



# Tendencias de tecnología e innovación para la generación de energía hidroeléctrica en la infraestructura hidroagrícola



M.I. Daniel Martínez Bazúa

Vicepresidente del  
XXXIV Consejo Directivo Nacional de la  
Asociación Mexicana de Hidráulica

7 de mayo de 2020

# Contenido de la presentación

1. Conceptos básicos de Energía
2. Las presas como medio para generación de energía
3. Las hidroeléctricas en el Mundo
4. Las hidroeléctricas en Latinoamérica
5. Las hidroeléctricas en México
6. Marco normativo y jurídico de la generación de energía por hidroeléctricas
7. Uso de la tecnología en la determinación del potencial hidroenergético de un sitio de interés
8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola
9. Tendencias de innovación para la generación de energía en México





# 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA

# 1. Conceptos básicos de Energía

## ➔ ¿Qué es la energía?

Es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos, o en otros cuerpos. Es decir, el concepto de energía se define como la capacidad de hacer funcionar las cosas, o como **la capacidad de realizar un trabajo**.

## ➔ ¿Cuál es la Unidad de Medida?

La unidad de medida que utilizamos para cuantificar la energía es el joule (J), en honor al físico inglés James Prescott Joule.

+ **Convertir 1 Joule a Watts**

$$\text{Watts} = \frac{\text{Joule}}{S}$$

Donde:

•Watts - Unidad de potencia (símbolo: W ).

•Joule - Unidad de energía y su símbolo es J.

$$\underline{\underline{1 \text{ Joule} = 0,017 \text{ Watts}}}$$

# 1. Conceptos básicos de Energía

## ➔ ¿Cuáles son los tipos de Energía?

Los tipos de energía se clasifican según las acciones y los cambios que puede provocar.

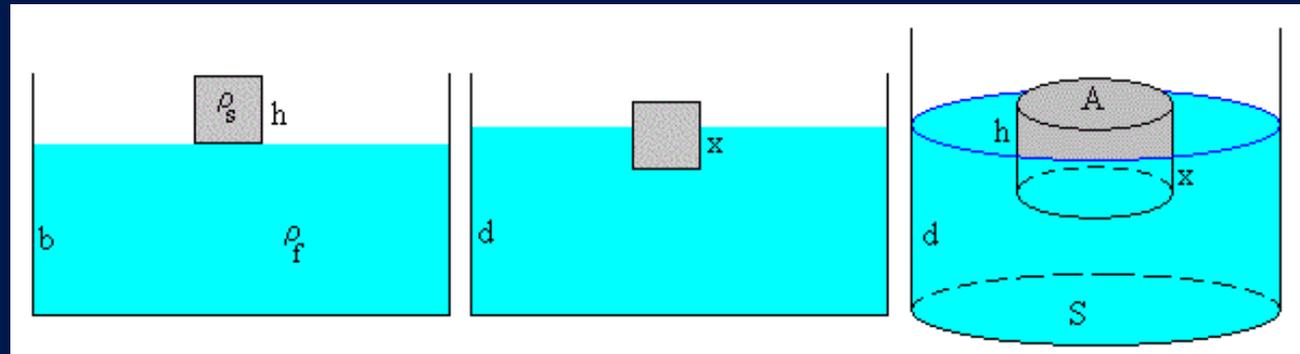
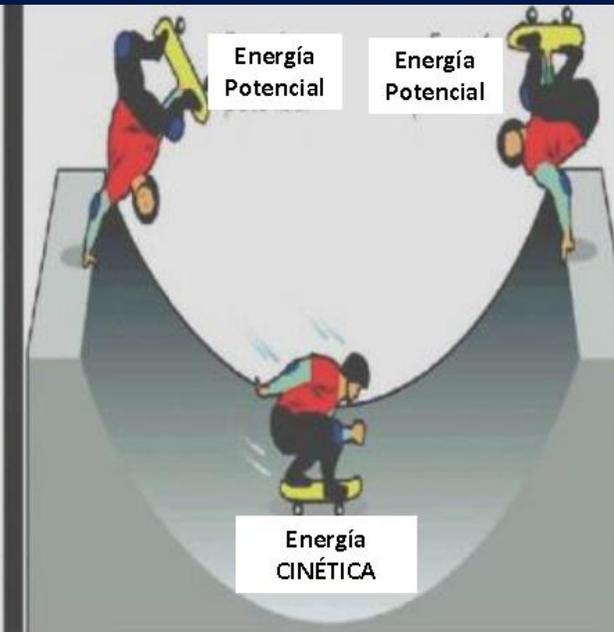
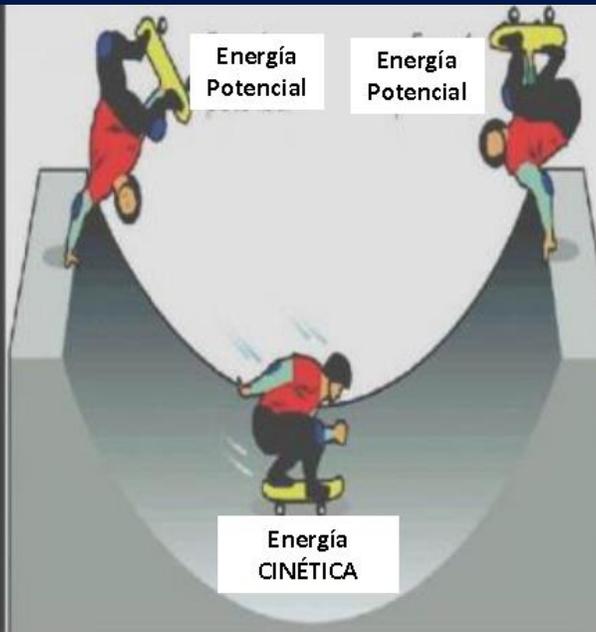
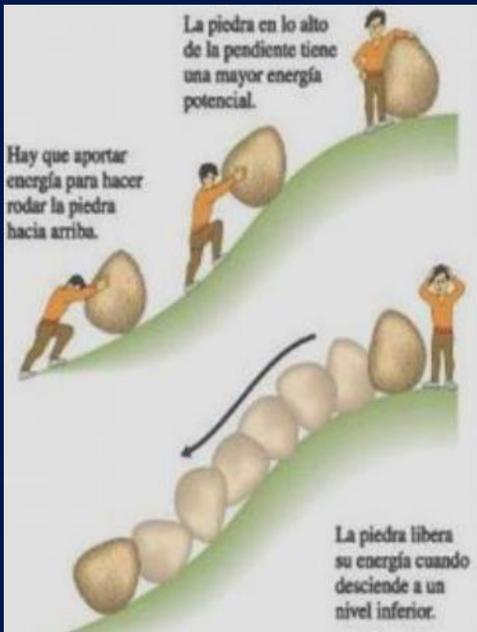
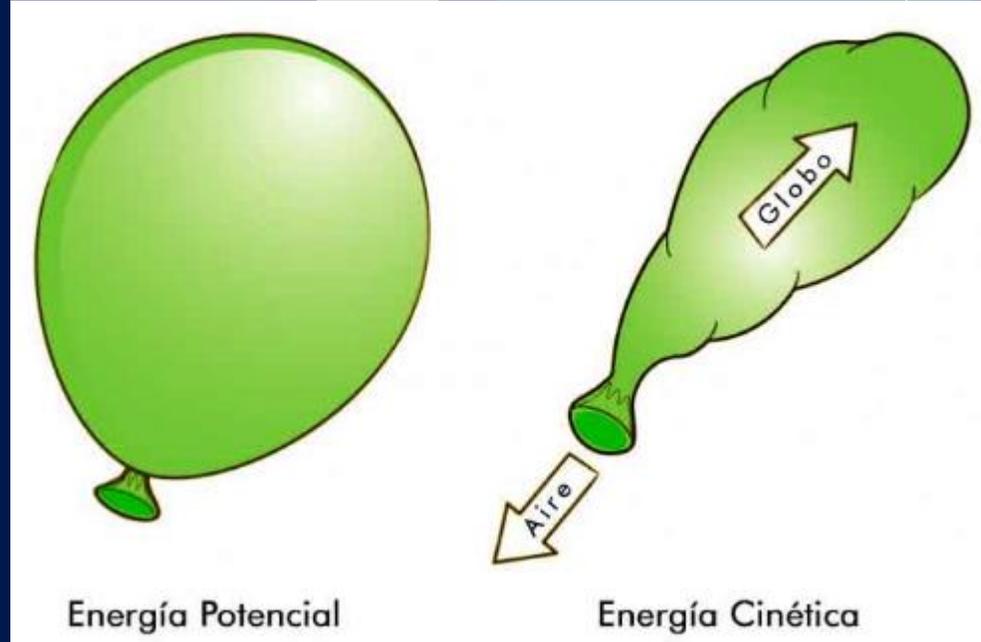
### Energía Mecánica

**Energía Cinética:** Es la relativa a **la velocidad y desplazamiento** de los cuerpos.

**Energía potencial:** La asociada a la **posición dentro de un campo** de fuerzas conservativas.



**Energía Potencial**



**El principio de Arquímedes.**

**Energía potencial mínima**

**Energía cinética**

# 1. Conceptos básicos de Energía

## ➔ ¿Cuáles son los tipos de Energía?

Los tipos de energía se clasifican según las acciones y los cambios que puede provocar.

Energía Interna: Se manifiesta a partir de **la temperatura**.

Energía Eléctrica: Cuando dos puntos tienen **una diferencia de potencial** y se conectan a través de un conductor eléctrico.

Energía Térmica: Es la cantidad de energía que **pasa de un cuerpo caliente a otro más frío manifestándose con el calor**.

# 1. Conceptos básicos de Energía

## ➔ ¿Cuáles son los tipos de Energía?

Los tipos de energía se clasifican según las acciones y los cambios que puede provocar.

**Energía Electromagnética:** Se atribuye a la presencia de un campo de electromagnético, generado a partir del movimiento de partículas eléctricas y magnéticas moviéndose y oscilando a la vez.

**Energía Química:** Se manifiesta en determinadas **reacciones químicas** en las que se forman o rompen enlaces químicos.

**Energía Nuclear:** Se genera al **interactuar los átomos entre sí.**

# 1. Conceptos básicos de Energía

➔ ¿Cuáles son las propiedades básicas de la Energía?

- **Se transforma** – La energía **no se crea ni se transforma.**
- **Se conserva** – La energía **no se destruye.**
- **Se transfiere** – La energía **pasa de un cuerpo a otro en forma de Calor, ondas o trabajo.**
- **Se degrada** – La energía **solo una parte transformada es capaz de producir trabajo** y la otra se pierde en forma de calor o ruido.

# 1. Conceptos básicos de Energía

## ➔ ¿Qué es la Energía HIDRÁULICA?

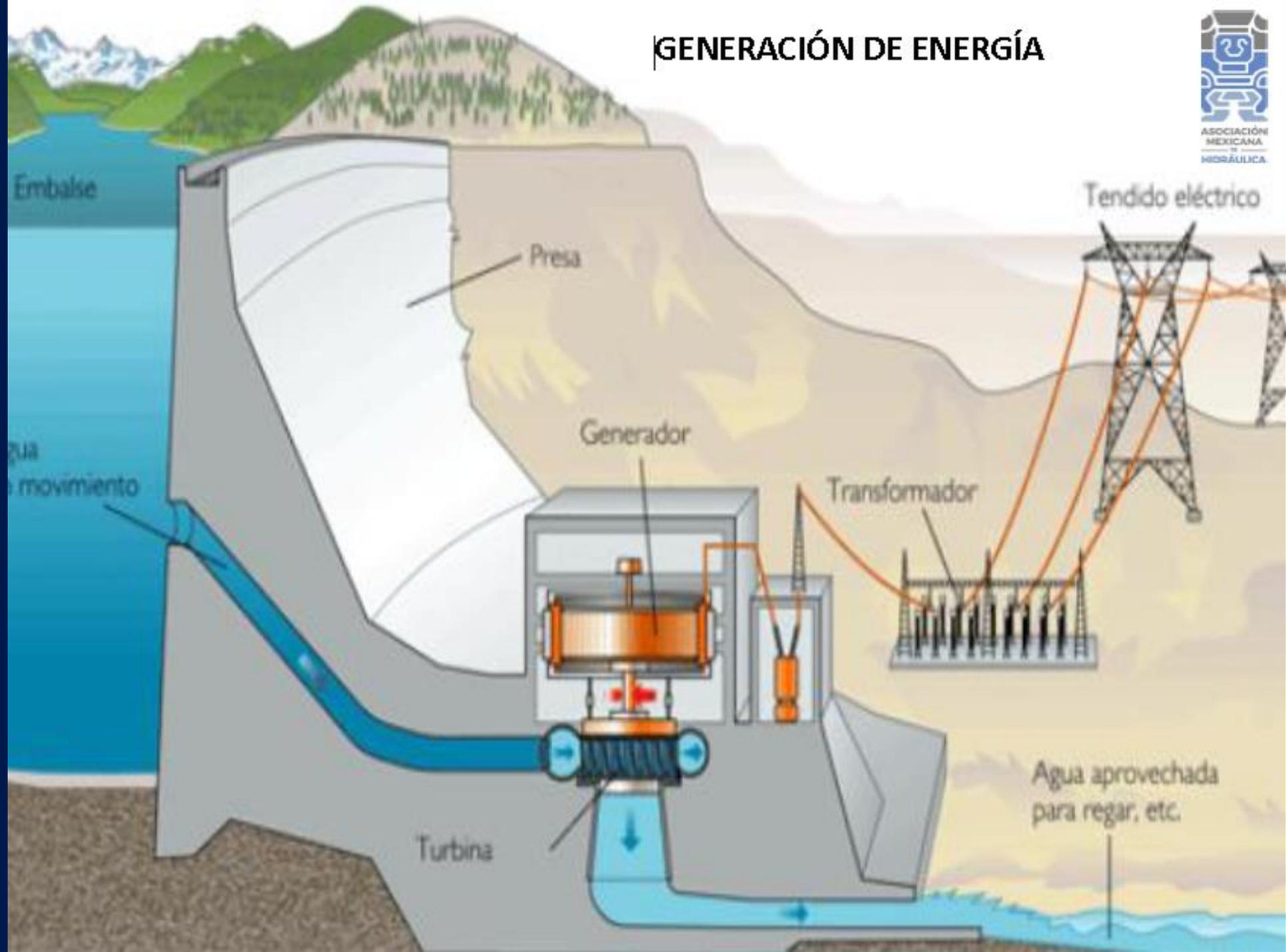
Se **obtiene** del aprovechamiento de las energías cinéticas y potencial de las corrientes del agua, saltos de agua o mareas.

Existen, desde hace siglos, pequeñas explotaciones **en las que la corriente de un río, con una pequeña represa, mueve una rueda de palas y genera un movimiento aplicado generalmente a molinos** o batanes.

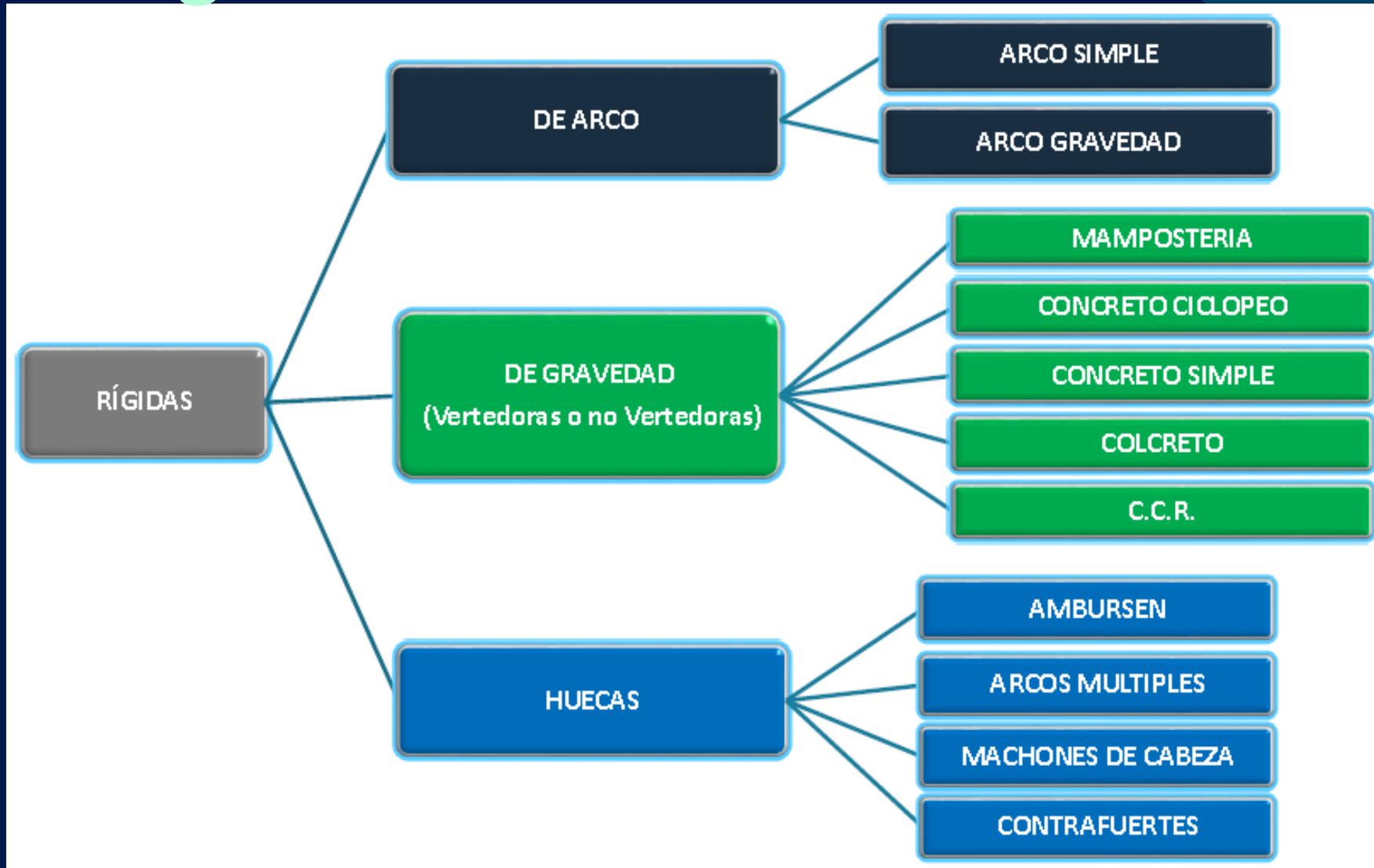


## 2. LAS PRESAS COMO PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA

# GENERACIÓN DE ENERGÍA



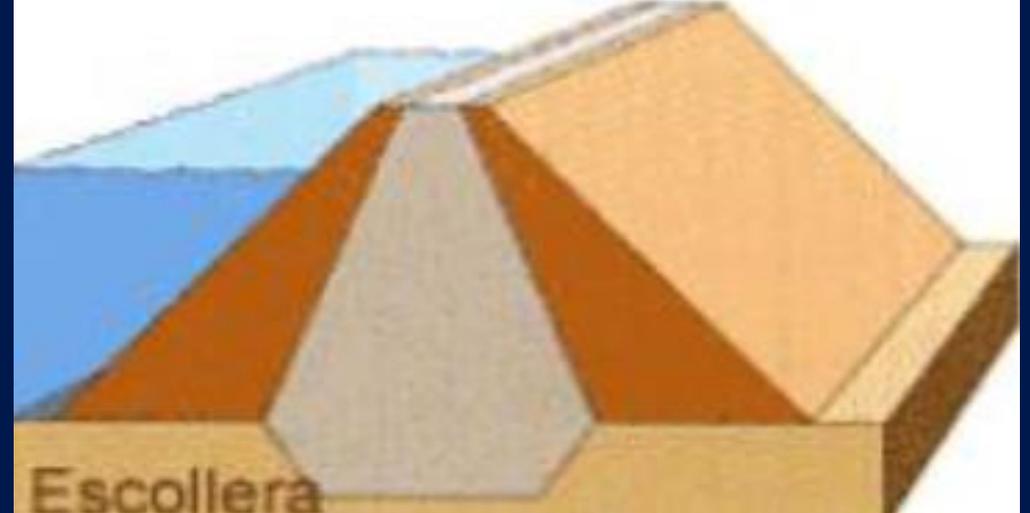
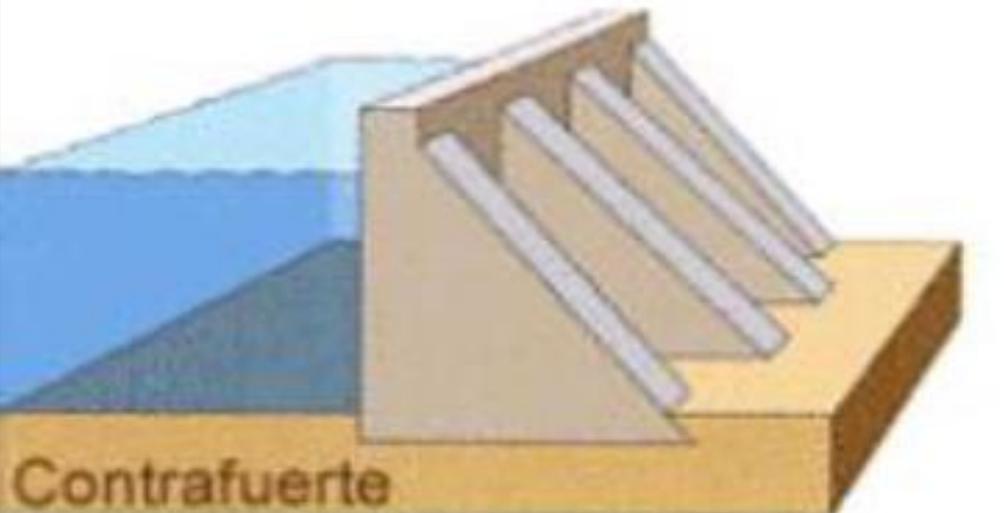
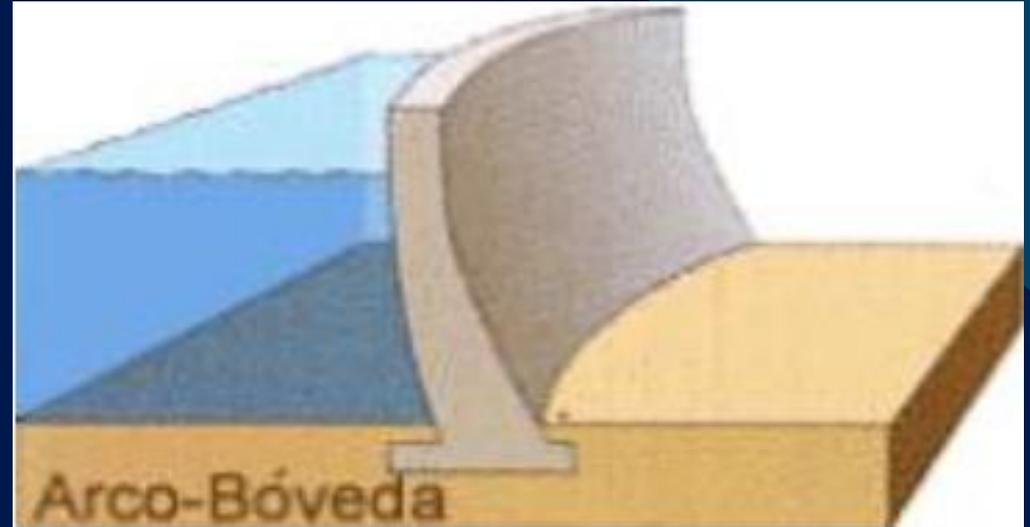
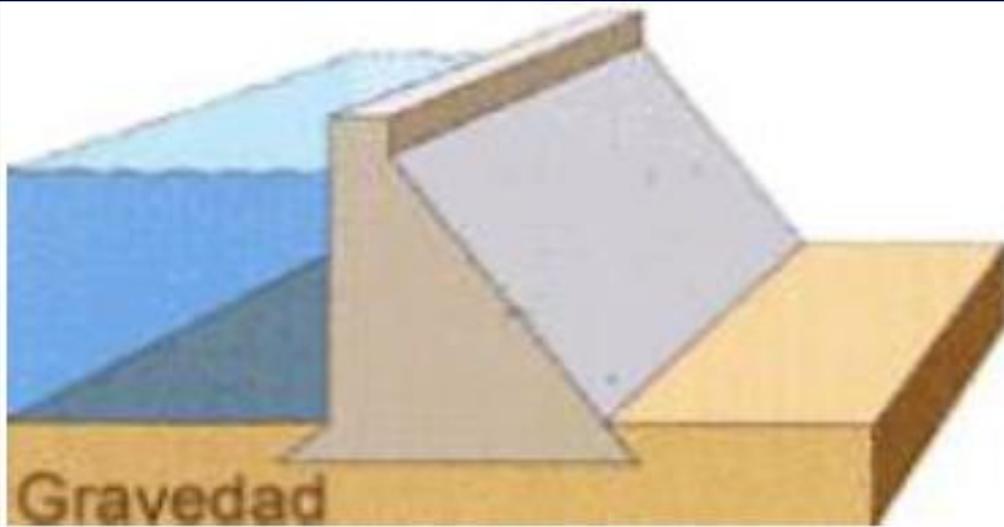
## 2. Las presas como medio para generación de energía



## 2. Las presas como medio para generación de energía



## 2. Las presas como medio para generación de energía



## 2. Las presas como medio para generación de energía



PRESA EL CAJON



PRESA HUITES

Generación en horario Punta

## 2. Las presas como medio para generación de energía



**Generación en caudal base**



**Rebombeo**

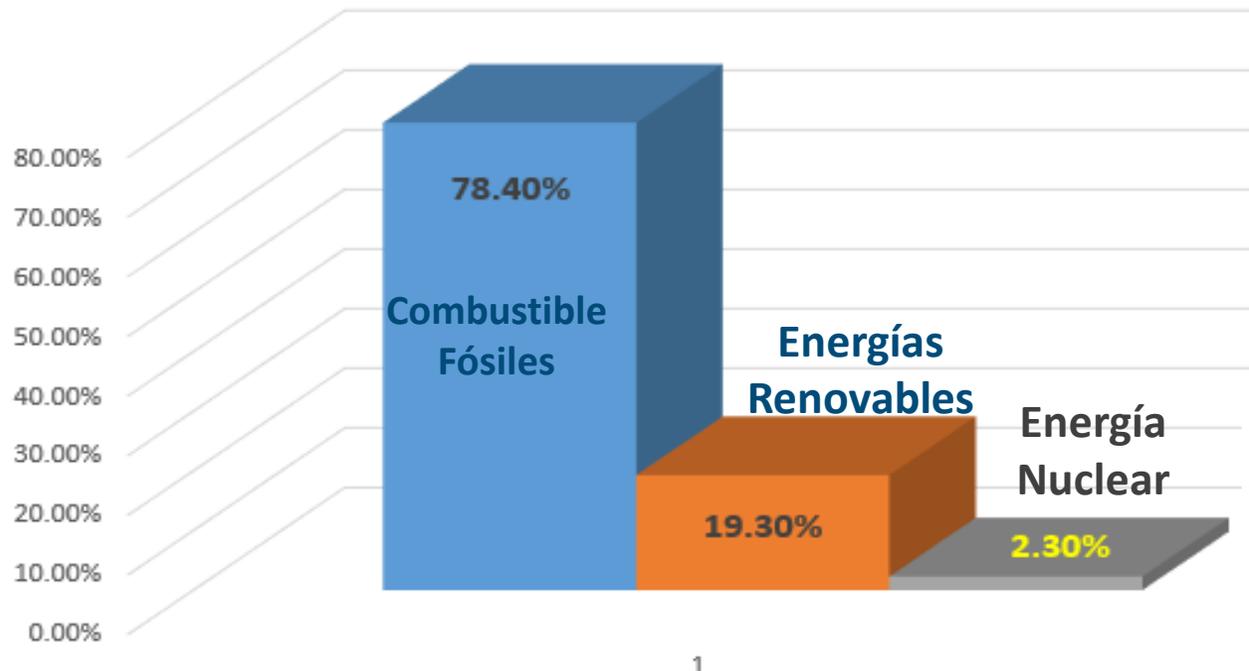


# 3. LAS HIDROELÉCTRICAS EN EL MUNDO

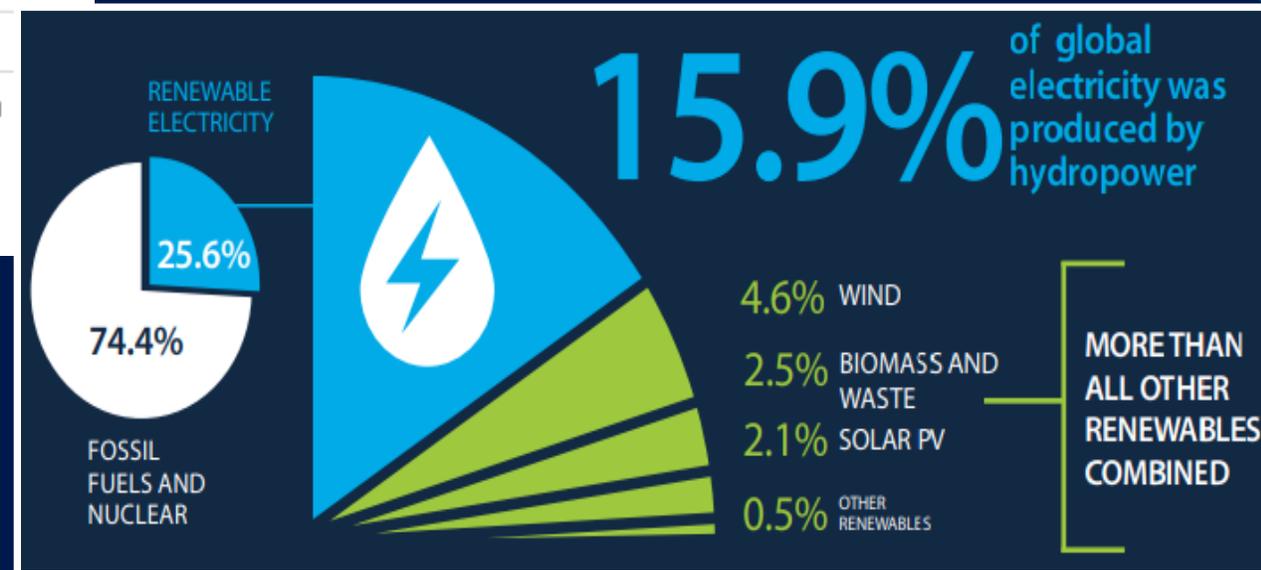
# 3. Las hidroeléctricas en el Mundo



Consumo de energía a nivel mundial en 2016



La energía hidroeléctrica es la mayor fuente en el mundo de generación de energía renovable

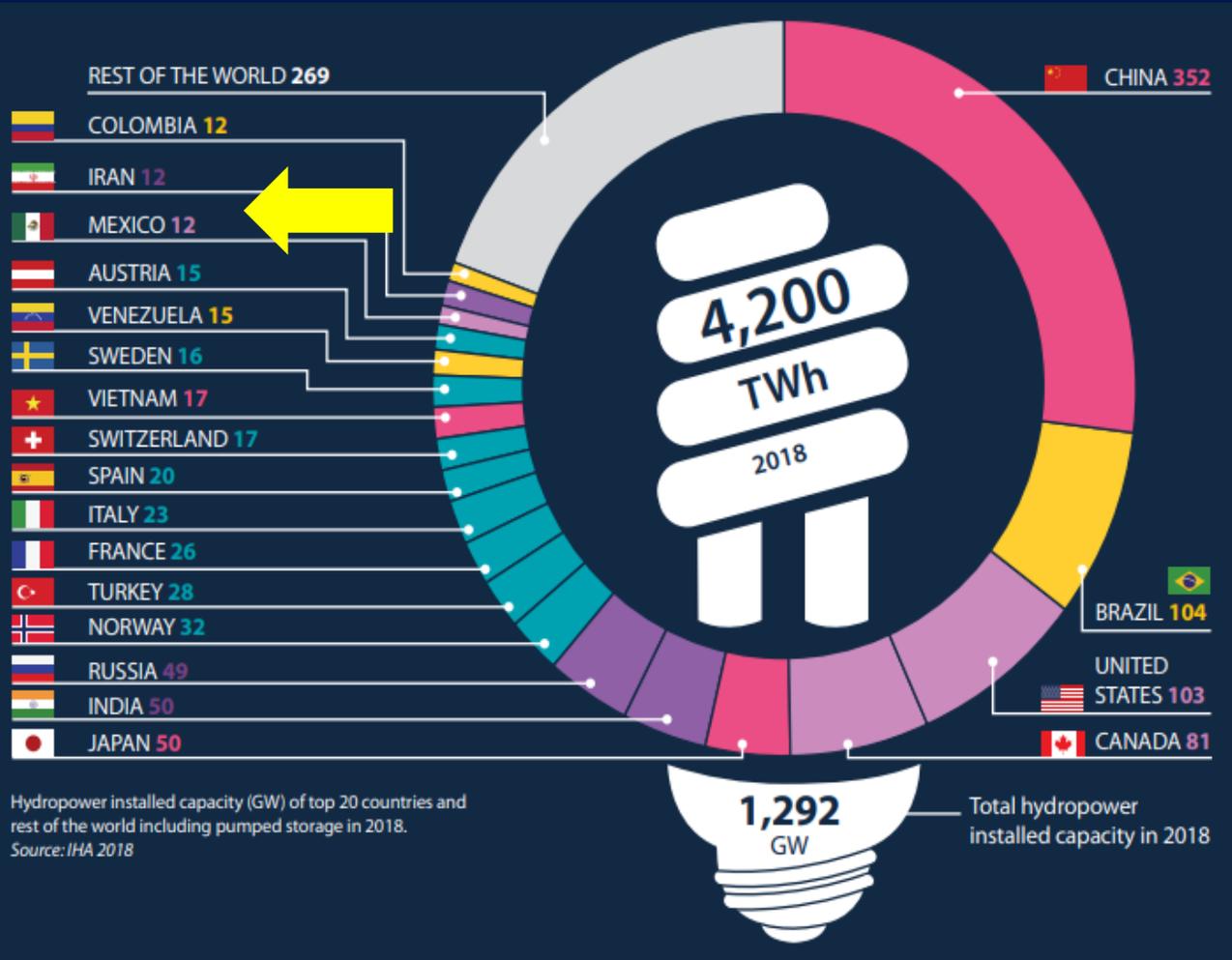


Fuente: REN21 (2017)

Fuente de la información: [https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/2019\\_hydropower\\_status\\_report.pdf](https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/2019_hydropower_status_report.pdf)

# 3. Las hidroeléctricas en el Mundo

## Capacidad instalada por país a nivel mundial (2019)



hasta el **115%**

**1 QUILOGRAMO**

Cada kWh generado con energía hidroeléctrica reduce las emisiones de CO2 en un **1 kg**.

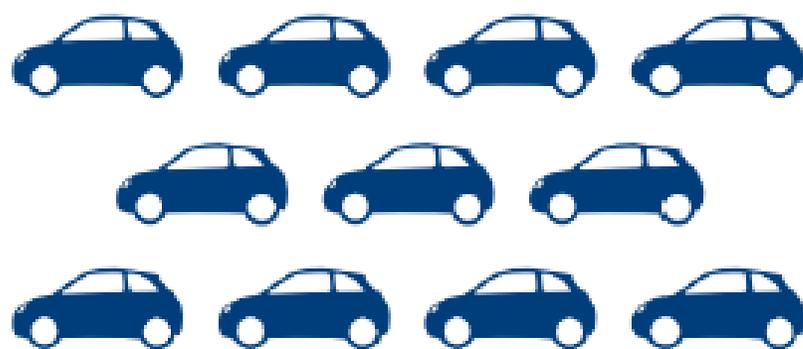
**85%**

Más del **85%** de todas las presas del mundo **no se explotan** para la generación de energía hidroeléctrica.

Entre el **98%** y el **115%** de la demanda anual de Noruega se abastece por hidroeléctricas (dependiendo de la lluvia).

Más del **80%** de la energía renovable del mundo se genera en hidroeléctricas.

**38 millones**



El uso de la hidroelectricidad ahorra aproximadamente **200 millones** de toneladas por año de contaminación de carbono en los Estados Unidos – lo que equivale a las emisiones de más de **38 millones** de coches de paseo.

**35 PAÍSES**

En 2009, más de **35 países** obtuvieron más de la mitad de toda su electricidad a partir de hidroeléctricas.

### 3. Las hidroeléctricas en el Mundo

**La primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña, su energía se utilizó para alimentar el funcionamiento de una farola.** El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX.

**En norte américa,** la se instalaron varias hidroeléctricas, tales como:

- a) en 1880, en los rápidos de Michigan;
- b) En 1881 , Ottawa, Ontario;
- c) En 1881, Dolgeville, New York; y
- d) En 1881, Cataratas del Niagara, New York.

**En 1891 Alemania** desarrollo la primera planta hidroeléctrica con sistema trifásico.

# 3. Las hidroeléctricas en el Mundo

**China**, es el mayor productor mundial de energía hidráulica. El Top 10 de las centrales hidroeléctricas, tras la incorporación de las centrales chinas de Xiluodu y Xiangjiaba, es la siguiente:

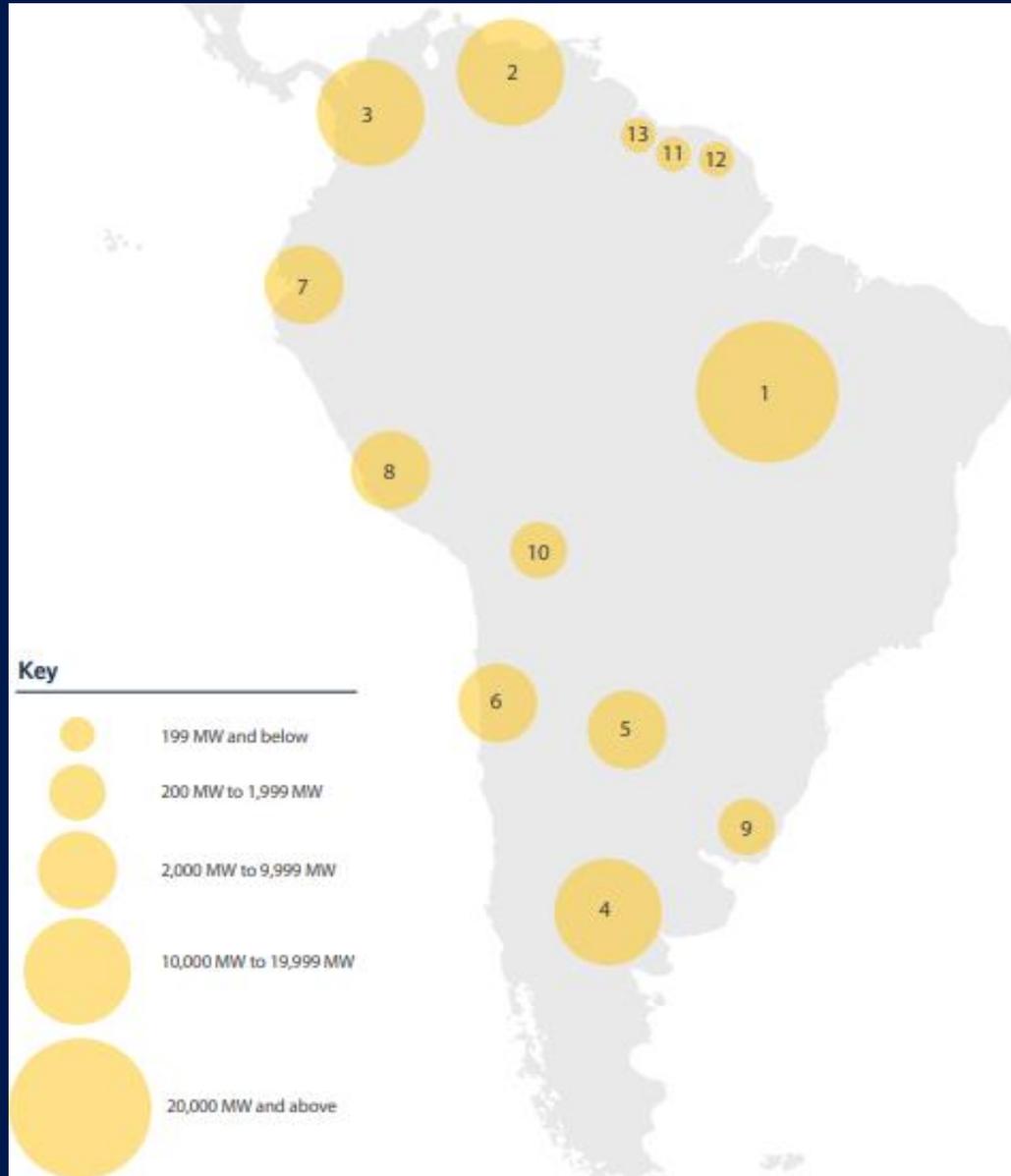
Nombre	Capacidad (MW)	País	Año Inicio de Operación	Inversión (MDD)	Nombre	Capacidad (MW)	País	Año Inicio de Operación	Inversión (MDD)
1.- C.H. Tres Gargantas	22,500	China	1993 a 2012 21 años	\$ 18,000	6.- C.H. Grand Coulee	6,809	Estados Unidos	E-1 1933 a 1941 E-2: 1967 a 1980	
2.- C.H. Itaipú	14,000	Paraguay - Brasil	1975 a 1982 7 años	\$ 16,000	7.- C.H. Xiangjiaba	6,448	China	2006 a 2015 9 años	\$ 6,000
3.- C.H. Xiluodu	13,860	China	2005 a 2014 9 años	\$ 7,000	8.- C.H. Longtan	6,426	China	2001 a 2009 8 años	\$ 4,200
4.- C.H. Guri (Simón Bolívar)	10,235	Venezuela	E-1 1963 a 1978 E-2: 1986 9 años		9.- C.H. Sayano-Shushenskaya	6,400	Rusia	1963 a 1978 15 años	\$ 6,000
5.- C.H. Tucuruí.	8,370	Brasil	E-1 1975 a 1984 E-2: 1998 a 2010	\$ 5,000	10.- C.H. Krasnoyarsk	6,000	Rusia	1956 a 1972 15 años	\$ 6,000

**Nota:** La Agencia Nacional de Energía Eléctrica (Aneel), informa que la central hidroeléctrica **BELO MONTE**, en Brasil, podrá atender la demanda energética de 18 millones de viviendas (60 millones de ciudadanos brasileños, mediante una capacidad instalada de generación de 11,000 MW).



# 4. LAS HIDROELÉCTRICAS EN LATINOAMÉRICA

# 4. Las hidroeléctricas en Latinoamérica



**COUNTRIES BY ADDED CAPACITY IN 2018 (MW\*)**

1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>
Brazil	Ecuador	Colombia	Peru	Chile
3,866	556	111	111	110

**SOUTH AMERICA CAPACITY BY COUNTRY\***

Rank	Country	Total installed capacity (MW)
1	Brazil	104,139
2	Venezuela	15,393
3	Colombia	11,837
4	Argentina	11,288
5	Paraguay	8,810
6	Chile	6,753
7	Ecuador	5,072
8	Peru	4,995
9	Uruguay	1,538
10	Bolivia	658
11	Suriname	189
12	French Guiana	119
13	Guyana	1

\* including pumped storage

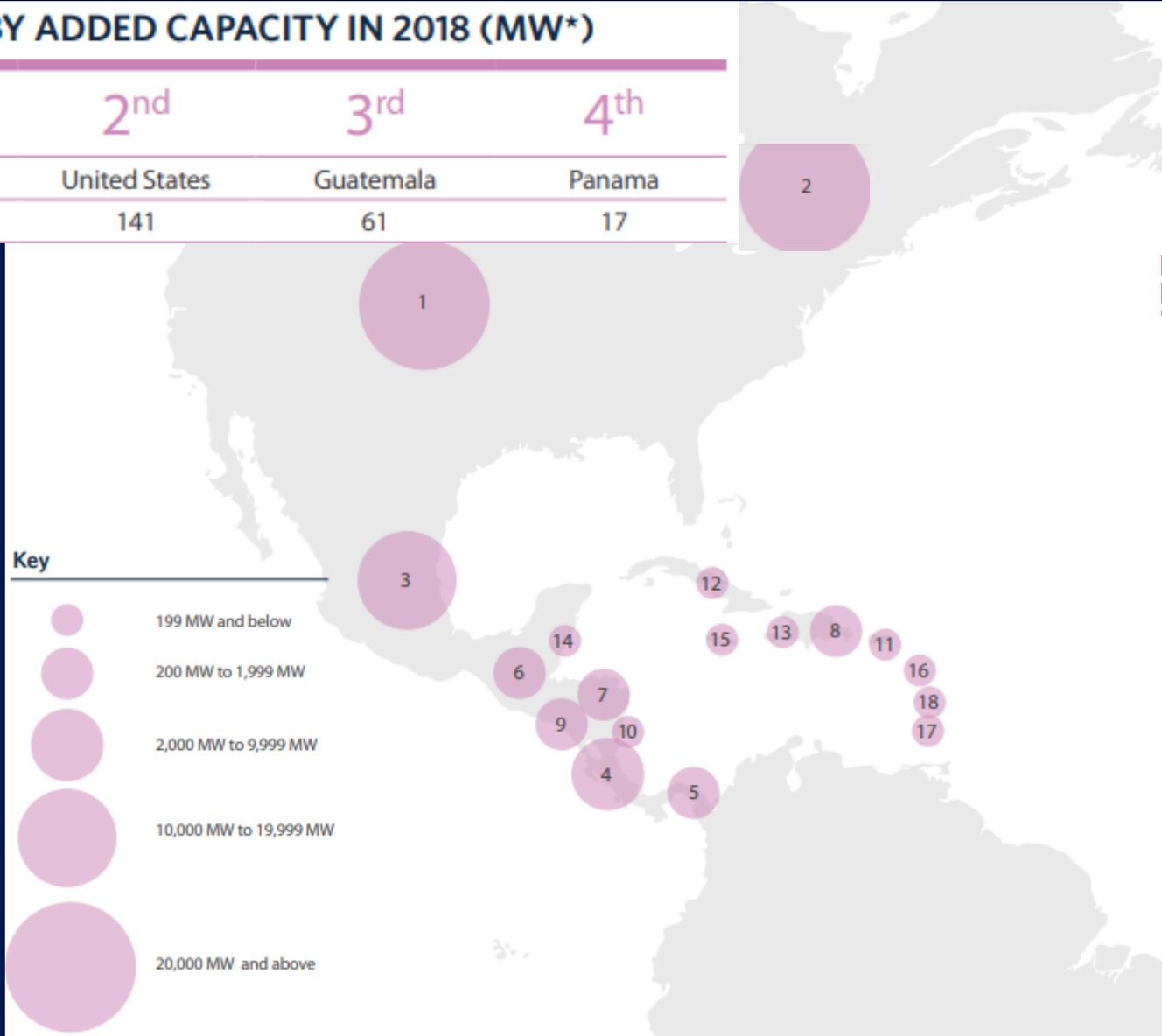
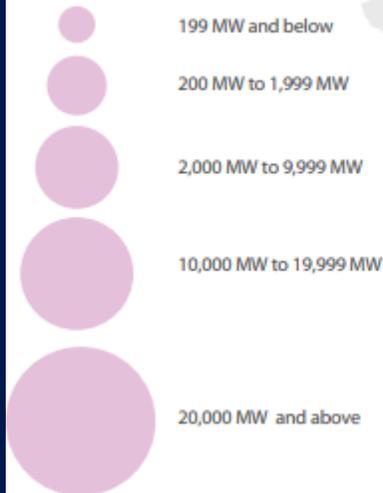
# 4. Las hidroeléctricas en Latinoamérica



COUNTRIES BY ADDED CAPACITY IN 2018 (MW\*)

1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>
Canada	United States	Guatemala	Panama
401	141	61	17

Key



NORTH AND CENTRAL AMERICA CAPACITY BY COUNTRY\*

Rank	Country	Total installed capacity (MW)
1	United States	102,745
2	Canada	81,386
3	Mexico	12,117
4	Costa Rica	2,375
5	Panama	1,818
6	Guatemala	1,499
7	Honduras	656
8	Dominican Republic	543
9	El Salvador	472
10	Nicaragua	123
11	Puerto Rico	98
12	Cuba	64
13	Haiti	61
14	Belize	53
15	Jamaica	23
16	Guadeloupe	10
17	Saint Vincent And The Grenadines	7
18	Dominica	6

\* including pumped storage

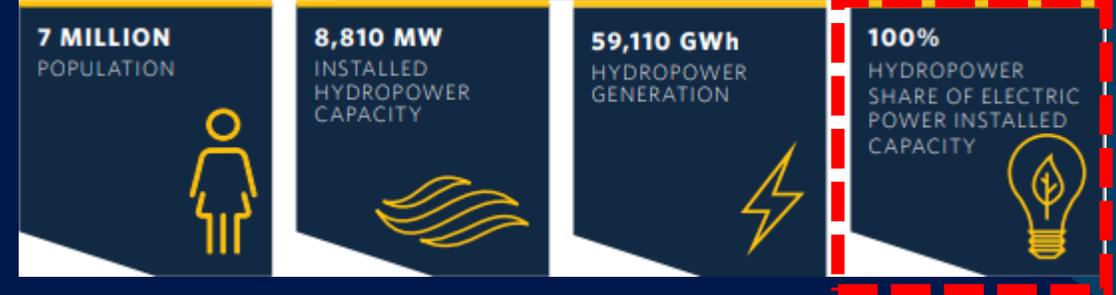
# 4. Las hidroeléctricas en Latinoamérica



## CANADA



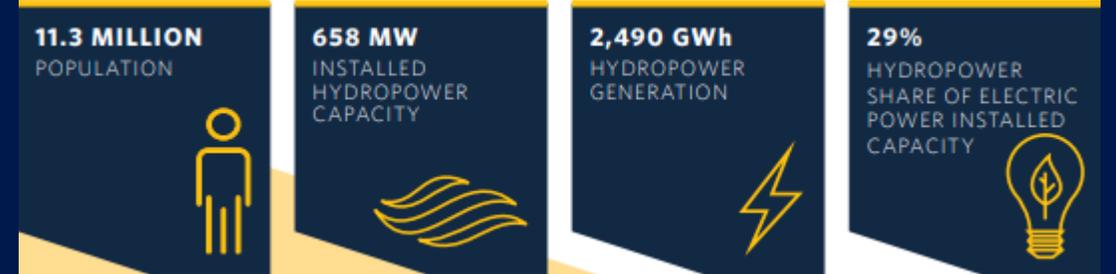
## PARAGUAY



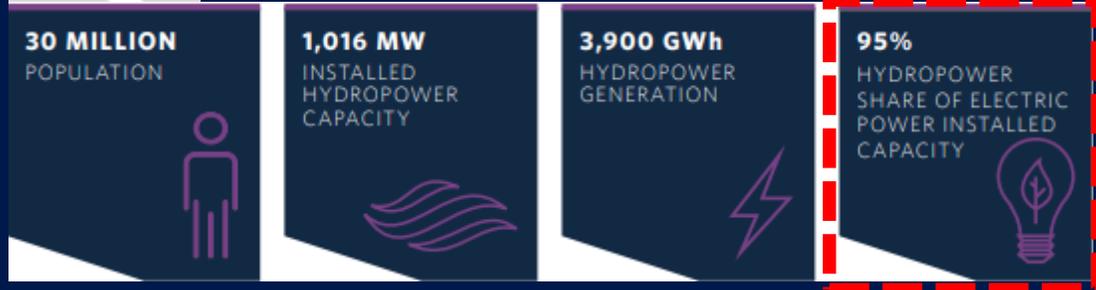
## GUATEMALA



## BOLIVIA



## NEPAL



## TAJIKISTAN



## 4. Las hidroeléctricas en Latinoamérica

En el Mundo, los países que dependen en gran medida del suministro de energía hidroeléctrica, son:

- ❖ **Brasil, Canadá, Noruega, Suecia y Venezuela.**
- ❖ **Paraguay**, NO solo obtiene el 100% de su energía de hidroeléctricas, sino que además exporta el 90% de su producción a Brasil y Argentina.
- ❖ **Noruega** produce entre el 98 y un 99% de su energía de hidroeléctricas.
- ❖ **Islandia**, TODA su energía es generada por hidroeléctricas y geotermia.
- ❖ **Costa Rica**, en 2017 logró 300 días con producción al 100% de energía renovable, por sus hidroeléctricas.



# 5. LAS HIDROELÉCTRICAS EN MÉXICO

# 5. Las hidroeléctricas en México

- **En México, se construye sus primeras instalaciones de hidroeléctricas en Batopilas, en Chihuahua, en 1889;** por lo que, a México se le considera pionera en la generación de energía hidroeléctrica.

Nombre	Inicio de Operación	Cuenca
Batopilas	1889	Batopilas
El Platanal	1903	Lerma Chapala
Portezuelos I	1905	Río Atoyac
Tirio	1905	Lago de Cuitzeo
Ixtaczoquitlin	1905	Río Blanco
Necaxa	1905	Río Tecolutla
EL Punto (El Salto)	1905	Río Santiago
Portezuelos II	1908	Río Atoyac

Fuente de la información: CFE, 2015. Artículo Técnico en el III Simposio Internacional de historia de la electrificación. Ciudad de México, Palacio de Minería, 17 a 20 de marzo de 2015, LAS GRANDES OBRAS HIDROELÉCTRICAS MANIFESTACIÓN ESPACIAL DEL RÉGIMEN PRIÍSTA María Verónica Ibarra García Colegio de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México [maveroibar@gmail.com](mailto:maveroibar@gmail.com); Edgar Talledos Sánchez Programa Agua y Sociedad Colegio de San Luis, AC. [edgartalsan@gmail.com](mailto:edgartalsan@gmail.com)

# 5. Las hidroeléctricas en México



- En México se cuenta con **64 Centrales Hidroeléctricas**.
  - ❑ De las cuales 20, son de gran importancia;
  - ❑ 44, son centrales pequeñas.

Nombre de la Hidroeléctrica	Ubicación	Año de inicio de Operación	Capacidad Total (MW)
Chicoasen	Chiapas	1980	2,430 MW
Infiernillo	Michoacán	1964	1,120 MW
Malpaso	Chiapas	1964	1,080 MW
Aguamilpa	Nayarit	1993	960 MW
Angostura	Chiapas	1974	900 MW
El Cajón	Nayarit	2006	750 MW
Yesca	Nayarit	2012	750 MW
El Caracol	Hidalgo	1986	600 MW
Huites	Sinaloa	1995	440 MW
Peñitas	Chiapas	1986	420 MW

Nombre de la Hidroeléctrica	Ubicación	Año de inicio de Operación	Capacidad Total (MW)
Temascal	Oaxaca	1955	354 MW
Villita	Michoacán	1968	300 MW
Necaxa	Puebla	1905	300 MW
Zimapan	Hidalgo	1995	292 MW
La Soledad	Puebla	1962	220 MW
El Novillo	Sonora	1964	135 MW
El Comedero	Sinaloa	1983	100 MW

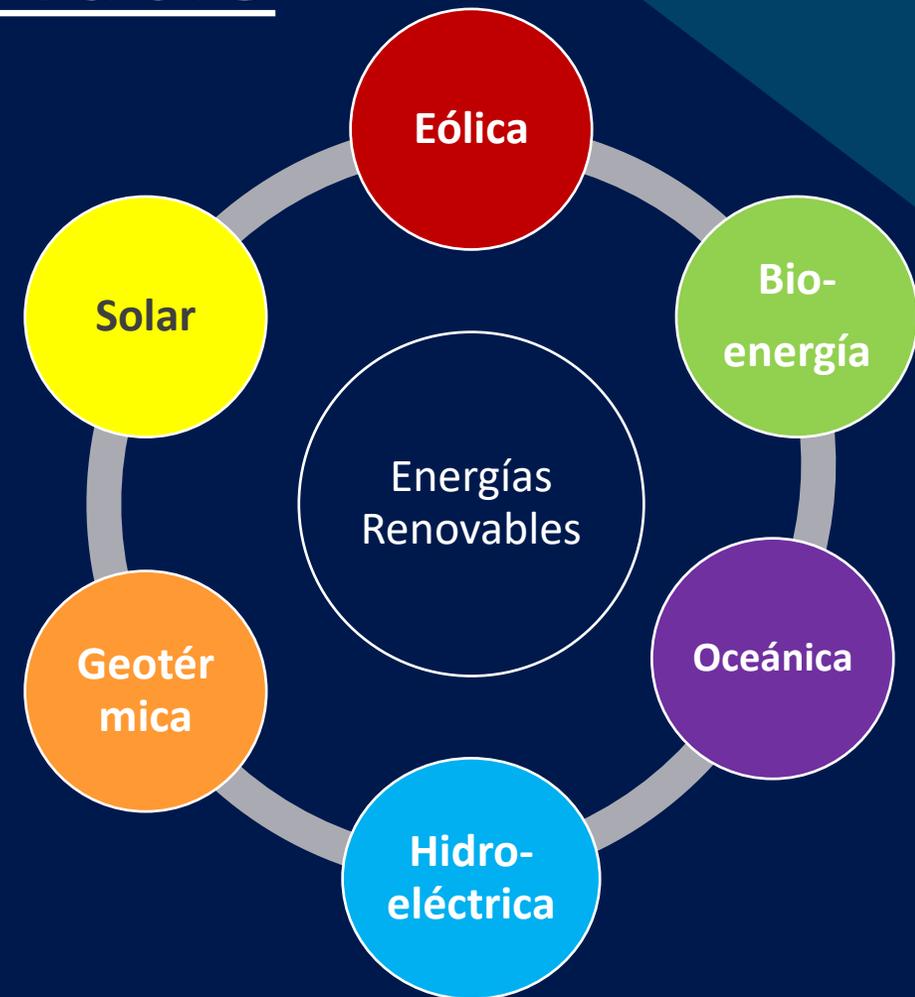


# 6. MARCO NORMATIVO Y JURÍDICO DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA POR MEDIO DE HIDROELÉCTRICAS

## 6. Marco Normativo y Jurídico

### Definición de Energía Renovable

Son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que al ser generadas no liberan emisiones contaminantes.





## 6. Marco Normativo y Jurídico

# Marco jurídico en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Artículo	Contenido
1	Todas las autoridades, en el ámbito de sus competencias, tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad. En consecuencia, el Estado deberá prevenir, investigar, sancionar y reparar las violaciones a los derechos humanos, en los términos que establezca la ley.
4	Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.
25	Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad, y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución.
26	A. El Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la Nación.
27	Corresponde exclusivamente a la Nación la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica; en estas actividades no se otorgarán concesiones, sin perjuicio de que el Estado pueda celebrar contratos con particulares en los términos que establezcan las leyes, mismas que determinarán la forma en que los particulares podrán participar en las demás actividades de la industria eléctrica.
28	No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; minerales radiactivos y generación de energía nuclear; la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, y la exploración y extracción del petróleo y de los demás hidrocarburos, en los términos de los párrafos sexto y séptimo del artículo 27 de esta Constitución, respectivamente; así como las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión.
115	Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes: b) Alumbrado público.
124	Las facultades que no están expresamente concedidas por esta Constitución a los funcionarios federales, se entienden reservadas a los Estados o a la Ciudad de México, en los ámbitos de sus respectivas competencias.

## 6. Marco Normativo y Jurídico

### Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Dentro de estos derechos humanos se encuentra reconocido el derecho al medio ambiente sano, mismo que puede ser promovido y respetado a través de la implementación de proyectos de energías renovables en tanto que éstas ayudan a disminuir la emisión de GEI como ha sido explicado previamente.

#### PRINCIPALES LEYES PARA LA PLANEACIÓN ENERGÉTICA Y SU REGULACIÓN:

- ❖ Ley de Planeación
- ❖ Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
- ❖ Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética

#### LEYES QUE PROMUEVEN UN MAYOR USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

- ❖ Ley General de Cambio Climático
- ❖ Ley de Transición Energética
- ❖ Ley de la Industria Eléctrica
- ❖ Ley de Aguas Nacionales

## 6. Marco Normativo y Jurídico

# POLÍTICAS E INSTRUMENTOS PARA EL FOMENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Existe una serie de instrumentos jurídicos derivados de la legislación secundaria para llevar a cabo el cumplimiento al mandato de sustentabilidad en la industria eléctrica, como son el Programa Especial de la Transición Energética, el Programa para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Estrategia para Promover el Uso de Combustibles y Tecnologías más Limpias, entre otros.

### Programa Sectorial de Energía 2013 - 2018

Tiene como objetivo orientar las acciones a la solución de los obstáculos que limiten el abasto de energía para promover la construcción y modernización de la infraestructura del sector y la modernización organizacional, tanto de la estructura y regulación de las actividades energéticas, como de las instituciones y empresas del Estado.

### Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014 - 2018

Establece las estrategias, objetivos, acciones y metas que permitirán alcanzar el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo.

### Programa Especial para la Transición Energética

Tiene como objetivo instrumentar las acciones establecidas en la Estrategia en materia de energías limpias; prestar especial atención a la extensión de la red de transmisión hacia las zonas con alto potencial de energía limpias bajo condiciones de sustentabilidad económica.

## 6. Marco Normativo y Jurídico

# METAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍA LIMPAS (SENER)



## 6. Marco Normativo y Jurídico

# Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2024

### II. POLÍTICA SOCIAL

#### Desarrollo sostenible

El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar que se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esta fórmula resume insoslayables mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos que deben ser aplicados en el presente para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico.

### III. ECONOMÍA

#### Rescate del sector energético

Se superarán mediante el diálogo los conflictos con poblaciones y comunidades generados por instalaciones de Pemex y la CFE, así como las inconformidades sociales por altas tarifas. La nueva política energética del Estado mexicano impulsará el desarrollo sostenible mediante la incorporación de poblaciones y comunidades a la producción de energía con fuentes renovables, mismas que serán fundamentales para dotar de electricidad a las pequeñas comunidades aisladas que aún carecen de ella y que suman unos dos millones de habitantes. La transición energética dará pie para impulsar el surgimiento de un sector social en ese ramo, así como para alentar la reindustrialización del país.

## 6. Marco Normativo y Jurídico

# Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2024

### 1.2 Reconstrucción del país

Con estas piezas se construirán los pilares para una nueva etapa del desarrollo económico de México. Asimismo, en este desarrollo se apuesta por la sostenibilidad económica, social y medioambiental de los proyectos, por el impulso de tecnologías limpias y por el uso de energías renovables, lo que permitirá un desarrollo económico sostenible y duradero no solo para las generaciones presentes sino para las futuras.





## 6. Marco Normativo y Jurídico

### Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2024

Atendiendo los nuevos enfoques de política pública de la presente administración, el Gobierno de México se ajustará a los cinco criterios siguientes:

- 1.- La implementación de la política pública o normativa deberá incorporar una valoración respecto a la participación justa y equitativa **de los beneficios derivados del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.**
- 3.- En los casos que resulte aplicable, la determinación de las opciones de política pública **deberá favorecer el uso de tecnologías bajas en carbono y fuentes de generación de energía renovable;** la reducción de la emisión de contaminantes a la atmósfera, el suelo y el agua, así como la conservación **y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.**

## 6. Marco Normativo y Jurídico

**Objetivo 3.5 Establecer una política energética soberana, sostenible, baja en emisiones y eficiente para garantizar la accesibilidad, calidad y seguridad energética.**

**El sector energético se plantea como una de las palancas estratégicas para impulsar el desarrollo económico de México. Para satisfacer la demanda creciente de energía a precios accesibles y así garantizar la soberanía y seguridad energética nacional, será necesario potenciar la producción nacional de energía de manera sostenible, promoviendo su generación con fuentes renovables.**

**Algunos de los principales retos del sector eléctrico son mantener un balance en el suministro de combustibles necesarios para la generación de electricidad; diseñar y aplicar tarifas que cubran costos eficientes y envíen señales adecuadas a productores y consumidores; **aumentar la inversión en mantenimiento y ampliación de la infraestructura de transmisión, distribución y generación, promoviendo las energías limpias.****

**En materia de generación de energía eléctrica a través de recursos renovables, México va camino hacia las energías limpias; sin embargo, se encuentra aún en una posición muy rezagada: en 2018 se alcanzó 22.5% de la energía generada que provino de fuentes limpias. Sin embargo, para cumplir con la Ley General de Cambio Climático y la Ley de Transición Energética, el Gobierno de México trabajará para llegar hasta un 35% para 2024.**



## 6. Marco Normativo y Jurídico

**Objetivo 3.5 Establecer una política energética soberana, sostenible, baja en emisiones y eficiente para garantizar la accesibilidad, calidad y seguridad energética.**

**La transición a energías renovables para reducir la contribución de México al cambio climático en el mediano y largo plazo será una constante en el programa energético del país. Para lograrlo, se fomentará y fortalecerá el capital humano y científico de alto nivel para impulsar el desarrollo científico y tecnológico orientado a aplicaciones de desarrollo sostenible.**



# 7. USO DE TECNOLOGÍA EN LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL HIDROENERGÉTICO DE UN SITIO DE INTERÉS



## 7. Uso de tecnología en la determinación del potencial hidroenergético en un sitio de interés

### La Ecuación para determinar el potencial hidroenergético de un sitio

Esta ecuación depende de la descarga de caudal, y de la carga o desnivel, además de considerar las pérdidas por fricción en función de la longitud, y accesorios.

$$P = 9.81 \times Q \times H \times \eta_o = \text{kW}$$

Donde:

$g$  = es la aceleración de gravedad;

$Q$  = es el Caudal o descarga, en  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$H$  = es la Carga Neta (Carga Bruta menos pérdidas), en  $\text{m}$ ;

$\eta$  = es la eficiencia de la turbina, generador:

La Generación de energía por año, se determina como:

$$G = P \times 24 \times 365 \text{ kWh/año};$$

$$G = P \times 8760 \text{ kWh/año}$$

Nota: En otras ocasiones se opta por usar

**4500 horas de trabajo.**

# 7. Uso de tecnología en la determinación del potencial hidroenergético en un sitio de interés

## La importancia de la utilización de las herramientas SIG

Frente a las dificultades para encontrar potenciales hidroeléctricos, el uso de las herramientas SIG han venido a contar con mayor agilidad los resultados, y por consiguiente tomar decisiones más inmediatas.

### Premisas a considerar:

La determinación del potencial físico para la implantación de un PCH se debe considerar la conjunción de algunos parámetros principales:

- Estimación del caudal, por medio de precipitación y escurrimiento.
- Identificación del declive o pendiente topográfica.



# 7. Uso de tecnología en la determinación del potencial hidroenergético en un sitio de interés

## Premisas a considerar:

Es necesario identificar los datos del caudal a lo largo del curso de agua obtenidos de los estudios de regionalización, y obtener el área específica de contribución a partir de la imagen generada por el Modelo Digital del Terreno (MDT).

El aprovechamiento del uso de cascadas para la implementación de PCHs, se realiza considerando dos situaciones fisiográficas:

+ El declive topográfico durante el curso del río, que realiza cascadas naturales.

+ El declive en las márgenes del río, lo que permite el uso de áreas con grandes gradientes desde el desvío del curso del agua.

Actualmente, existe una gran variedad de herramientas de software que están disponibles para ayudar en esta actividad, como es el caso de:

+ **ArcGIS (Qgis, uso libre).**

+ **Idrisi.**

+ **Spring.**

+ **Global Mapper, entre otros.**

# 7. Uso de tecnología en la determinación del potencial hidroenergético en un sitio de interés



## Premisas a considerar:

### Regionalización de Caudales.

Para realizar la regionalización de caudales, estará en función de las estaciones hidrométricas cercanas a la zona de estudio, así como la calidad de su información o interpolación de sus datos de serie histórica.

Algunos criterios a tomar en cuenta para el análisis de la regionalización son:

- + Disponibilidad de la serie histórica de caudales medios, y máximos.
- + Alteraciones en series hidrológicas.
- + Serie de al menos 10 años de datos.
- + Consistencia de las coordenadas geográficas de las estaciones.
- + Distribución espacial de las estaciones que conforman la red hidrométrica básica que debe proporcionar una cobertura satisfactoria de la cuenca en estudio

Realizado el inventario y selección de estaciones de interés, los datos de caudales medios diarios se deben obtener, así como cotas medias diarias, mediciones de descargas, caudales mensuales y anuales.

# 7. Uso de tecnología en la determinación del potencial hidroenergético en un sitio de interés

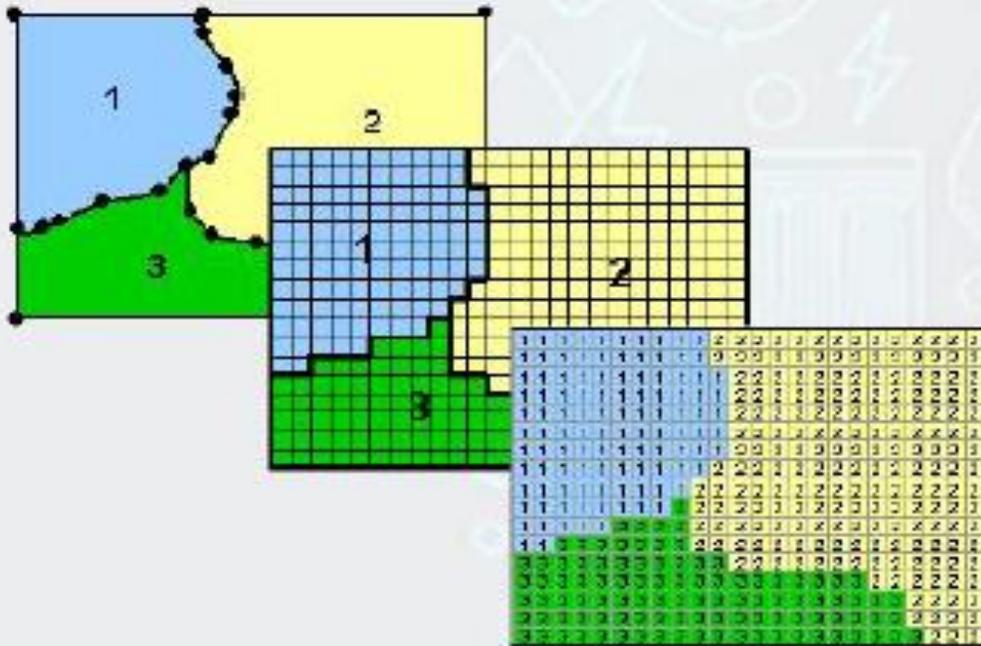


## Premisas a considerar:

### Regionalización de Caudales.

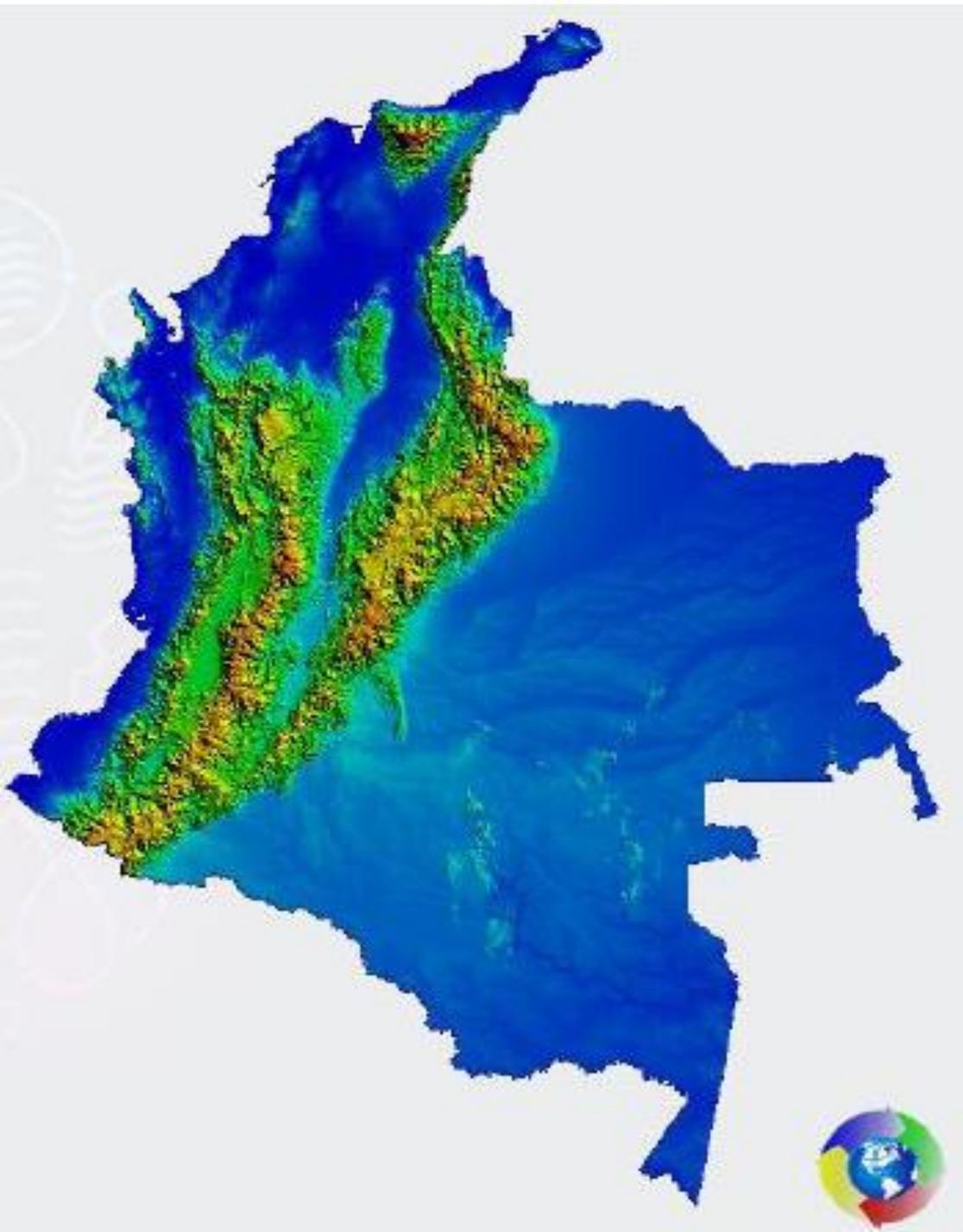
El siguiente paso es la selección y análisis de datos y la estimación de los valores característicos de la cuenca hidrológica, como el caudal promedio de largo plazo, el caudal máximo asociado con un tiempo de respuesta de interés, **caudal mínimo de duración de 7 días y periodo de retorno de 10 años, el caudal asociado con un percentil del 95%**

# Herramientas para el uso de todos



Un Modelo Digital de Terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial del terreno de una manera cuantitativa y continua. El tipo de Modelo Digital del Terreno (MDT) más conocido es el Modelo Digital de Elevaciones, un caso particular de aquel, en el que la variable representada es la cota del terreno en relación a un sistema de referencia concreto.

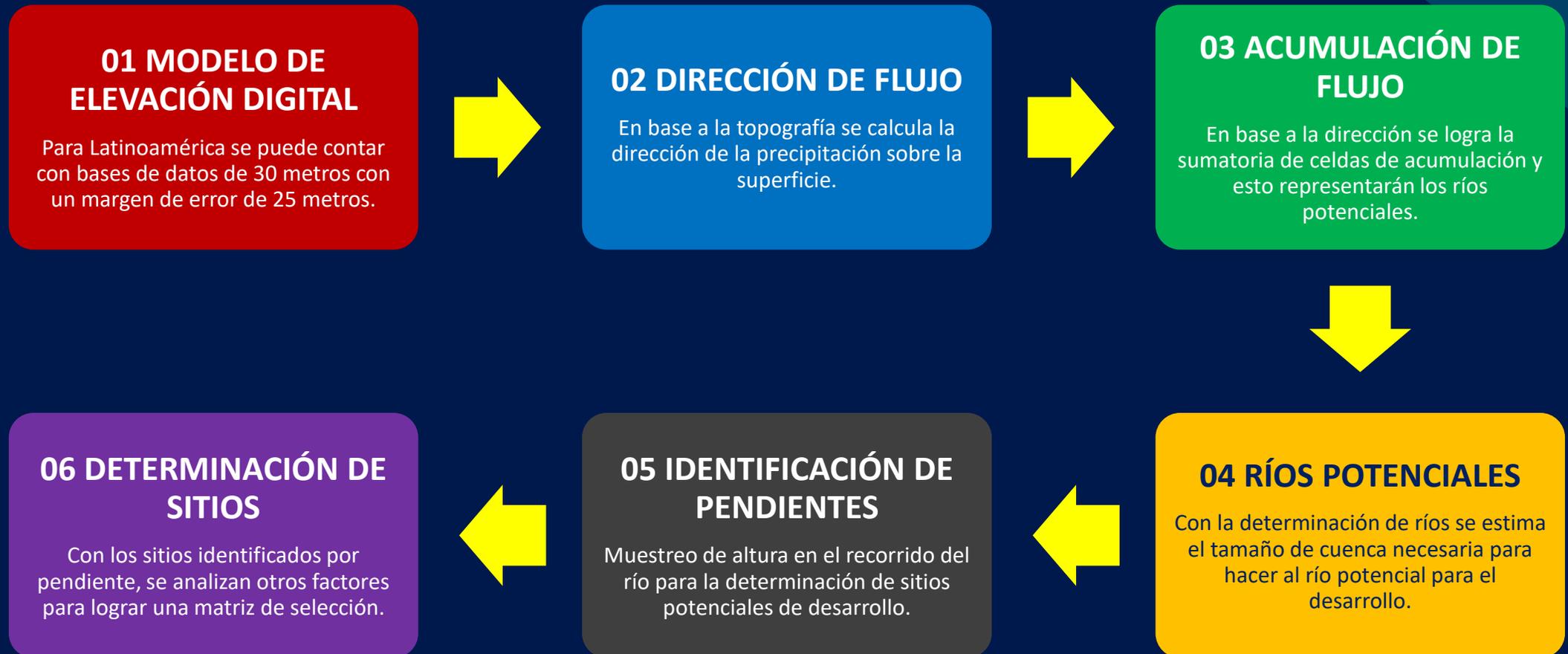




**Bases de datos de libre acceso, a las que se puede acceder a través de internet, tales como:**  
**NASA (DEM ASTER, SRTM-1, SRTM-3, SRTM30, MOLA MEGDR), y el USGS (DEM SDTS), LIDAR**

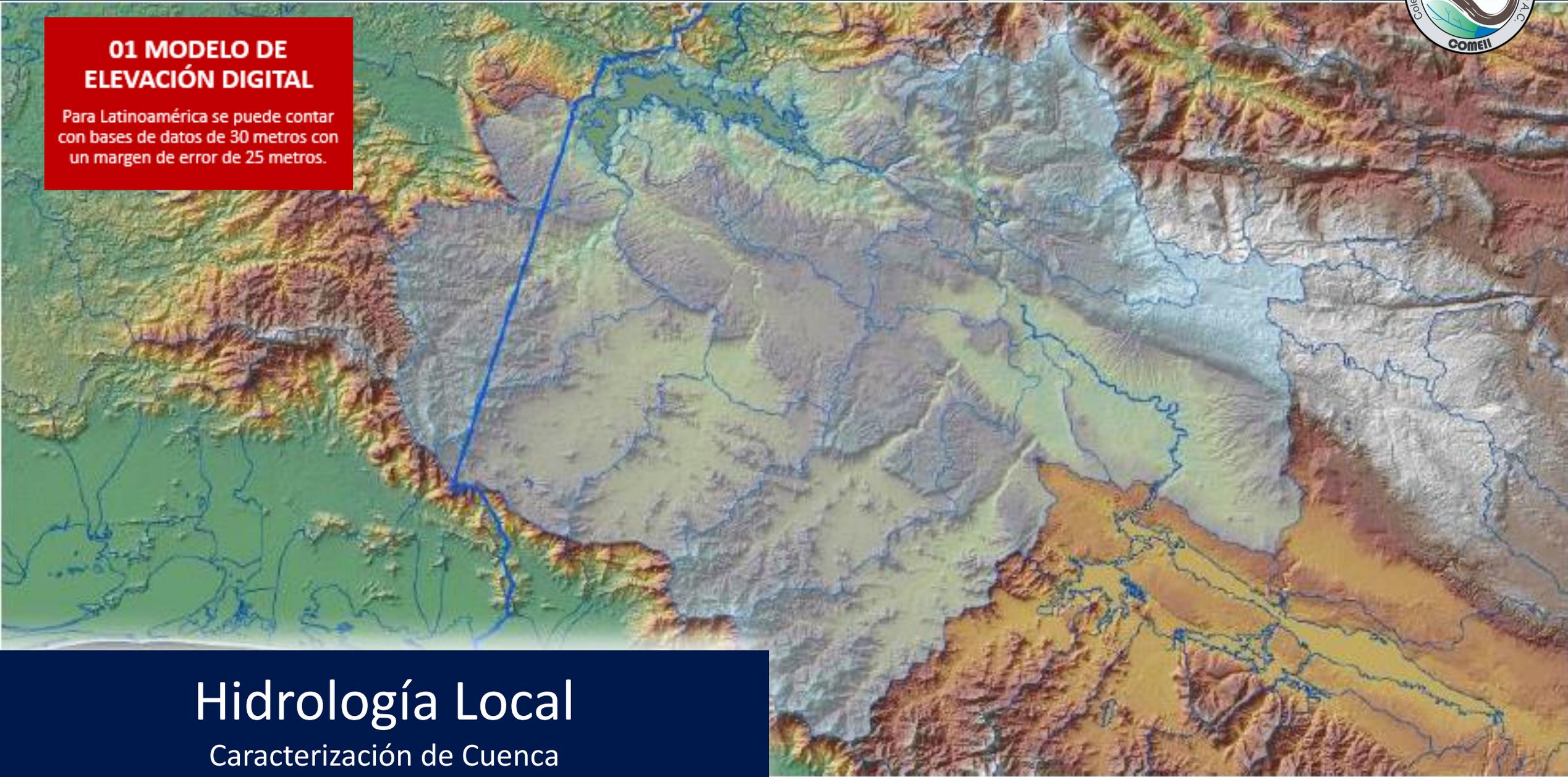
# 7. Uso de tecnología en la determinación del potencial hidroenergético en un sitio de interés

## Prospección del GIS



## 01 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL

Para Latinoamérica se puede contar con bases de datos de 30 metros con un margen de error de 25 metros.

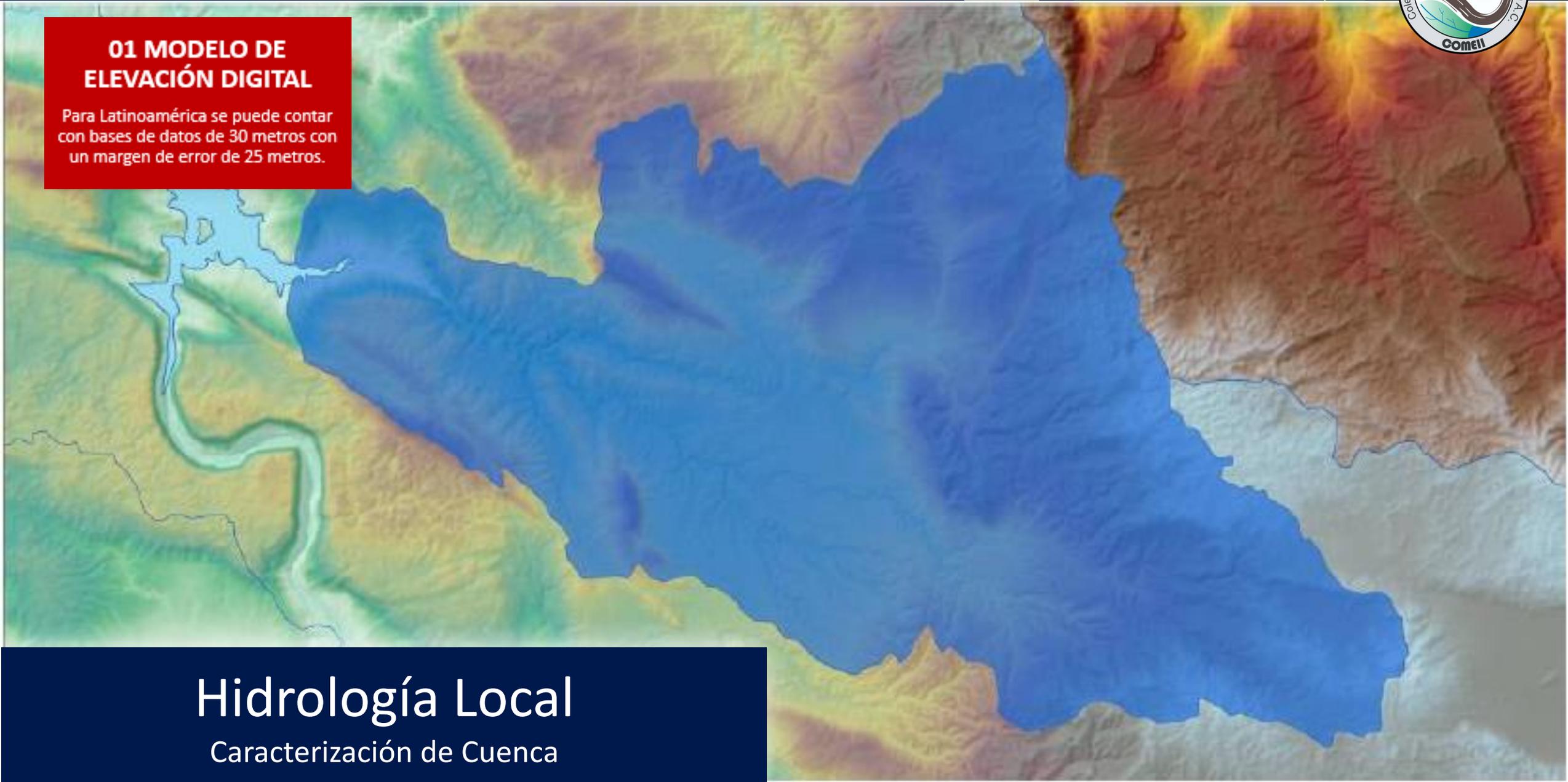


# Hidrología Local

Caracterización de Cuenca

## 01 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL

Para Latinoamérica se puede contar con bases de datos de 30 metros con un margen de error de 25 metros.



# Hidrología Local

Caracterización de Cuenca

## 01 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL

Para Latinoamérica se puede contar con bases de datos de 30 metros con un margen de error de 25 metros.

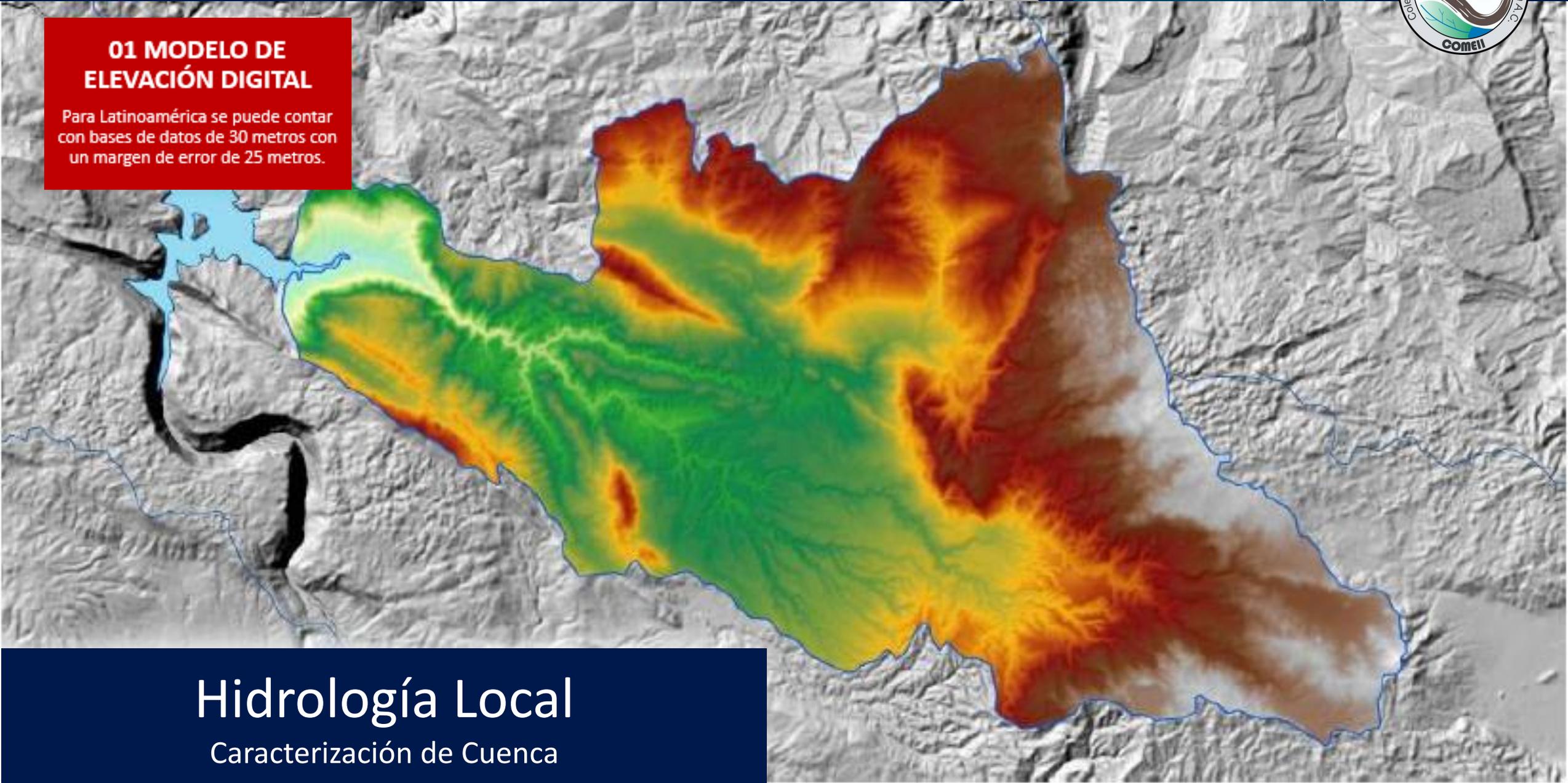


# Hidrología Local

Caracterización de Cuenca

## 01 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL

Para Latinoamérica se puede contar con bases de datos de 30 metros con un margen de error de 25 metros.

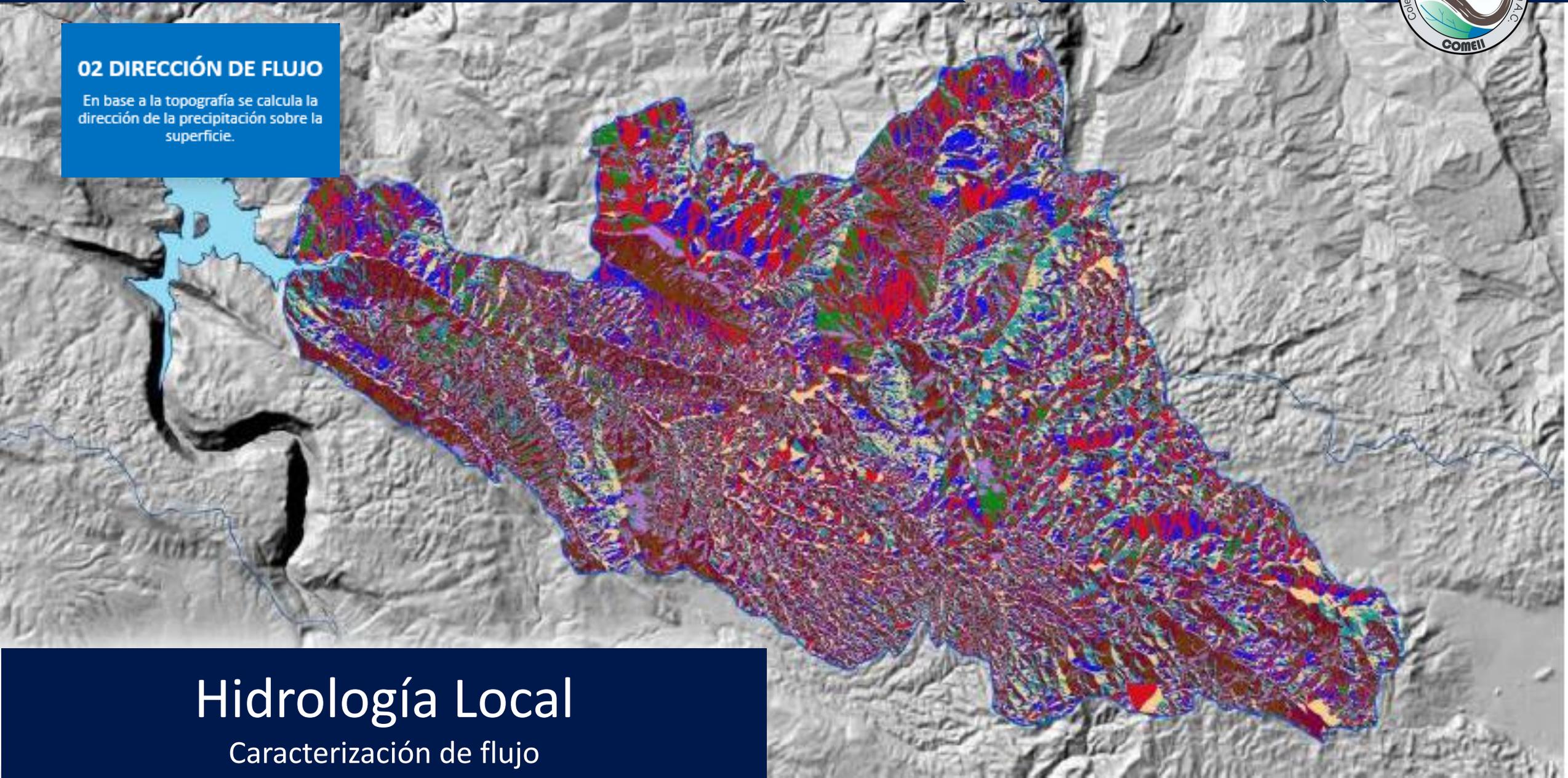


# Hidrología Local

Caracterización de Cuenca

## 02 DIRECCIÓN DE FLUJO

En base a la topografía se calcula la dirección de la precipitación sobre la superficie.



# Hidrología Local

Caracterización de flujo

### 03 ACUMULACIÓN DE FLUJO

En base a la dirección se logra la sumatoria de celdas de acumulación y esto representarán los ríos potenciales.



# Hidrología Local

Acumulación de flujo

### 03 ACUMULACIÓN DE FLUJO

En base a la dirección se logra la sumatoria de celdas de acumulación y esto representarán los ríos potenciales.

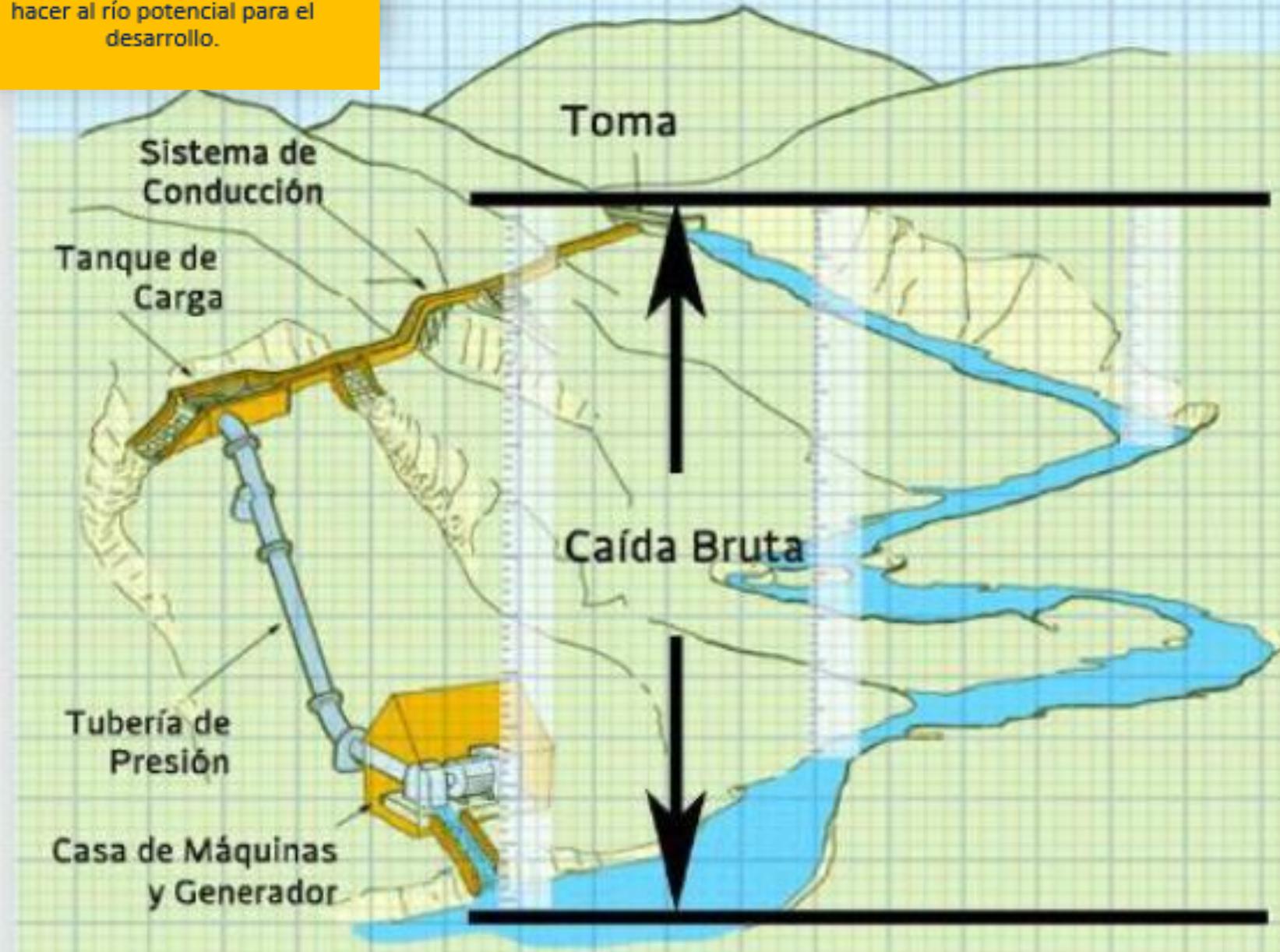


# Hidrología Local

Acumulación de flujo

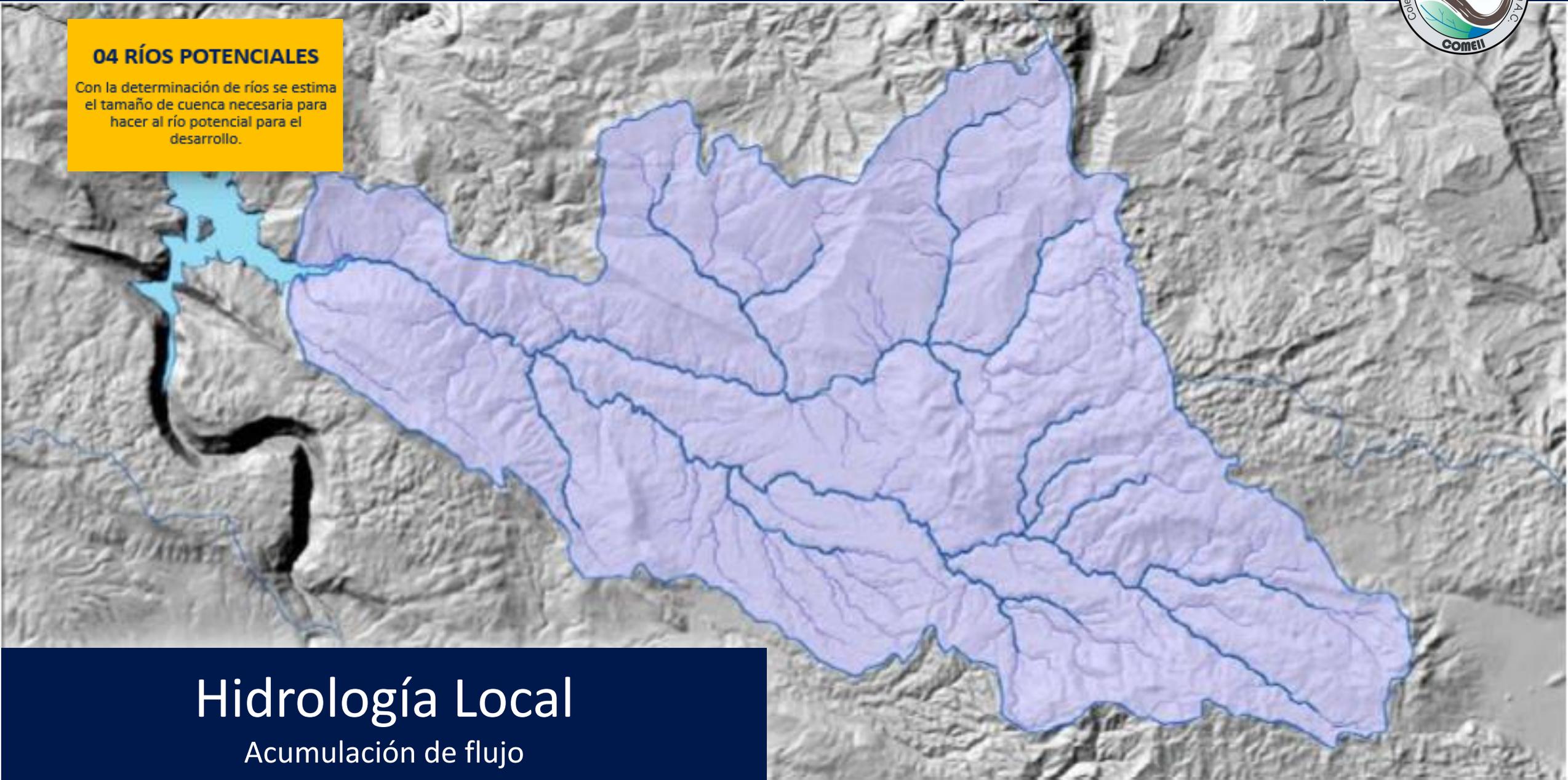
## 04 RÍOS POTENCIALES

Con la determinación de ríos se estima el tamaño de cuenca necesaria para hacer al río potencial para el desarrollo.



## 04 RÍOS POTENCIALES

Con la determinación de ríos se estima el tamaño de cuenca necesaria para hacer al río potencial para el desarrollo.

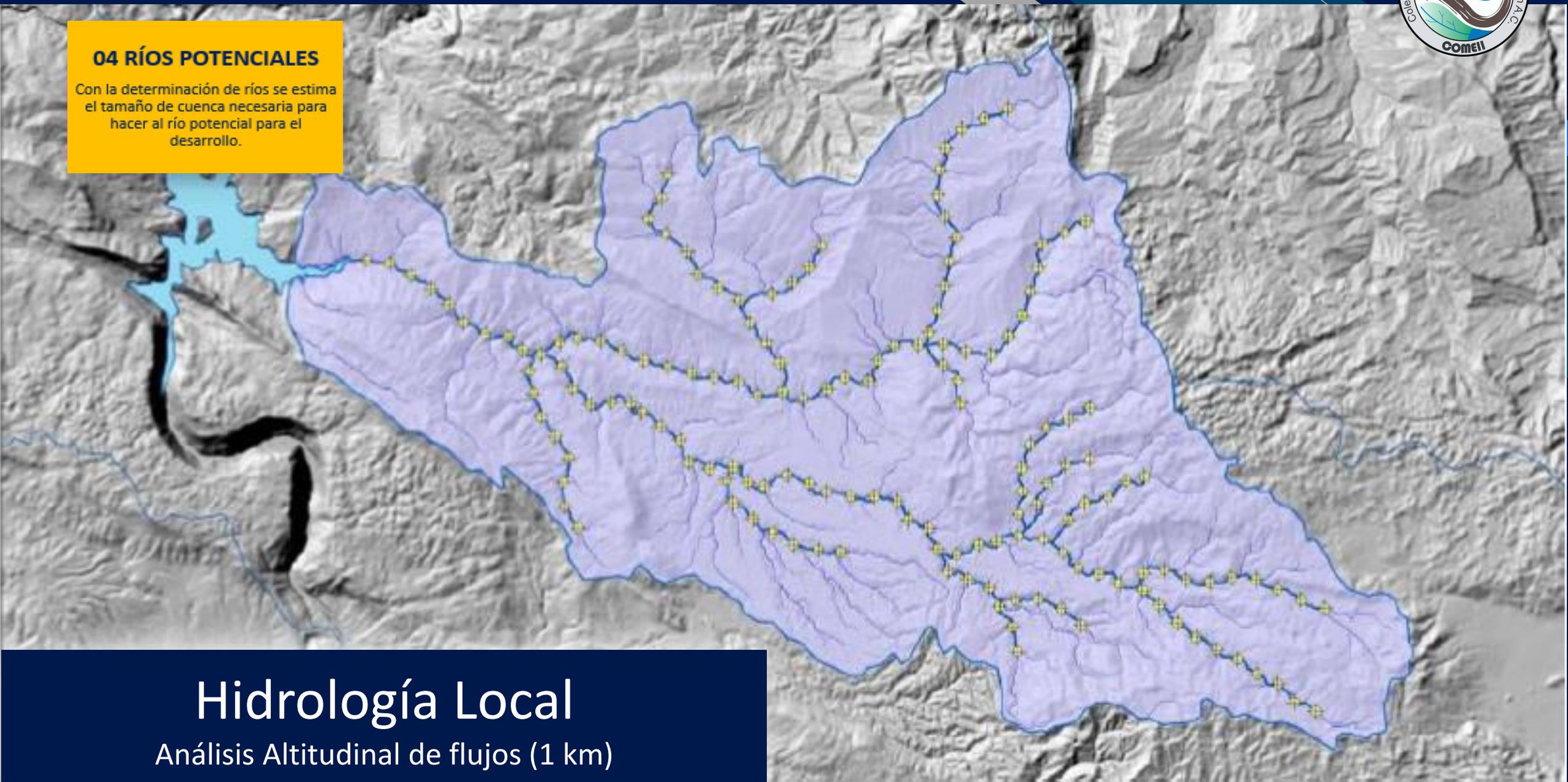


# Hidrología Local

Acumulación de flujo

## 04 RÍOS POTENCIALES

Con la determinación de ríos se estima el tamaño de cuenca necesaria para hacer al río potencial para el desarrollo.

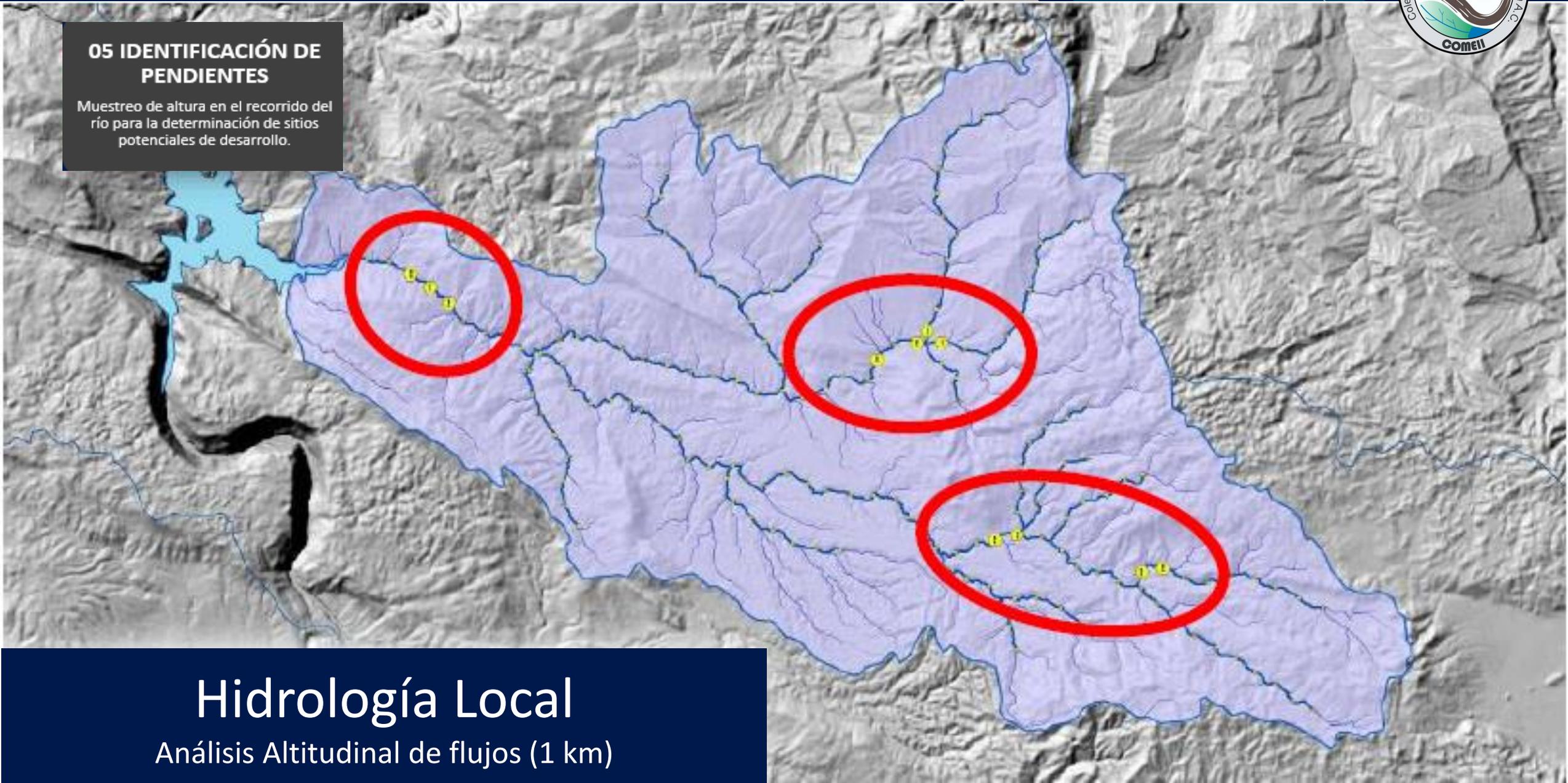


# Hidrología Local

Análisis Altitudinal de flujos (1 km)

## 05 IDENTIFICACIÓN DE PENDIENTES

Muestreo de altura en el recorrido del río para la determinación de sitios potenciales de desarrollo.



# Hidrología Local

Análisis Altitudinal de flujos (1 km)

## 05 IDENTIFICACIÓN DE PENDIENTES

Muestreo de altura en el recorrido del río para la determinación de sitios potenciales de desarrollo.

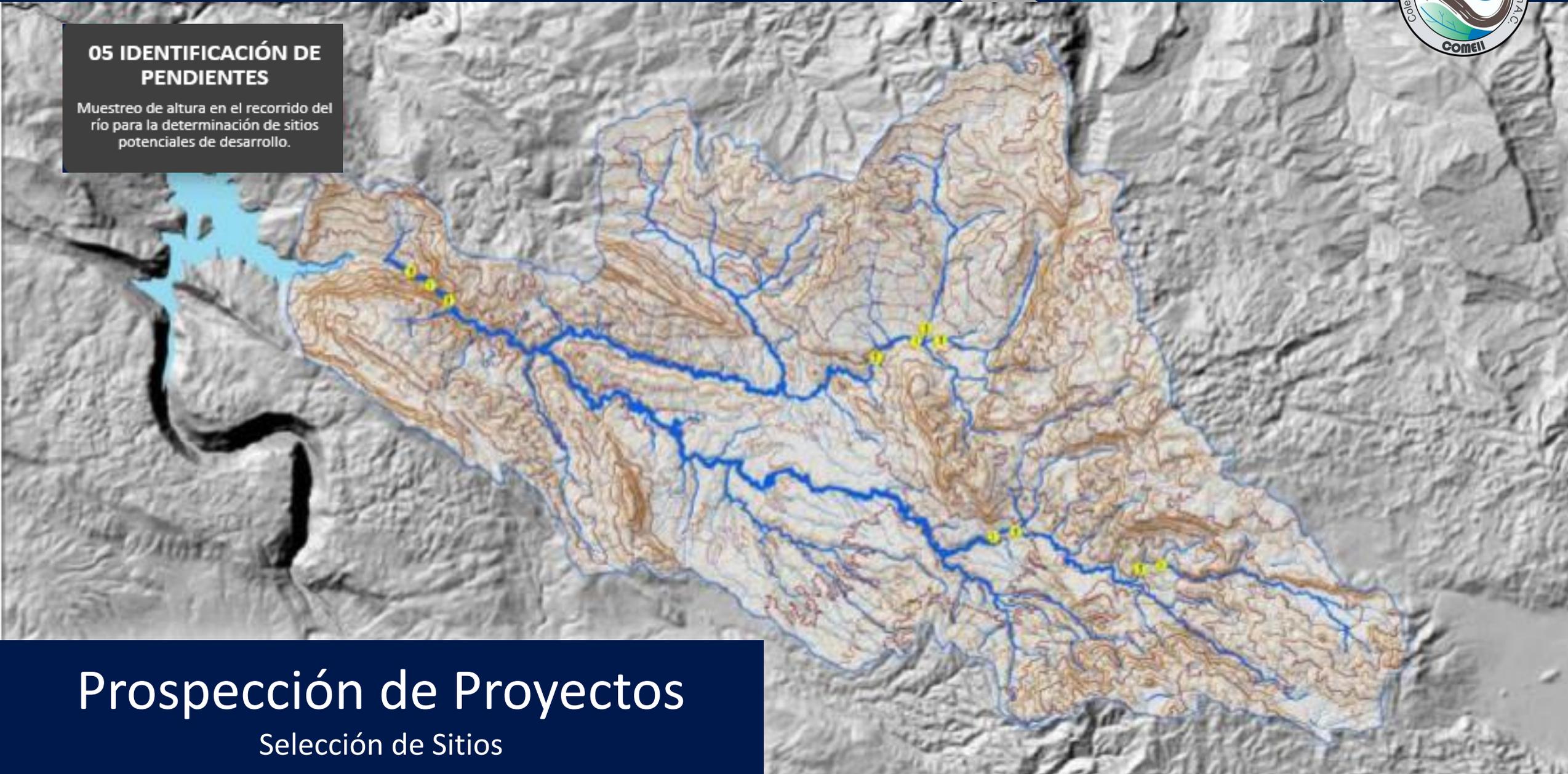
ID	DIST	X_COORD	Y_COORD	Z	CTLLS	Basin	Drop	S
1	0	519426.96584	1872163.88566	1882.61	12521	50084	0.0	
2	1000	518560.79673	1871678.81854	1840	21213	85252	-42.01	0
3	2000	517726.30971	1871563.88566	1840	29777	118718	-40	0
4	3000	517088.83713	1870886.65895	1835.12	32760	13.134	-164.68	0
5	4000	516830.43093	1870188.25074	1528.78	42516	170084	-106.56	0
6	5000	515795.96584	1869189.47007	1540	55371	221484	-28.76	0
7	6000	515888.80764	1868381.14394	1480.26	66071	265884	-49.74	0
8	7000	517293.30221	1867611.03201	1420	80096	388384	-30.28	0
9	8000	518939.14802	1866767.46804	1420	92166	370224	0.0	
10	9000	515726.96584	1865678.07409	1480.42	110400	43.36	-19.56	0
11	10000	519426.10053	1865625.92535	1360	112078	448304	-40.42	0
12	11000	519046.26787	1864224.08789	1285.38	116255	48.502	-74.84	1
13	0	512436.96584	1867803.88566	1480	14119	56476	0.0	
14	1000	511926.96584	1866861.28881	1311.28	15621	62484	-148.74	0
15	2000	511286.96584	1866360.10932	1210.62	20493	81972	-110.44	0
16	3000	510538.41072	1865984.23054	1141.95	24050	9.62	-58.87	0
17	0	507036.96584	1870563.88566	1421.55	12588	50352	0.0	
18	1000	506726.44964	1869703.68926	1380	16647	68688	-41.55	0
19	2000	505196.96584	1869808.98234	1234.54	25000	19.272	-145.06	0
20	3000	508810.15747	1868419.79403	1180	34877	139588	-54.94	0
21	4000	507617.28428	1867712.68721	1080.6	47080	180396	-13.4	0
22	5000	507078.11765	1866659.13306	1160	55400	221944	-6.6	0
23	6000	508572.85531	1866337.29612	1120	81032	524128	-40	0

# Hidrología Local

Análisis altitudinal de flujos (1 km)

## 05 IDENTIFICACIÓN DE PENDIENTES

Muestreo de altura en el recorrido del río para la determinación de sitios potenciales de desarrollo.

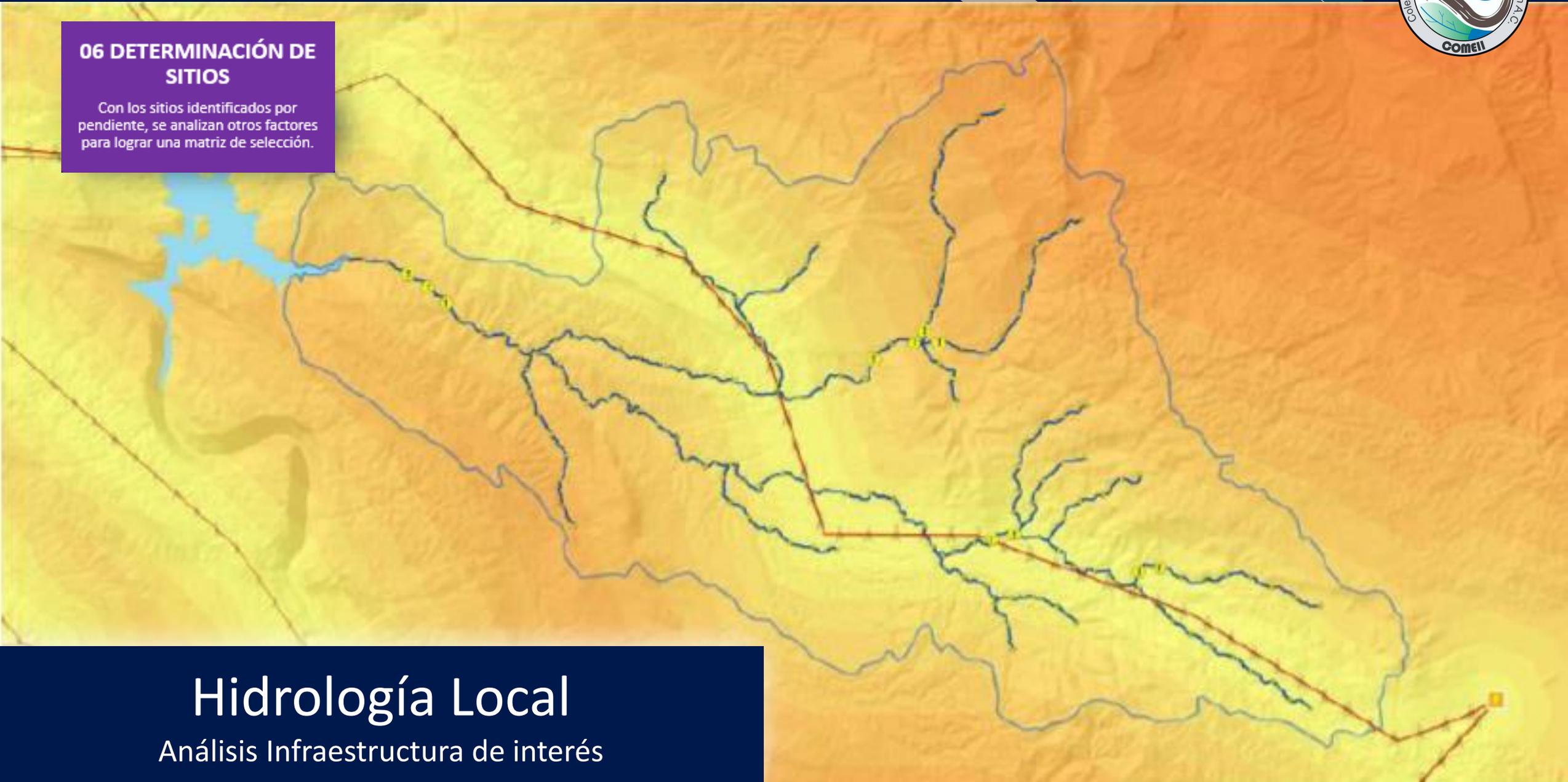


# Prospección de Proyectos

Selección de Sitios

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.

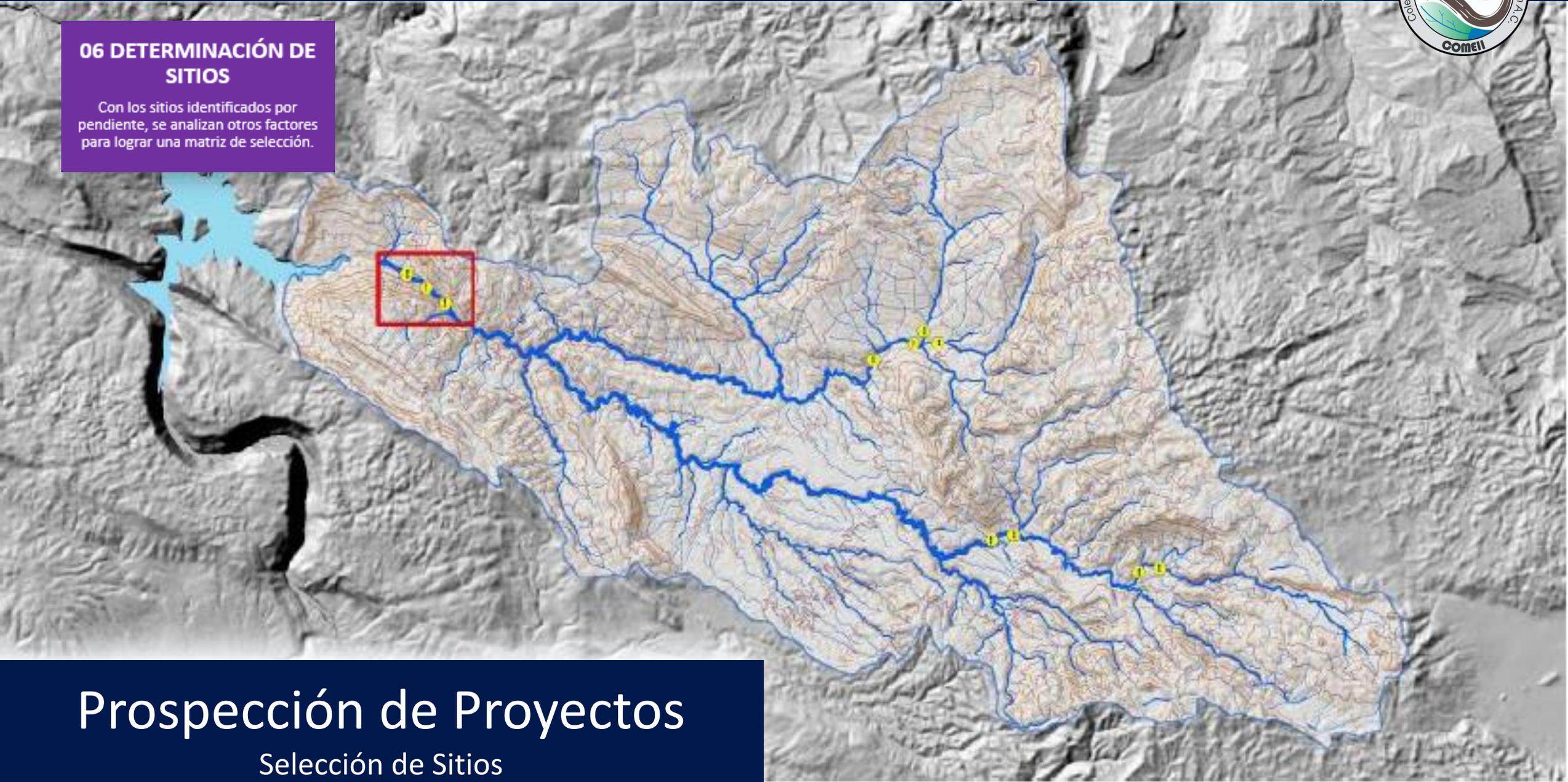


# Hidrología Local

Análisis Infraestructura de interés

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.



# Prospección de Proyectos

Selección de Sitios

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.



# Prospección de Proyectos

Selección de Sitios

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.

Power House  
400 mmsl  
Head 340 m

Penstock  
625 m

Open Canal  
3750 m

Inake  
740 mmsl

-115.46

-116.72

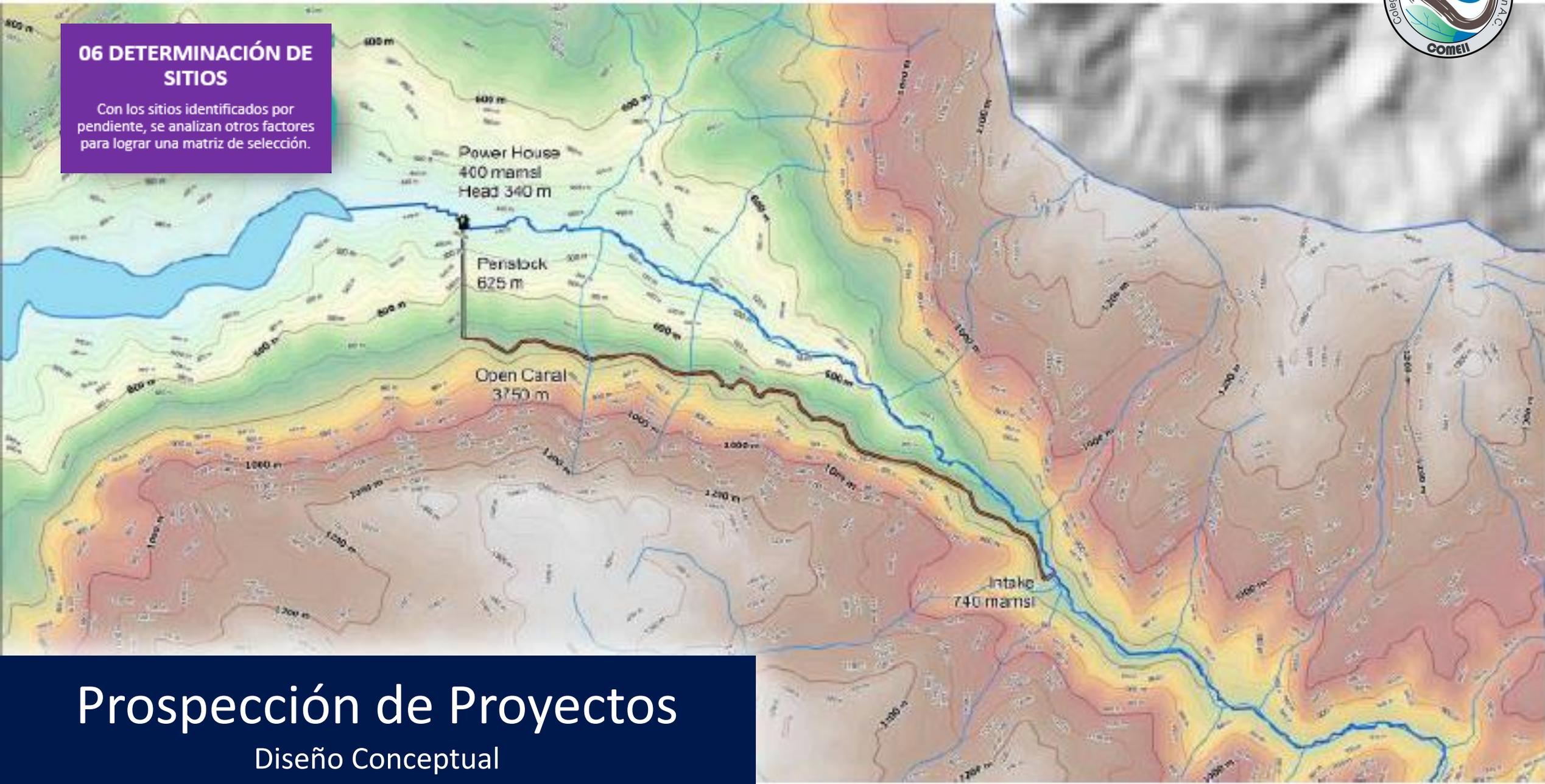
-60

# Prospección de Proyectos

Diseño Conceptual

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.

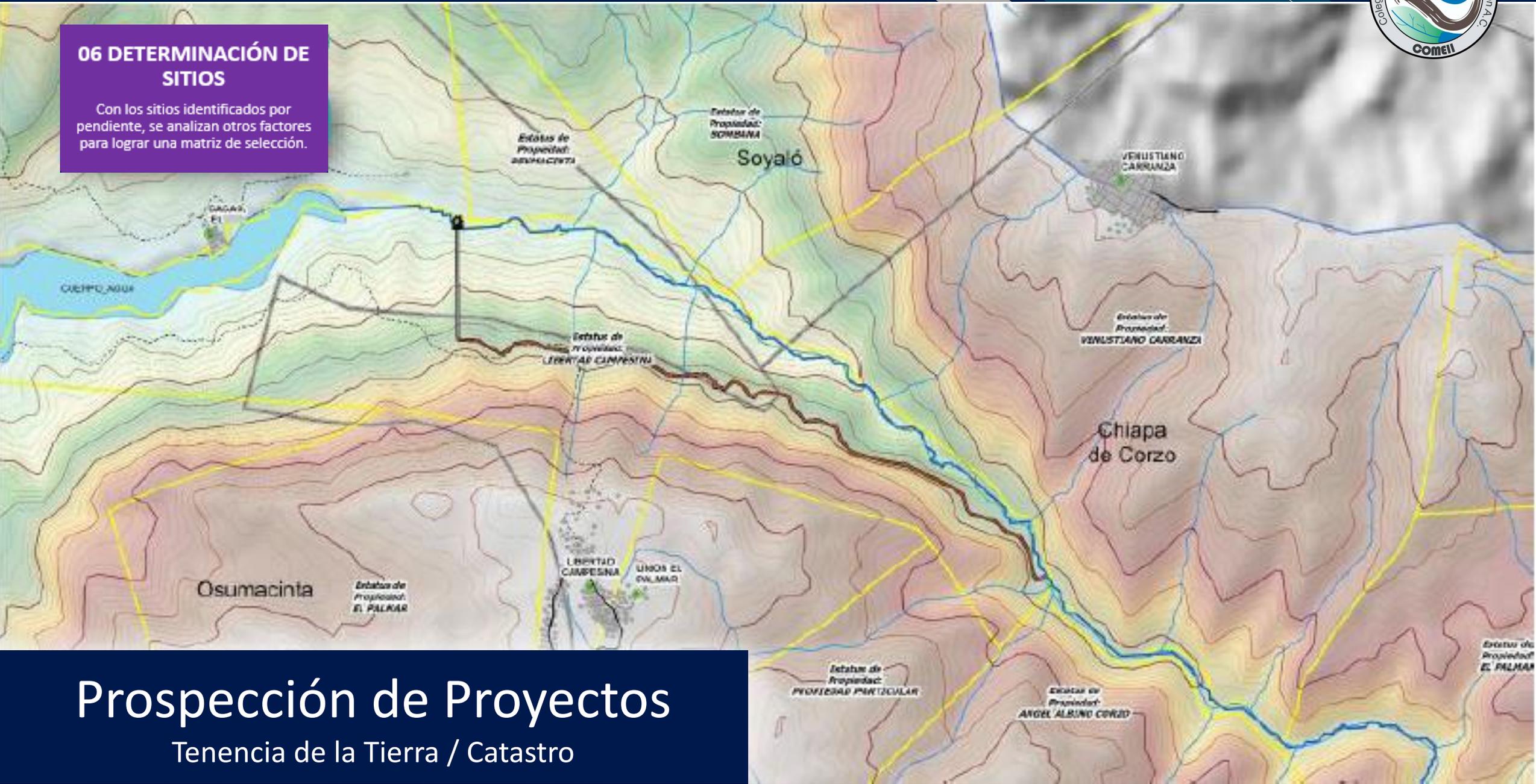


# Prospección de Proyectos

Diseño Conceptual

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.

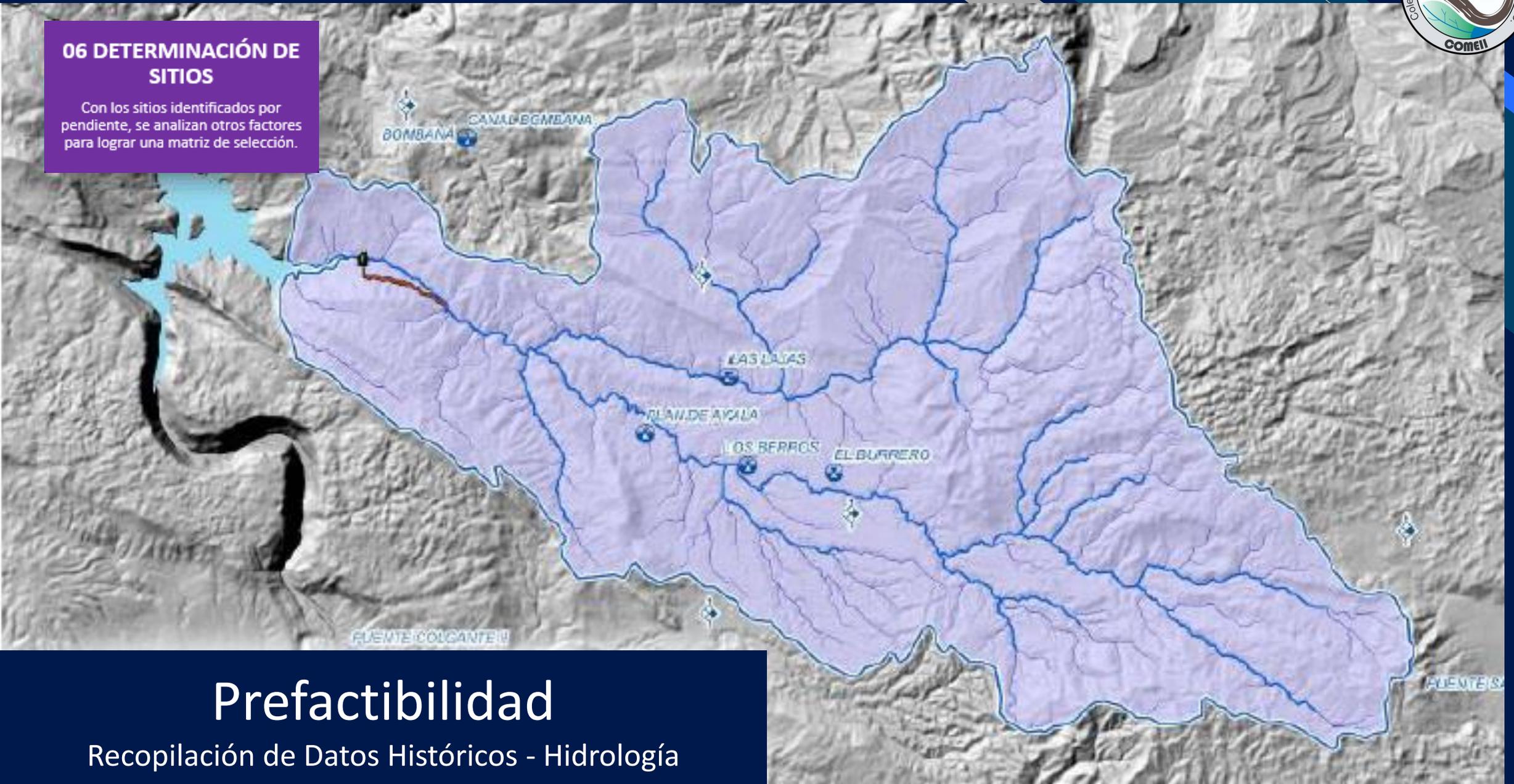


# Prospección de Proyectos

Tenencia de la Tierra / Catastro

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.

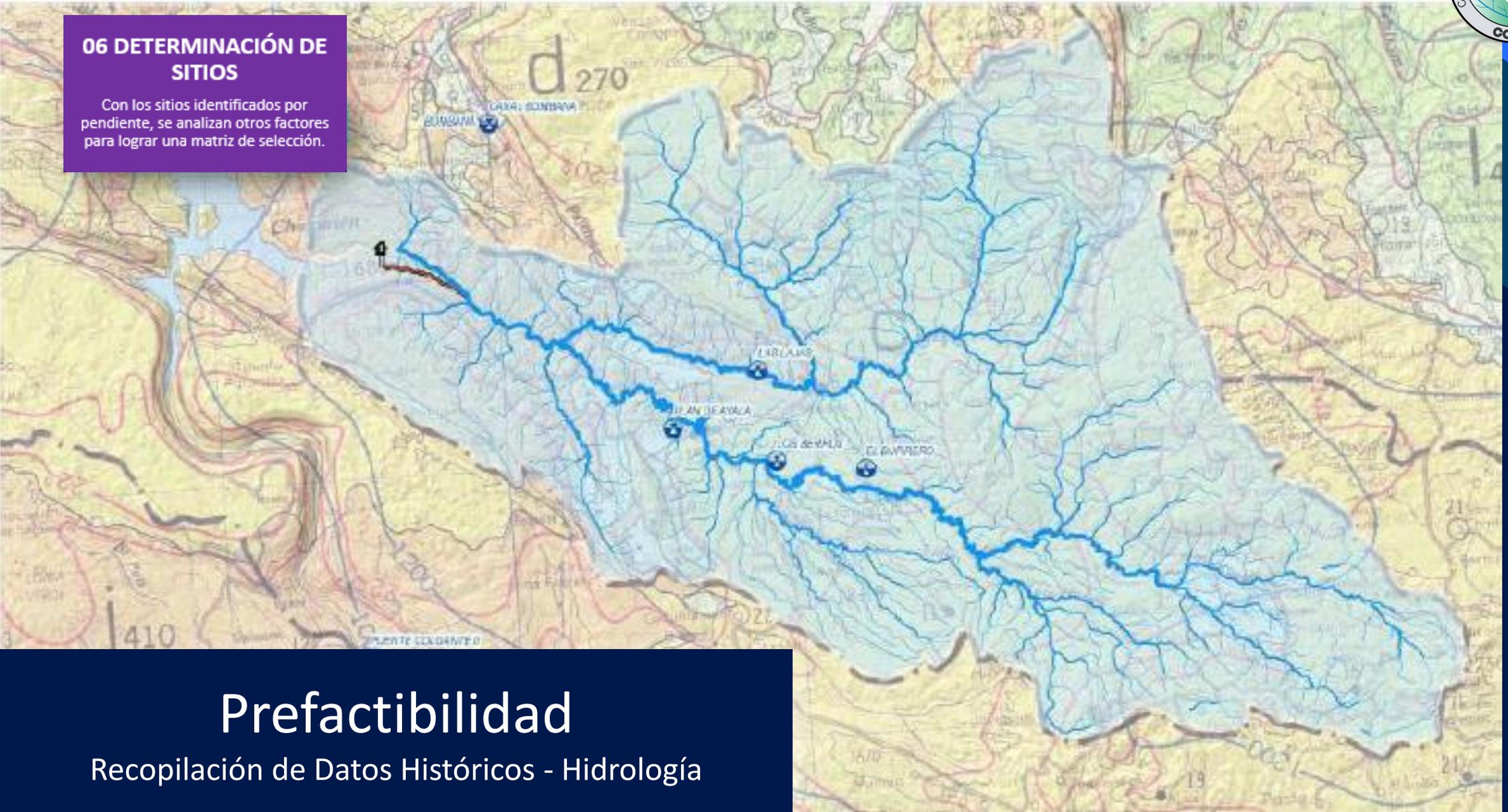


# Prefactibilidad

Recopilación de Datos Históricos - Hidrología

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.

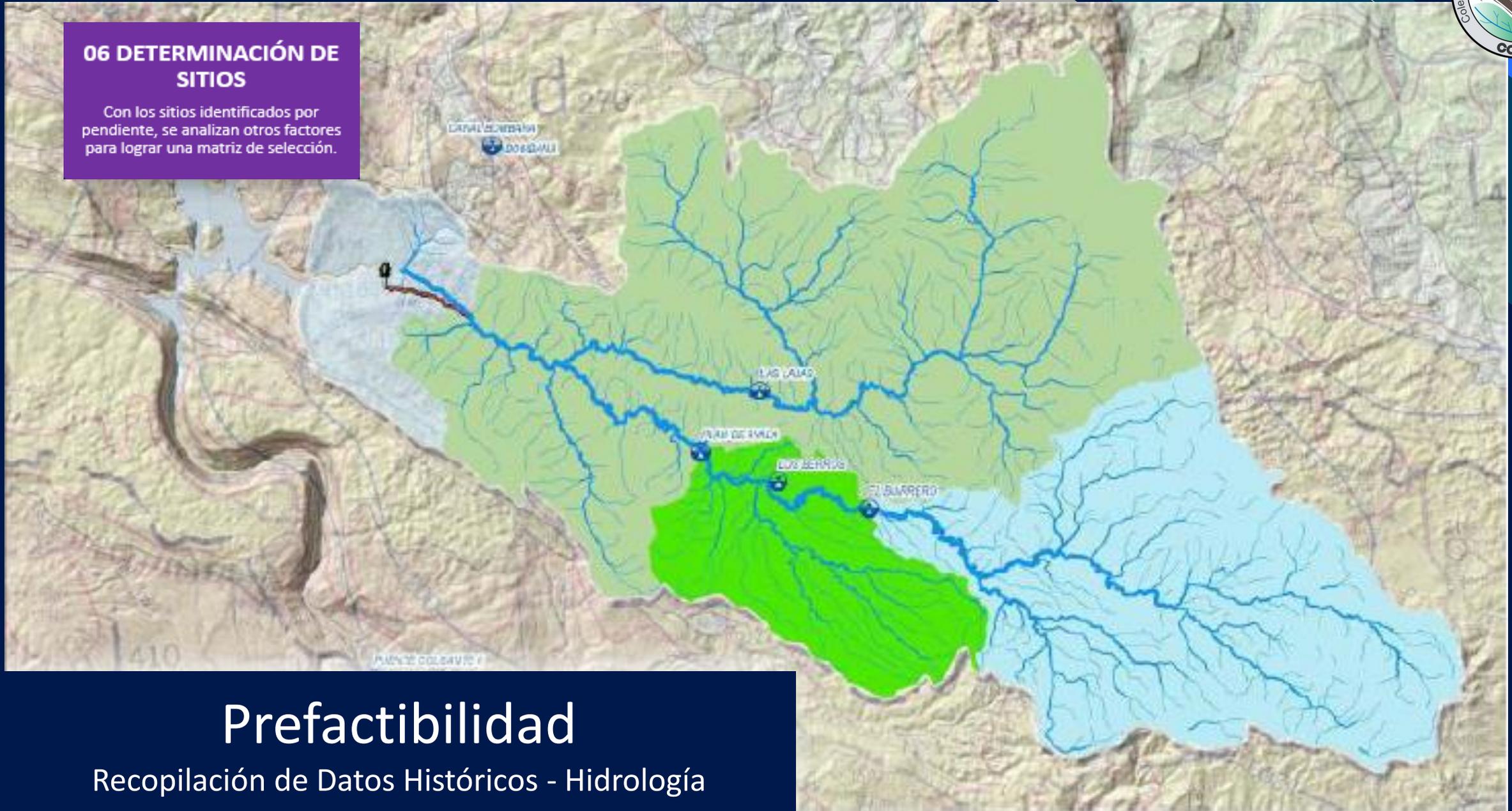


# Prefactibilidad

Recopilación de Datos Históricos - Hidrología

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.

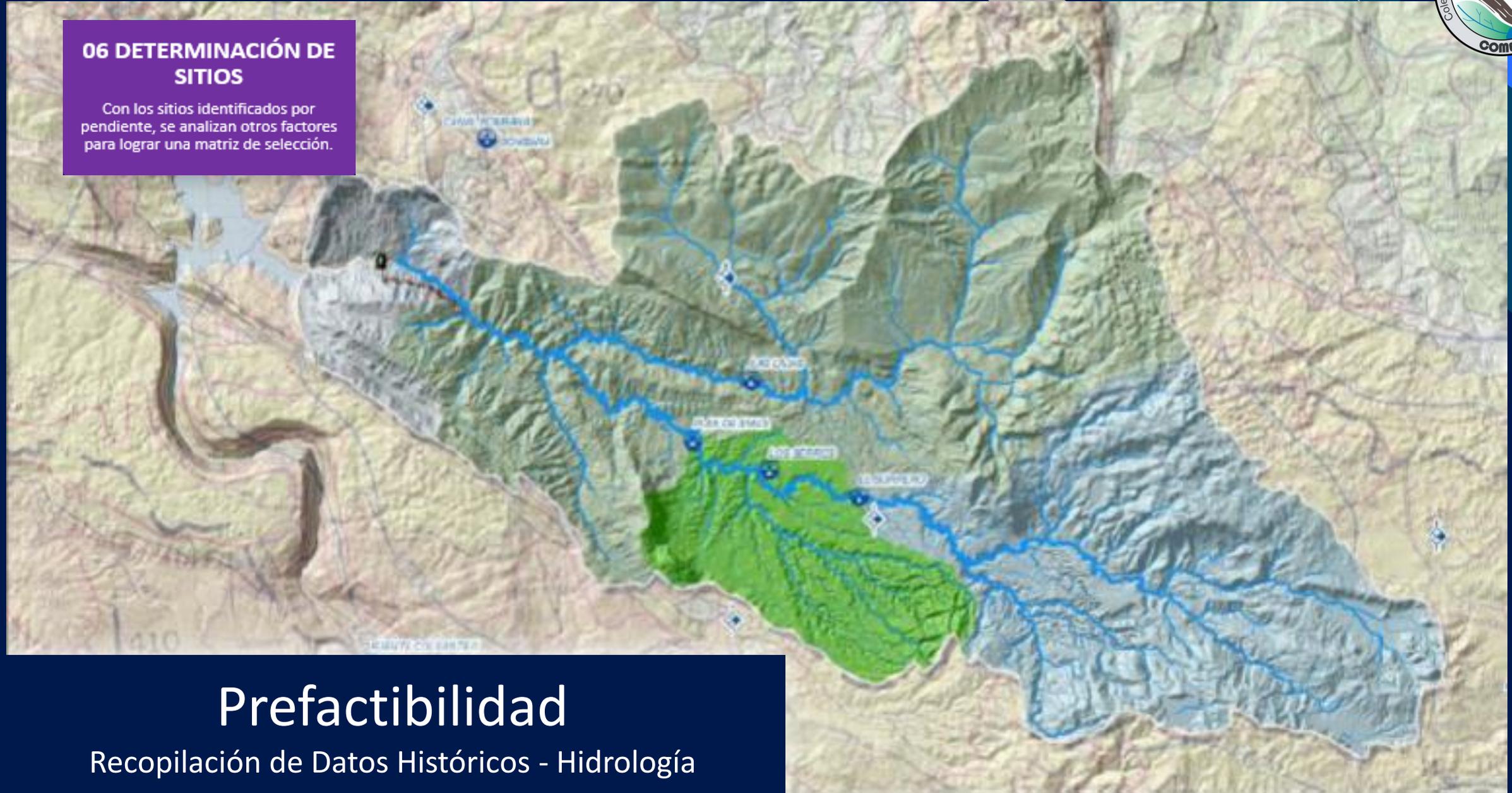


# Prefactibilidad

Recopilación de Datos Históricos - Hidrología

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.

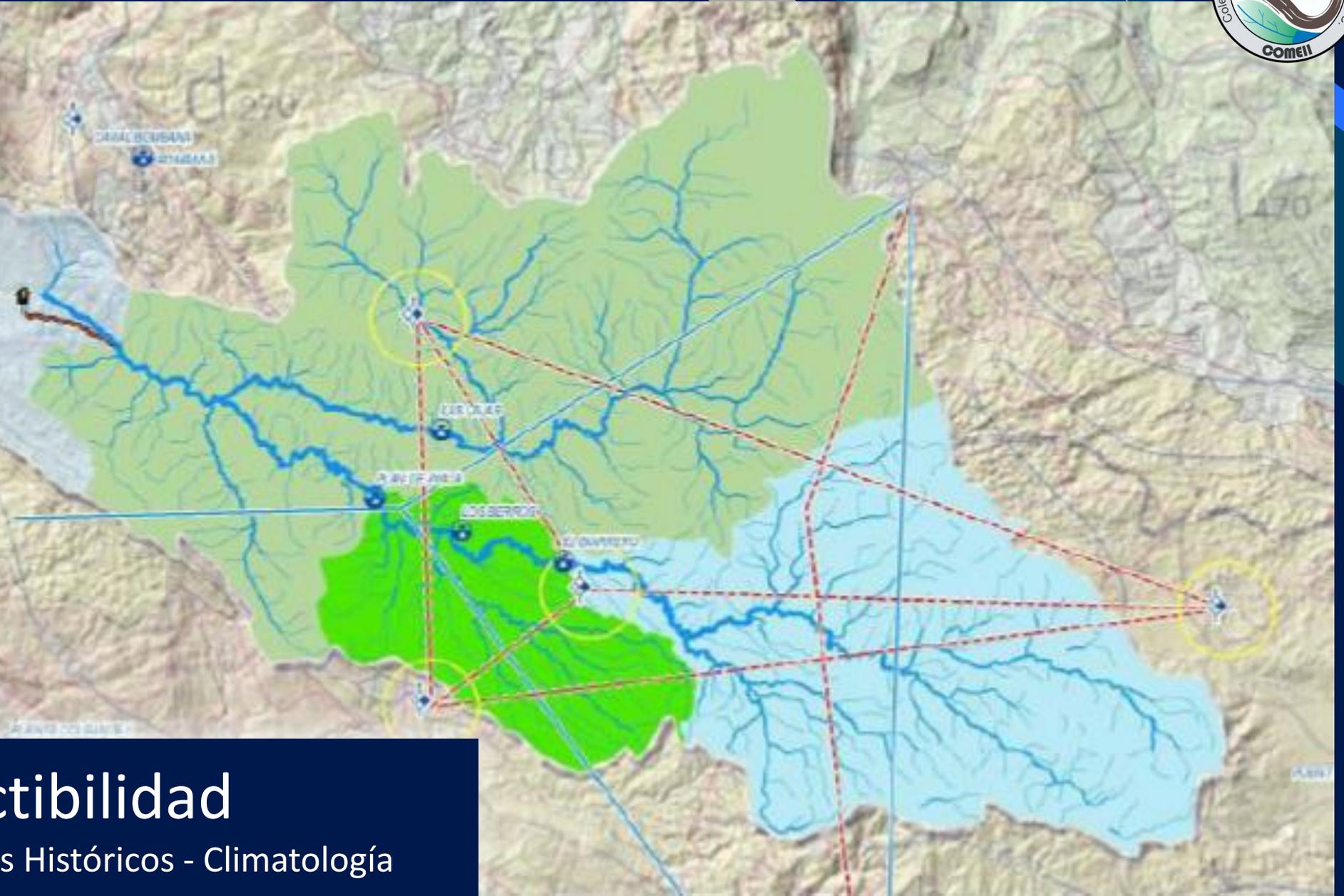


# Prefactibilidad

Recopilación de Datos Históricos - Hidrología

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.



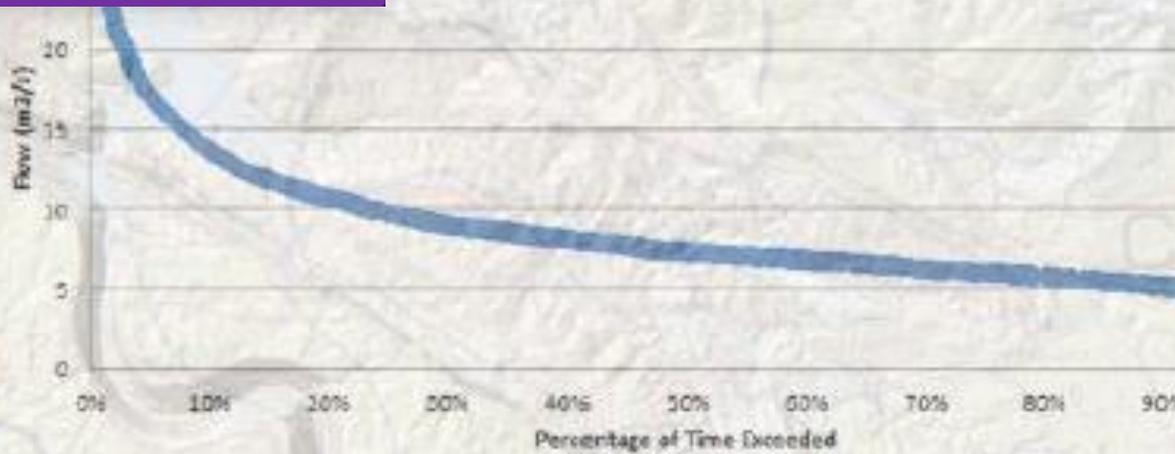
# Prefactibilidad

Recopilación de Datos Históricos - Climatología

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.

### Flow Duration Curve



### FLOW ANALYSIS HS

Average Flow:	2.79 m <sup>3</sup> /s
Flow exc. 30% of the time:	2.9 m <sup>3</sup> /s
Flow exc. 35% of the time:	2.7 m <sup>3</sup> /s
Flow exc. 40% of the time:	2.55 m <sup>3</sup> /s
Flow exc. 45% of the time:	2.39 m <sup>3</sup> /s

HS	
Area (km <sup>2</sup> )	161.2
Precipitation (mm/yr)	1200
Average Flow (m <sup>3</sup> /s)	8.67

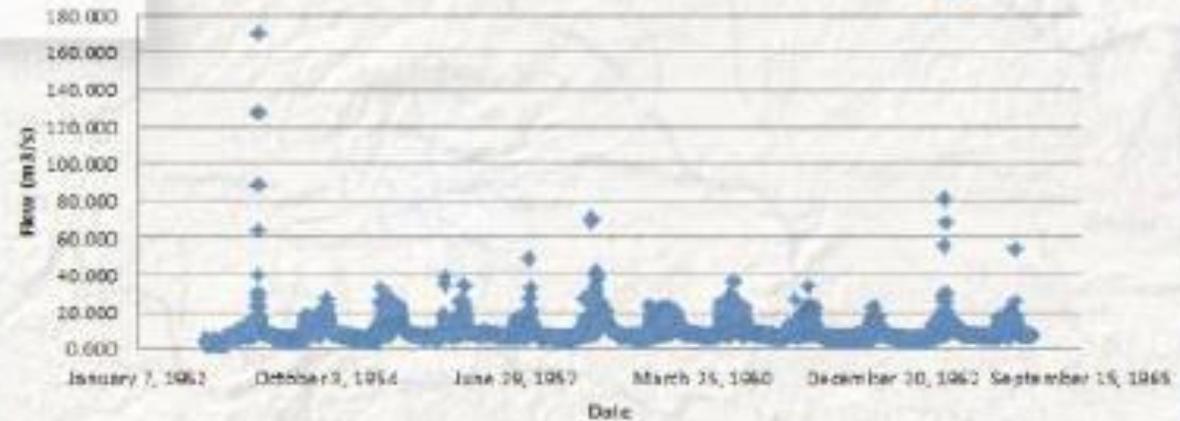
### FLOW ANALYSIS Project

Adjustment Factor:	3.107
Average Flow:	8.67 m <sup>3</sup> /s
Flow exc. 30% of the time:	9.01 m <sup>3</sup> /s
Flow exc. 35% of the time:	8.39 m <sup>3</sup> /s
Flow exc. 40% of the time:	7.92 m <sup>3</sup> /s
Flow exc. 45% of the time:	7.43 m <sup>3</sup> /s

### Generation Analysis

Design Flow:	11 m <sup>3</sup> /s
Ecological Flow:	10%
Time with insuff H <sub>2</sub> O:	2.21%
Head:	340 m
Gross Annual Energy:	169,253 MWh
FT Annual Energy:	265,476 MWh
Plant Factor:	64%
Capacity:	30.31 MW

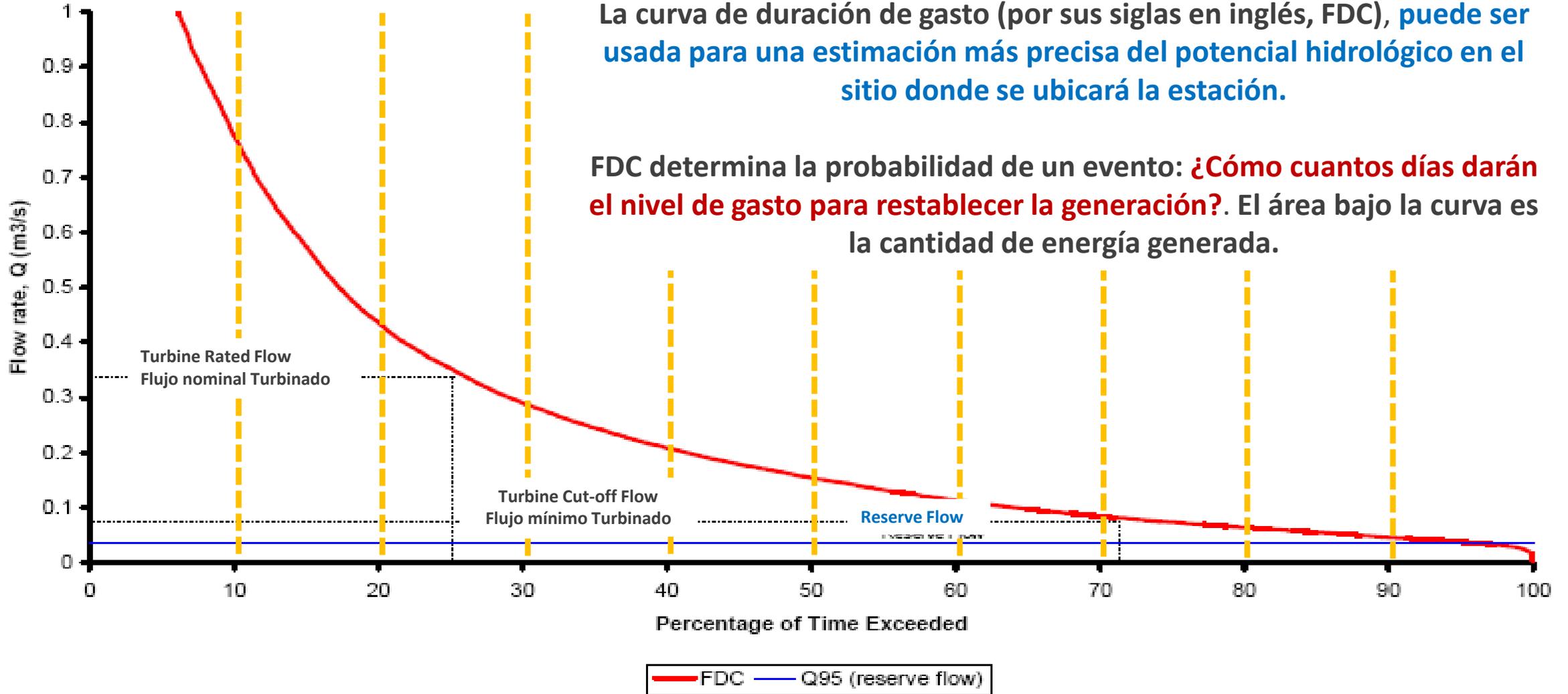
### Daily Average Flows



# Prefactibilidad

Recopilación de Datos Históricos - Climatología

## Flow Duration Curve at Cutters Mill Curva de Duración Gasto



La curva de duración de gasto (por sus siglas en inglés, FDC), **puede ser usada para una estimación más precisa del potencial hidrológico en el sitio donde se ubicará la estación.**

FDC determina la probabilidad de un evento: **¿Cómo cuantos días darán el nivel de gasto para restablecer la generación?** El área bajo la curva es la cantidad de energía generada.

# 7. Uso de tecnología en la determinación del potencial hidroenergético en un sitio de interés

Diferentes métodos son usados en diferentes países (Pyre, 2004), como son:

- Método hidrológico;
- Método del rango hidráulico;
- Método de simulación de hábitat;
- Método Holístico;

**El método hidrológico** usa los datos de gastos diarios o mensuales para dar la información acerca del gasto ecológico.

**Método de rango hidráulico**, considera cambios en variables hidráulicas (tales como, perímetro mojado, tramo del río), para evaluar los factores conocidos de hábitat, así un valor de umbral seleccionado del parámetro hidráulico mantendrá la integridad del ecosistema.

**Método del hábitat**, intentan evaluar los requerimientos del gasto ecológico, en base a análisis detallados de sustentabilidad dentro de la corrientes del hábitat físico bajo diferentes descargas usando integración de datos hidrológicos, hidráulicos y biológicos.

**Método Holístico**, tiene el requerimiento del ecosistema completo incluye, la sección del río, áreas aledañas, zona de inundación, etc.

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

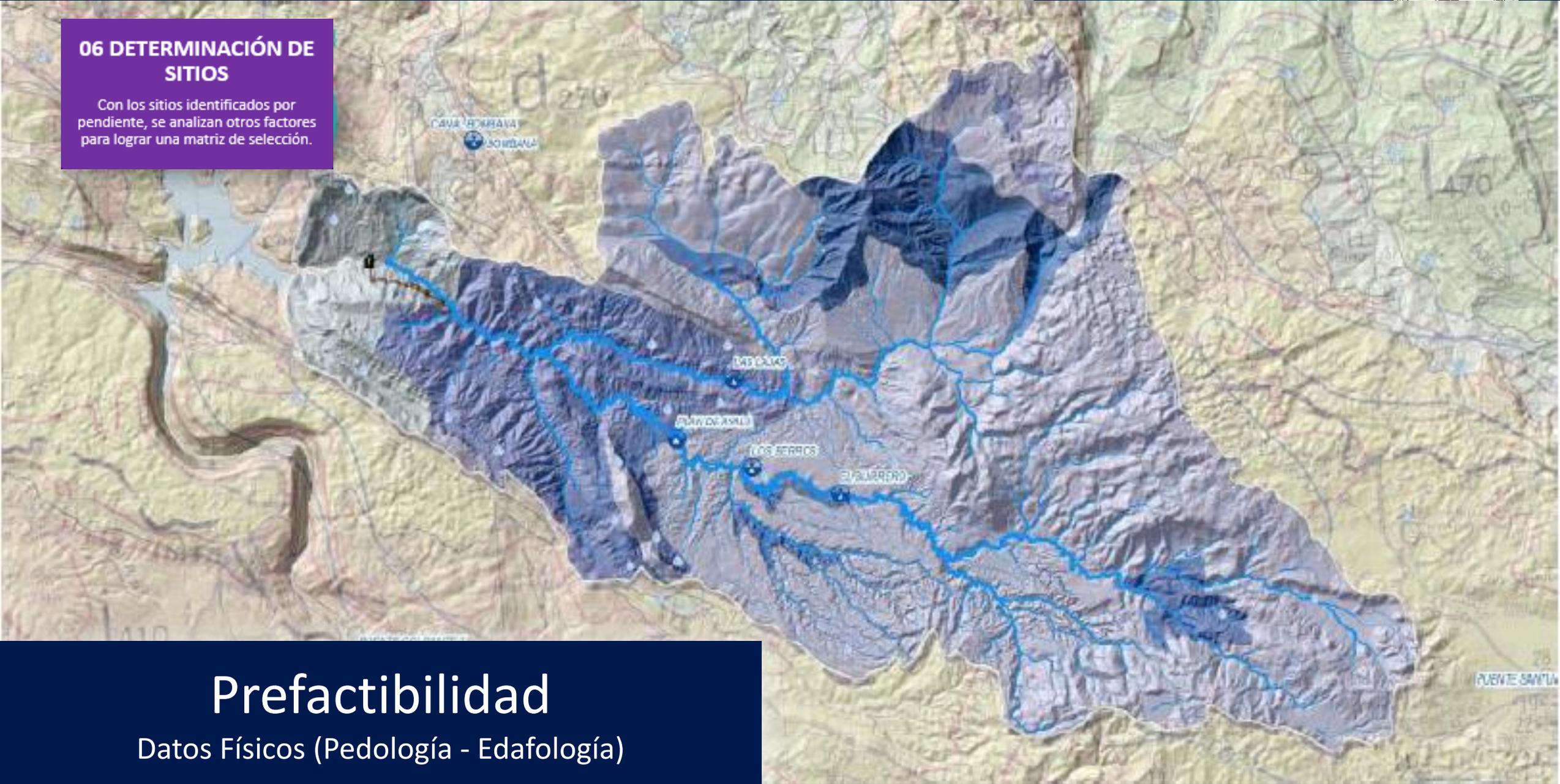
Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.



**Prefactibilidad**  
Datos Físicos (Geología)

## 06 DETERMINACIÓN DE SITIOS

Con los sitios identificados por pendiente, se analizan otros factores para lograr una matriz de selección.



# Prefactibilidad

Datos Físicos (Pedología - Edafología)



# 8. ESQUEMAS ALTERNATIVOS DE INNOVACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN MICRO, MINI E HIDROELECTRICAS, APLICADO EN LA INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### Clasificación de hidroeléctricas por su Potencia instalada

En **Europa** se clasifican de la siguiente categoría:

- ❖ Microcentrales: **< 100 KW**
- ❖ Centrales de Pequeña potencia:  
 **$100 < P_{ins} < 1,000$  KW**
- ❖ Centrales de Media potencia:  
 **$1,000 < P_{ins} < 10,000$  KW**
- ❖ Centrales de gran potencia:  
 **$P_{ins} > 10,000$  KW**

En **Centroamérica** se clasifican de la siguiente categoría:

- ❖ Nano: **Vatios hasta 1 kW**
- ❖ Pico: **1 kW hasta 10 kW**
- ❖ Micro: **10 kW hasta 50 kW**
- ❖ Mini: **50 kW hasta 1,000 kW**
- ❖ Pequeñas: **1 MW hasta 5 MW**
- ❖ Medianas: **5 MW hasta 30 MW**
- ❖ Grande: **Más de 30 MW**



## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

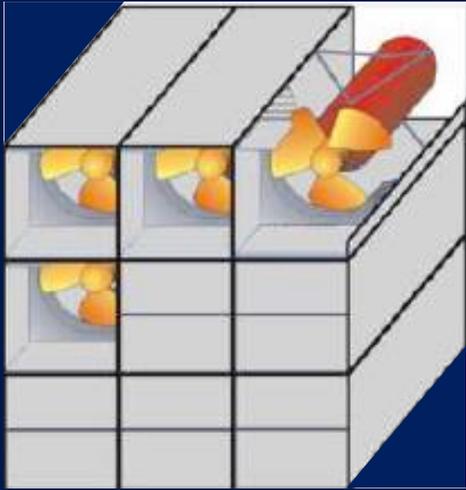
Derivado a la alta demanda de energía se han desarrollado nuevas tecnologías para generar energía bajo diferentes esquemas innovadores, para instalarse en lo siguientes sitios:

- ❖ Aprovechamiento de instalaciones hidráulicas.
- ❖ Sistemas de abastecimiento, y distribución de Agua Potable, y Drenaje Sanitario Municipal.
- ❖ En corrientes de ríos.
- ❖ En Canales de distribución de agua para riego agrícola.

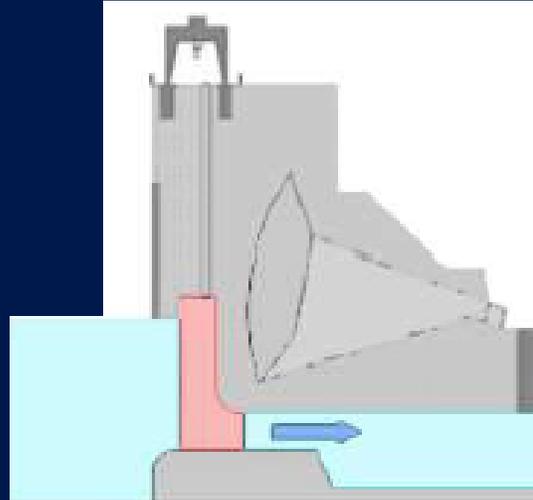


# 8. ESQUEMA APROVECHAMIENTO EN INSTALACIONES HIDRÁULICAS EXISTENTES

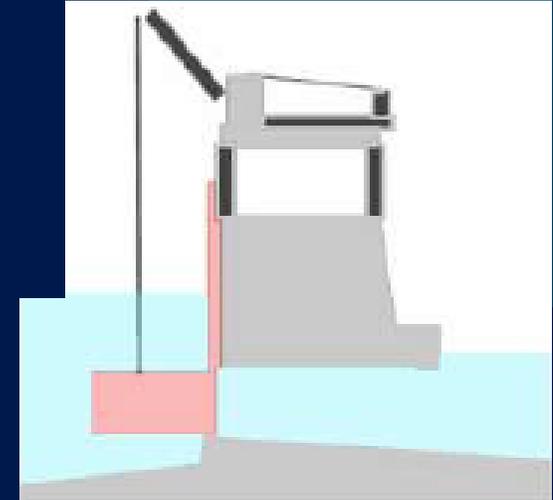
## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola



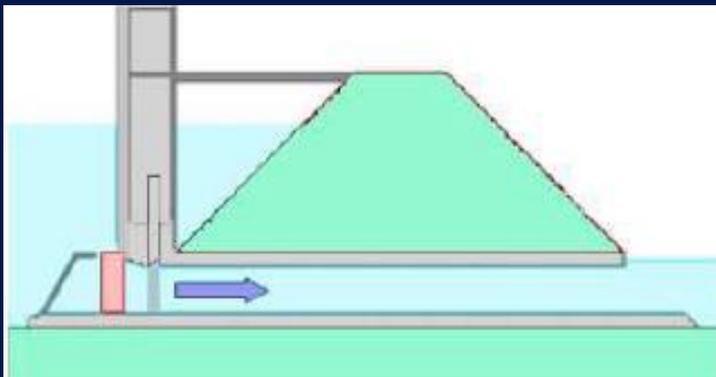
Tecnología modular  
Hydromatrix



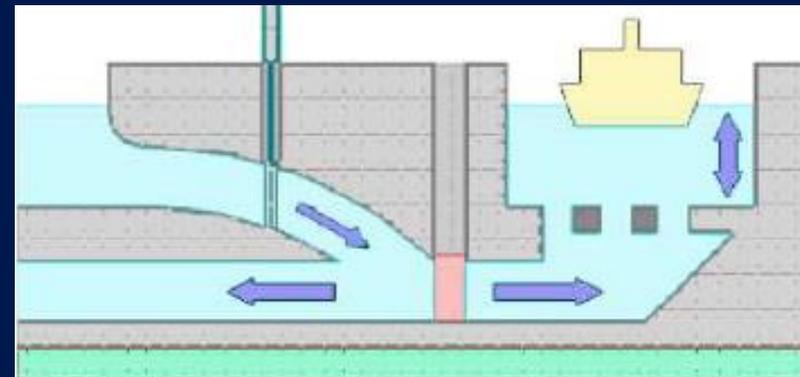
Sistema en Vertedor



Tomas de la red de un sistema  
de irrigación



Admisión de Estructuras (Bocatomas)



Sistema de Exclusas Marinas

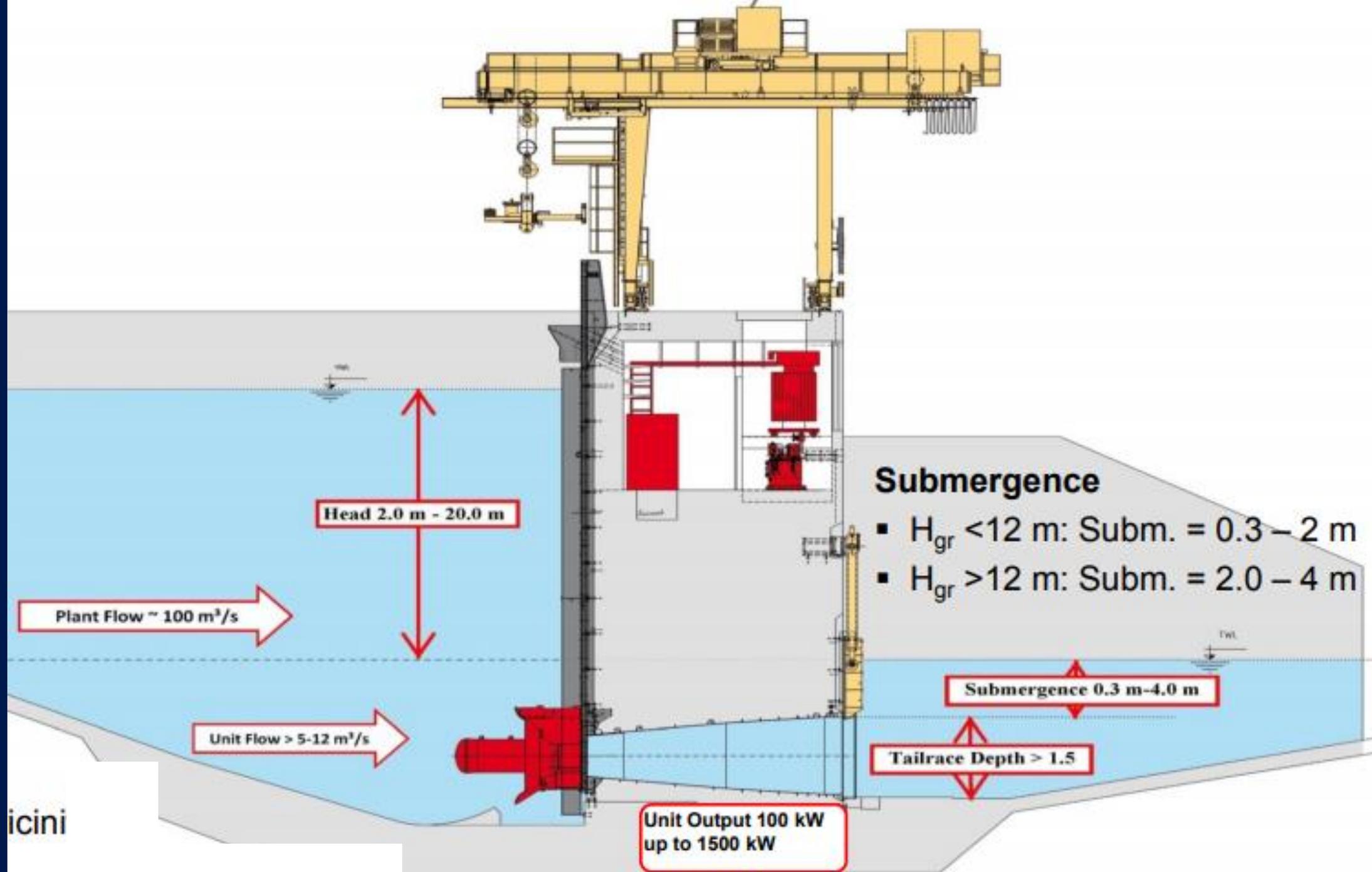
## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

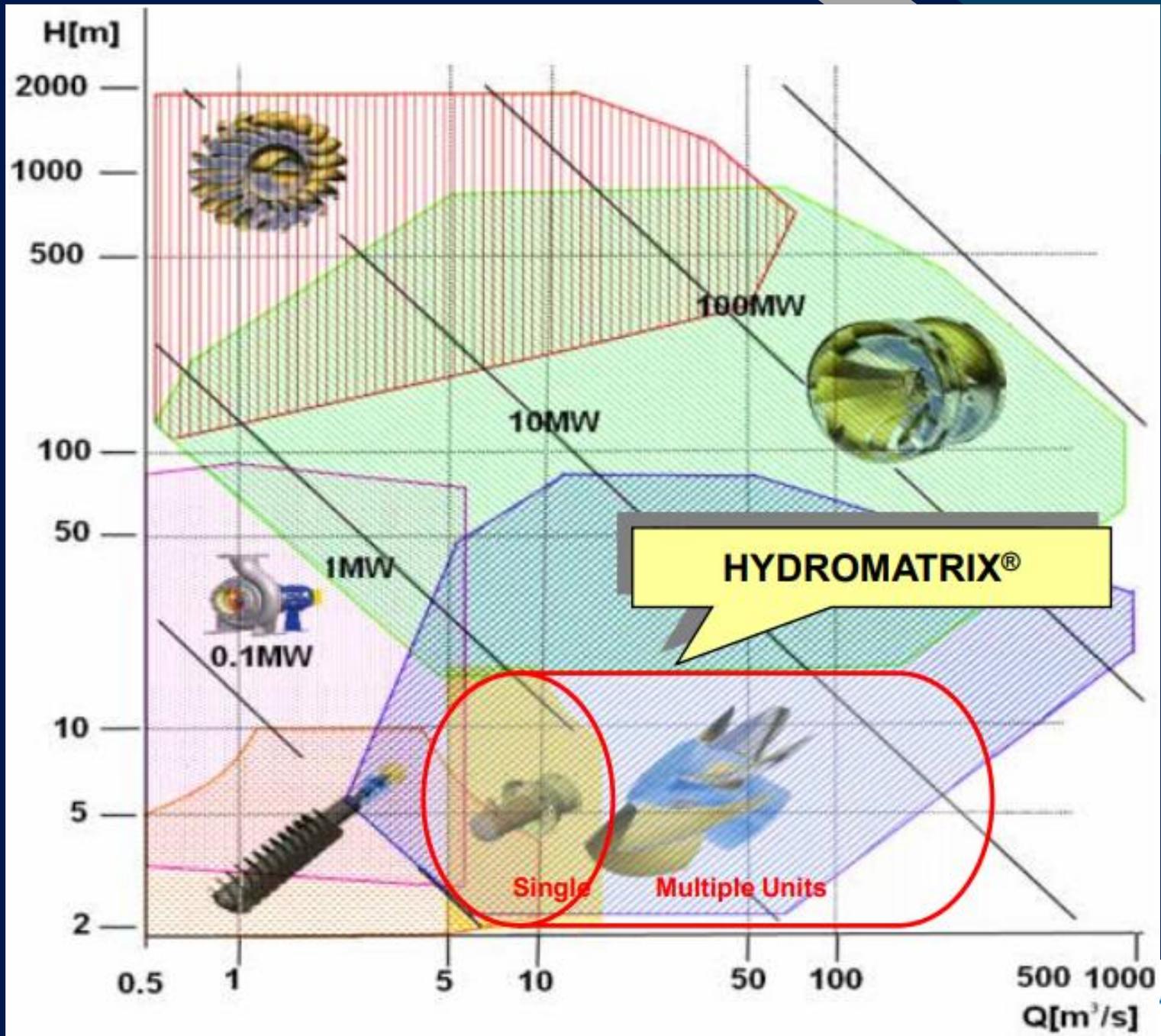
### TECNOLOGÍA HYDROMATRIX DE MÓDULOS CON TURBINAS

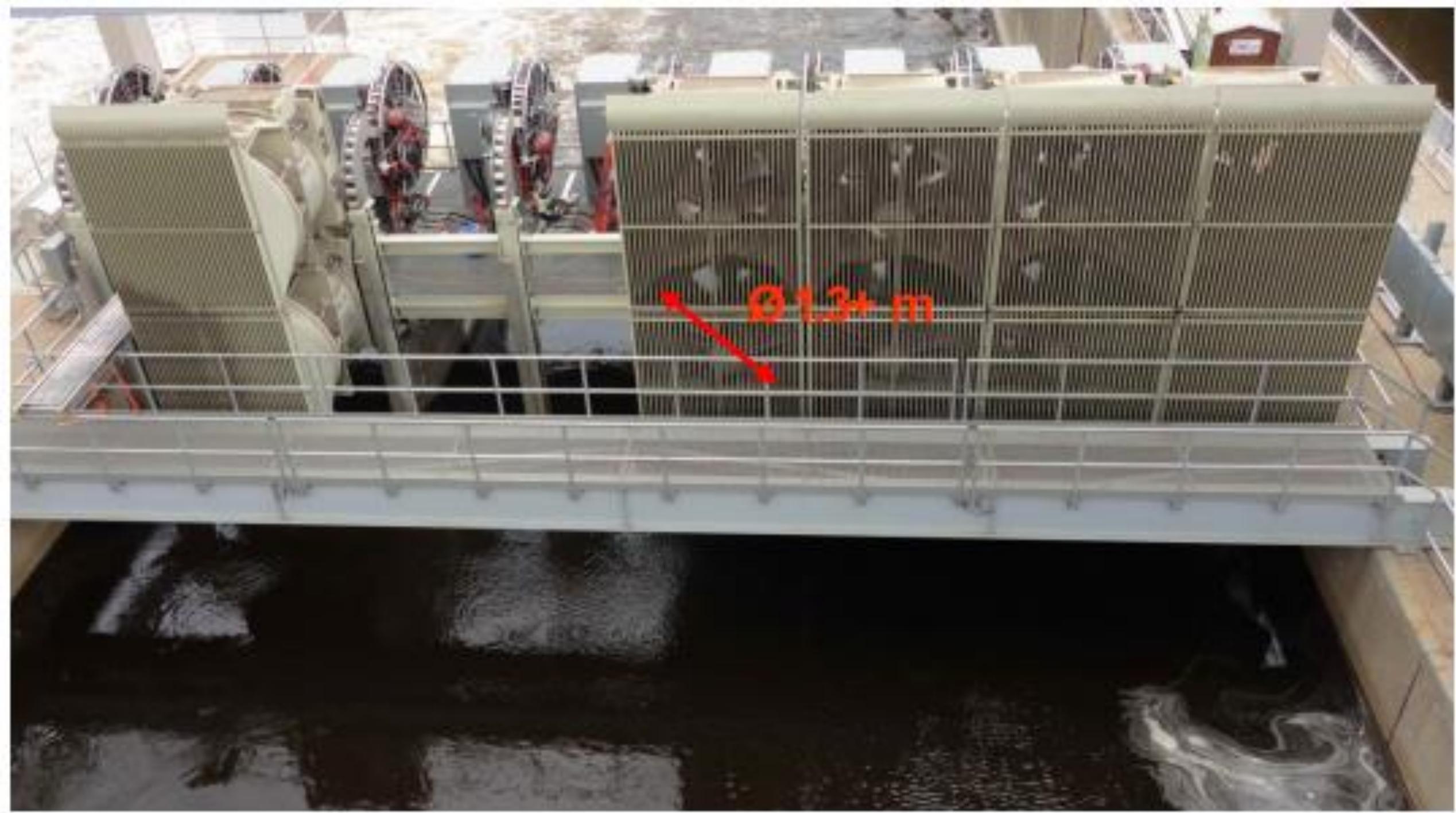
- ❖ Es un **nuevo concepto**, de aplicación a pequeñas plantas hidroeléctricas, para el aprovechamiento de la energía de corrientes de ríos que tienen en diques antiguos aliviaderos, que convenientemente preparados permiten instalar módulos matriciales de pequeñas unidades turbina – generador (T – G) de eje horizontal, Bulbo o Straflo, que generan entre 200 y 600 kW cada una, conformando un módulo que depende del espacio disponible y del flujo de agua; su diámetro individual no supera los 1.5 m y se instalan aprovechando estructuras hidráulicas existentes.

#### CRITERIOS DE APLICACIÓN.

- Disponible para descargas mínimas de: **60 m<sup>3</sup>/s.**
- Carga bruta disponible de: **2.0 a 20.00 m.**
- Dependiendo de la carga bruta, requiere una sumergencia mínima de: **0.30 a 4.00 m.**
- Potencia de salida: **100 kW a 1,500 kW**







## Irrigation Dams – JEBEL AULIA /Sudan



Jebel Aulia HYDROMATRIX® power plant, upstream view



**StrafloMatrix**

**Sluice in Shiplocks – FREUDENAU / Austria**

D = 910 mm

n = 500 rpm

H = 10.3 - 1.0 m

P<sub>tu</sub> = 200 kW

25 units in one module

P<sub>total</sub> = 5 MW



Contract award: 1997

Commissioning: 2000



# ESQUEMA EN CORRIENTES DE RÍOS

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### VERDANT POWER

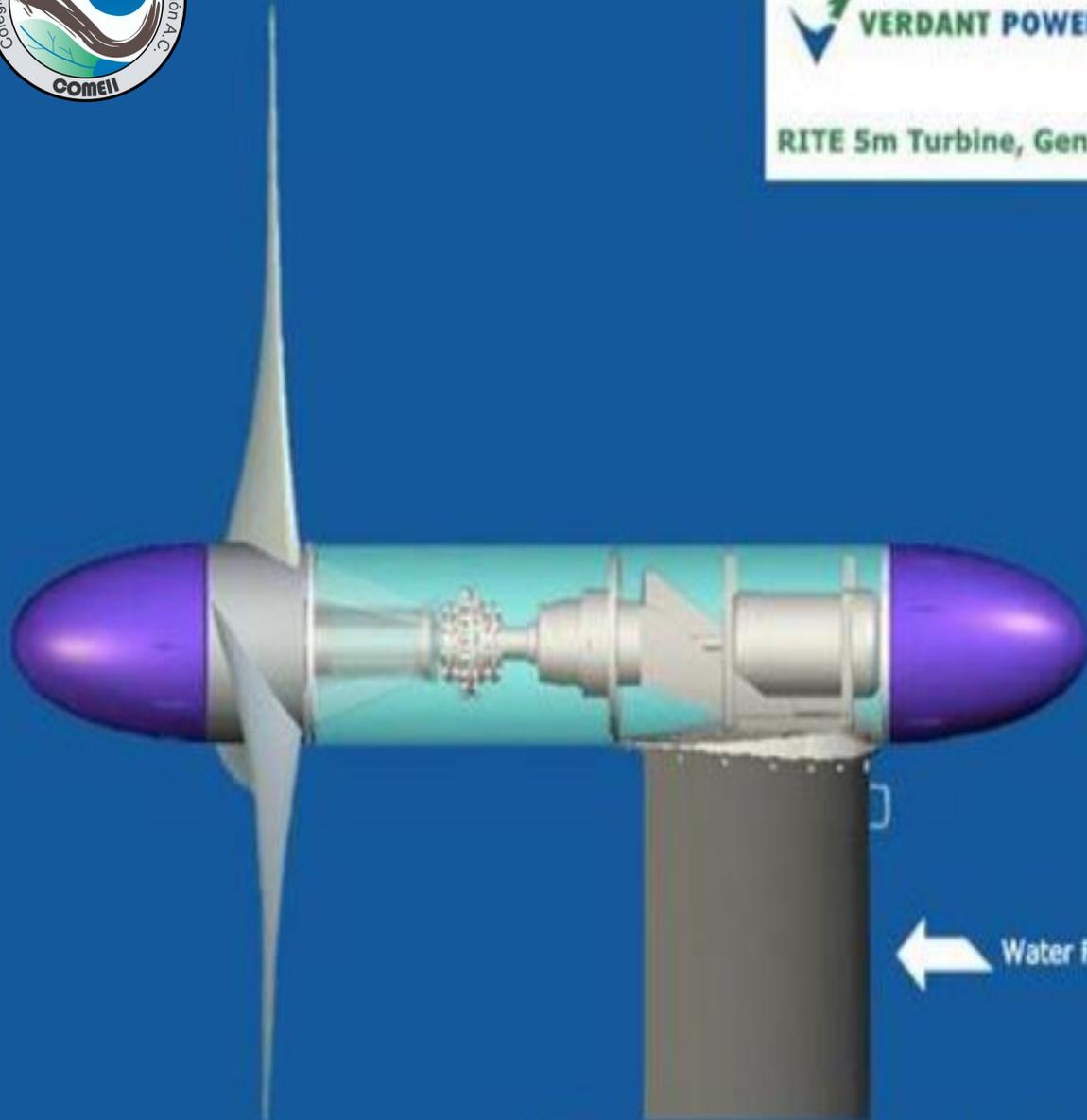
Es una empresa de origen norteamericana y canadiense diseña y comercializa unas **turbinas similares a los molinos de viento** modernos con la diferencia que estas se colocan debajo del agua en el lecho de ríos y océanos.

Las turbinas son invisibles desde la superficie , no hacen ruido, y se colocan de manera a no interferir con la navegación.

Su diseño permite orientarlas de manera precisa a la dirección de la corriente al igual que un molino de viento tradicional.



RITE 5m Turbine, Gen4a



\*\*\*Move mouse over drawing to see part names.





## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### ACTUALES TURBINAS MARINAS (MARINE CURRENT TURBINES).

Utiliza un enfoque distinto, su unidad llamada **SEAGEN**, también se ubica sobre el lecho de un río o mar, aunque su torre sobresale de la superficie del agua.

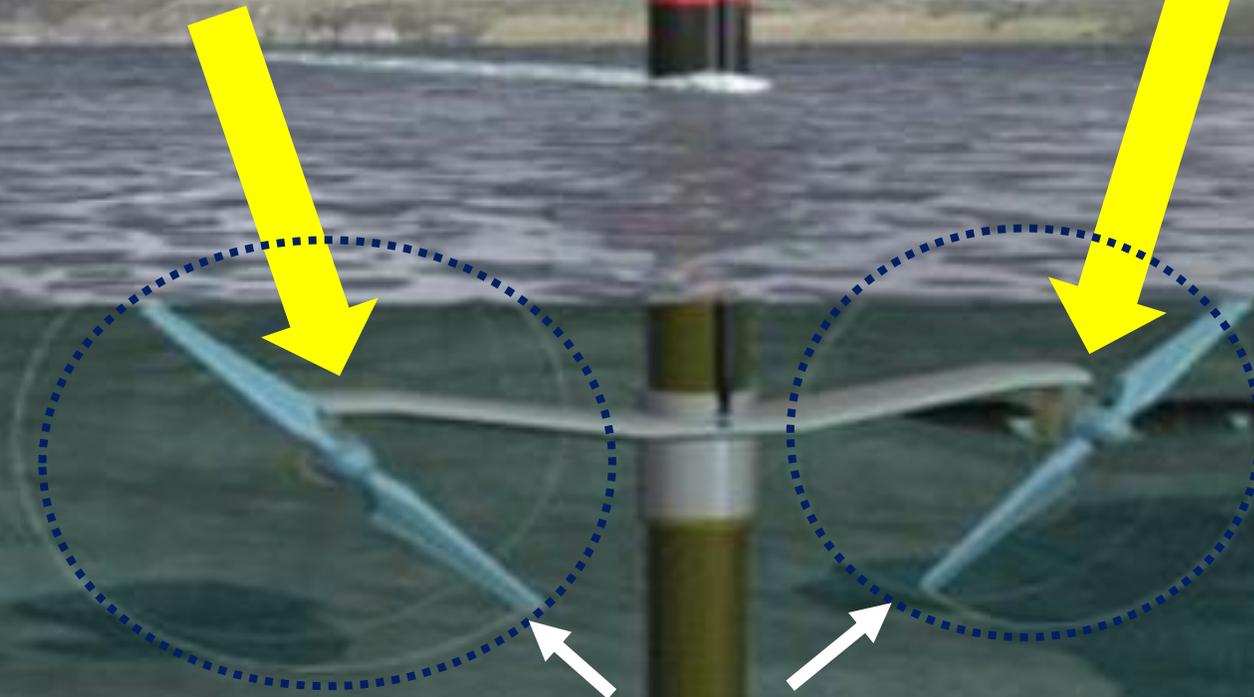
En el año 2008, se instaló una unidad que genera 1,2 MW de energía limpia en Strangford Lough, en el Reino Unido.

Los dos rotores tienen un diámetro de 16.0 m y una velocidad nominal de 14,3 rpm.

La velocidad media de la corriente en el lugar es de 3,7 m/s y la máxima de 4,8 m/s.

Roto de  
16.0 m de  
diámetro

Roto de  
16.0 m de  
diámetro



Zona de influencia  
de giro



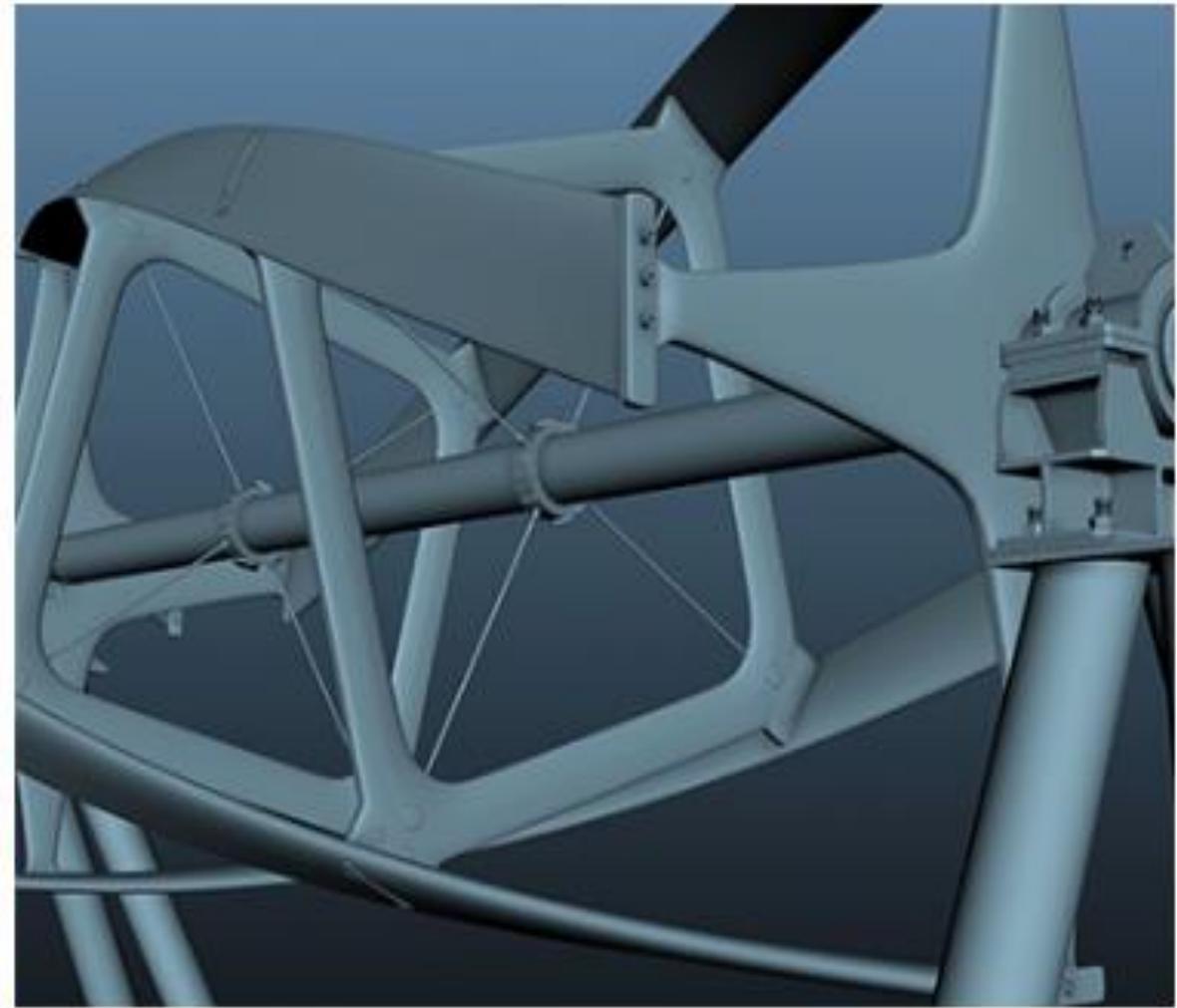
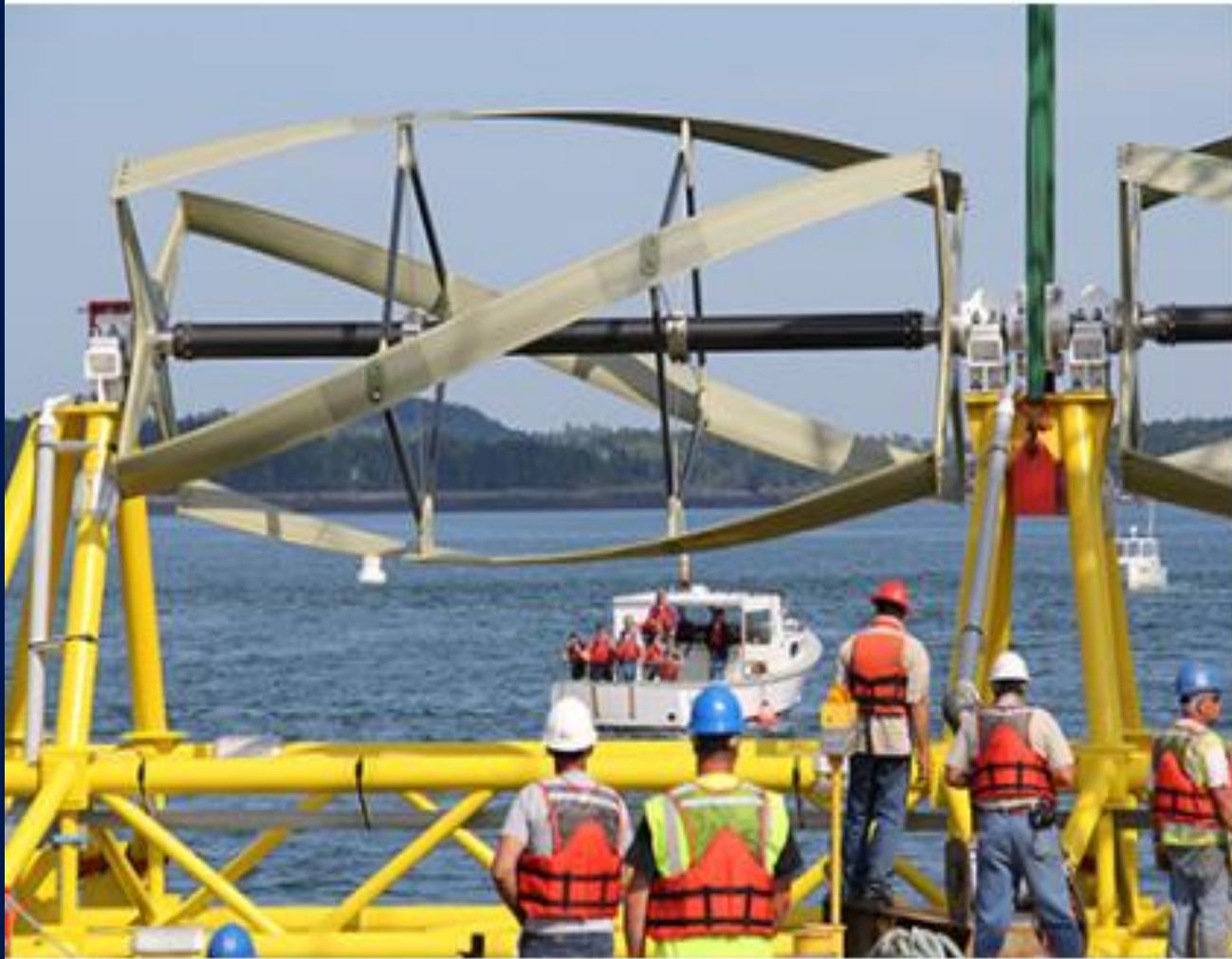
## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

A su vez, Compañía de Energía Renovable Oceánica (por sus siglas en inglés ORPC) construyó un sistema basado en un diseño helicoidal que permite aprovechar las mareas o la corriente de un río siempre y cuando estas excedan una velocidad de 1,8 nudos (3,3 km/h, o 0.92 m/s).

Cada sección de la turbina está compuesta por cuatro cuchillas helicoidales fabricadas en materiales especiales, resistentes a la corrosión provocada por el agua salada.

El sistema está diseñado para funcionar con corrientes de ambos lados, cualidad importante para lograr el aprovechamiento de mareas oceánicas.

# Turbine Generator Unit



# RivGen® Power System



# TidGen® Power System



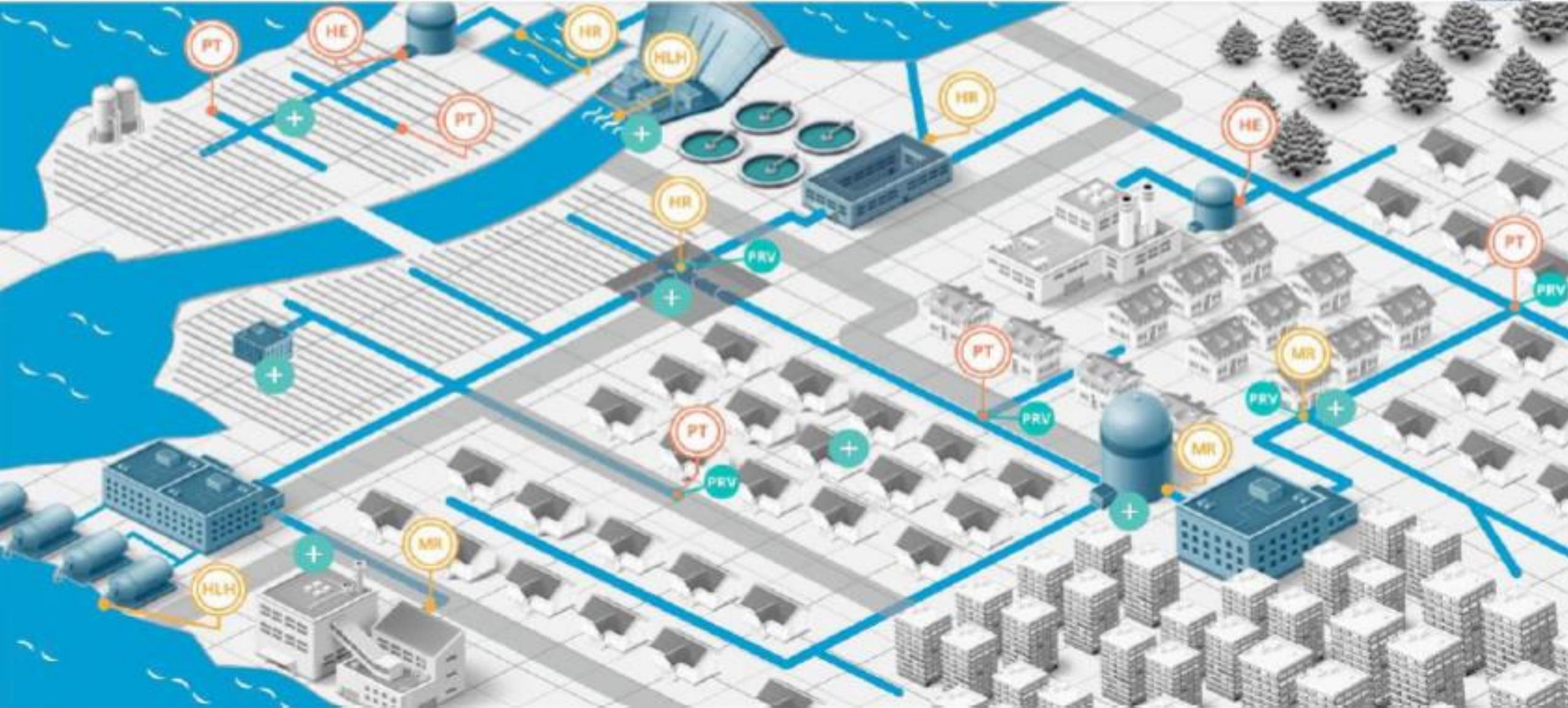
El Sistema de generación de energía consiste tres principales subsistemas: centro electrónico en tierra; Sistema de fijación o amarre; y dispositivo de fenerator turbine (TGU).

En 2012, ORPC construyó y operó unos Sistemas TidGen en la bahía de Cobscook in Eastport and Lubec, Maine.





# ESQUEMA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE



**MR** Turbina Micro Regen

**HLH** Turbina Hydro Low Head

**PT** Picoturbina

**HR** Turbina Hydro Regen

**HE** Turbina HE

**PRV** Válvula Reguladora de Presión

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### Hydro Low Head

- Máxima eficacia por su sistema electrónico innovador



Descripción	Magnitud
Rango de Presión	Inferior a 10.0 m
Rango de Caudal	0.50 m <sup>3</sup> /s (a 15kW) y 2.00 m <sup>3</sup> /s (a 45 kW)
Rango de Potencia	10 a 170 kW

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### CASO DE ESTUDIO

#### MANIZALES

#### Turbina Planta Niza

##### ESPECIFICACIONES

-  MANIZALES (COLOMBIA)
-  SALTO DE PRESIÓN: 30 METROS
-  CAUDAL: 220 LITROS / SEGUNDO
-  POTENCIA GENERADA: 50KW
-  PRODUCCIÓN: 430 MWH / AÑO
-  TURBINA HYDRO REGEN



#### Antecedentes:

El depósito de agua tratada de la Planta Niza (Manizales, Colombia) **cuenta con una conducción de llenado con una Presión de 30 mca**. Dicha presión era disipada mediante fricción en una válvula parcialmente cerrada sin ningún tipo de aprovechamiento

#### SOLUCIÓN:

Con la nueva turbina Hydroregen de 50 kW **instalada a la entrada del depósito se consigue transformar el exceso de presión existente en energía eléctrica**, la cual es inyectada en la red eléctrica interna de la planta de tratamiento para su autoconsumo, haciendo que la instalación sea autosuficiente y generando importantes ahorros en la compra de energía.

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### CASO DE ESTUDIO

#### MONTERREY (MÉXICO)

Turbina Hydroregen para un depósito de abastecimiento de agua

##### ESPECIFICACIONES



MONTERREY (MÉXICO)



SALTO DE PRESIÓN: 70 METROS



CAUDAL: 320 LITROS / SEGUNDO



POTENCIA GENERADA: 135KW



PRODUCCIÓN: 1.135 MWH / AÑO



TURBINA HYDRO REGEN



##### Antecedentes:

El depósito de abastecimiento de Santa Rosa II aprovisiona a uno de los sectores en la **Cd. de Monterrey, N.L., México**.

Una conducción de acero se encarga de transportar el agua, **disponiendo de una presión de 70 mca.**

##### SOLUCIÓN:

Mediante la instalación de la turbina Hydroregen en paralelo con **la válvula reductora de presión, se obtiene una generación eléctrica de 135 kW**, lo que permitirá aprovechar el recurso hidráulico, transformándolo en energía verde para su posterior uso tanto doméstico como industrial.

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### CASO DE ESTUDIO

#### ALTAFULLA

Punto de recarga de móviles y red wifi

##### ESPECIFICACIONES

-  ALTAFULLA (ESPAÑA)
-  SALTO DE PRESIÓN: 40 METROS
-  CAUDAL: 2 LITROS / SEGUNDO
-  POTENCIA GENERADA: 250W
-  ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA AISLADA
-  TURBINA HE



#### Antecedentes:

Altafulla es un municipio turístico situado en la costa mediterránea. La Compañía encargada del suministro de agua potable **dispone de una válvula reductora de Presión encargada de disminuir la presión en la red sin ningún tipo de aprovechamiento energético.**

#### SOLUCIÓN:

Gracias a una microturbina HE **instalada en paralelo a la válvula reductora de presión se obtiene energía suficientemente para el abastecimiento de una estación de recarga de teléfonos móviles**, así como un router wifi para acceso gratuito a internet para los ciudadanos y turistas de Altafulla.

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

*Una solución innovadora para aprovechar el potencial energético en los sistemas de agua.*

*Dispositivo hidráulico que transforma el exceso de presión, existe en las redes, en energía eléctrica*

- ❖ Es una producción de energía eléctrica limpia que ayuda a proteger el medio ambiente.
- ❖ Elevada rentabilidad: reducidos costos de inversión y mantenimiento unido a bajos costos de generación de energía.
- ❖ Atractivos periodos de retornos: 3 a 4 años.
- ❖ Vida útil estimada de 25 años.

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### *Los tres pilares de la MICROTURBINA PAM*

#### ENERGÍA RENOVABLE

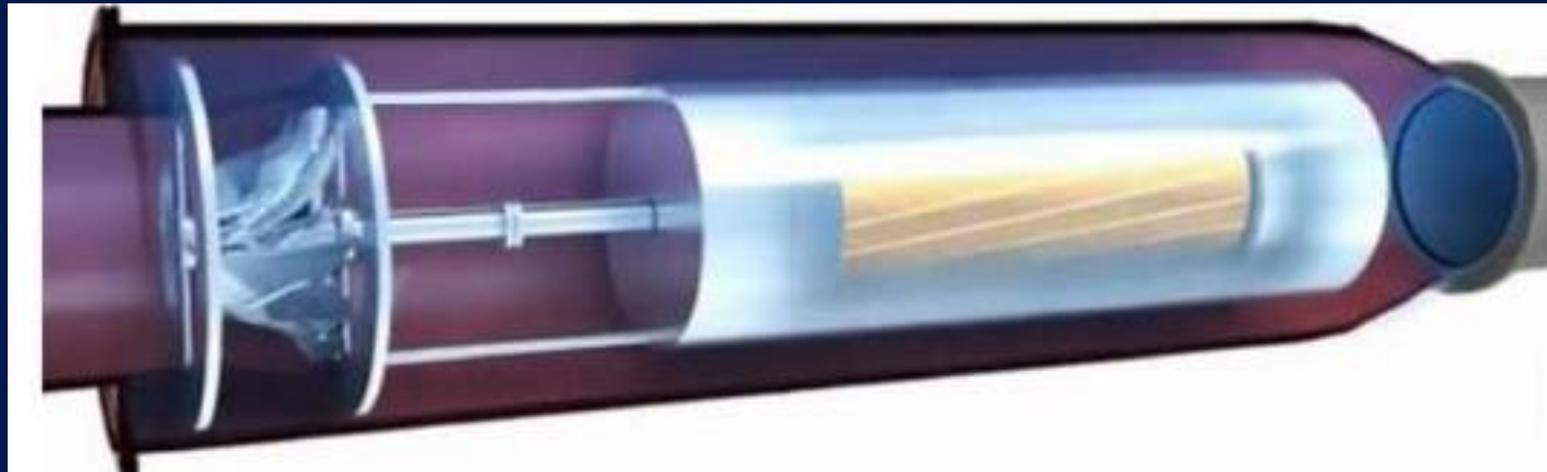
**DESARROLLO SUSTENTABLE**  
Recuperar la energía disipada por el agua y generar electricidad

#### INNOVACIÓN

**MICROTURBINA AXIAL**  
Único turbogenerador con eje axial en el sentido del fluido

#### ECONOMÍA

**MÍNIMO PAY - BACK**  
Costos competitivos, rendimiento elevado, Previsión 25 años, Subvenciones FEDER



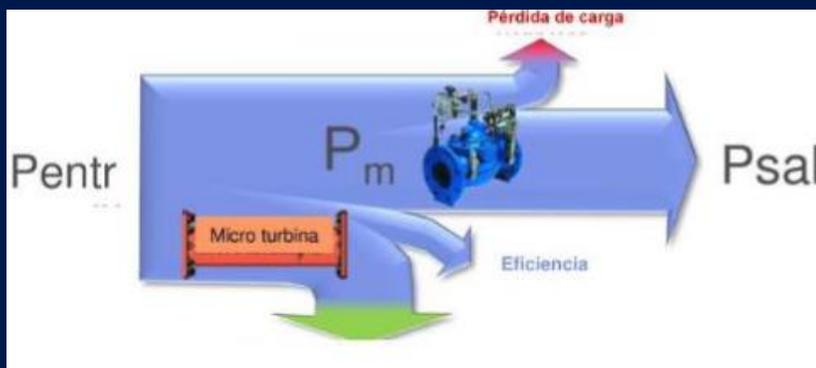
## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### *Red actual con Válvula de Regulación Automática*



Reducir la pérdida de carga =  
 $(P_m - P_{sal})$  por Cavitación =  
 Reducir la propia vida de la  
 Válvula de Regulación  
 Automática

### *Microturbina instalada en paralelo a la Válvula de Regulación Automática*

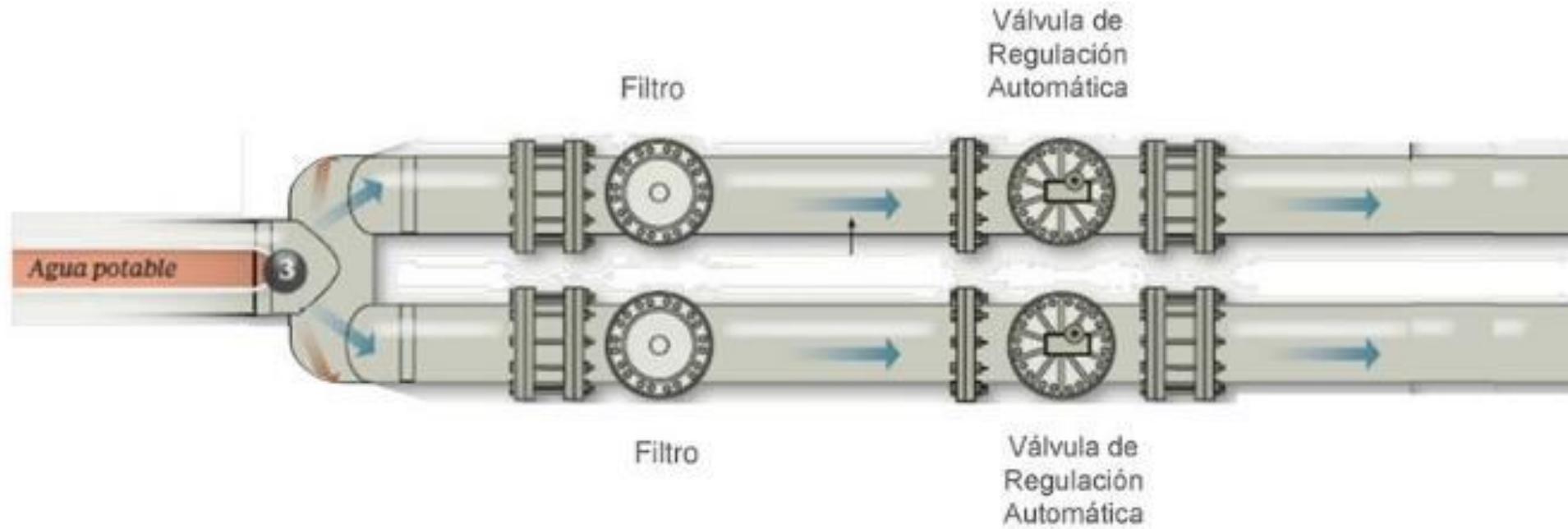


Reducir la pérdida de carga =  
 $(P_m - P_{sal})$  = incrementar la  
 propia vida de la VRA

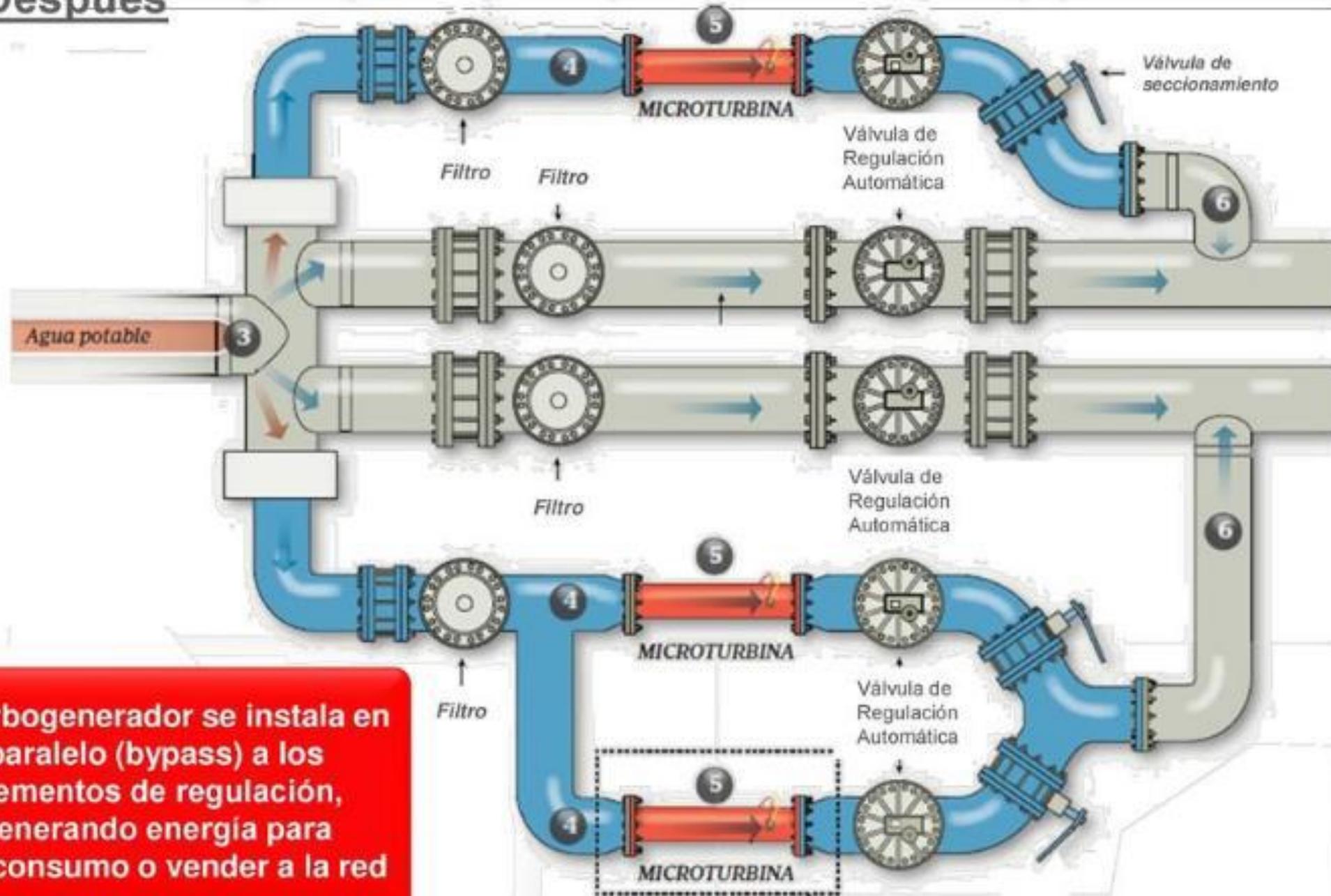
Transformación de energía  
 eléctrica a través de micro  
 turbina



# Antes



# Después

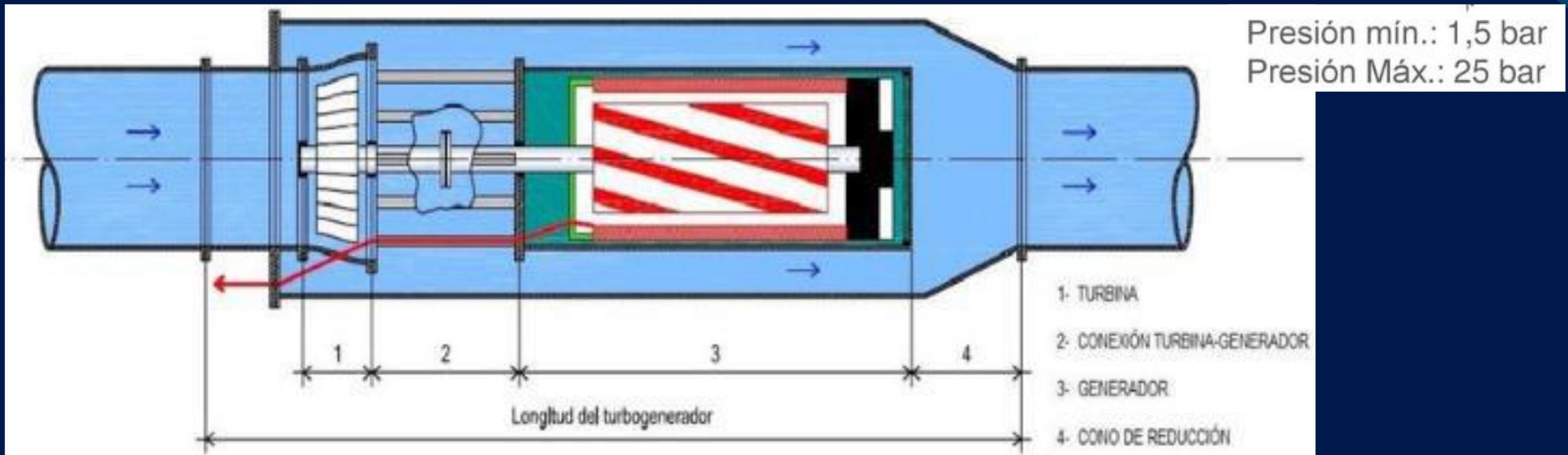


El turbogenerador se instala en paralelo (bypass) a los elementos de regulación, generando energía para autoconsumo o vender a la red

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

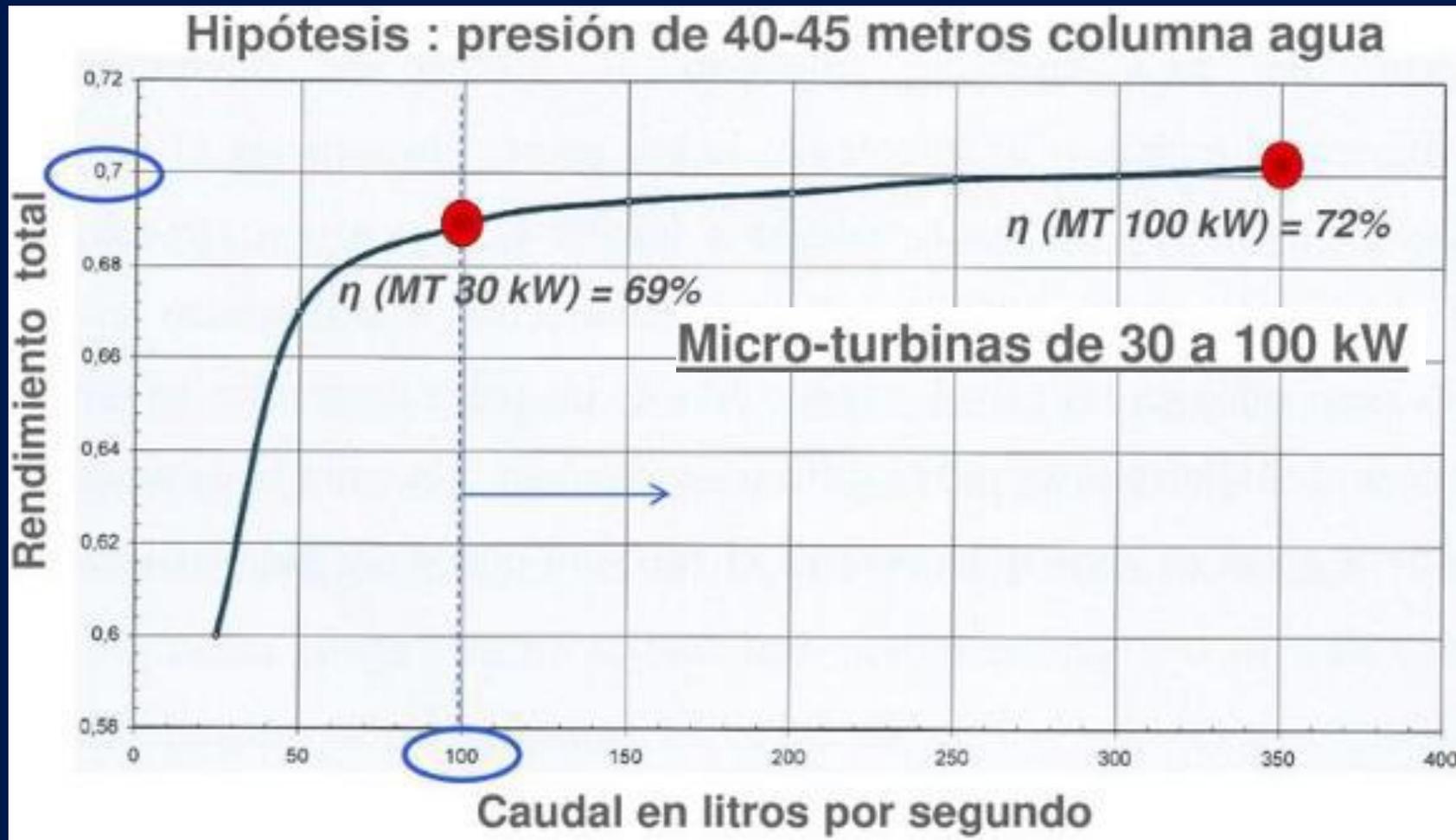
### Esquema: Microturbina hidráulica

La turbina gira aprovechando el exceso de presión de las redes, transformando la energía potencial del agua en energía mecánica y el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica.



## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### Micro-turbina de 30 a 100 kW



Para Caudales  
>100 lps  
El rendimiento total  
(eléctrico y  
mecánico)  
>69%

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

- **Potencia micro-turbinas: 0,2 kW – 350 kW.**

- **Campo de empleo:**

- Agua potable y agua bruta en riego.
- Testando para agua de mar.
- No adaptado para salmuera.

- **Especificaciones Técnicas:**

- Diámetros: DN50 – 600 mm.
- Presión: De 1,5 bar hasta 25 bar.
- Caudal: 2 – 600\* litros por segundo

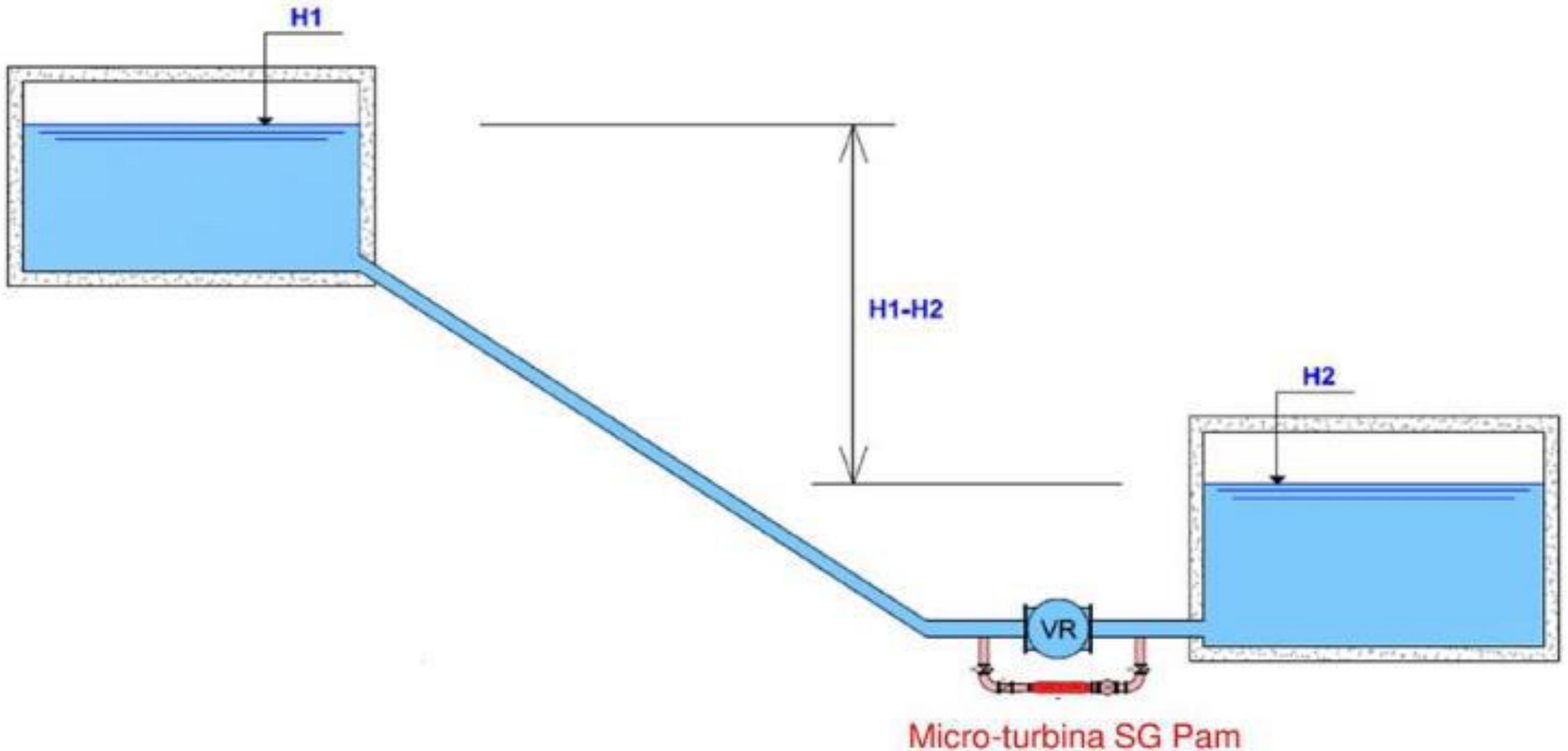
(\* ) Para valores superiores es necesario instalar varias micro-turbinas en paralelo.

- **Tipo de montaje:**

- Instalación en red.
- Instalación en isla.



## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola



## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola



Instalación de las turbinas

La implantación del sistema de turbinas desarrollado por la empresa **Lucid Energy**, permitirá a la ciudad estadounidense de Portland disponer de un **sistema generación totalmente renovable** gracias a su **red de agua potable**. **Con este proyecto se reemplazan algunos tramos de los acueductos centrales, por redes equipadas con aspas que aprovechan el paso del fluido para mover generadores individuales conectados a una central.**

Estas pequeñas turbinas situadas en el interior de red podrán generar suficiente energía como para abastecer a **unas 150 viviendas de consumo medio**. **Dependiendo del diámetro y caudal, una sola unidad instalada puede generar entre 20 a 100 kWh.**

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

**En tramos con tres turbinas**, el fabricante asegura que este tipo de generación ofrece mayores ventajas que otras fuentes de energía renovables.

### Potencia instalada

**Actualmente** la firma proveedora del sistema de generación **tiene ya colocados 498 equipos**, principalmente en grandes ciudades de Estados Unidos, donde los caudales que mueven las redes subterráneas son de grandes dimensiones. **Actualmente esta tecnología cuenta con una potencia instalada de 25 MW.**



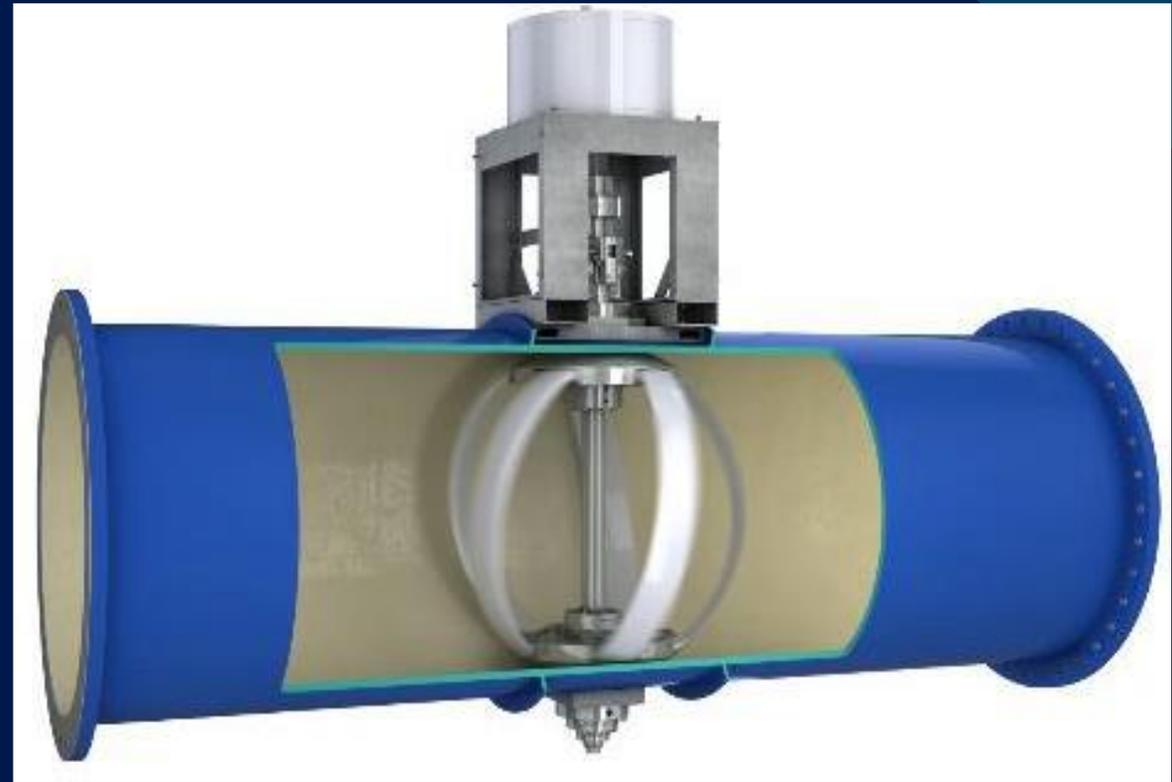
Actuación en una red de abastecimiento de agua

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

Según la información facilitada por el fabricante, **una sola unidad puede producir de 20 a 100 kWh de energía eléctrica renovable y se puede implementar en redes de 24 a 96 pulgadas.** Además se pueden agregar múltiples unidades al mismo sistema de red y llegar a generar hasta un megavatio (MW).

*Siempre cuando exista suficiente flujo y presión, este sistema de turbinas puede montarse sobre tuberías de transmisión y distribución de agua o de otras redes de aguas residuales, líquidos industriales o de cualquier otra red.*

En la ciudad norteamericana de Portland, en el estado de Oregón, hasta ahora **se han colocado 50 turbinas**, y están generando una media de 1.100 megavatios/hora de electricidad al año. Energía limpia y procedente del subsuelo que **permitiría cubrir las necesidades eléctricas de unos 150 hogares.**



# ESQUEMA DE GENERACION: DE LA DESCARGA DEL ARCT (EN ARROYO) A LA PRESA EL CARRIZO

## DATOS:

Gasto =  $Q = 5.33 \text{ m}^3/\text{seg.}$   
Desnivel =  $\Delta = 476.0 \text{ m}$

## DATOS:

Eficiencia =  $= 0.92$   
**Potencial de Generación de Energía =  $P = 24.90 \text{ MW}$**

## DATOS:

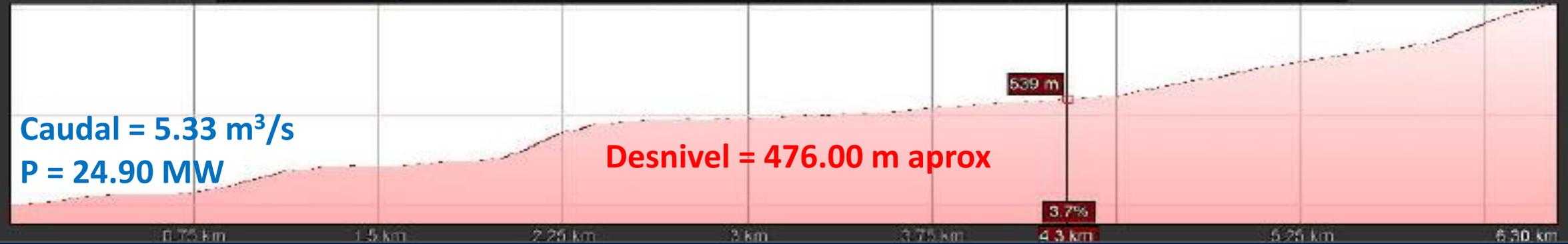
Longitud =  $L = 6.30 \text{ Km}$

Descarga del Acueducto RCT al Arroyo de la Presa El Carrizo



Gráfico: Min.: Prom.: Máx.: Elevación: 288, 491, 764 m

Totales del rango: Distancia: 6.30 km Ganancia/Pérd. de elev.: 491 m, -15.9 m Inclinación máx.: 32.7%, -9.3% Inclinación prom.: 8.4%, -2.0%



## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### Acueducto Lerma (Antecedentes):

- En 1929, el pueblo de Atlapulco, del municipio de Ocoyoaca, cedió sus derechos al Departamento del DF, sobre 4 manantiales.
- En 1930, por conducto de la Dirección de Aguas, Tierras y Colonización, la Secretaria de Agricultura y Fomento concedió permiso para estudiar la posibilidad de utilizar los manantiales de Almoloya del Río para el Abasto de la CDMX. Con ello pretendían vender el agua para los usos domésticos y la energía eléctrica al gobierno federal y algunos particulares.
- Sin embargo, el proyecto no alcanzó los resultados esperados, pues existía la veda de 1925 para no otorgar nuevas concesiones de aguas del río Lerma y tributarios a particulares. Fue hasta 1941, a causa del agotamiento de los pozos que surtían a la CDMX, se aprobó el proyecto del Ing. Guillermo Terrés.
- El proyecto incluía los manantiales de Almoloya del Río, Texcaltenco, Alta Empresa y Ameyalco.

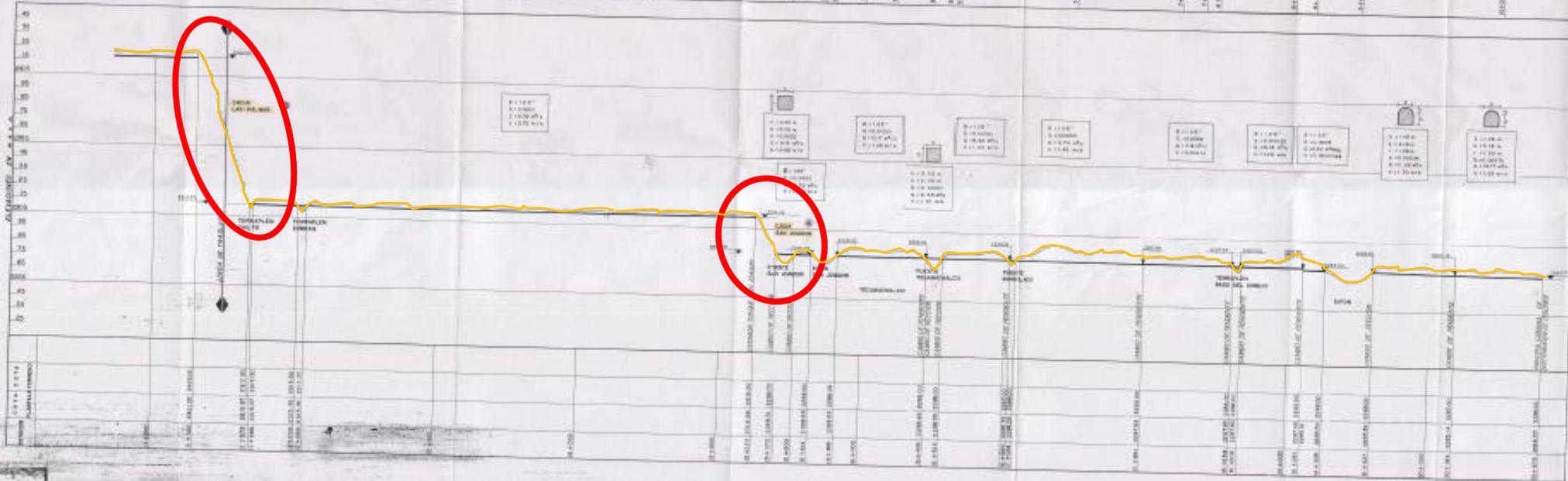
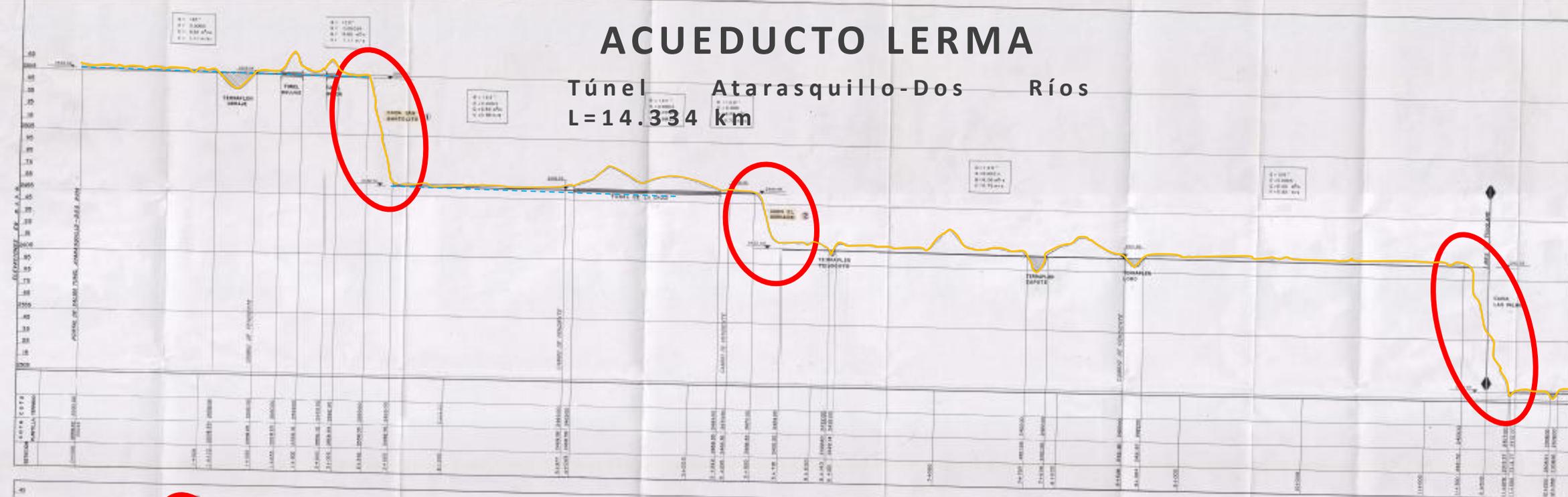
## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### Acueducto Lerma (Antecedentes):

- La operación del Sistema se formalizó en 1953, aunque los primeros pozos empezaron a operar en septiembre de 1951.
- Los gastos medios anuales, en la entrada del túnel Atarasquillo-Dos Ríos, entre 1953 y 1969, fueron de 2.45 a 4.15 m<sup>3</sup>/s
- En 1985, se inicia la Segunda Etapa del Cutzamala.
- La longitud del acueducto es de 60.12 km. (24.341 acueducto superior en el valle de Toluca; 14.133 km del Túnel Atarasquillo Dos Ríos; y 21.443 km al acueducto interior en el Valle de México).
- Su Capacidad de generación de energía estimada en sus cuatro caídas era de 16,900 HP (12.6 MW).

# ACUEDUCTO LERMA

Túnel Atarasquillo-Dos Ríos  
L=14.334 km



**NOTAS:**

- 1- Este plano se elaboró con información proporcionada por la Dirección de Obras del Estado de Querétaro, México, en el Estado de Querétaro, México, con el fin de proporcionar información al P.E.C., con el fin de que el Estado de Querétaro y el Estado de México puedan tener un conocimiento más exacto de la obra.
- 2- El terreno original fue obtenido con la información proporcionada por el Estado de Querétaro y el Estado de México.
- 3- Para el cálculo de la obra se usó el plano N.º 1000 de la E.C. de México.
- 4- Los datos de elevación de las líneas representadas en este plano son los obtenidos en el Estado de Querétaro y el Estado de México.
- 5- En el terreno, se deberá observar el nivel en las obras.



SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS  
DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA  
SUBDIRECCIÓN TÉCNICA

OFICINA DE PLANEACIÓN  
PLAN MAESTRO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE AL D.F.  
SUSCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL  
CONDICIÓN DE REGULACIÓN

LERMA  
PARTE: NORTE

NO. 28  
MAYO 1964  
N.º 1000000  
ZEPH00644



Tanque rompedor de Presión de la caída de San Bartolito ( $H_{bruta}=89.29$  m)



Derivación de dos conductos a cuatro de 24 in de diámetro, se conduce  $2.0$  m<sup>3</sup>/s



Tanque de carga de la Caída El Borracho



Vertedor de salida del Tanque de Carga, parte de la Estructura de By Pass



Sistema de canales y vertederos, estructuras para disipar la energía, parte de la Estructura de By Pass



Línea a Presión, salida del tanque de Carga de la caída El Borracho. Esta línea no está en operación, ya que esta inconclusa, en la descarga se cuenta con la preparación del arreglo mecánico para la instalación de turbinas de generación.



Sistema de canales y vertederos, estructuras para disipar la energía, parte de la Estructura de By Pass



Esquema de preparación de turbinas de generación de energía. Para el aprovechamiento de una caída bruta de 46.13 m, y un gasto promedio de  $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$





# ESQUEMA EN CANALES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA RIEGO AGRÍCOLA



## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

La empresa Capta Hydro, fundada en 2015 por ingenieros de la Pontificia Universidad Católica de Chile, diseña, desarrolla y comercializa un sistema hidroeléctrico compuesto por un soporte que permite la instalación de entre uno o tres rotores especialmente para canales artificiales.

El concepto es similar a una mini hidro, pero la diferencia con esta tecnología es que no necesita modificar los canales para poder generar energía.

El sistema puede operar a varias profundidades y velocidades, por lo que, genera entre 5 kW y 100 kW por turbina.

Para instalarla, el principal requisito es que el canal de riego donde se ubique tenga un caudal mínimo mayor a  $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ .



*Según las condiciones del canal, una sola turbina puede generar 10 kW de potencia, es decir, de funcionar las 24 horas, genera suficiente energía como para suministrar lo que consumen en promedio 38 casas durante un mes de verano.*

*La tecnología es invención de jóvenes ingenieros chilenos, quienes tienen proyectado la instalación de otros 5 sistemas este año y la exploración de proyectos en otras zonas de Chile, Perú y Argentina.*

*La serie productos "Capta SC" son factibles de instalar en canales de + más de 1.00 m<sup>3</sup>/s; + con una sección transversal de al menos 0.60 por 0.60 m + velocidades de al menos 1,5 m/s*



## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola



Especialistas de la Universidad de Cuyo y del Invap pusieron en marcha un novedoso sistema de generación hidráulica a través de una miniturbina. Se realizó la primera prueba piloto con buenos resultados en el canal San Martín, a la altura de Luján de Cuyo.

El proyecto se denomina “**Turbinas hidrocinéticas en cauces para la generación de energía eléctrica**”.

El conjunto turbina-generator posee un largo 1,2 m. **El generador de 4,5 kW** de potencia se encuentra en el interior de una carcasa cuyo diámetro es de 30 cm, lo que a simple vista hace que se parezca a un misil.

En el punto de ensayo para la turbina piloto las **velocidades van de 3,1 a 4,28 m/s**. **Estudios preliminares indican que el canal San Martín, en su primer tramo de 19 km de longitud, posee un potencial aprovechable superior a 20 MW de potencia instalada**, una cifra nada despreciable en un contexto de crisis energética. “**Considerando un factor de uso o utilización de 0,5, la energía producida podría abastecer 20.000 viviendas urbanas**”, indicaron desde la **Universidad de Cuyo**.

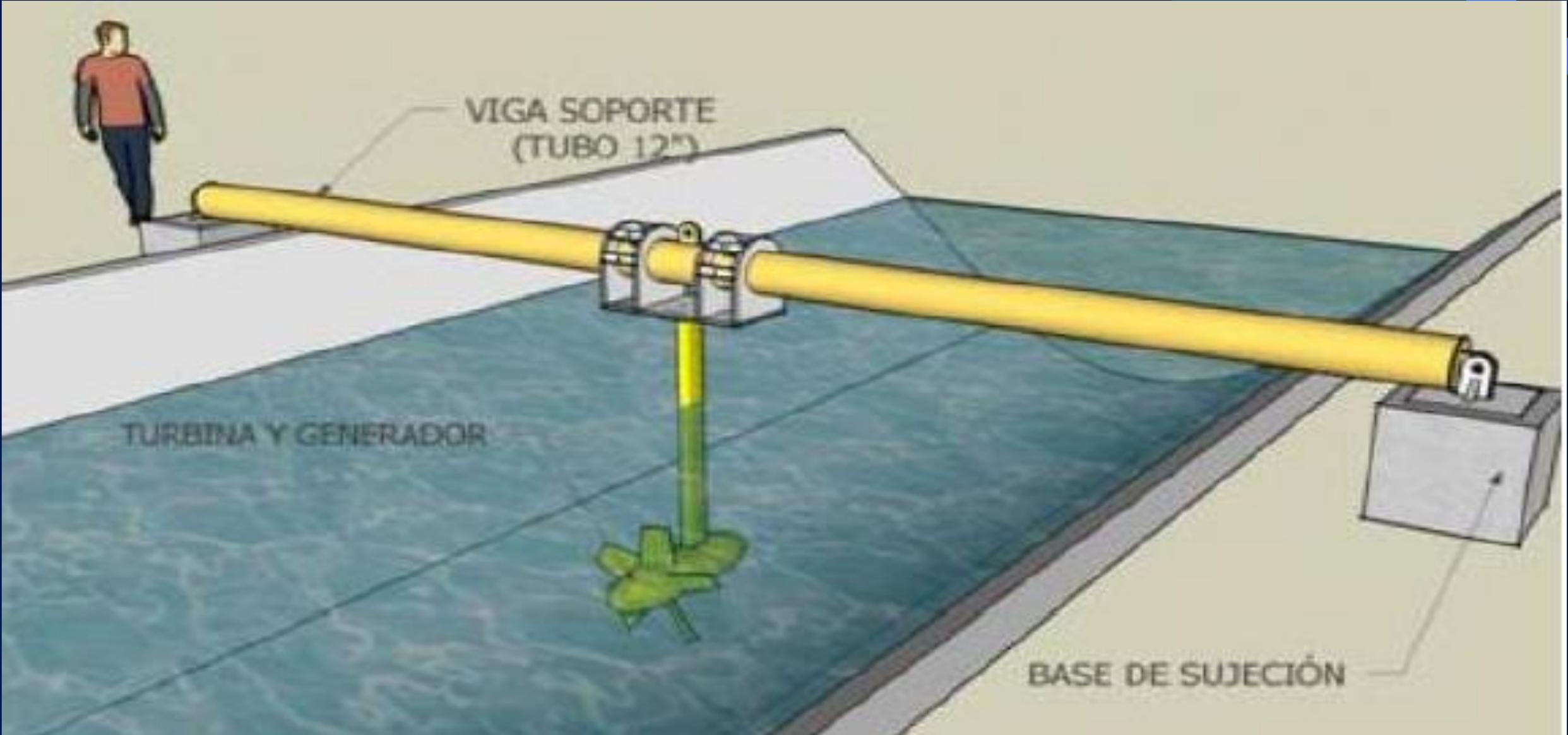




VIGA SOPORTE  
(TUBO 12")

TURBINA Y GENERADOR

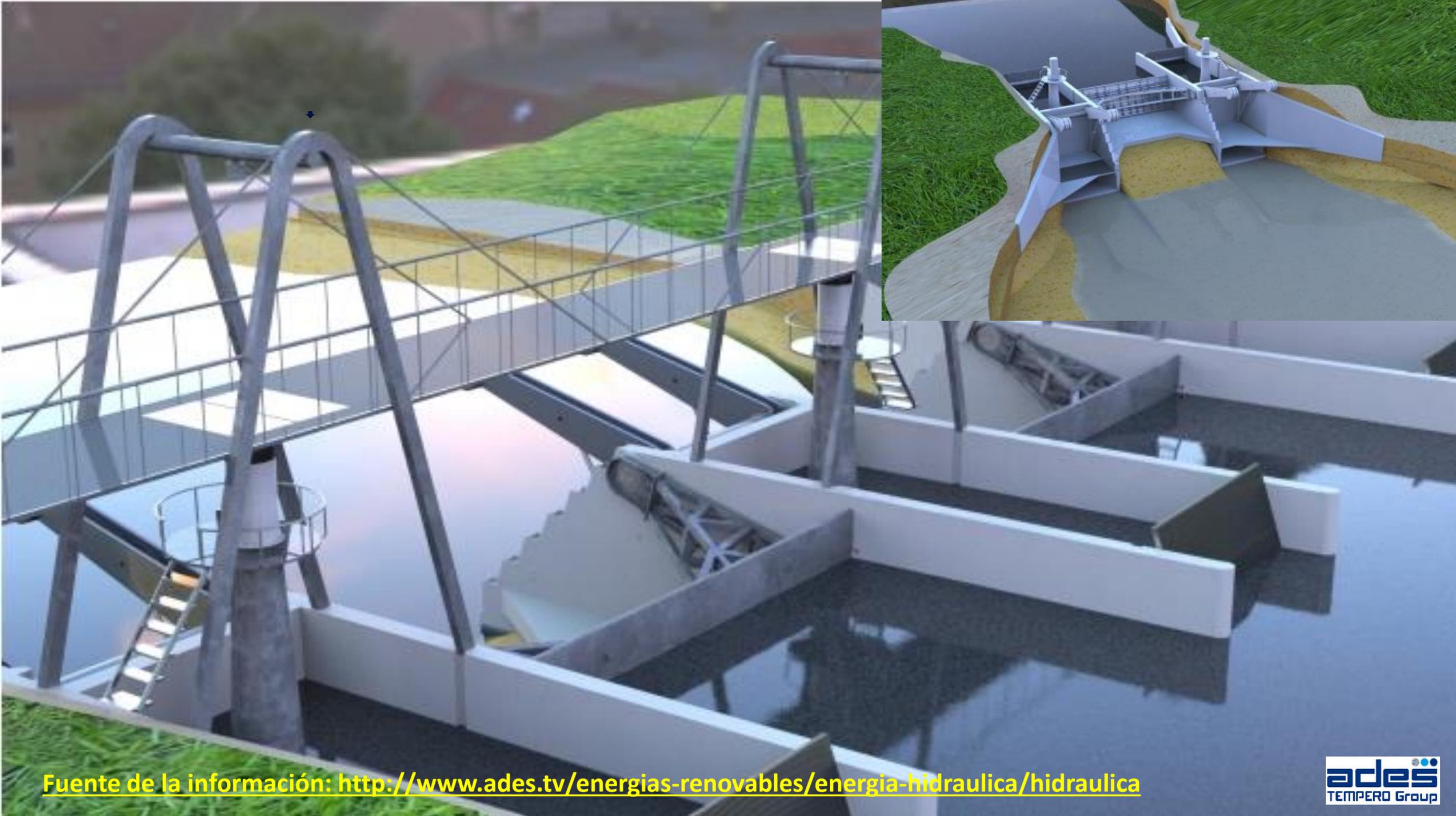
BASE DE SUJECCIÓN



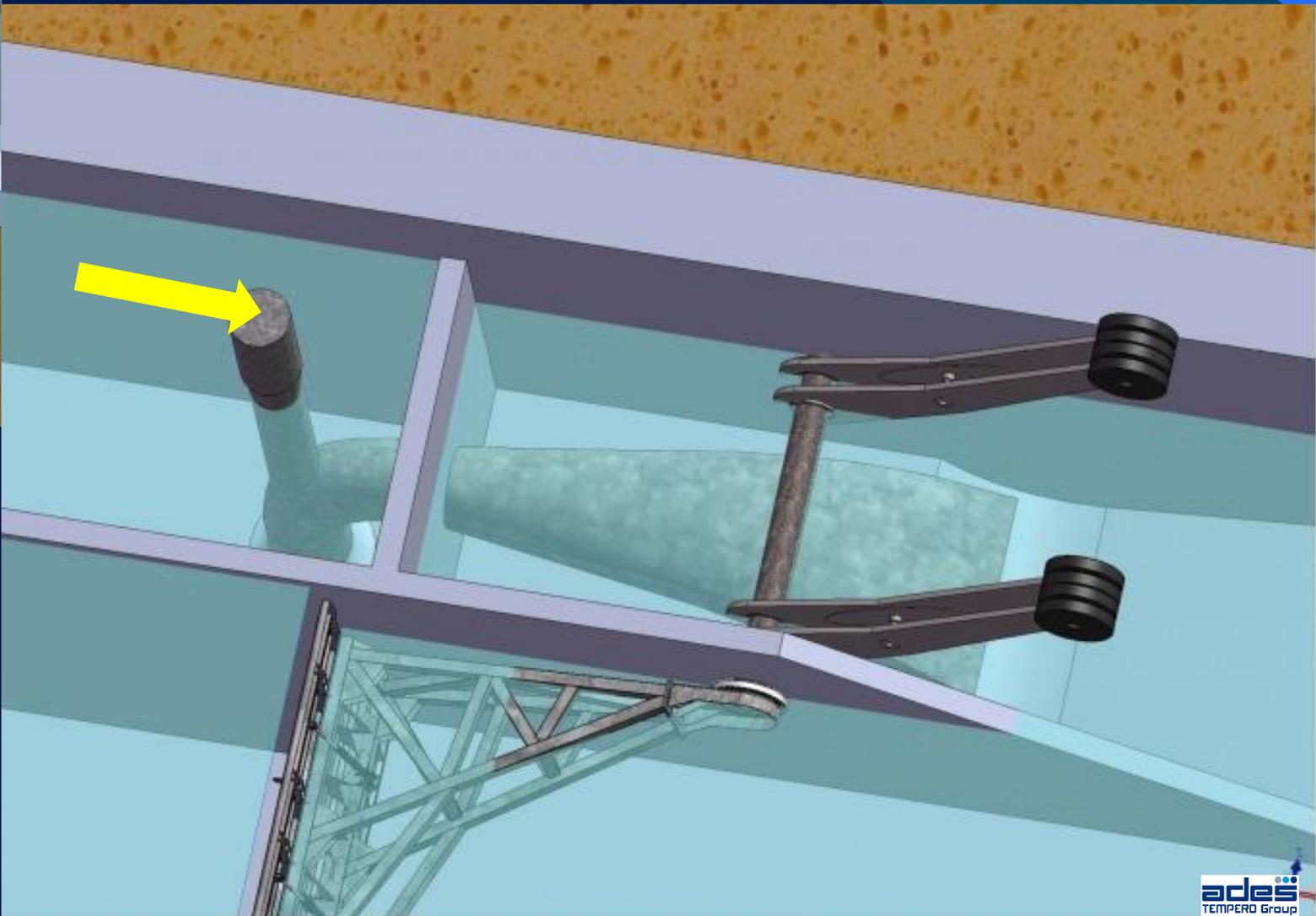
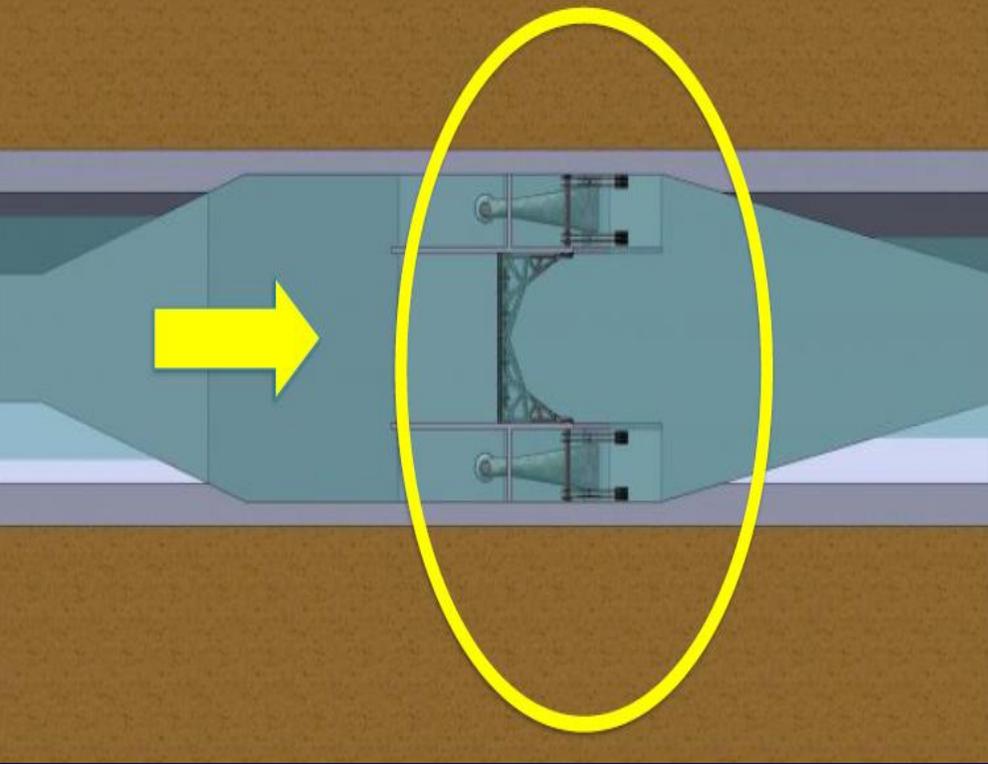
## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

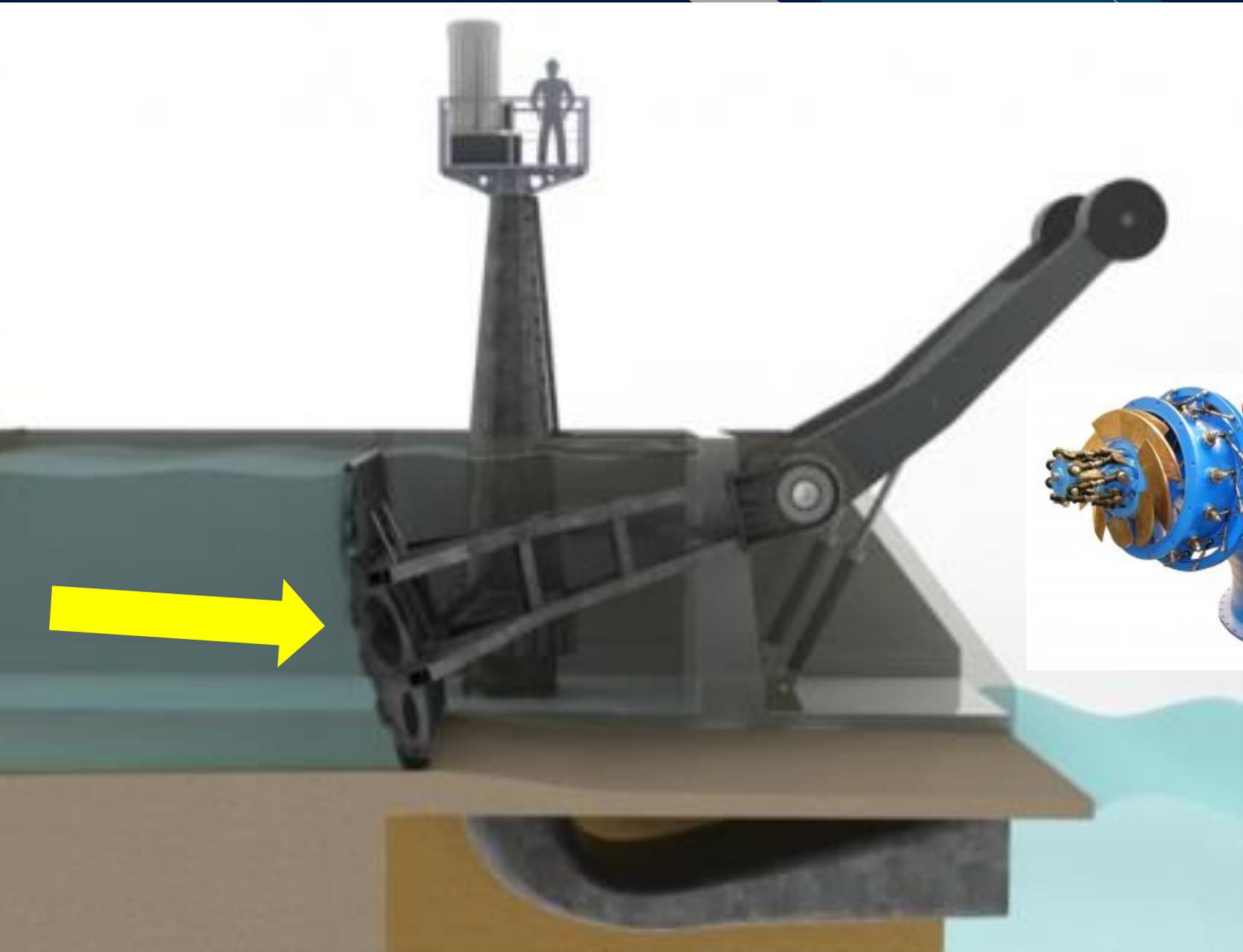
### Turbina canal con obra civil (200 + 200 = 400kW)

- Se trata de **provocar saltos consecutivos a lo largo del canal de unos 2 / 3 m de desnivel**, cuya distancia teórica será función de su pendiente y de la cota al borde de sus laderas.
- **Cada salto llevara una o mas turbinas en paralelo de potencias unitarias 130 / 200 kW por cada 10 m<sup>3</sup>/s** de agua turbinada . Un 65% del producto (caudal turbinado x salto) se aprovechara en procesos de **generación y/o rebombeo** a cotas superiores (< 200 m).
- Entre turbinas se instala una compuerta balanceada que garantiza el salto máximo a diferentes caudales de transporte. La obra civil permitirá la sumergencia necesaria para el correcto funcionamiento **de las turbinas sin cavitación**. Donde exista una perdida de cota el aprovechamiento será mayor.
- **La ventaja** de estos aprovechamientos **radica en la limpieza del agua** y **la posibilidad de adaptar las costumbres de riego a los nuevos usos de generación y/o rebombeo**.



Fuente de la información: <http://www.ades.tv/energias-renovables/energia-hidraulica/hidraulica>

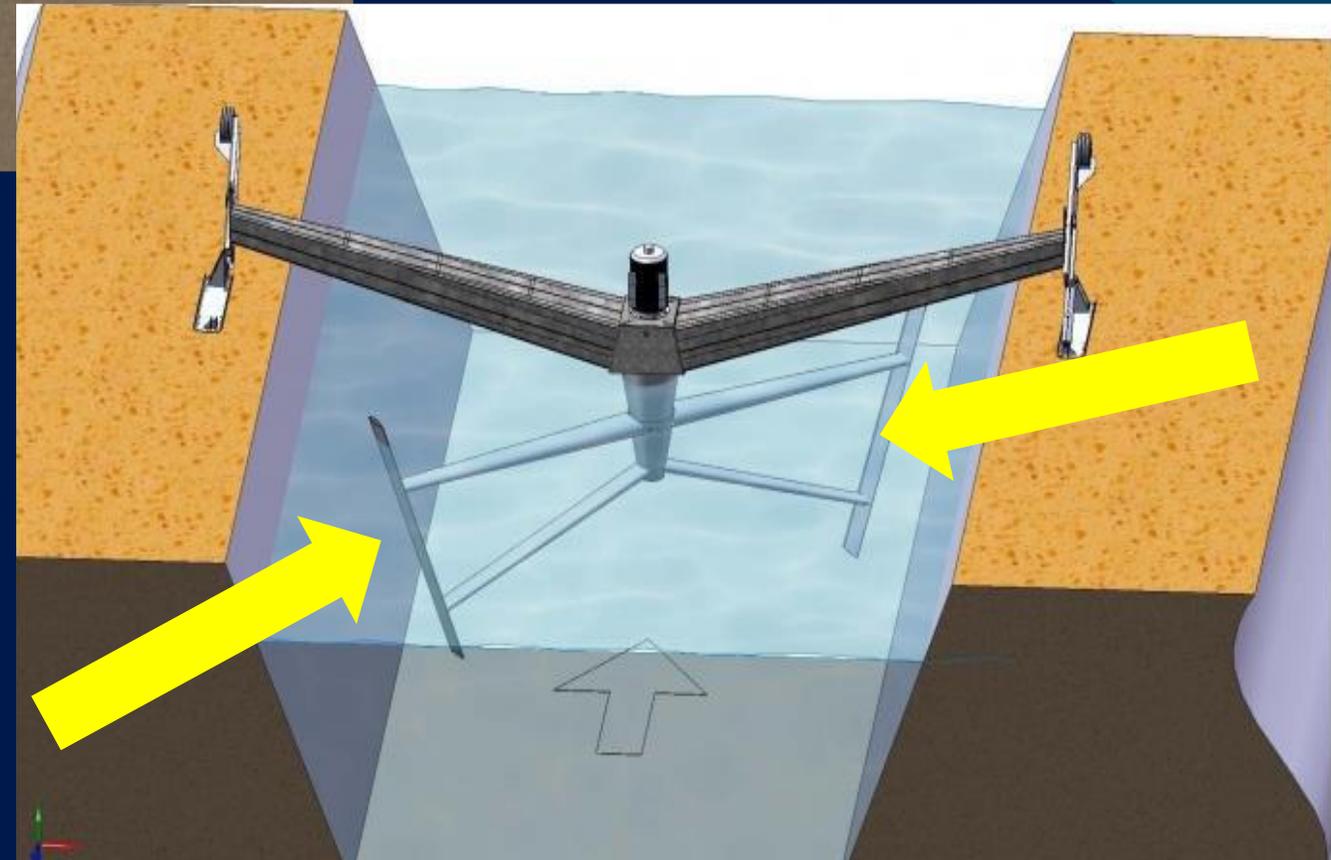
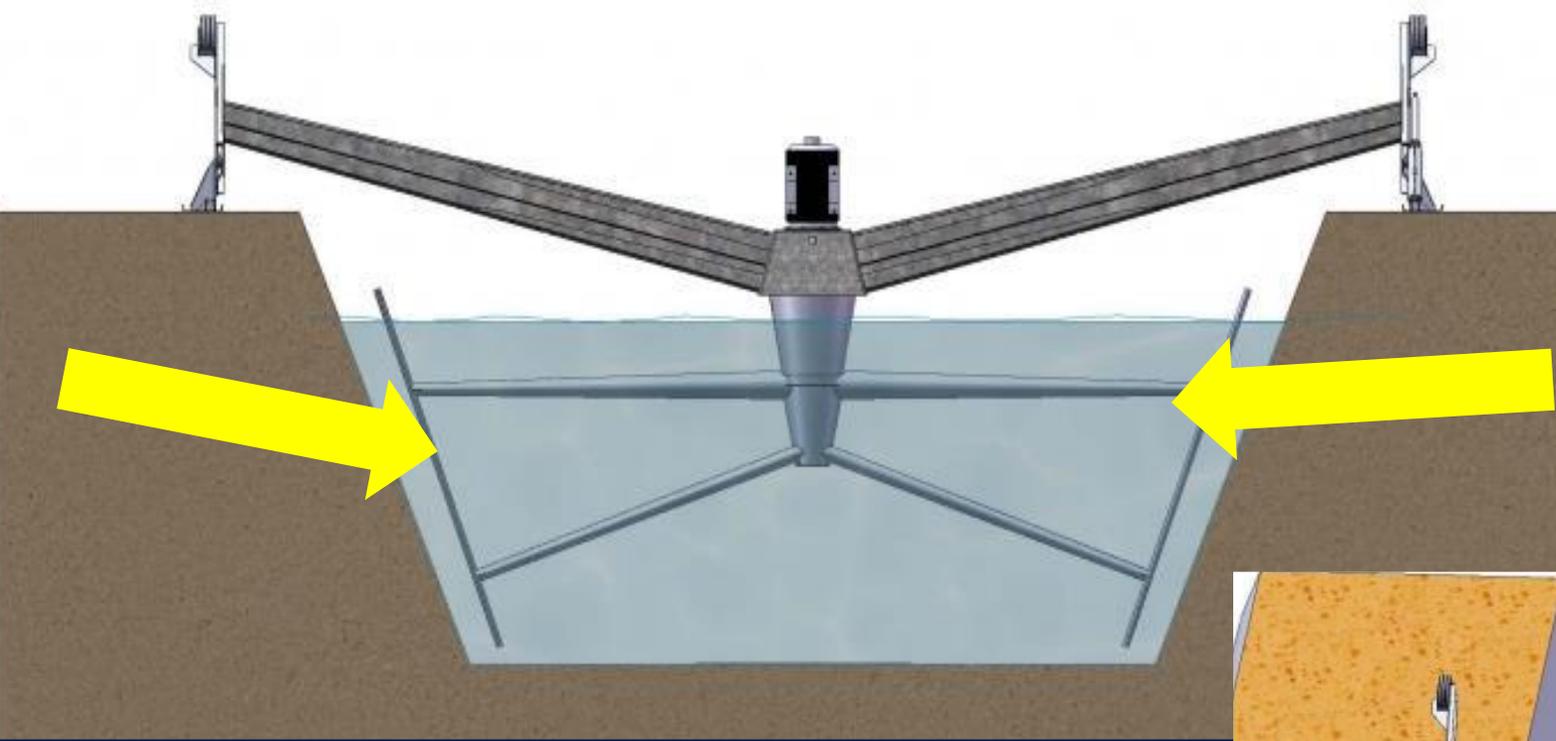




## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### Turbina canal sin obra civil (20kW)

- Se trata de **aprovechar la energía cinética de la corriente del canal para aplicaciones de generación de energía eléctrica y/o rebombeo a cotas más altas (<200 m).**
- **Sumergida en el canal, se instala una turbina abatible de flujo abierto** con rotor bipala de eje vertical, lenta (9/13 rpm) **que permite adaptar su geometría a la del canal para conseguir la máxima área turbinada.**
- **La turbina en su funcionamiento forzara un pequeño resalto, aumentando el nivel aguas arriba de la turbina (+/- 200 mm).**
- Pudiendo instalarse tantas como la pendiente del canal lo permita sin rebosamiento.
- La turbina puede trabajar con niveles mínimos de agua (+/- 1m) sin problemas de cavitación.
- El coste estimado para el modelo de 20kw se sitúa alrededor de 2.6 €/vatio.





## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

La turbina Hydro Power fue desarrollada para producir una cantidad máxima de energía eléctrica

The South Canal Hydroelectric Project is located in Western Colorado. The project consisted of two separate facilities along the South Canal. Each site has a new intake structure featuring a unique patented Automatic Trip Gate to hold the pool higher than a conventional overflow wall. The existing canal acts as a bypass.

The penstocks are a buried 11' diameter steel pipe for each facility. The powerhouse at Drop #1 houses a 4 MW Turbine Generator and Drop #3 (approximately 1 mile down stream from Drop #1) houses a 3.5 MW Turbine Generator.



**Proceso de construcción del proyecto hidroeléctrico en el Canal Sur, localizado en el Oeste de Colorado.**

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

La turbina Hydro Power fue desarrollada para producir una cantidad máxima de energía eléctrica a través de la **energía cinética de las corrientes de agua**. Dado que es accionada con energía cinética y no con energía potencial, **es conocida como una turbina "zero-head" o como turbina "in-stream"**.

- ❖ Como tal, **no se necesita de represas y/o de diferencia de alturas de agua para su funcionamiento;**
- ❖ **el curso de un río permanece en su estado natural y no se requieren de grandes inversiones en infraestructura.**
- ❖ Como la cantidad de energía cinética (velocidad) varía de río a río, **cuanto mayor sea la velocidad de flujo de agua, más cantidad de energía se generará.**

### **FREE STREAM**

- Esta turbina es instalada en el lecho del río o canal.
- Especialmente apropiada para ser instalada en conductos o detrás de plantas hidroeléctricas tradicionales.



## Especificaciones Técnicas:

Potencia:	250 – 5000 W (5kW)
Dimensiones:	Long. = 2.64 m Ancho = 1.12 m Altura = 1.12 m
Velocidad rotacional:	90 – 230 rpm
Peso:	300 kg
Np. de aspas del rotor:	3
Diám. del rotor:	1.00 m

## Características:

\* Generador acuático con imán permanente genera corriente alterna.

\* Potencial nominal: **3.10 m/s.**

\* Profundidad mínima: **1.10 m**

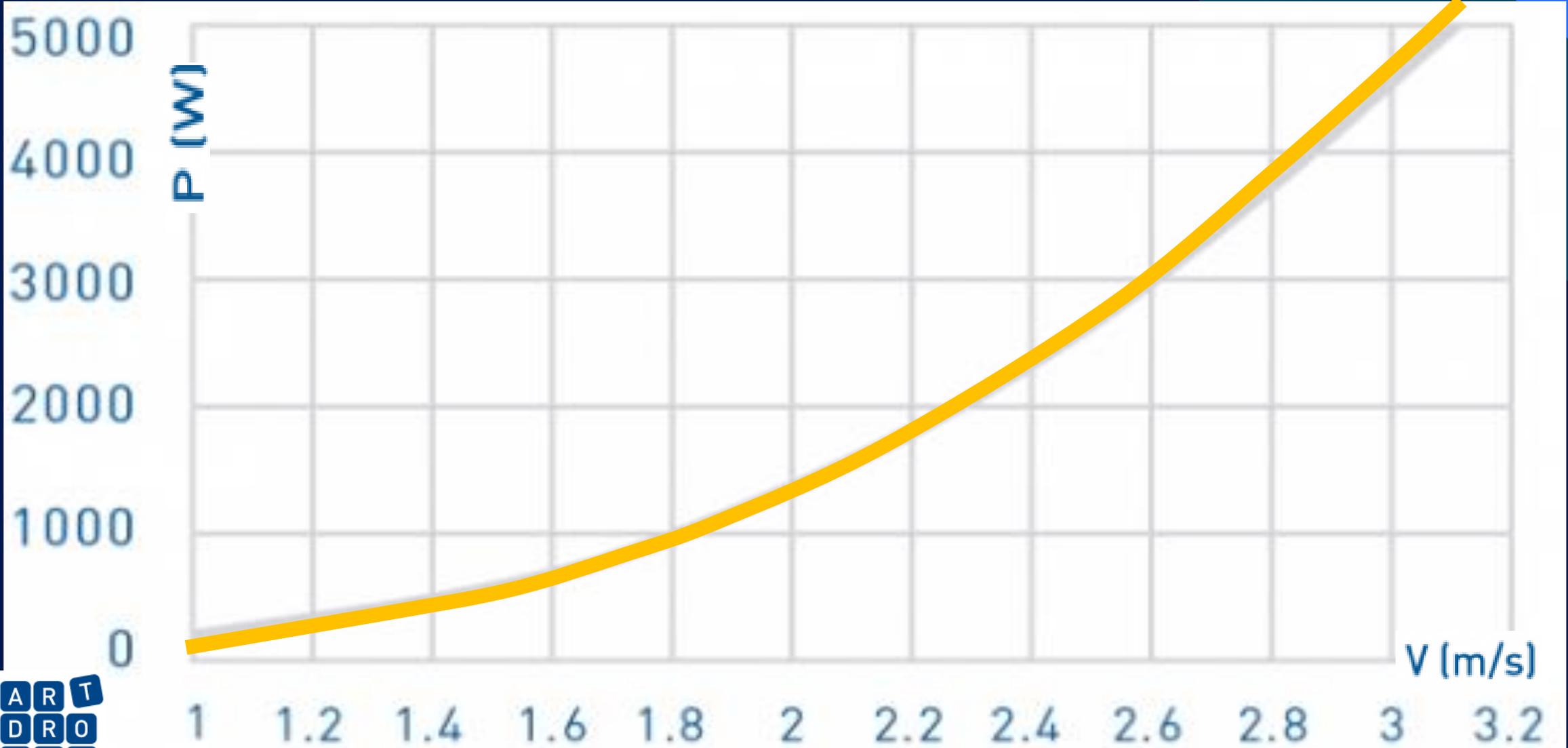
\* Ancho mínimo: **1.20 m**

\* Distancia de Separación: **500 m**

Fuente de la información:

<https://www.smart-hydro.de/es/sistemas-de-energia-renovable/turbinas-para-rios-y-canales/>

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola





La turbina Hydro Power fue desarrollada para producir una cantidad máxima de energía eléctrica a través de la energía cinética de las corrientes de agua.

Dado que es accionada con energía cinética y no con energía potencial, es conocida como una turbina "zero-head" o como turbina "in-stream".

8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola



## Premisas para determinar el Potencial hidroenergético en red de Canales:

- Conocer la red de Canales Principales y Secundarios; así como estructuras derivadoras.
- Conocer las dimensión y pendiente de Canales.
- Para definir el gasto, estará en función del Plan y Política de Riego; con lo cual, obtendrá la Potencia y Generación Anual.
- Identificar la infraestructura eléctrica cercana a la zona de estudio.

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

### Infraestructura de riego en México, 2010.

	Distritos de Riego	Unidades de Riego
➤ Presas de Almacenamiento	144	2,034
➤ Presas Derivadoras	333	3,776
➤ Plantas de bombeo	714	4,576
➤ Pozos Profundos	4,281	39,221
➤ <b>Canales, km</b>	<b>49,515</b>	
➤ <b>Drenes,</b>	<b>32,536</b>	
➤ Caminos,	70,745	
➤ Estructuras en Canales, Drenes y Caminos	286,483	

En México se tiene una superficie **de 6.5 millones de hectáreas bajo riego**, conformadas por:

- + 3.3 millones de hectáreas correspondientes a 86 distritos de riego (DR), y
- + 3.2 millones de hectáreas restantes a más de 40 mil unidades de riego (UR)

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

# PRINCIPALES DISTRITOS DE RIEGO EN SUPERFICIE EN MÉXICO

D.R.	Estado	Superficie Total (Ha)	Superficie Sembrada en O - I (Ha)	Superficie Sembrada en P - V (Ha)	Segundos Cultivos (Ha)	Superficie Sembrada en Perennes (Ha)
041 Río Yaqui	Sonora	272,659	190,799	1,569	65,290	15,001
075 Río Fuerte	Sinaloa	261,378	213,227	0	37,948	10,203
010 Culiacán	Sinaloa	225,761	190,000	411	31,722	3,628
025 Bajo Bravo	Tamaulipas	196,394	73,493	121,771	0	1,130
014 Río Colorado	BC - Sonora	193,203	127,625	24,855	0	40,723
011 Alto Río Lerma	Guanajuato	157,538	66,196	20,322	62,434	8,587
063 Guasave	Sinaloa	124,058	108,092	0	14,905	1,061
038 Río Mayo	Sonora	96,293	84,164	4,633	5,253	2,243
097 Lázaro Cárdenas	Michoacán	88,471	8,383	9,498	754	69,837
092C Panuco U Las Animas	SLP – Ver	86,291	24,780	0	20,558	40,953
076 Valle del Carrizo	Sinaloa	86,052	76,132	0	8,696	1,224

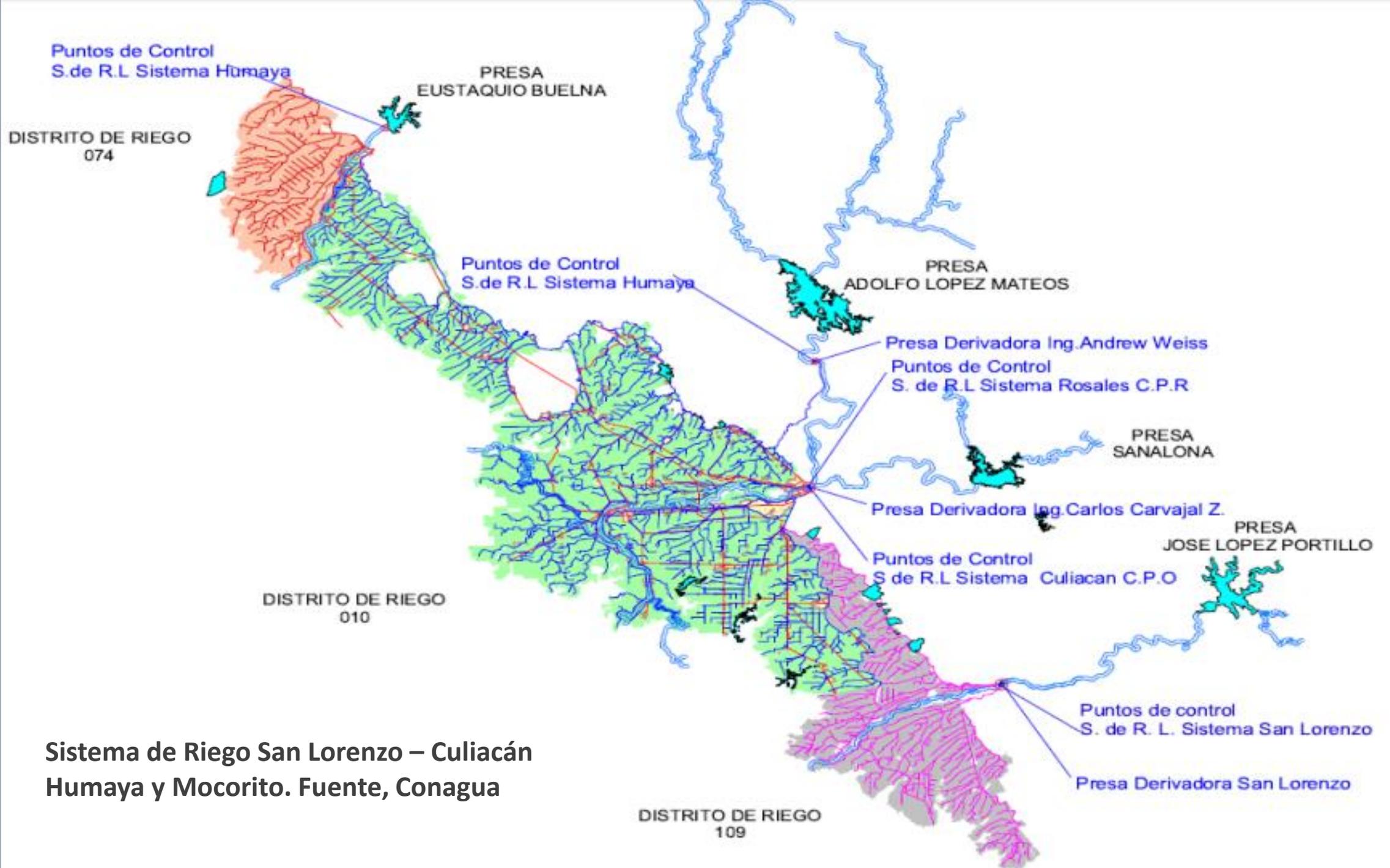


**SIMBOLOGIA**

- LIMITE DE REGION
- LIMITE DE CUENCA
- LIMITE ESTATAL
- CIUDAD

REGION HIDROLOGICA	CUENCA HIDROLOGICA	AREA (Km <sup>2</sup> )	% DE LA CUENCA EN EL ESTADO
10	1. RIO FUERTE	34038	18.2
10	2. RIO BINALDA	8229	43.2
10	3. RIO MOGROFO	2488	100.0
10	4. RIO CULIACAN	10258	46.4
10	5. RIO SAN LONDO	9109	18.0
10	6. RIO SILOTA	3201	71.4
10	7. RIO PAUTLA	4862	87.0
10	8. RIO GUSTIE	710	100.0
11	9. RIO PRESNO	4174	40.0
11	10. RIO BALLESTE	8313	33.0
11	11. RIO CAÑAS	434	40.0
11	12. RIO ACAPONOTA	3633	---
11	13. RIO SAN ROME	14090	---
	TOTAL	127266	40.4

**COMISION NACIONAL DEL AGUA**  
**GERENCIA ESTATAL EN SINALOA**  
**UNIDAD DE PROGRAMACION**  
**REGIONES HIDROLOGICAS 10 Y 11**  
 S I 6 R 1997



Sistema de Riego San Lorenzo – Culiacán Humaya y Mocorito. Fuente, Conagua



## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

En Sinaloa **la Presa Sanalona fue la primera obra hidráulica de almacenamiento de agua con fines de riego, construida en el año de 1948**; y su consecuente red hidráulica sentó precedente para la construcción de las otras 11 presas en las décadas sucesivas.

**Actualmente las 11 grandes presas** (1 en construcción 2 más en Proceso de Estudios e Ingeniería), tienen capacidad para almacenar 15 mil 24 millones de metros cúbicos. **Para el manejo del agua se trazó una compleja red de canales, la más grande de México.**

**Por esa red hidráulica se alcanza una cobertura de riego en 777 mil 857 hectáreas**; y en la mayoría de estas tierras se obtienen dos ciclos agrícolas por año.

**Se cuenta con un inventario aproximado de cerca de 18 mil 650 kilómetros de canales** que dan vida a la agricultura Sinaloense.

Todo ello sin contabilizar, la infraestructura para la apertura de cerca de 50 mil Ha, en la zona de Presidio Baluarte.



## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

**Adicionalmente a la red de canales**, en Sinaloa también **se han construido 8 mil 142 kilómetros de drenes**, aprovechando los lechos de arroyos o sitios bajos, **por ellos salen los excedentes de riegos y el escurrimiento de agua de la lluvia.**

**En conjunto existen en Sinaloa 264 unidades de riego.**

La vida agrícola de Sinaloa está ligada a la temporada de lluvias, de eso depende el almacenamiento de agua.

**El DR 010** está organizado como la mayoría de los distritos de riego en el país; es decir, De aquí en adelante se tienen los gerentes de módulo y después los jefes de sección que tienen a su cargo **alrededor de 2,500 ha.**

Esto es, el distrito está dividido en unidades que generalmente coinciden con el canal principal, **para lo cual cuenta con 12 módulos de riego a cargo de la red menor** o secundaria y una SRL, **que opera la red mayor o principal.**

Para el canal principal Humaya se tiene que éste riega las unidades IV y V.

## 8. Esquemas alternativos de innovación para la generación de energía en escala micro, y minihidroeléctrica aplicado en infraestructura hidroagrícola

El canal más importante del distrito es el canal principal Humaya. Cuenta con el siguiente inventario:

- ✓ **Tiene una longitud de 156 km**, y cuenta con una gran cantidad de estructuras:
- ✓ **26 represas**,
- ✓ un túnel de 1,310 m de longitud y
- ✓ **12 diques en los sitios de cruce con los arroyos.**
- ✓ **Hay 15 sifones**; uno de ellos con longitud de 840 m; algunos son circulares y otros rectangulares. Los primeros tienen diámetros que oscilan entre 5 y 4 m con uno o dos conductos; los sifones rectangulares tienen entre 5 y 4 m de ancho, con uno, dos o tres conductos.

**El canal inicia en la cota 73.04 msnm y termina en la 44.83.** En los primeros kilómetros, la pendiente tiene valores que fluctúan entre 0.0003 y 0.0002 para, posteriormente, mantener un valor de 0.00015. La sección transversal es trapecial con taludes de 1.25:1. En la parte donde se alojan las compuertas, el canal es rectangular.



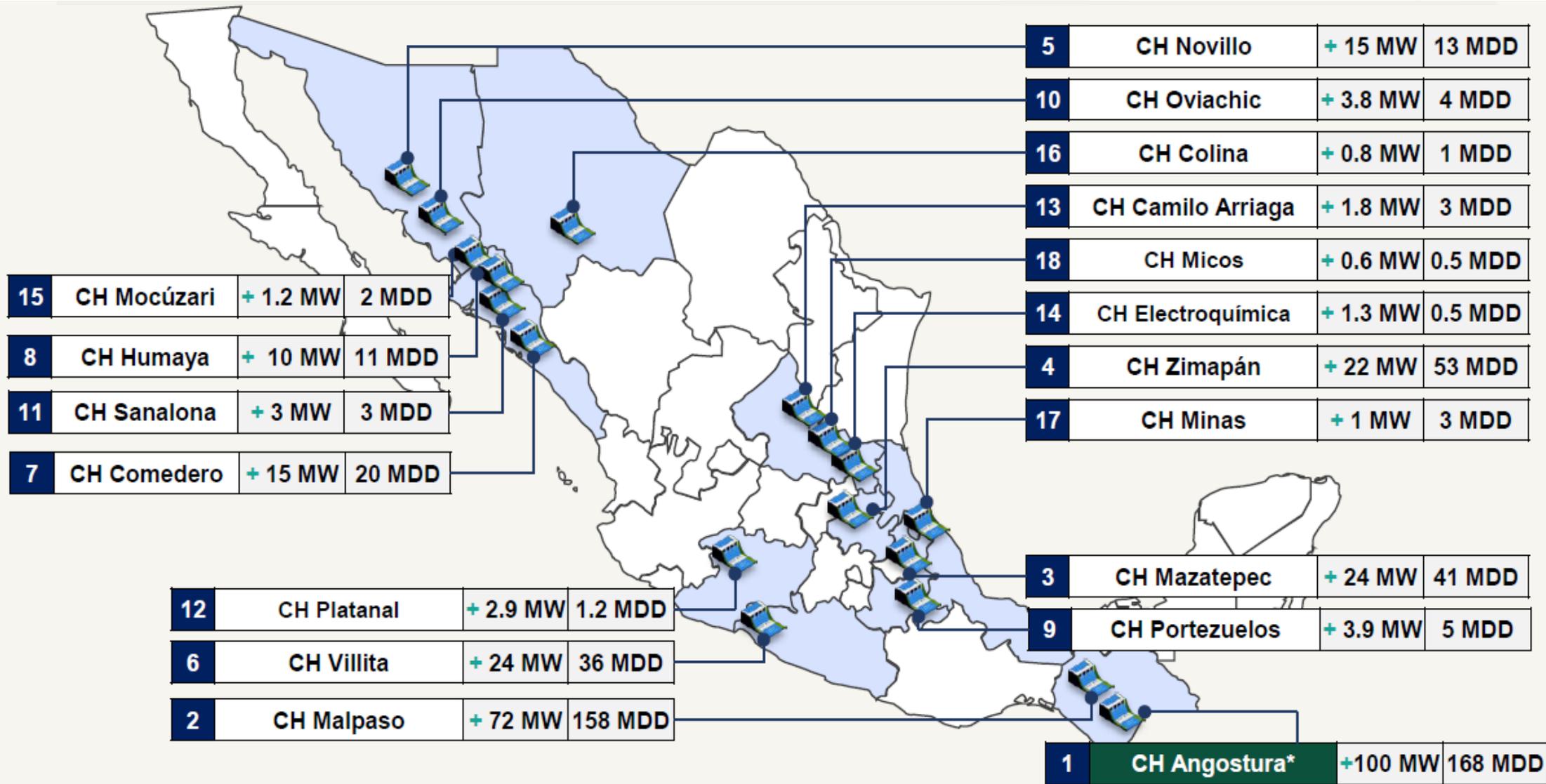
# 9. TENDENCIAS DE INNOVACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN MÉXICO

**3** Proyectos de generación hidroeléctrica por desarrollar con el posible financiamiento del sector privado

Desarrollo de **33 proyectos hidroeléctricos** para incrementar **492.4 MW** de capacidad con una inversión de **\$983.2 MDD** (\$19,743.83 MDP).



La prioridad para el desarrollo de los proyectos de ampliaciones, repotenciaciones y equipamiento de presas es aprovechar la infraestructura existente.



### Simbología

No	Proyecto	Capacidad (MW)	Presupuesto (MDD)
----	----------	----------------	-------------------

Fuente: DCO y PRODESEN

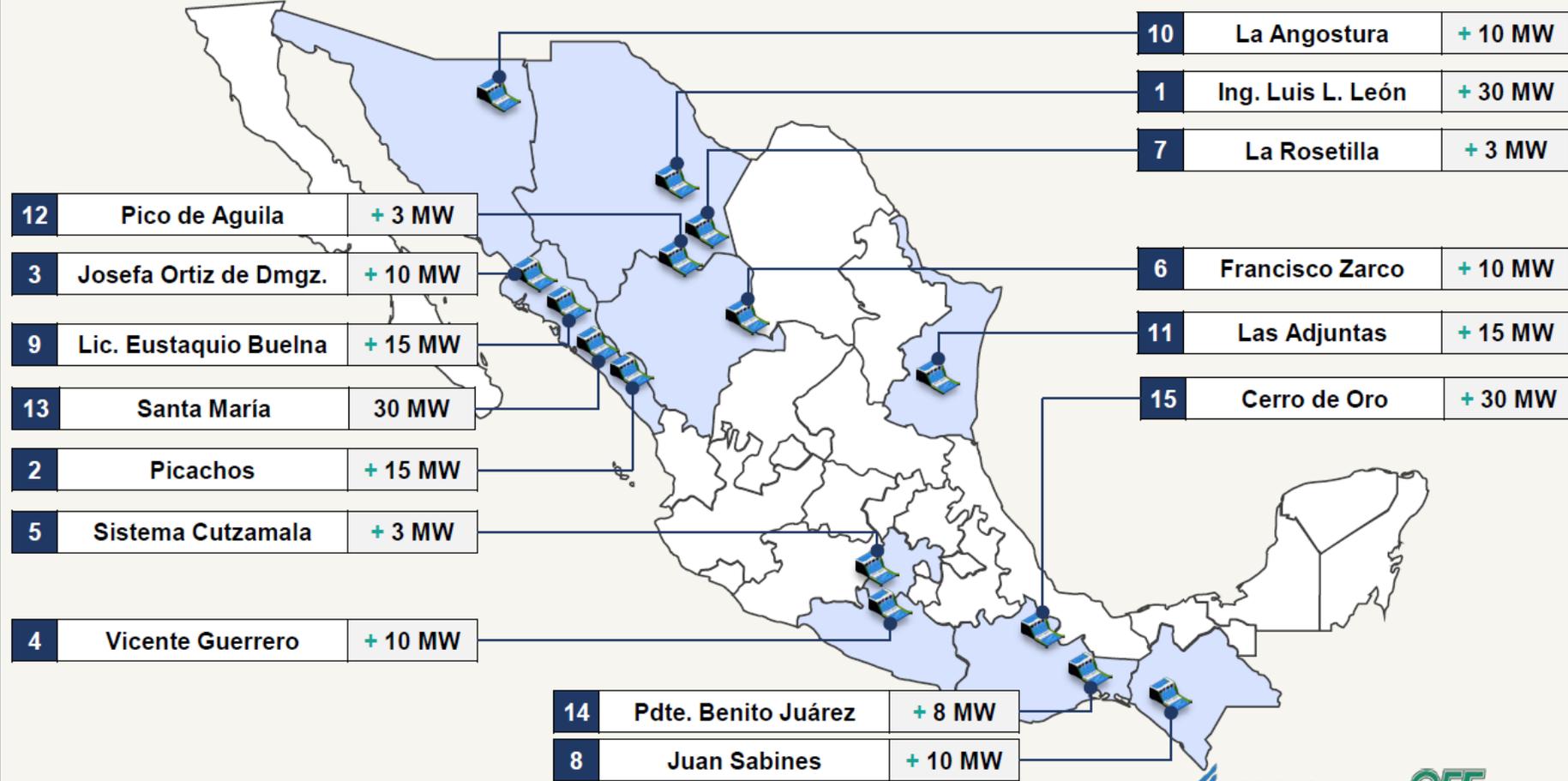
\* En 2020 se iniciará el proceso de licitación para repotenciar una de las 5 unidades de la C.H. Angostura, programando continuar con una unidad cada año.

3

### Proyectos por desarrollar en 2020 - 2024 con el equipamiento de presas, actualmente operando con propósitos de riego y control de avenidas, con posibilidades de generar energía eléctrica

Desarrollo de **15 proyectos hidroeléctricos** para incrementar en **214 MW** de capacidad con una inversión estimada de **\$ 460 MDD (\$9,246 MDP)**.

El 8 de noviembre, los Directores Generales de la CFE y la CONAGUA firmaron el Convenio General de Colaboración, para que la CFE realice la totalidad de los estudios de equipamiento de estas presas de la CONAGUA y para que se pueda utilizar la infraestructura ya construida.



El presupuesto para la construcción se calculó de forma paramétrica, con base en la potencia instalable identificada.



**RECUERDEN:**

**LOS ESQUEMAS NO SON LIMITATIVOS TENEMOS QUE SER**

**CREATIVOS E INNOVAR**

**EN LAS FORMAS DE APROVECHAR LA ENERGÍA CINÉTICA**

# Muchas gracias

M.I. Daniel Martínez Bazúa  
Vicepresidente del  
XXXIV Consejo Directivo Nacional de la  
Asociación Mexicana de Hidráulica  
[damaba\\_2001@yahoo.com](mailto:damaba_2001@yahoo.com)



## Para citar esta presentación:

Martínez Bazúa, D. 2020. **Tendencias de tecnología e innovación para la generación de energía hidroeléctrica en la infraestructura hidroagrícola.** Serie de Seminarios Virtuales 2020. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación (COMEII). México. 157 pp.

Consulta el portal del COMEII y sus redes sociales:  
[www.comeii.com](http://www.comeii.com) y [www.riego.mx](http://www.riego.mx)