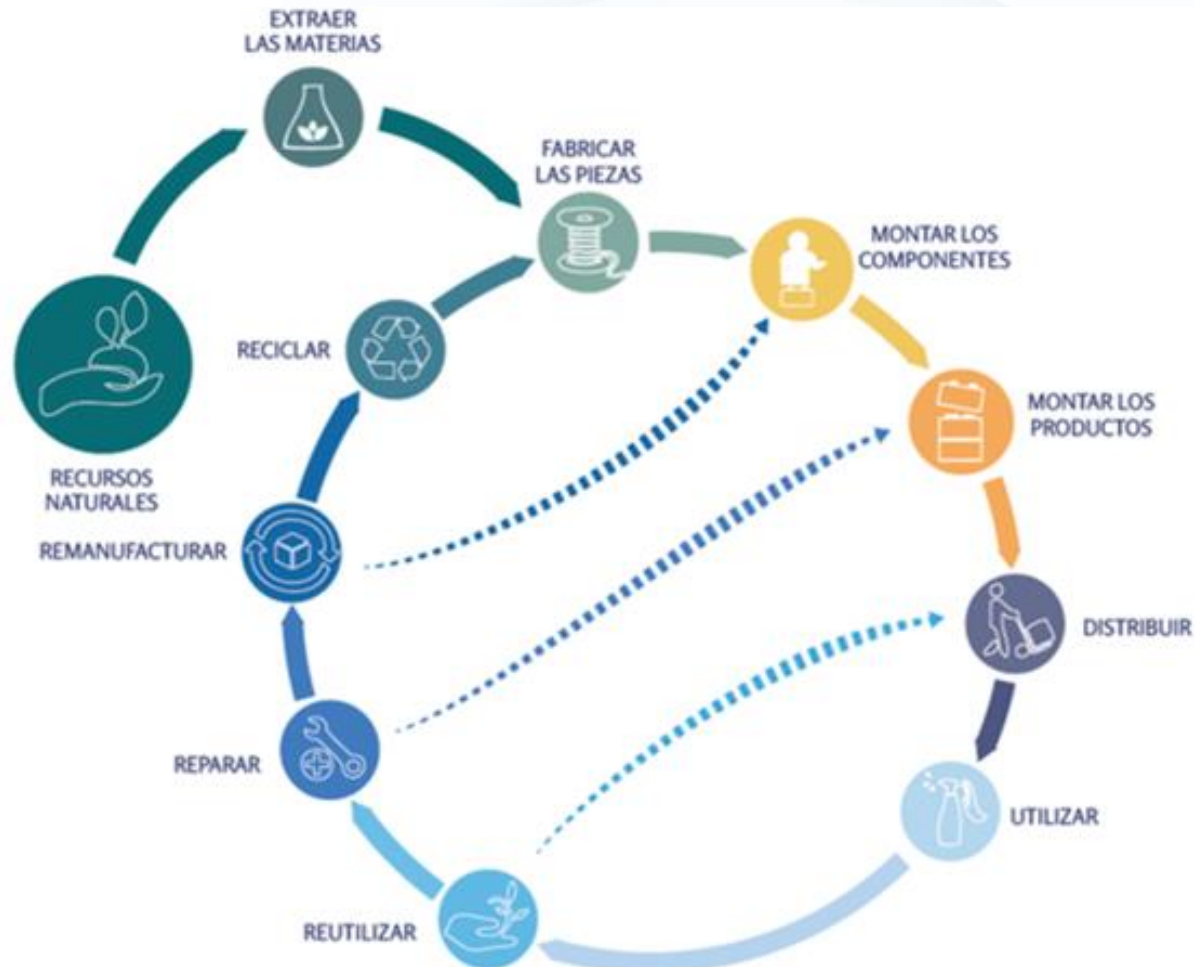
## ANÁLISIS CICLO DE VIDA - ACV



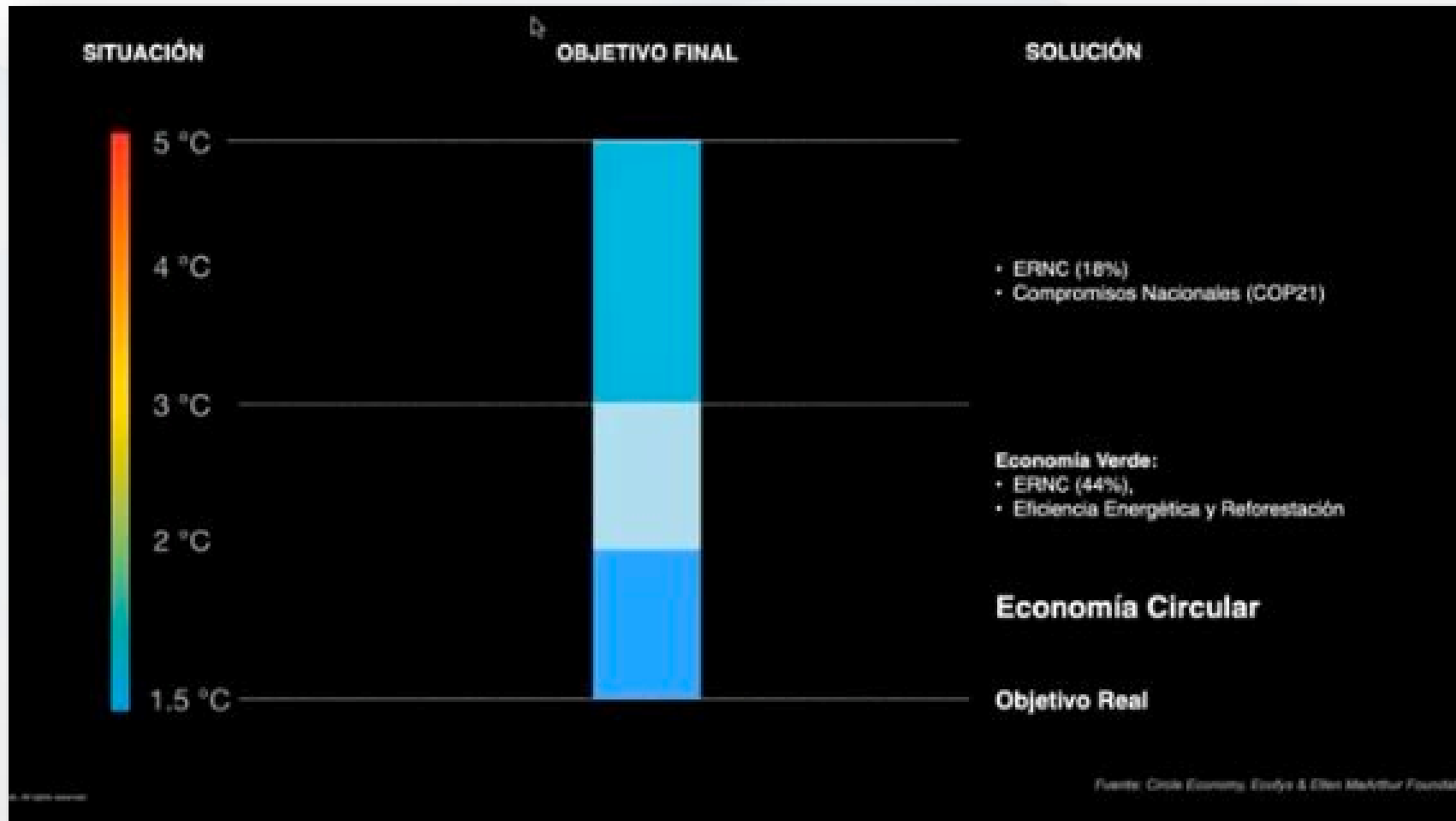
# ECONOMÍA CIRCULAR INDUSTRIA 4.0



## ECONOMÍA CIRCULAR



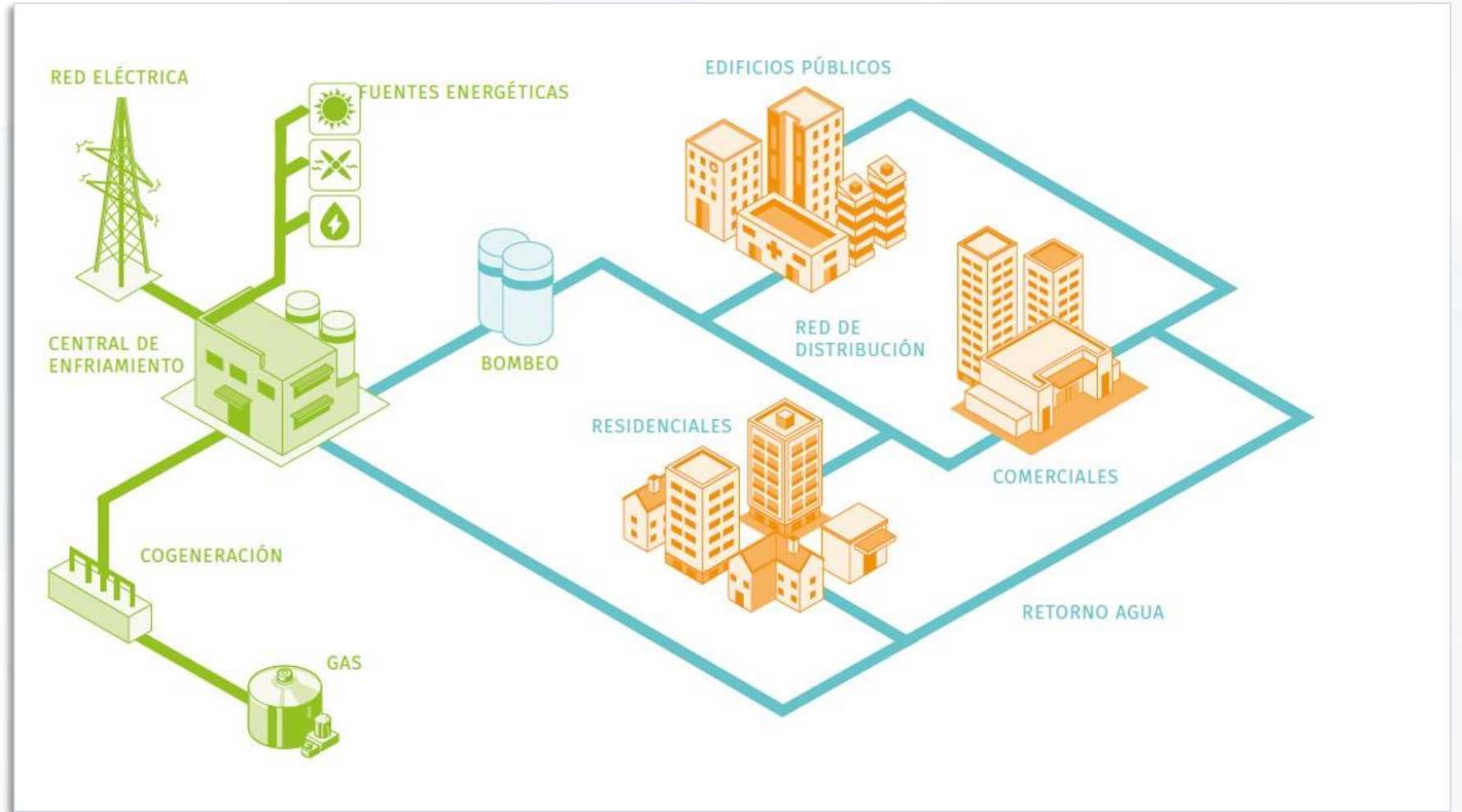
## SOLUCIONES CIRCULARES



# CONCIENCIA - RESPONSABILIDAD - MEDIO AMBIENTE

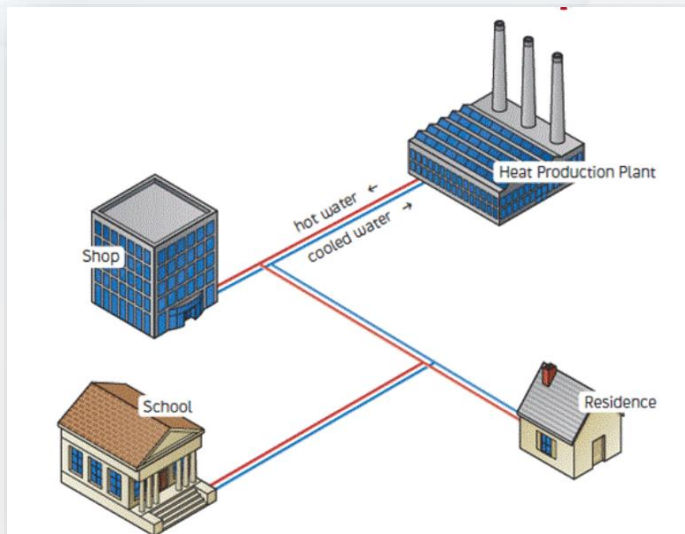
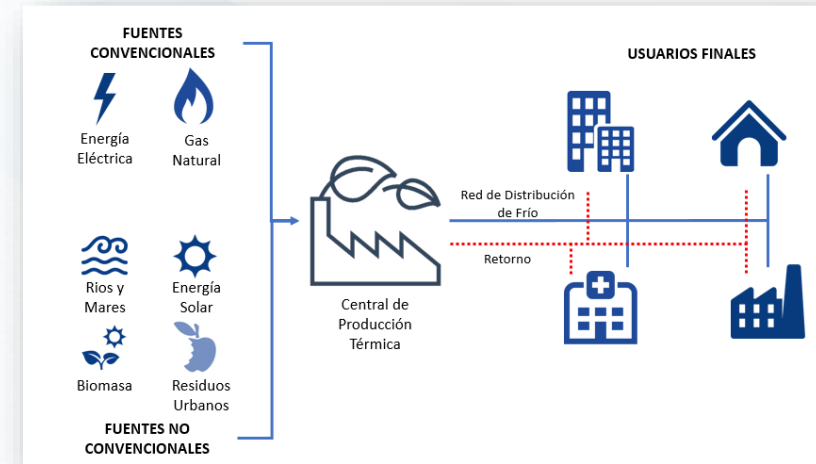


## DISTRITOS TÉRMICOS



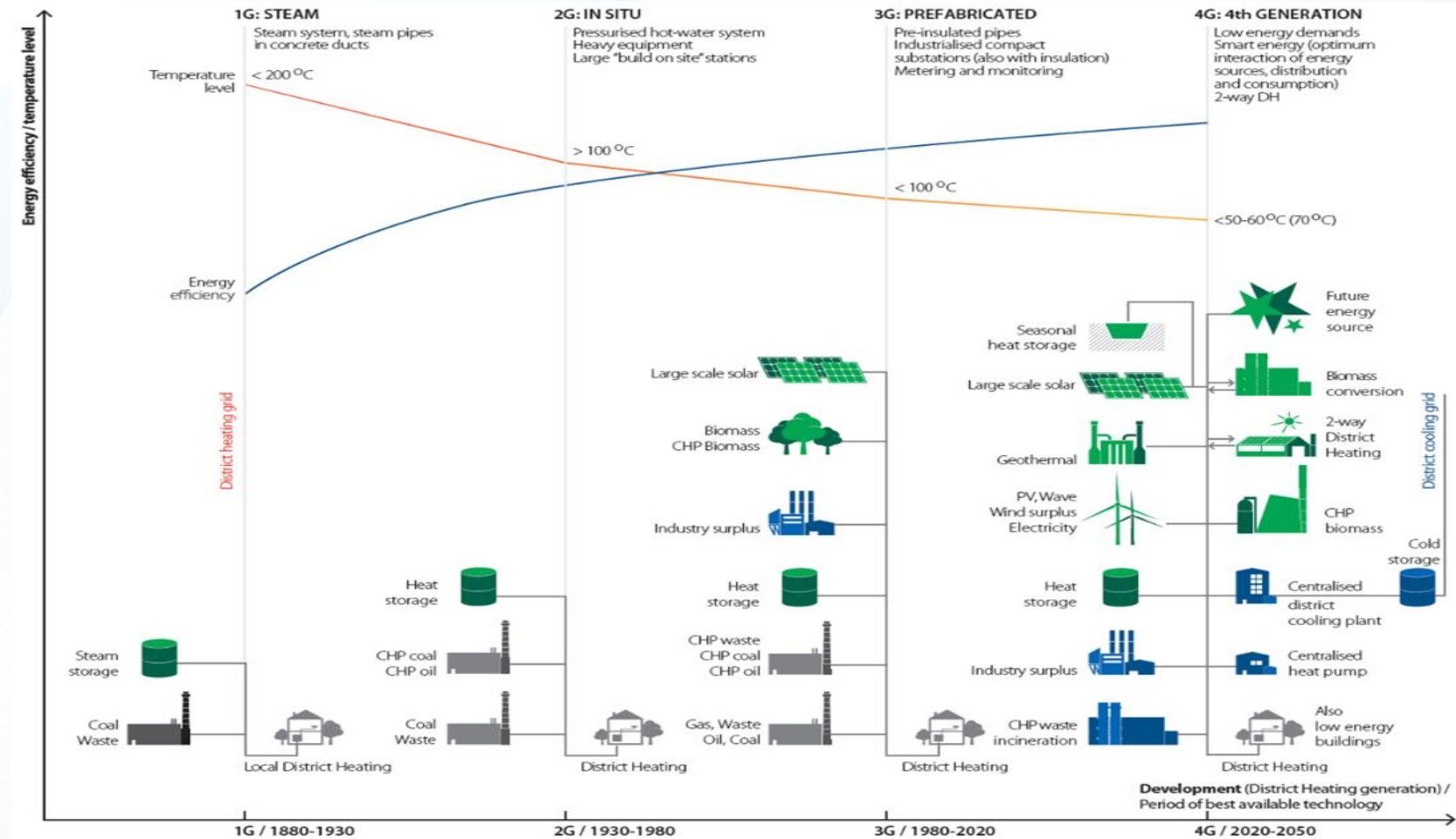
# QUE SON LOS DISTRITOS TÉRMICOS

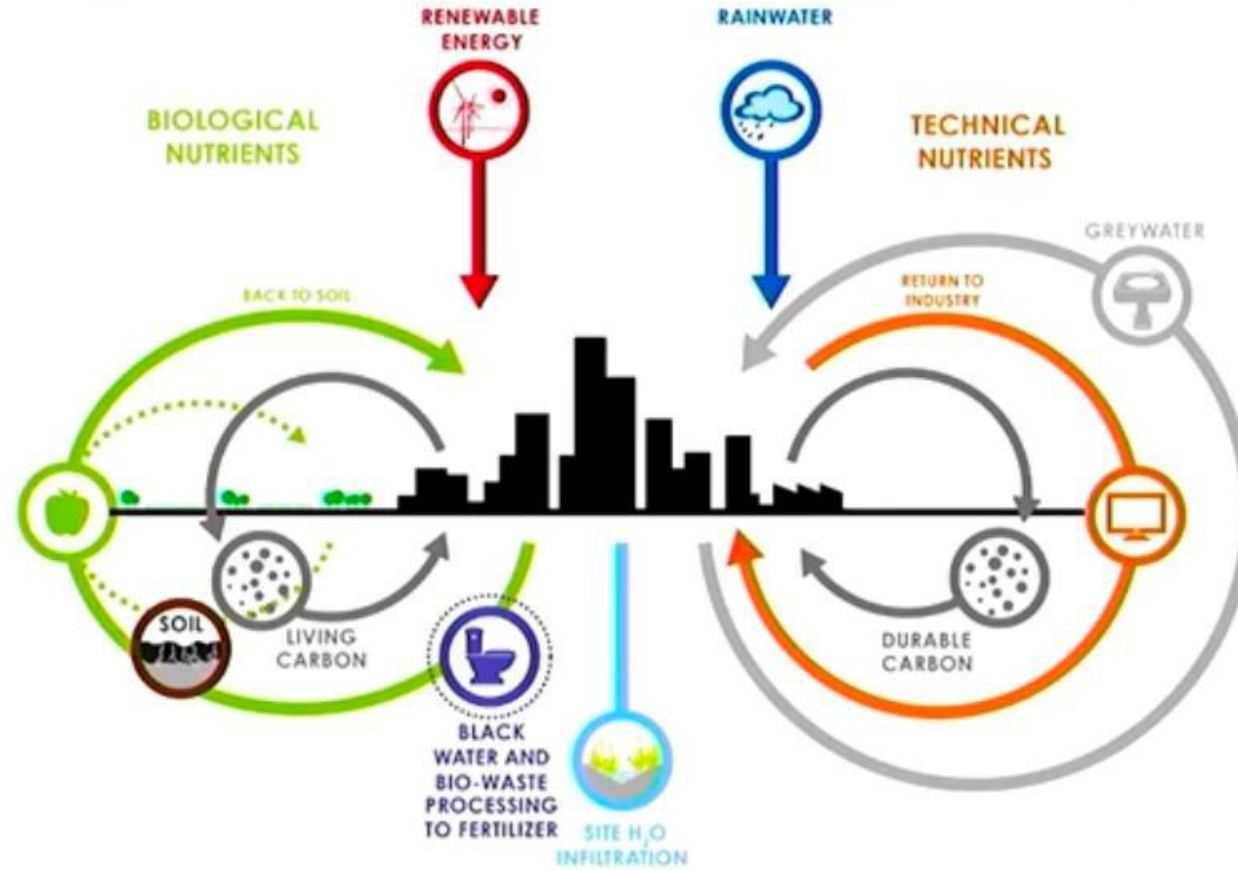
Los distritos energéticos distribuidos son sistemas que pueden utilizar múltiples fuentes de energía.



Permiten el uso de plantas de cogeneración (CHP), plantas de conversión de residuos en energía y otros excedentes industriales de calor/frío, así como varias fuentes de energía renovables para suministrar calor/frío a la red

## DISTRITOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS, PASADO, PRESENTE Y FUTURO





## “Circular Flow” Carbon Positive City

## LOS ASPECTOS CLAVE DEL SISTEMA 4 DHC INCLUYEN:

Capacidad para suministrar calor a baja temperatura para calefacción de espacios y agua caliente sanitaria a edificios nuevos y existentes.

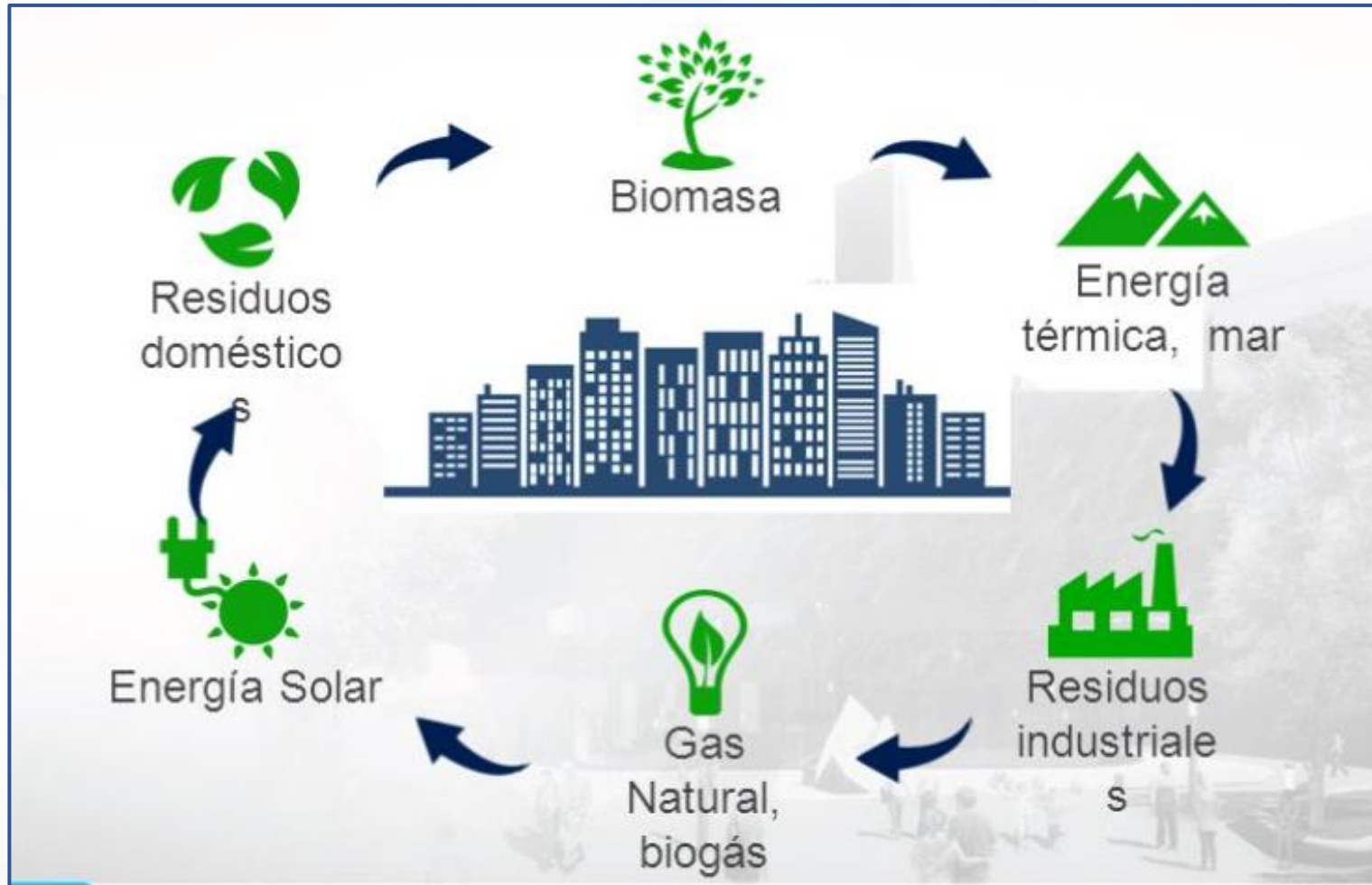
Capacidad de distribuir calor en redes con bajas pérdidas de red.

Capacidad para reciclar calor procedente de calor residual a baja temperatura e integrar fuentes de calor renovables como el calor solar y geotérmico.

Capacidad de ser un sistema energético integrado (sinergia con otras redes)

Capacidad para garantizar una planificación sostenible, una estructura de costes y motivación en relación con la operación y las inversiones.

# DISTRITOS TÉRMICOS & ECONOMÍA CIRCULAR



# DISTRITOS ENERGÉTICOS LA INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA RESILIENTE

Los parámetros clave que hacen que los distritos de energía sean resilientes son:

Múltiples fuentes de calor

Flexibilidad de combustible

Diseños de distribución en malla

Diseño y funcionamiento sencillos

Solución local y cerrada

Agua a presión

Niveles de temperatura bajos

**CIDARE**

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

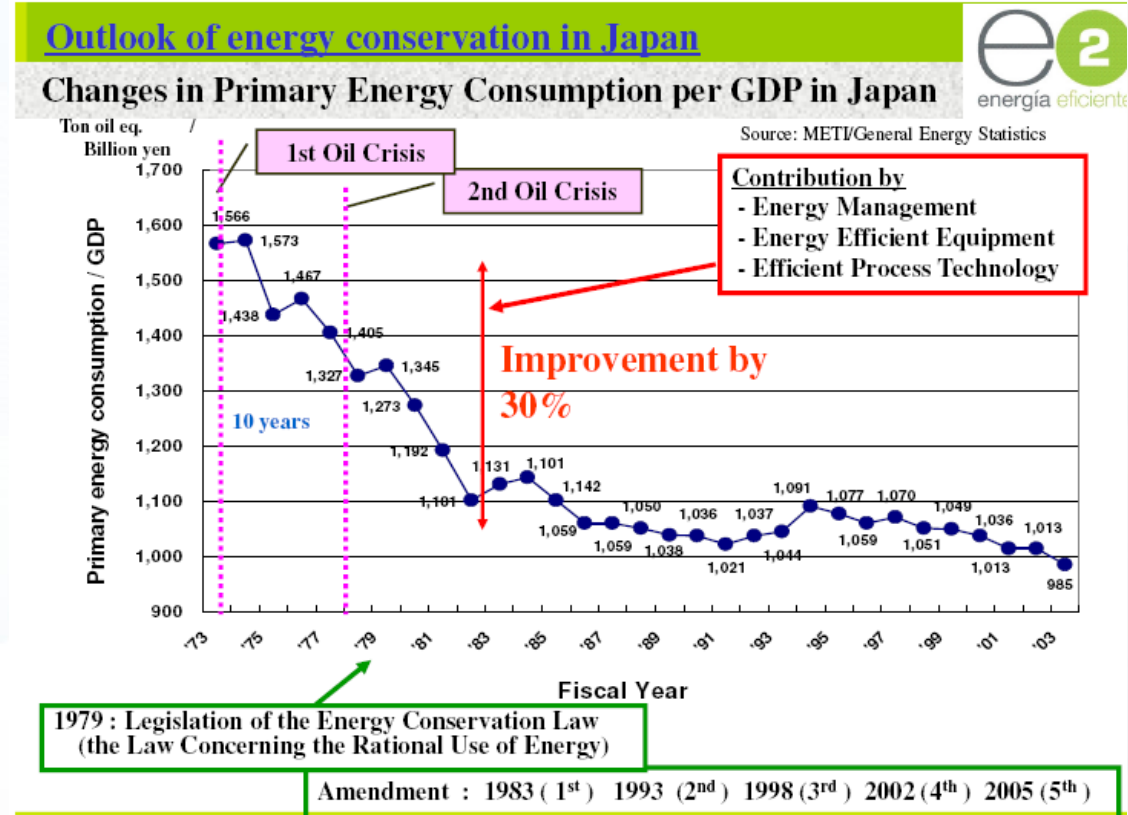
**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



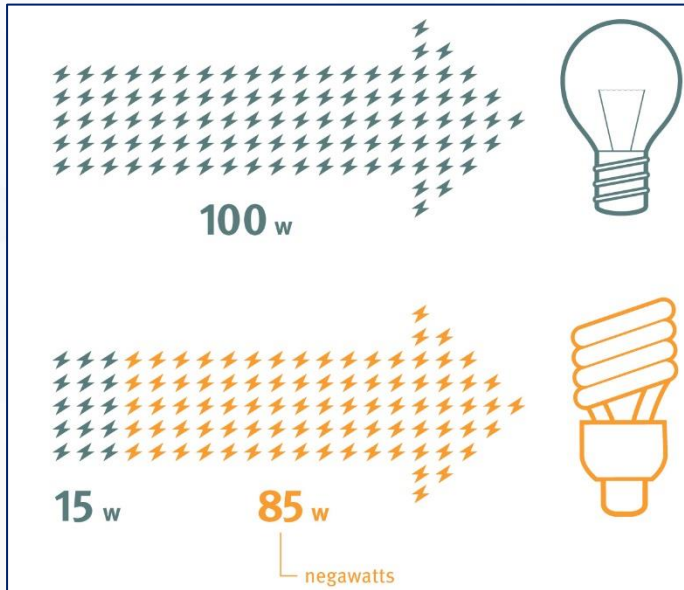
**EFICIENCIA ENERGETICA**

**Eficiencia Energética** (Gestión Energética) conocida como “El Quinto Combustible”: ésta puede ayudar a satisfacer la creciente demanda de energía con la misma seguridad que el carbón, el gas, el petróleo o el uranio.

Es la capacidad de un uso, instalación, proceso o equipo para realizar su función con el menor consumo energético posible.



## POR QUE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA



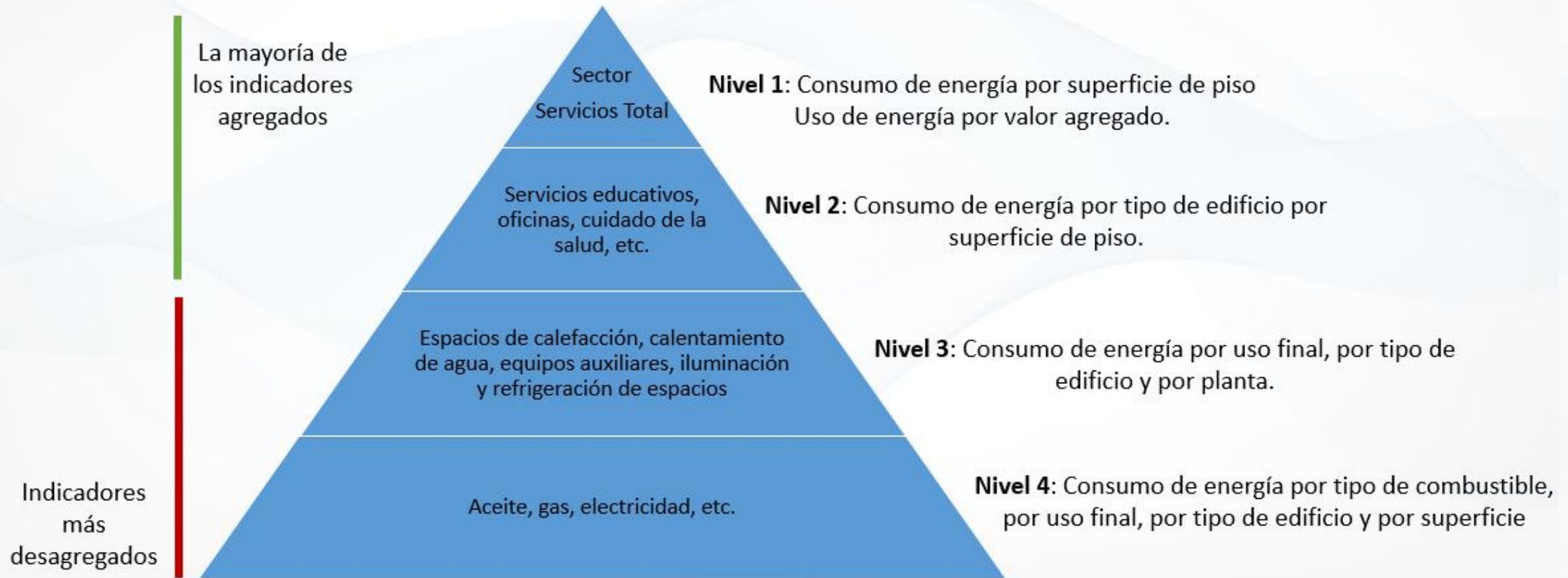
Los EE (o Negavattios) son más baratos que los Megavattios

EE proporciona los máximos beneficios en todo el sistema

La EE reduce la necesidad de importaciones y ahuyenta los recursos

EE mitiga el riesgo de vulnerabilidades en el suministro

# INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA



# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



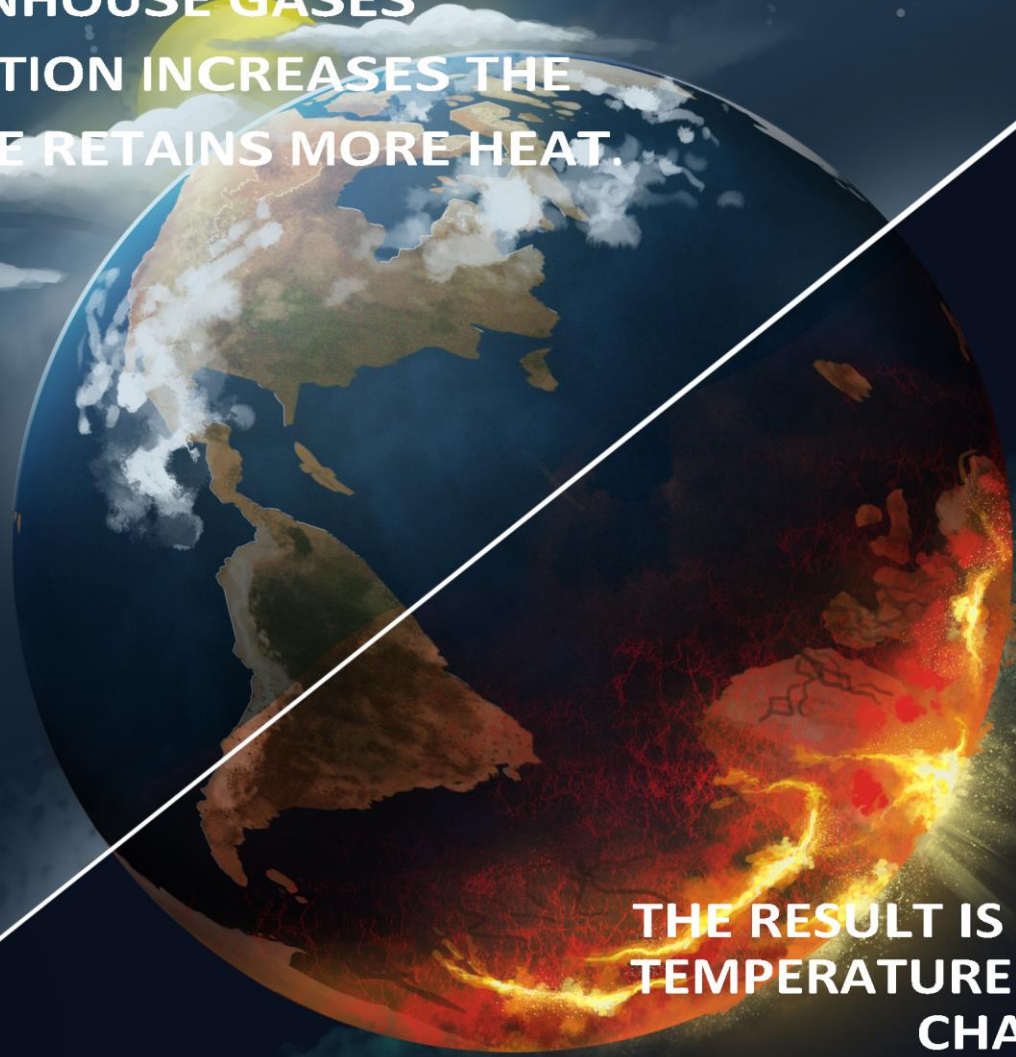
# DESCARBONIZACION

---

TODAY

---

**WHEN GREENHOUSE GASES  
CONCENTRATION INCREASES THE  
ATMOSPHERE RETAINS MORE HEAT.**



**THE RESULT IS AN INCREASE IN THE AVERAGE GLOBAL  
TEMPERATURE (GLOBAL WARMING) AND PARTICULAR  
CHANGES IN THE CLIMATE CAUSED BY THIS  
PHENOMENON (CLIMATE CHANGE)**

---

TOMORROW

---

## IMPORTANCIA DE LA DESCARBONIZACIÓN



### Calentamiento Global:

Las emisiones de carbono procedentes de las actividades humanas están provocando el cambio climático.

La descarbonización es crucial para reducir los gases de efecto invernadero.



### Función de HVAC:

HVAC representa alrededor del 40% de la energía consumida en una planta de fabricación, energía que se consume en forma de combustibles fósiles y energía eléctrica.



### Beneficios:

Minimiza la huella de carbono

Reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y frena el cambio climático

Mejora la calidad del aire y reduce los problemas respiratorios.

Crea nuevas oportunidades laborales en el sector de las energías limpias

# CARBONO NEUTRO CERO, CERO NETO Y CARBONO CERO



Las emisiones de carbono que genera como persona o empresa se compensan, ya sea reduciendo sus emisiones de carbono o contrarrestando sus emisiones a través de proyectos de absorción de carbono, como la reforestación sostenible.

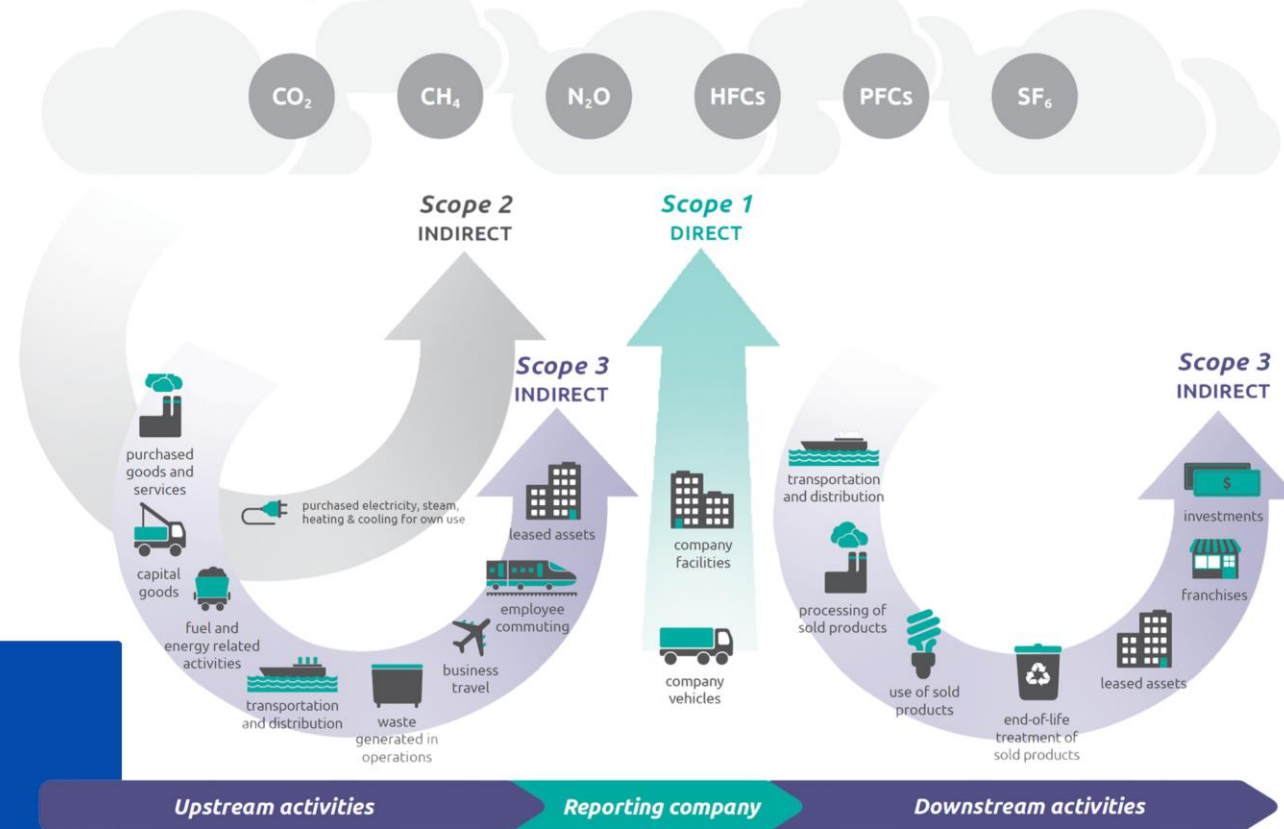


Equilibrio entre la cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberadas a la atmósfera y la cantidad de CO<sub>2</sub> eliminada de la atmósfera, lo que no genera ningún cambio neto y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero.



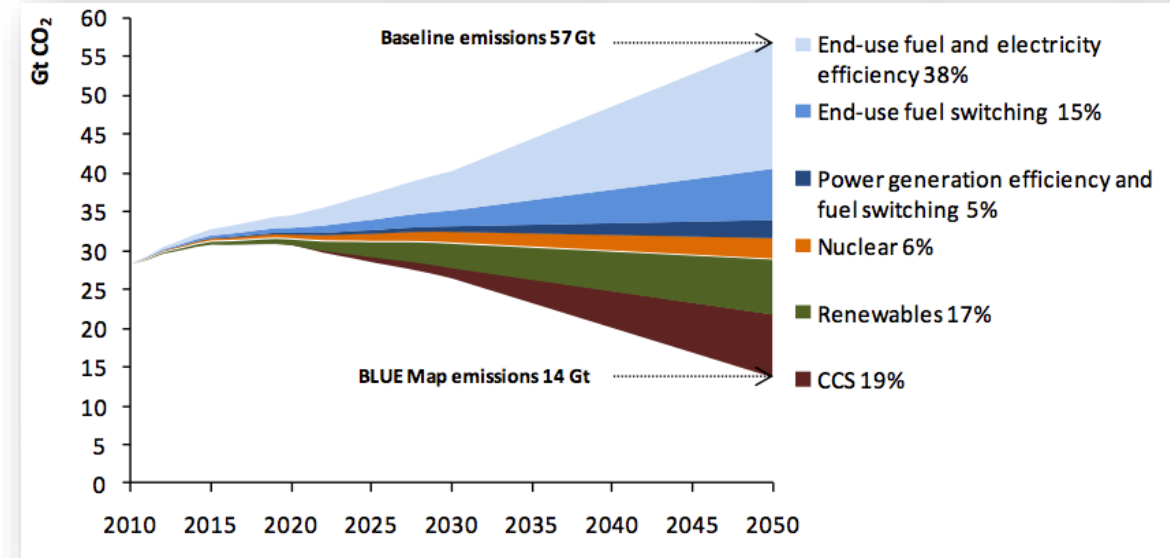
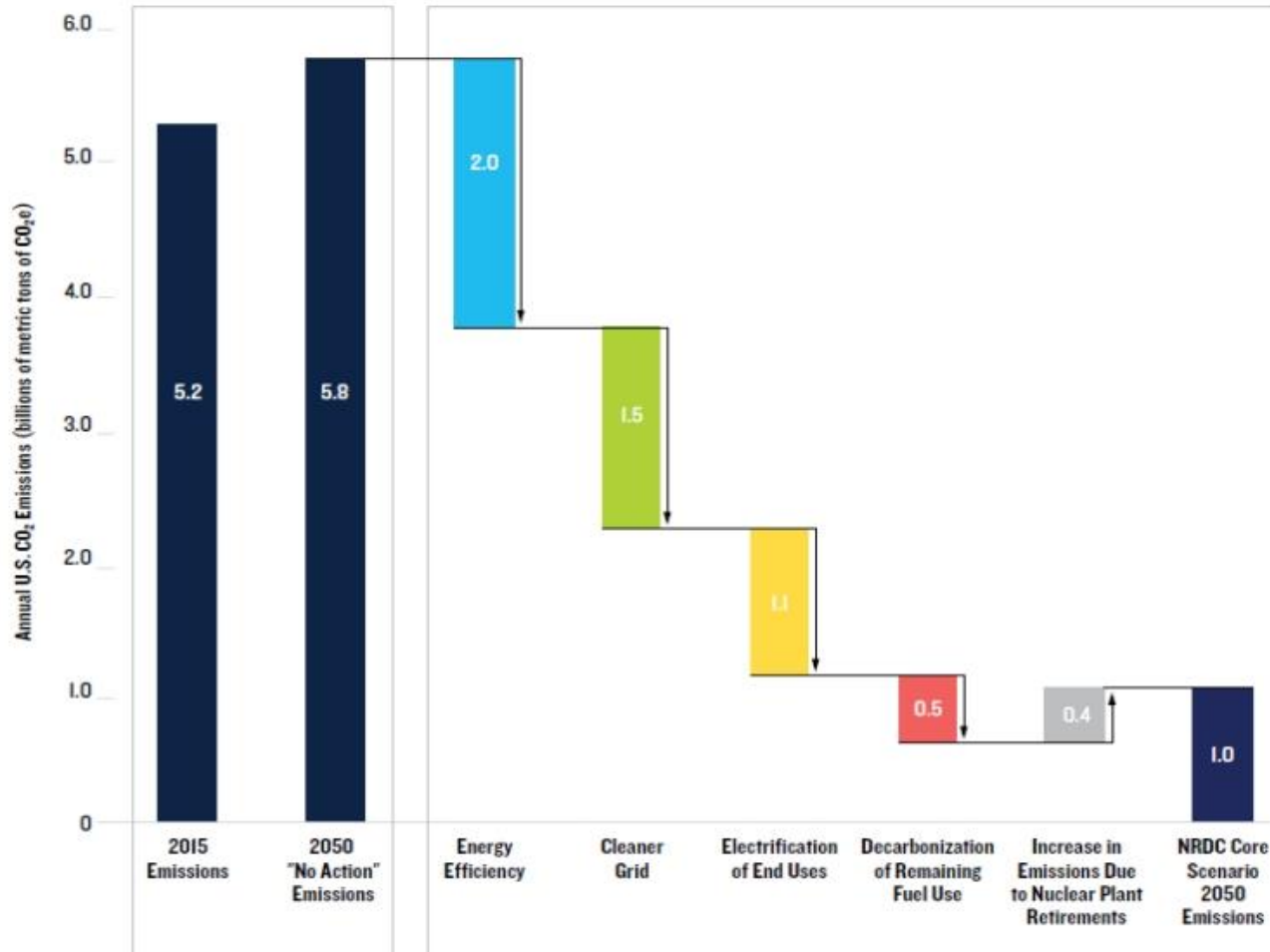
Eliminación o remoción completa de las emisiones de carbono, lo que no da como resultado una liberación neta de carbono a la atmósfera.

## SCOPE 1/2/3 INVENTORY GUIDANCE



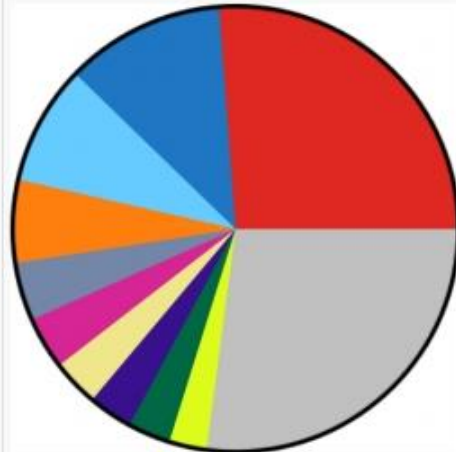
SOURCE: [HTTPS://WWW.EPA.GOV/CLIMATELEADERSHIP/SCOPE-1-AND-SCOPE-2-INVENTORY-GUIDANCE](https://www.epa.gov/climateleadership/scope-1-and-scope-2-inventory-guidance)

# PRINCIPALES ESTRATEGIAS DE DESCARBONIZACIÓN PROFUNDA



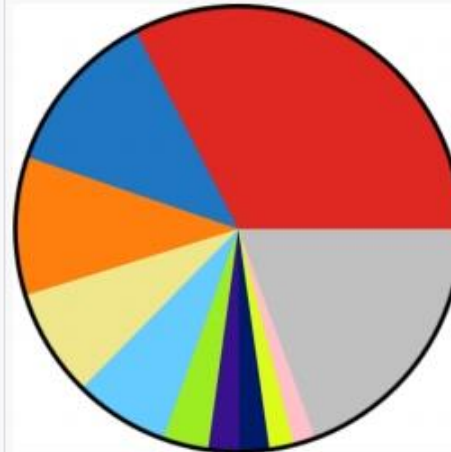
# CRECIMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN TODO EL MUNDO

Top 10 countries by added solar PV capacity in 2019<sup>[7]</sup>



- China: 30,100 MW (26.2%)
- United States: 13,300 MW (11.6%)
- India: 9,900 MW (8.6%)
- Japan: 7,000 MW (6.1%)
- Vietnam: 4,800 MW (4.2%)
- Spain: 4,400 MW (3.8%)
- Germany: 3,900 MW (3.4%)
- Australia: 3,700 MW (3.2%)
- Ukraine: 3,500 MW (3.0%)
- South Korea: 3,100 MW (2.7%)
- All others: 31,200 MW (27.2%)

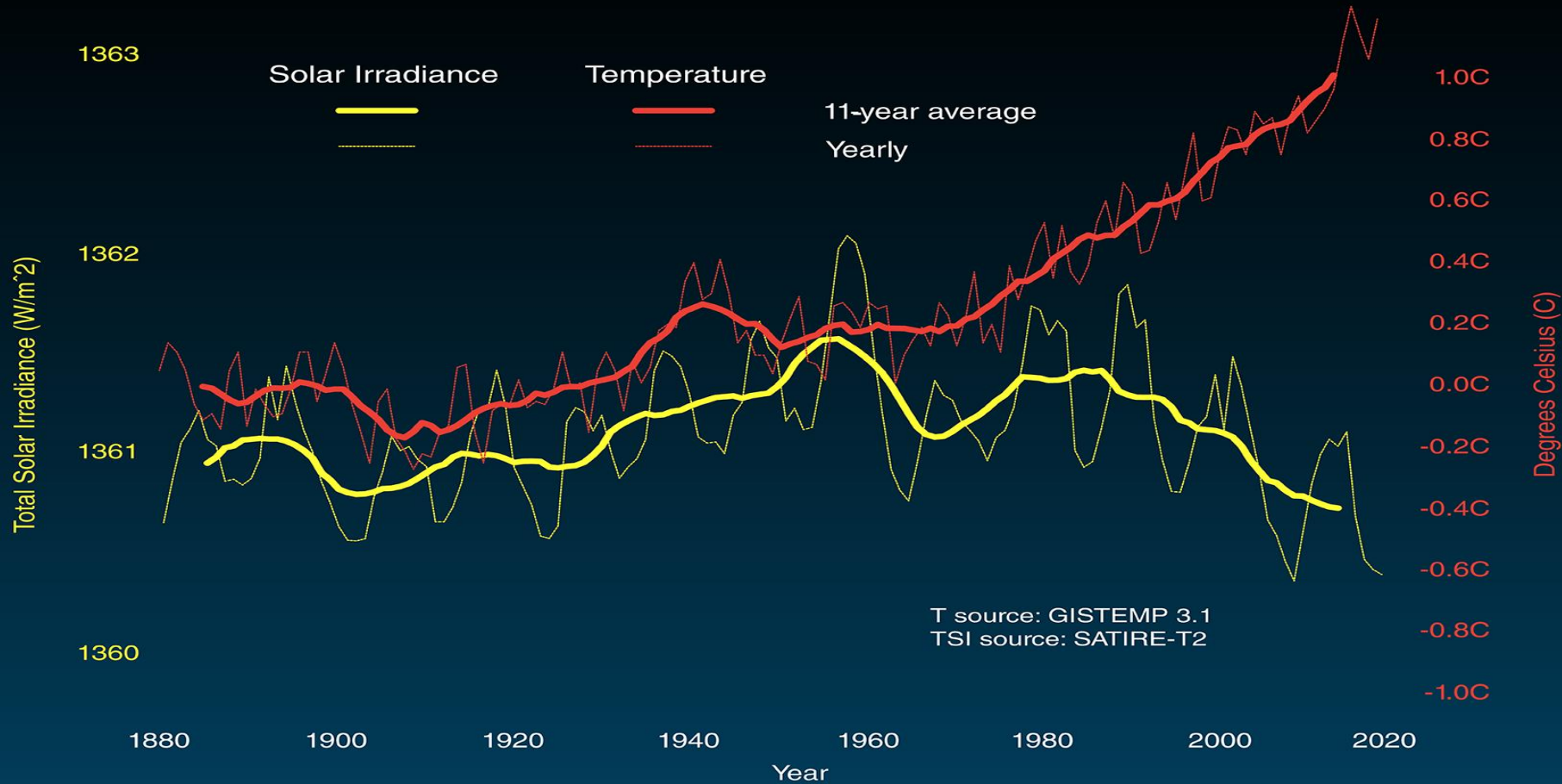
Top 10 countries by cumulative solar PV capacity in 2019<sup>[8]</sup>



- China: 204,700 MW (32.6%)
- United States: 75,900 MW (12.1%)
- Japan: 63,000 MW (10.0%)
- Germany: 49,200 MW (7.8%)
- India: 42,800 MW (6.8%)
- Italy: 20,800 MW (3.3%)
- Australia: 14,600 MW (2.3%)
- United Kingdom: 13,300 MW (2.1%)
- South Korea: 11,200 MW (1.8%)
- France: 9,900 MW (1.6%)
- All others: 121,600 MW (19.4%)

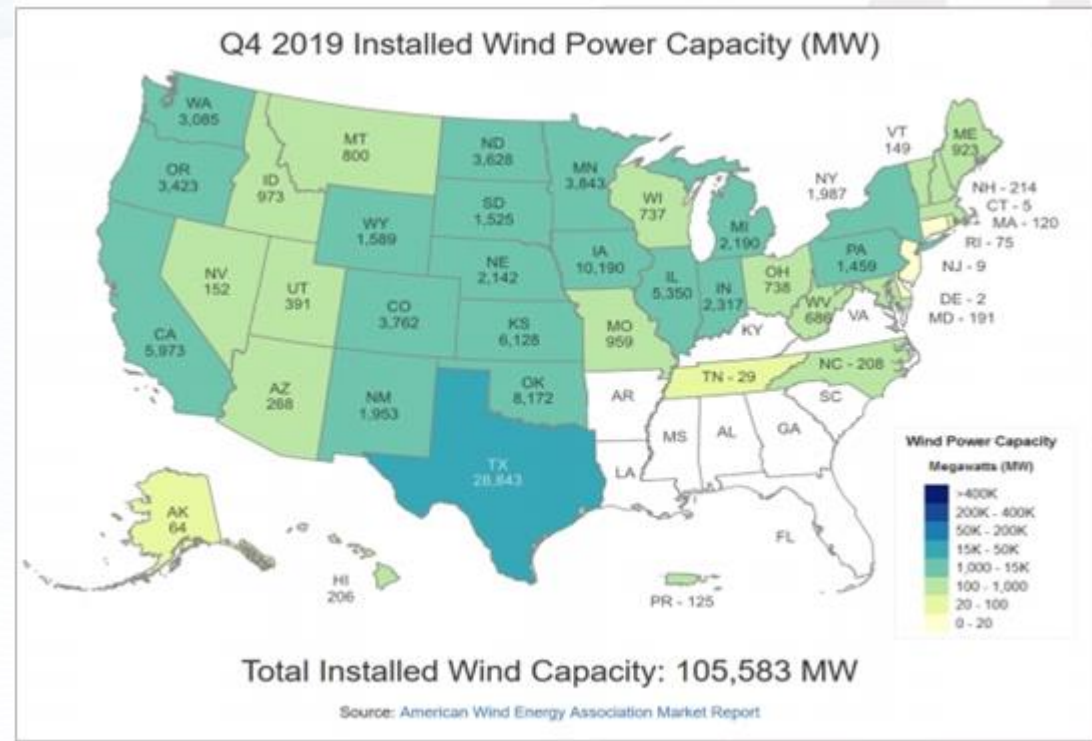


### Temperature vs Solar Activity



T source: GISTEMP 3.1  
TSI source: SATIRE-T2

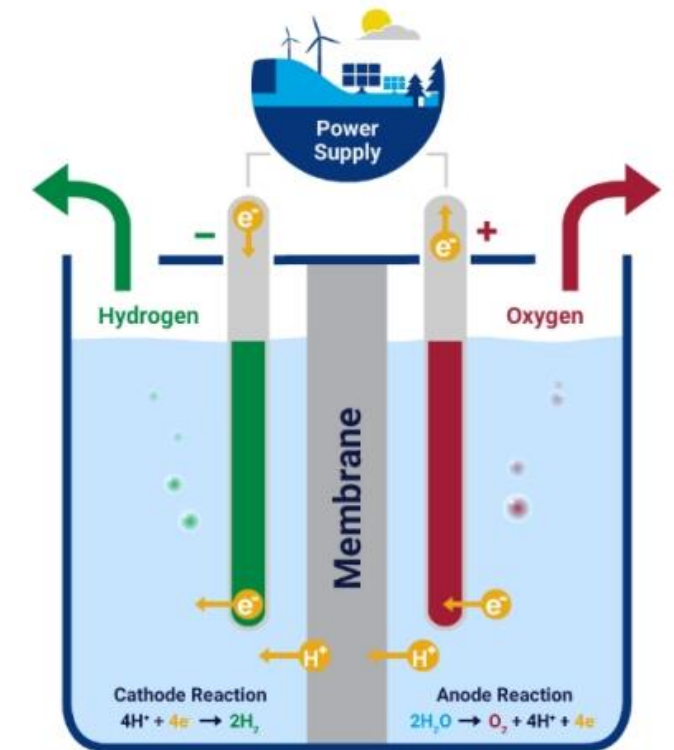
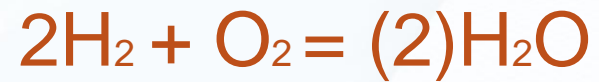
## ENERGÍA EÓLICA



# HIDROGENO VERDE

El hidrogeno es creado usando energía renovable.

Metano de combustión estequiométrica



Source: Wood Mackenzie, U.S. Department of Energy

## VENTAJAS

- H<sub>2</sub>O es el único subproducto
- de la combustión.
- Las calderas actuales se pueden modificar para quemar H<sub>2</sub>O
- Se puede utilizar para generar vapor o agua caliente.




## DESVENTAJAS

- No hay infraestructura actual para la distribución.
- El H<sub>2</sub>O es explosivo. Puede afectar los códigos de construcción
- Requerirá tren de gas especial con seguridad adicional





**Artesis**

- **Model-based predictive maintenance**
- **Machine Learning Algorithms**

# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

 **acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



## Casos de Estudio

**CIDARE**

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración



**HALEON**

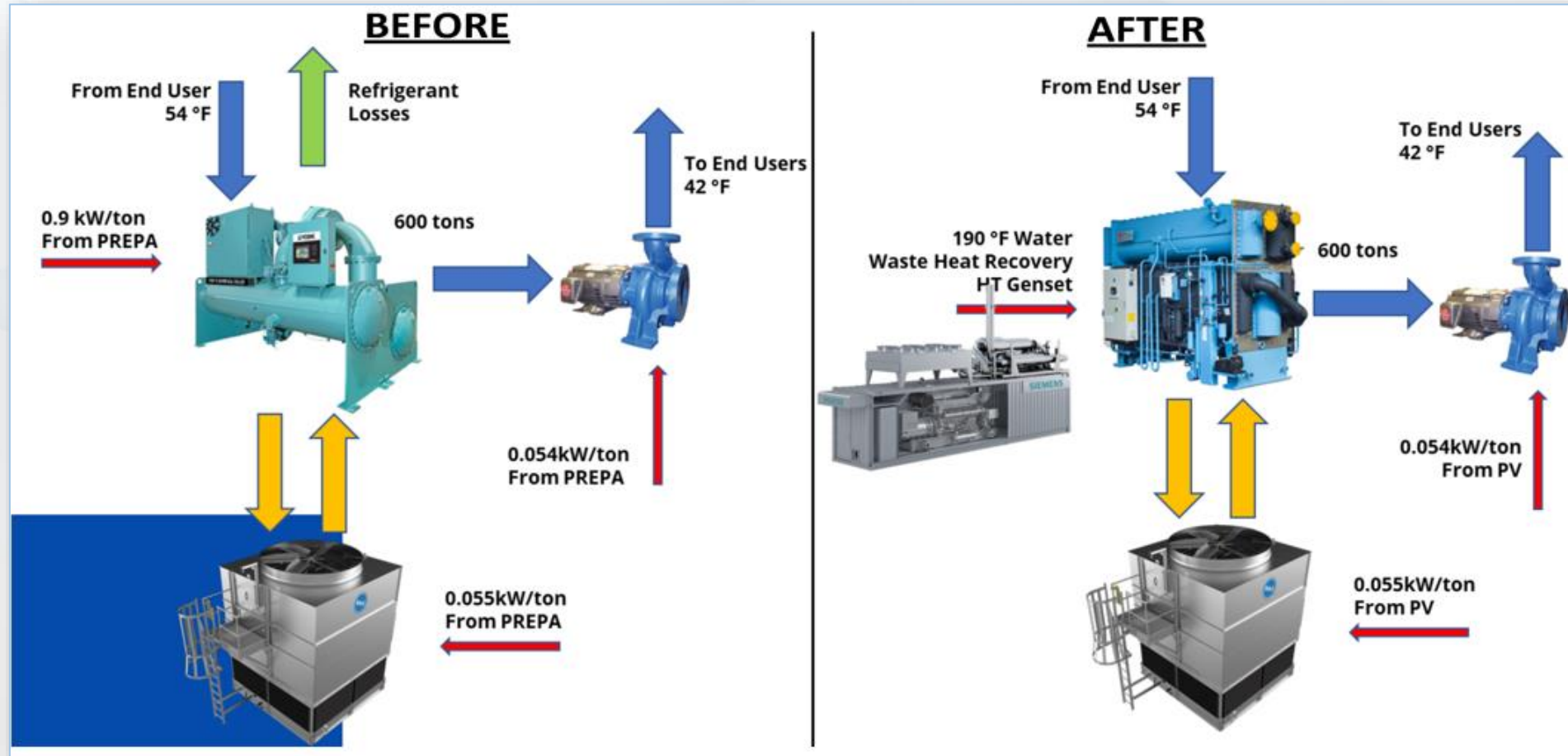
**For Health. With Humanity.**



Healthcare - Guayama

er Consumer

# DESCARBONIZACIÓN DEL CIRCUITO DE AGUA HELADA



# CIDARE

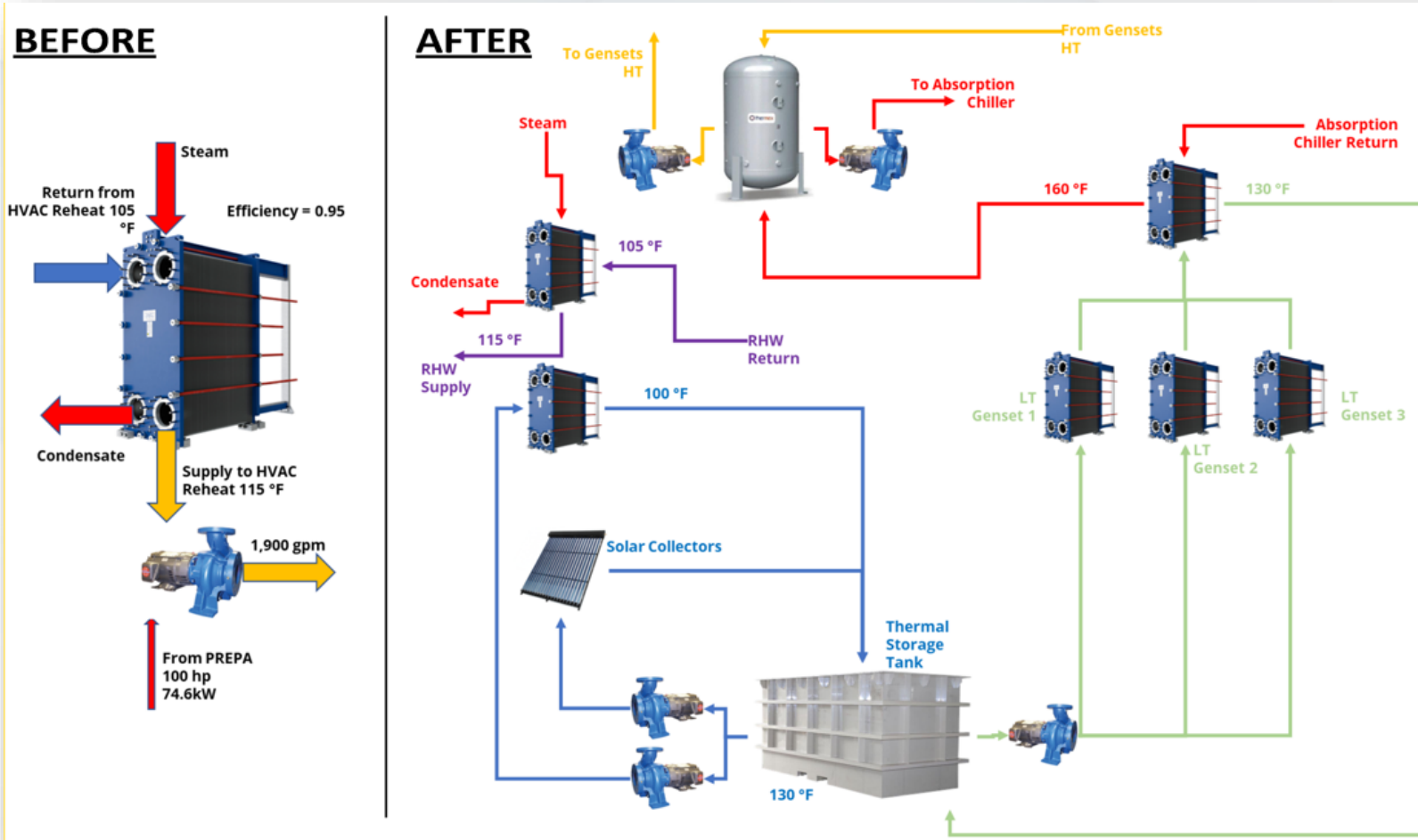
Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración



# CO2 CÁLCULO DE EMISIONES - CIRCUITO DE AGUA ENFRIADA

- Operational time: 8,760 hrs
- Refrigerant R134A/ Global Warming Potential (GWP)  
= 1,430
- Annual Leakage Rate = 2%
- PREPA emission factor = 0.000582 eTon CO2/kW
- Electrical Consumption
  - = 600 tons x 0.9 kW/ton x 8,760 hrs
  - = 4,730,400 kWh per year
- Chiller Indirect Emissions
  - = 4,730,400 kWh x 0.000582 eTon CO2/kW
  - **2,753 eTons CO2 per year**
- Chilled Water Pumps Indirect Emissions
  - = 600 tons x 0.054kW/ton x 8,760 hrs x 0.000582 eTon CO2/kW
  - **165 eTons CO2 per year**
- Chilled Water Pumps Indirect Emissions
  - = 600 tons x 0.055kW/ton x 8,760 hrs x 0.000582 eTon CO2/kW
  - **168 eTons CO2 per year**
- Total Indirect Emissions = **3,086 eTons CO2 per Year**
- Direct Emissions
  - Refrigerant charge amount x Annual leakage rate x Global warming potential
  - = [3,995 lbs x 2% x 1,430]/12,000 lbs/ton
  - **9.5 eTons CO2 per year**
- Total Emissions = Indirect Emissions vs Direct Emissions
  - = 3,086 eTons CO2 + 9.5 eTons CO2
  - **3,095.5 Tons CO2 per year**

# DESCARBONIZACIÓN - CIRCUITO DE AGUA CALIENTE



# CO2 CÁLCULO DE EMISIONES - CIRCUITO DE AGUA CALIENTE

- HVAC Reheat Heat Water System Information
  - Pump Flowrate = 1900 gpm
  - Entering Temp 115 F
  - Leaving Temp 105 F
  - Heat Exchanger Efficiency 95%
  - Boiler Efficiency 73%
- Heat requirement calculations water side
  - $Q = 500 \times \text{gpm} \times (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$
  - $= 500 \times 1900 \text{gpm} \times 10 \text{ F}$
  - 9,500,000 BTU/hr
- Heat requirement calculations steam side
  - $9,500,000 \text{ BTU/hr} / 0.95$
  - 10,000,000 BTU/hr
- Fuel Requirement
  - LPG Energy Content - 91,500 BTU/gal
  - $10,000,000 / (91,500 \times 0.73) = 150 \text{ gal/hr}$
  - Operating time: 8760 hrs
  - **1,311,475 gals/yr**
- LPG Emission Factor = 135.5 lbs CO2/MMBTU
  - $[1,311,475 \text{ gals/yr} \times 91,500 \text{ BTU/gal}] / 10^6 \times 135.5$
  - lbs CO2/MMBTU
  - **8,130 Tons CO2 per year**
- Hot Water Pumping Consumption
  - $= 100 \text{ hp} \times 0.746 \text{ kW/hp} \times 8,760 \text{ hrs}$
  - 653,496 kW/yr
  - $653,496 \text{ kW/yr} \times 0.000582 \text{ eTon CO2/kW}$
  - **380 eTon CO2/kW**
- Total Emissions
  - $[8,130 + 380] \text{ Tons CO2 per year}$
  - **8,510 Tons CO2 per year**

# GRUPO ELECTROGENO COMBINADO DE CALOR Y TRANSFERENCIA



# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

## BATERÍA TÉRMICA

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

## SISTEMA FOTOVOLTAICO

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



# ALMACENAMIENTO TÉRMICO Y COLECTOR SOLAR



# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración

## EMPIRE GAS - TERMINAL PROCARIBE



## TERMINAL DE PROCARIBE



Inició operaciones en 1984

Operación continua 24hrs / 7 días

Procaribe importa el 85% del LPG que es comercializado y distribuido al sector de la salud, industrial y alimentos en P.R.

### Operaciones:

- Descarga de LPG
- Almacenamiento de LPG
- Despacho de LPG

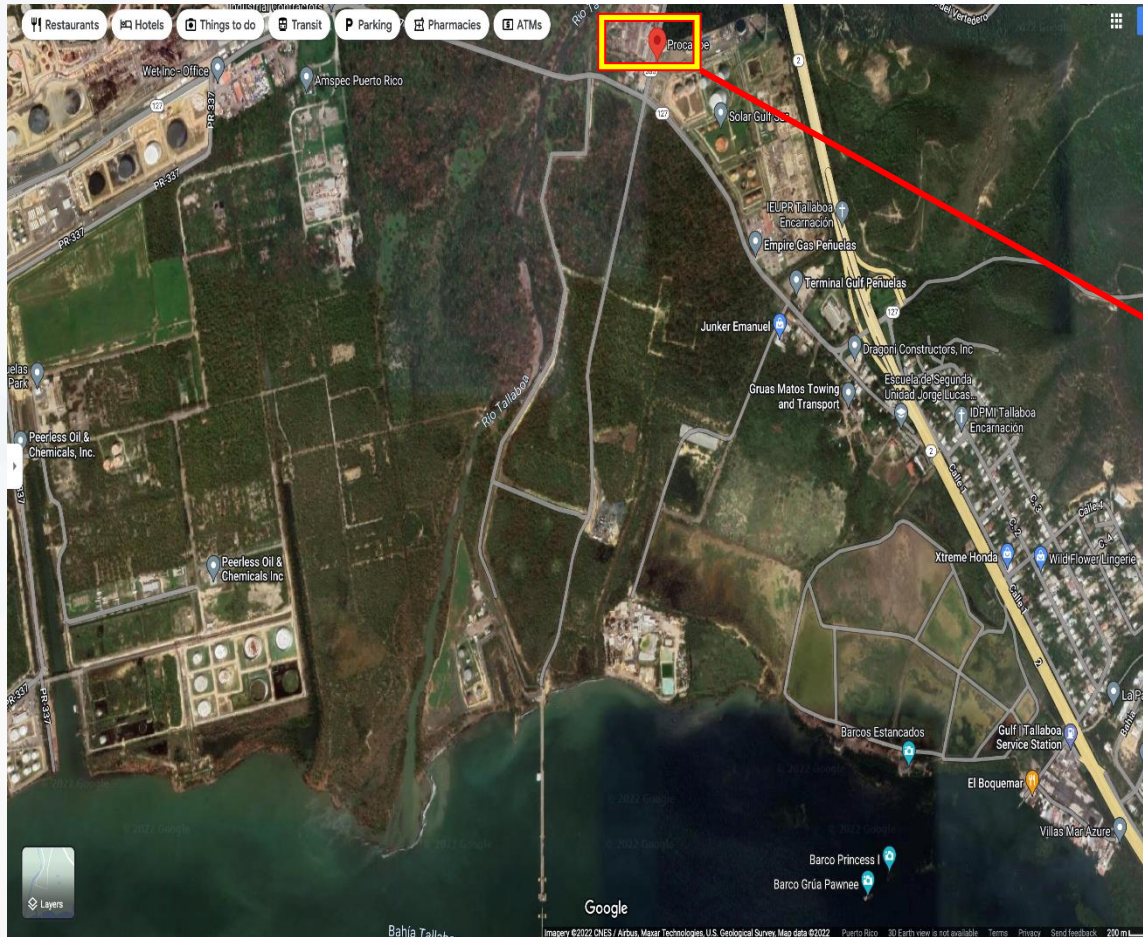
# PROCARIBE TRIGENERACIÓN CHP UNIVERSITY



**COSTO DE ELECTRICIDAD DE ENERGÍA DE LA AEE: USD\$0.22/KWH**  
**COSTO DE ELECTRICIDAD DE ENERGÍA DE PROPANO: USD\$0.06/KWH**  
**AHORRO = \$700,800**  
**RETORNO DE LA INVERSIÓN = 2,5 AÑOS**

# PROCARIBE TRIGENERACIÓN CHP UNIVERSITY





# DISTRITO ENERGÉTICO PROCARIBE

# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración





### ENFOQUE MODULAR

4 módulos idénticos

### CAPACIDAD POR MÓDULO

- Potencia: 1,000 KW
- Vapor: 8,750 lb/h
- Agua helada: 1,000 RTON
- Agua Caliente: 100 KW

### CAPACIDAD TOTAL

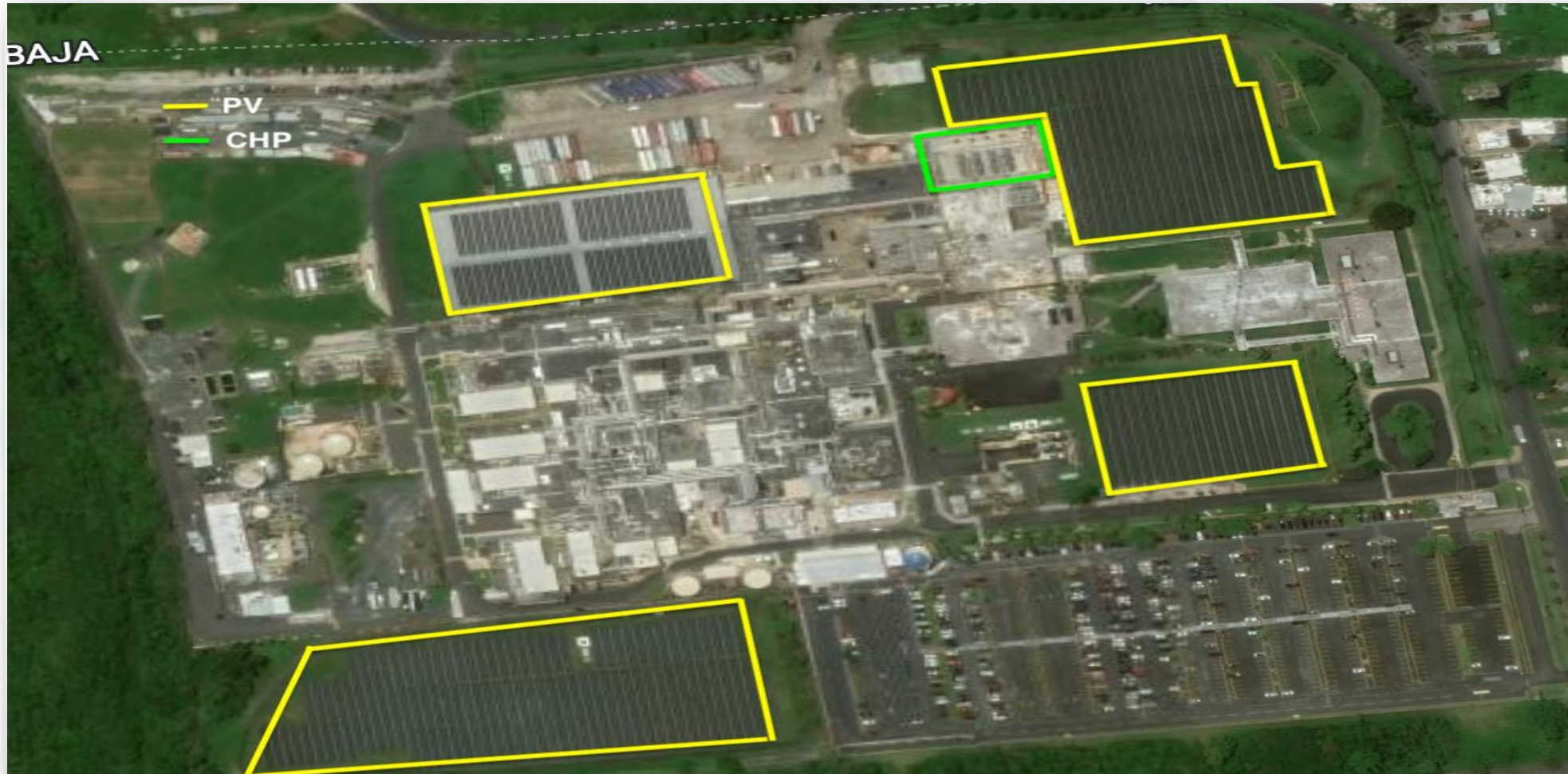
- Potencia: 4,000 KW
- Vapor: 35,000 lb/hr (con quemador)
- Agua helada: 1,000 RTON
- Agua Caliente: 800 KW



## SISTEMA CHP



## MICRORRED VIATRIS VEGA BAJA



# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

## CALDERA DE RECUPERACIÓN DE CALOR RESIDUAL

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración

2250D-150S-600WH



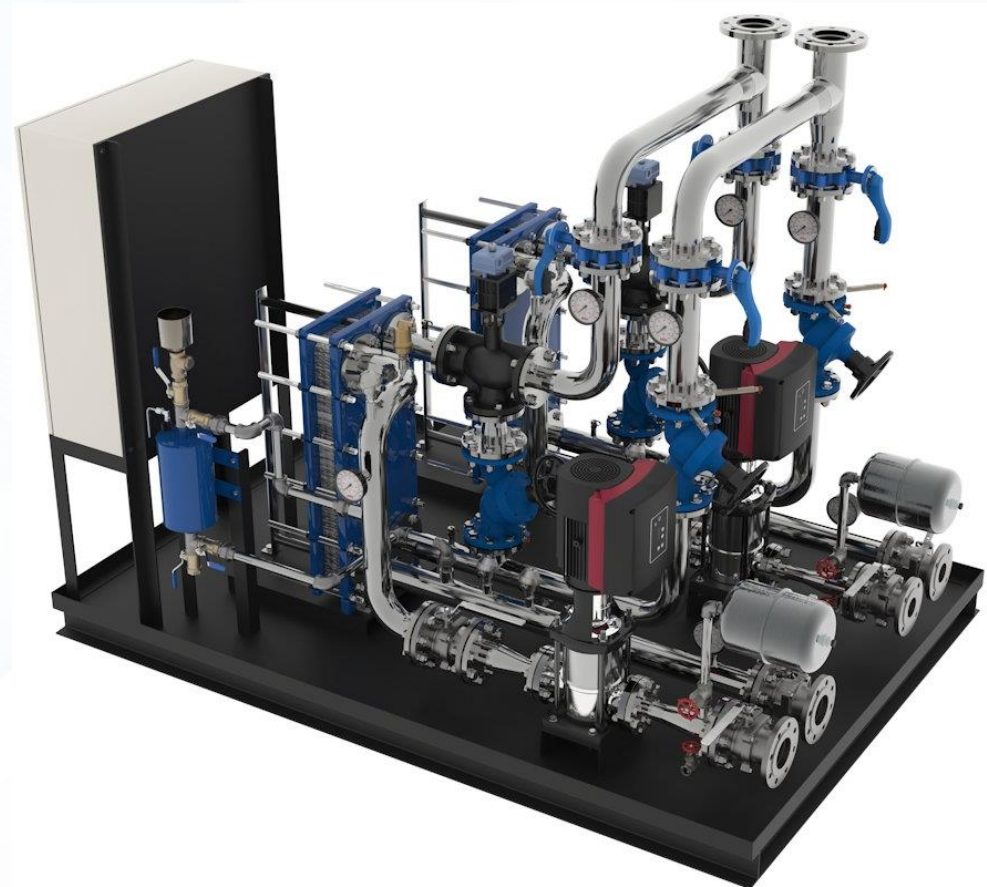
# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

**acaire®**  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



# VIATRIS VEGA BAJA O&M



# VIATRIS VEGA BAJA O&M



# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

## VIATRIS VEGA BAJA O&M

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración



plana de  
o del Aire  
on

Olein Refinery & Lubricants is an American company established in Yabucoa, Puerto Rico that recovers and re-refines used oil and manufactures motor oil, synthetic oil, transmission fluid, and other automotive fluids.

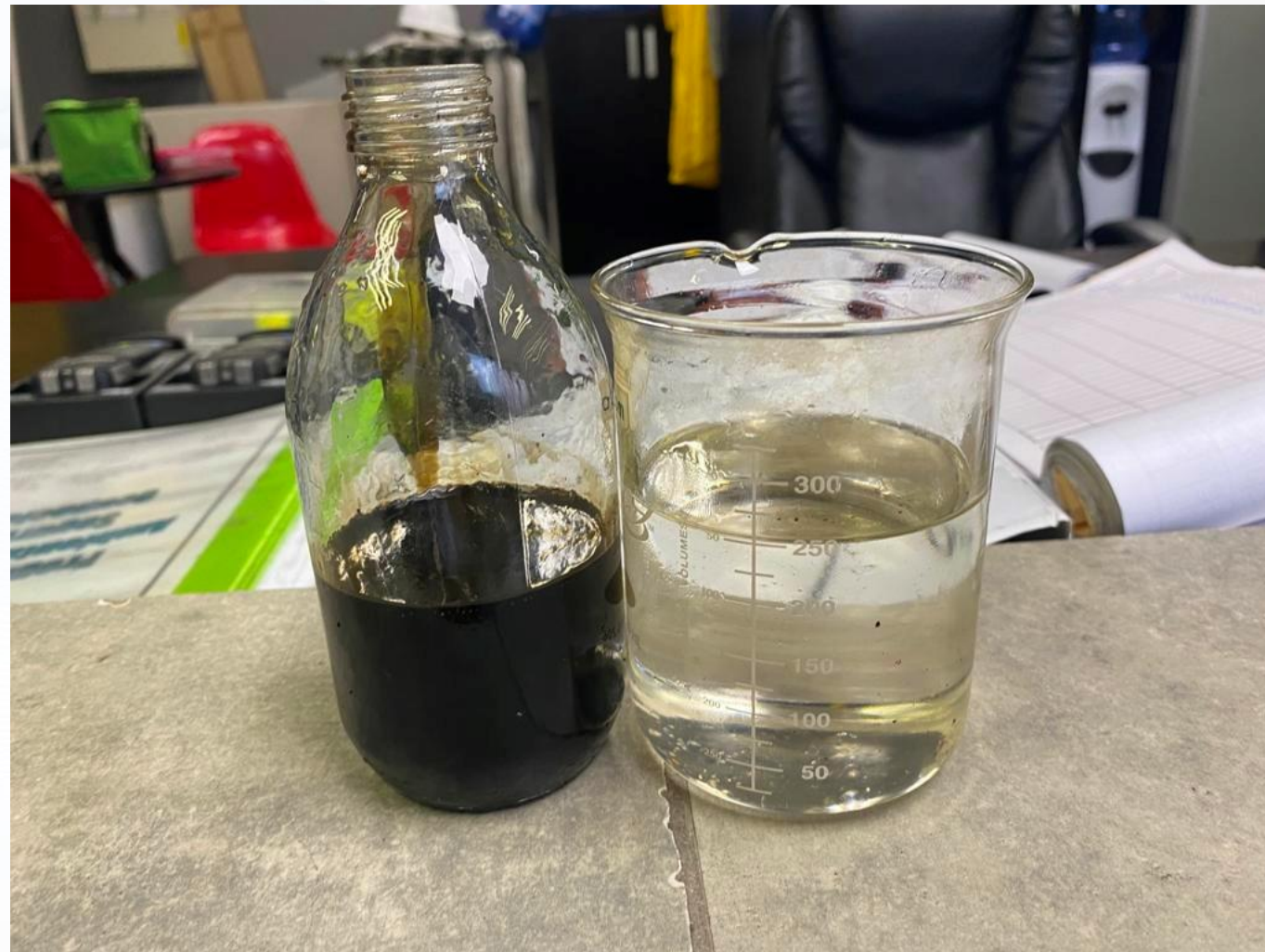


- Located in Yabucoa where Hurricane Maria Wind
- Speed reached 150 miles/hr
- Significant Impact to Facility
- No Impact to CHP
- CHP (Power) available immediately after Hurricane
- Plant resumed operation 4 days after Hurricane
- Plant was fully operational 11 days after Hurricane
- Olein had Record Sales in October due to Oil for Stand-by Generators demand.

# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



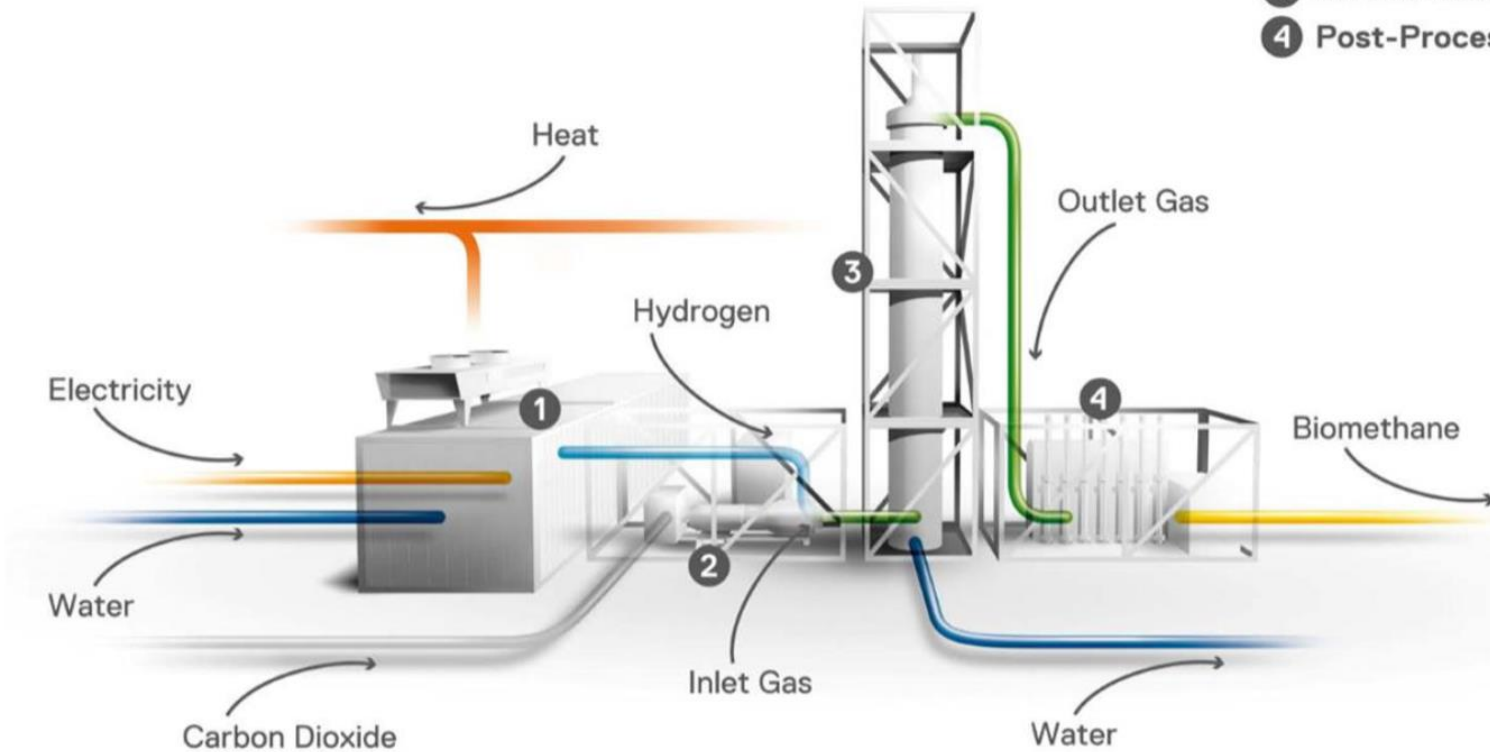
# DISTRITO ENERGETICO SERRALLES



# CONVERSION DE CO2 Y HIDROGENO



- 1 Electrolyzer
- 2 Pre-Processing
- 3 BioCat Reactor
- 4 Post-Processing



# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



## Landfill Gas to Renewable Natural Gas Projects...

U.S. has 280+ Landfill Gas Purification to Renewable Natural Gas (RNG) systems in operation displacing 7MM tons of (CO<sub>2e</sub>) in the past 5 years

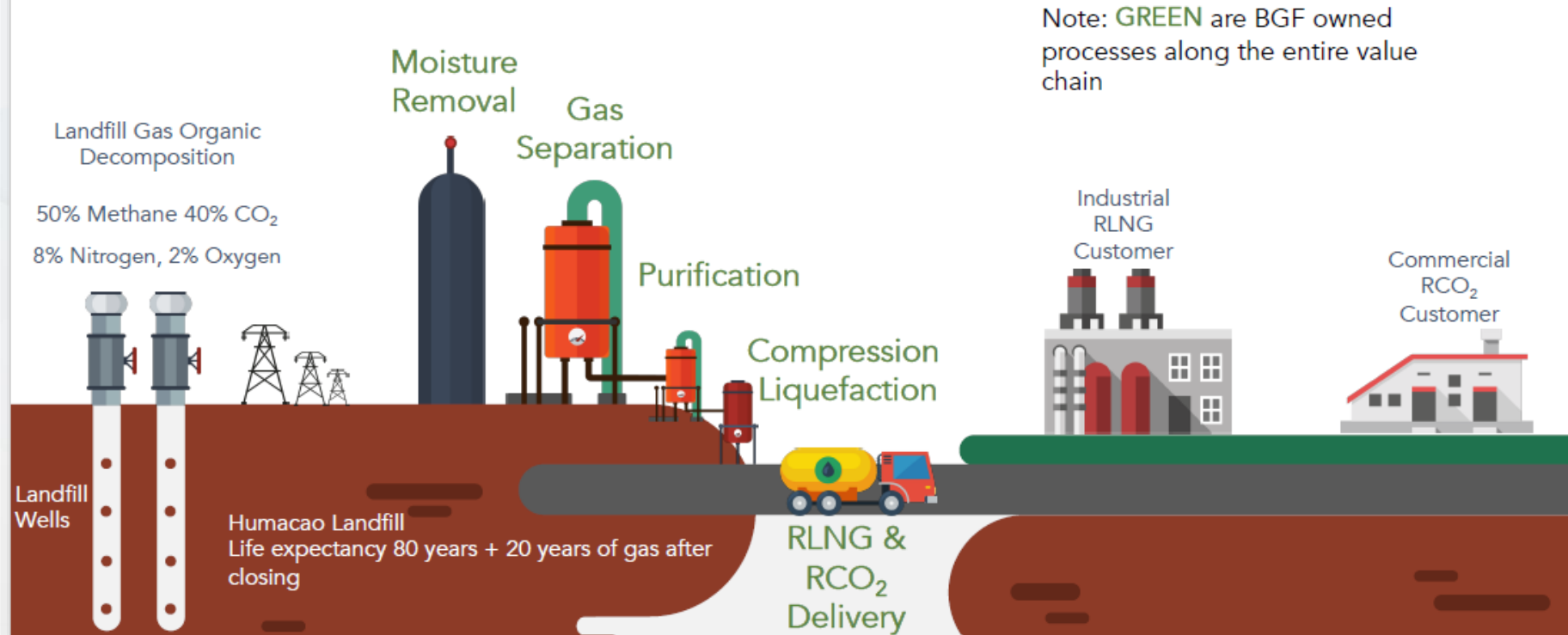
BGF will be the first Landfill Gas Purification System in the Caribbean



- Reduces Landfill Pollution by 90%
- Improves Respiratory Health
- Provides Energy Resiliency
- Creates & Retains Jobs
- Exports CO<sub>2</sub>



## Our Technology Purifies Landfill Gas to Recycled & Renewable Natural Gas & Carbon Dioxide



# CIDARE

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



# BGF HUMACAO – PARCELA B



“No hay nada más poderoso que una  
idea a la que le ha llegado su momento”

Victor Hugo.



**CIDARE**

Centro de Investigación y Desarrollo de  
Acondicionamiento de Aire y Refrigeración

**acaire**<sup>®</sup>  
Asociación Colombiana de  
Acondicionamiento del Aire  
y de la Refrigeración



Es tiempo de  
**PREGUNTAS**

A conceptual image featuring a lightbulb with a small tree growing inside it, symbolizing sustainable ideas. The lightbulb is set against a background of rich brown soil. Surrounding the lightbulb is a circular arrangement of six hexagonal icons connected by a dashed line. The icons represent: a plug with a leaf (renewable energy), a house (sustainable living), a recycling symbol, a wind turbine, a leaf (nature), and a water drop (water conservation). The word "GRACIAS" is written in large, white, sans-serif capital letters across the center of the image, with a thin white horizontal line underneath it.

GRACIAS