



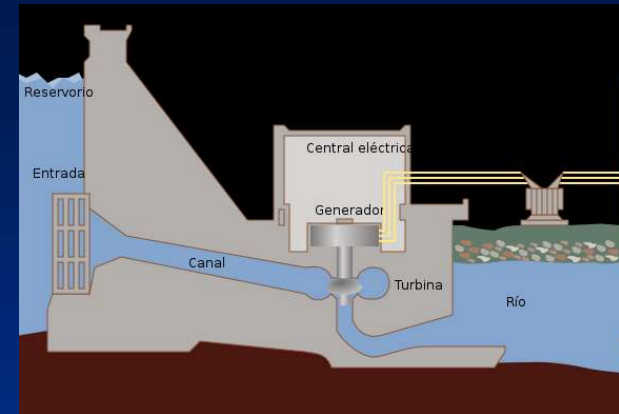
Universidad Nacional de Misiones

CÁTEDRA DE HIDRÁULICA APLICADA (CI453)

Ing. José A. Serra – Ing. Juan C. Pereira

H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

POTENCIA HIDROELÉCTRICA



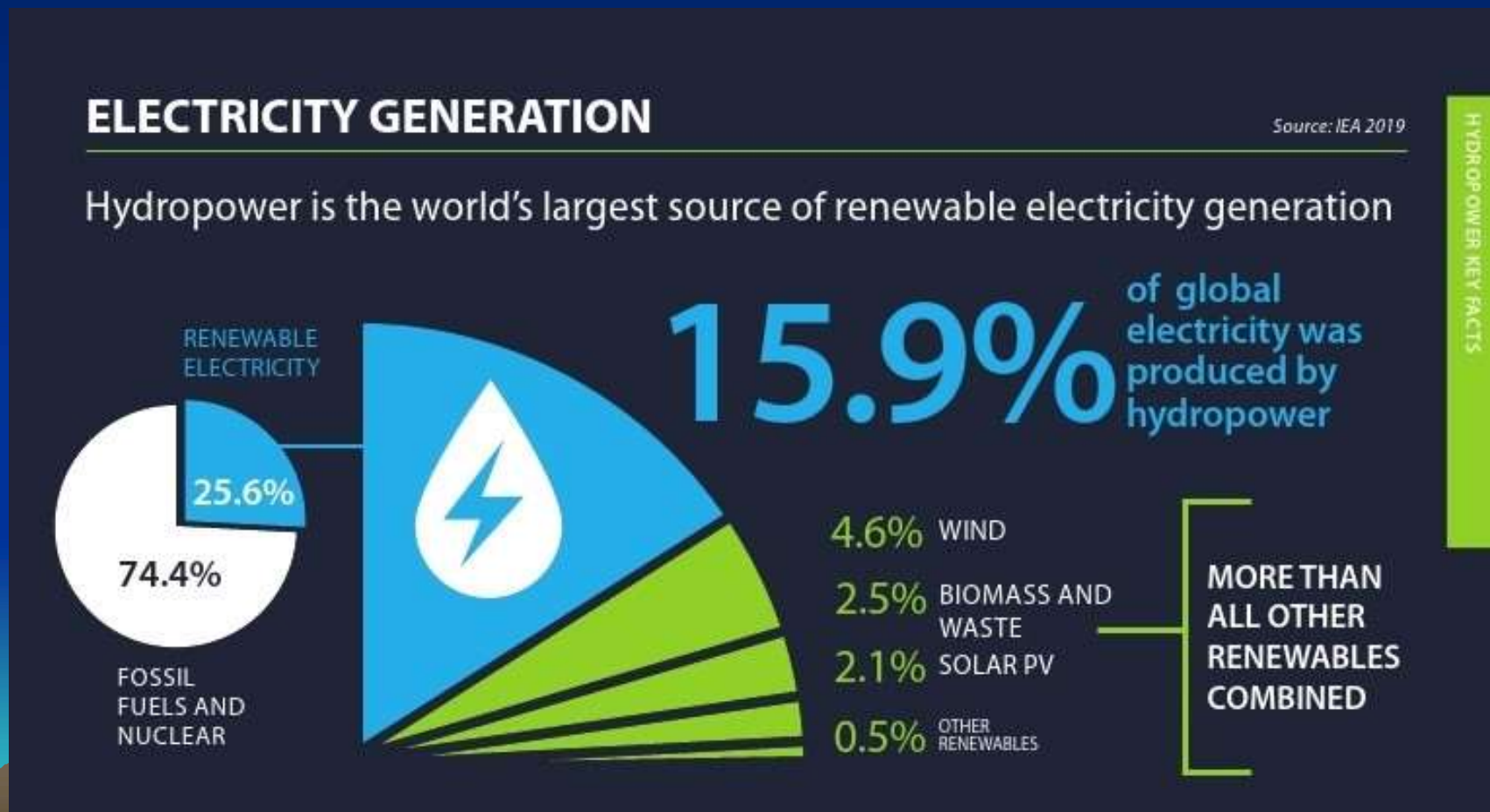
Definición:

La **Potencia Hidroeléctrica** es extraída del potencial natural de los recursos hídricos utilizables. Cerca del **16%** de los requerimientos de potencia mundiales, en el presente, se obtienen por este modo.

Cualquier programa de generación hidroeléctrica en un recurso hídrico tiene **impactos ambientales y sociales** a tener en cuenta en las etapas iniciales de planeación. También deberán considerarse las **implicaciones legales y políticas.**

ENERGÍA ELÉCTRICA

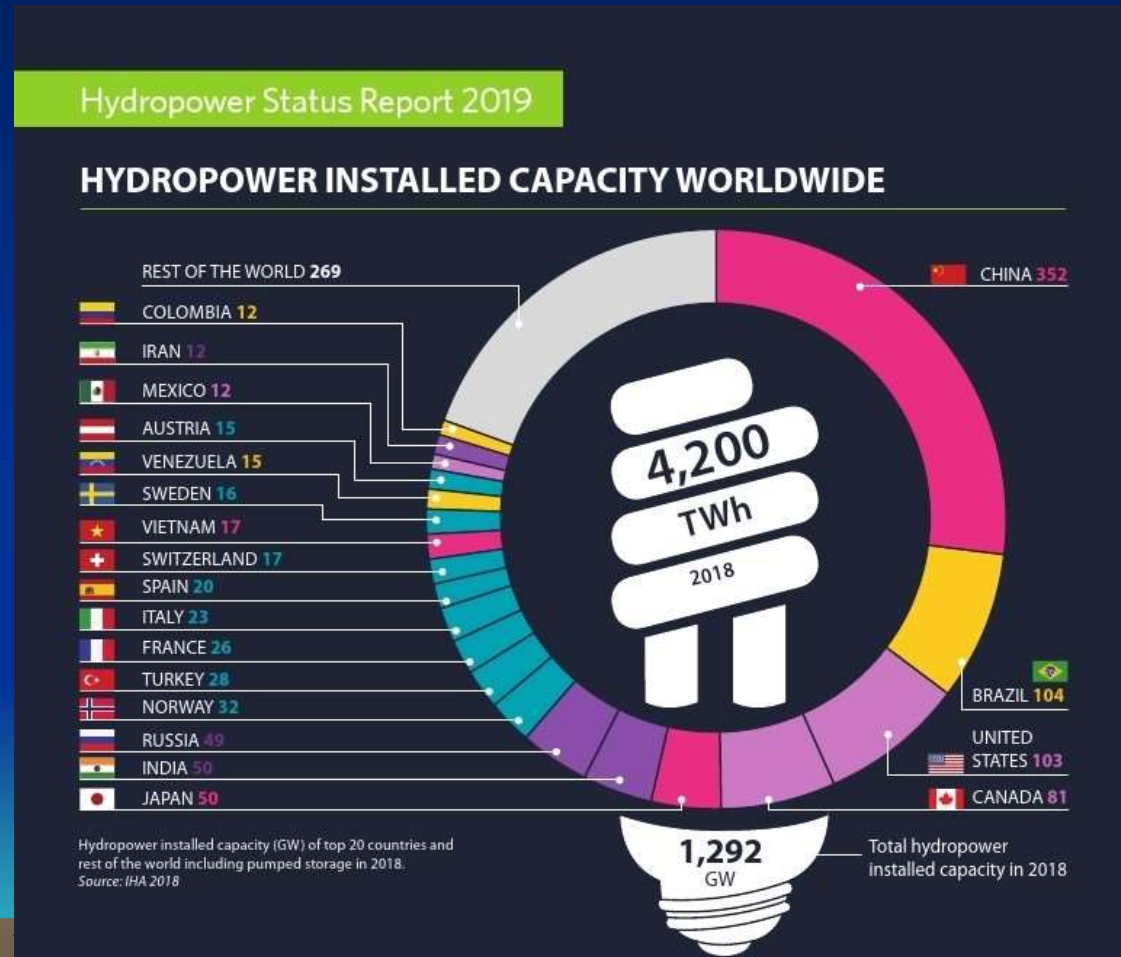
La **GENERACIÓN DE ENERGÍA A NIVEL MUNDIAL** se presenta de la siguiente manera:



H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

CAPACIDAD INSTALADA

La **CAPACIDAD INSTALADA** se presenta de la siguiente manera:



H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

CAPACIDAD INSTALADA (BOMBEO DENTRO DE LA HIDROELÉCTRICA)

La **CAPACIDAD INSTALADA POR BOMBEO** se presenta de la siguiente manera:

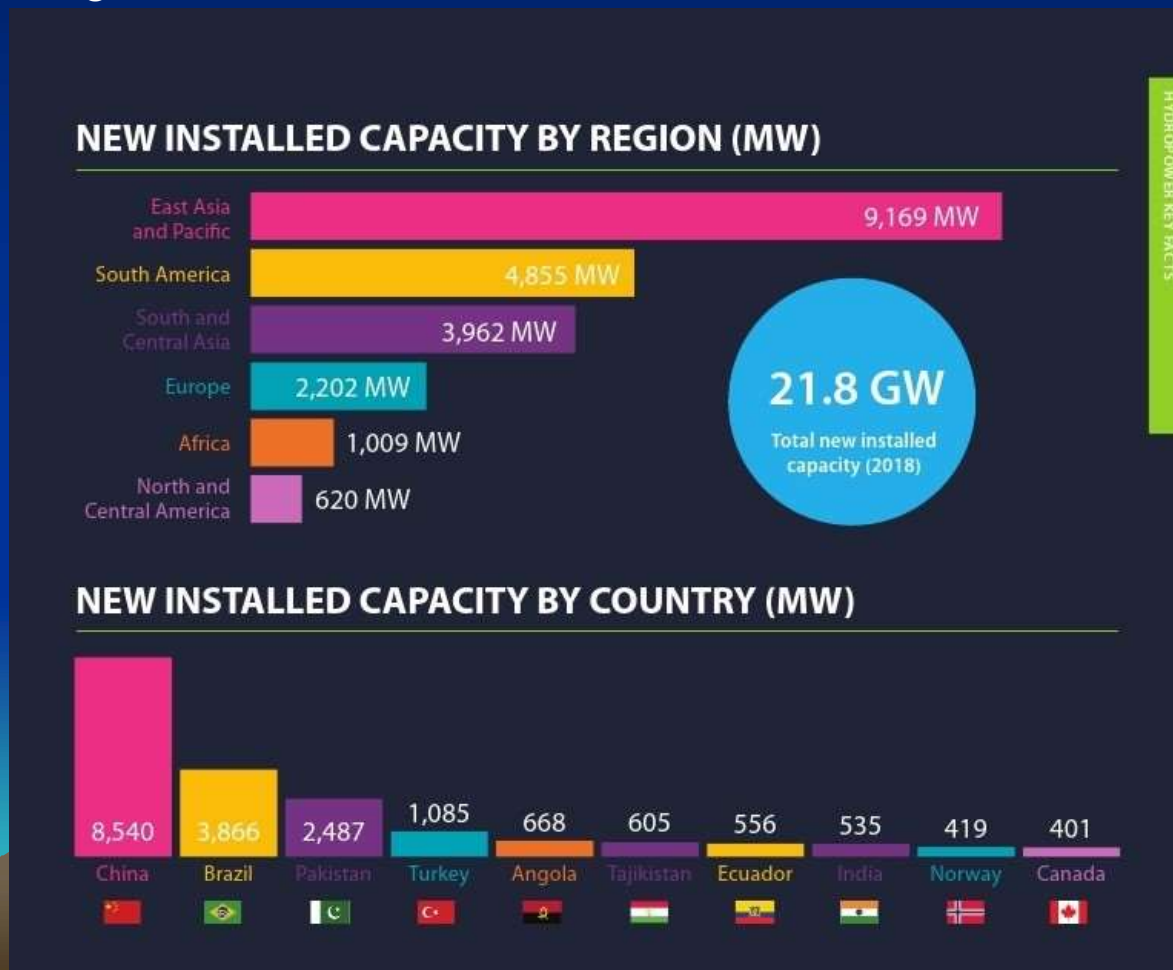
PUMPED HYDROPOWER STORAGE WORLDWIDE



Pumped hydropower storage capacity (GW) of top 10 countries and rest of the world in 2018.
Source: IHA 2018.

NUEVA CAPACIDAD INSTALADA (AÑO 2018)

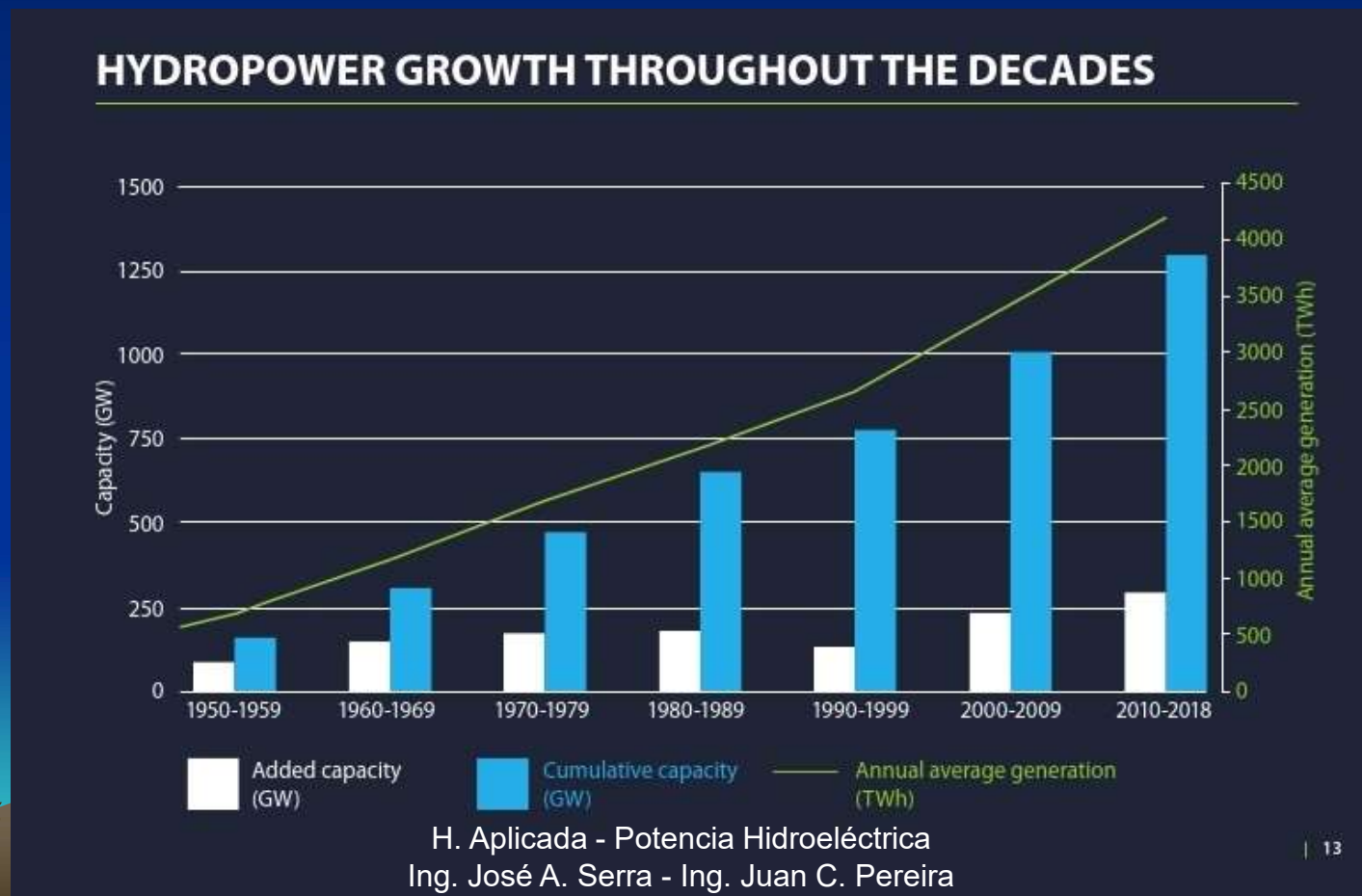
La NUEVA **CAPACIDAD INSTALADA**, EL AÑO PASADO (2018), se presenta de la siguiente manera:



H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA (1950-2018)

La EVOLUCIÓN DE LA **CAPACIDAD INSTALADA**, se presenta de la siguiente manera:



HIDROELECTRICIDAD EN EL MUNDO

WHERE HAS HYDROPOWER CAPACITY BEEN ADDED IN 2018?

Key



NEW INSTALLED CAPACITY BY COUNTRY*

Rank	Country	Capacity added (MW)	Rank	Country	Capacity added (MW)
1	China	8,540	13	Laos	254
2	Brazil	3,866	14	Zimbabwe	150
3	Pakistan	2,487	15	United States	141
4	Turkey	1,085	16	Iran	140
5	Angola	668	17	Democratic Republic of the Congo	121
6	Tajikistan	605	18	Colombia	111
7	Ecuador	556	19	Peru	111
8	India	535	20	Chile	110
9	Norway	419	21	Iceland	100
10	Canada	401	22	Italy	88
11	Austria	385	23	Nepal	71
12	Cambodia	300	24	Guatemala	61

*Including pumped storage

Rank	Country	Capacity added (MW)	Rank	Country	Capacity added (MW)
25	Indonesia	61	37	Malawi	12
26	Georgia	60	38	North Korea	10
27	Russia	57	39	Bosnia and Herzegovina	9
28	Bolivia	55	40	Kazakhstan	7
29	Argentina	46	41	Czech Republic	4
30	Slovenia	45	42	United Kingdom	4
31	Egypt	32	43	Portugal	4
32	Switzerland	26	44	Philippines	2
33	Uganda	24	45	Nigeria	2
34	Spain	17	46	France	2
35	Panama	17	47	South Korea	1
36	Serbia	15	48	Australia	0.1

HIDROELECTRICIDAD SUDAMÉRICA

SOUTH AMERICA INSTALLED CAPACITY



62 | International Hydropower Association | Hydropower Status Report 2019

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

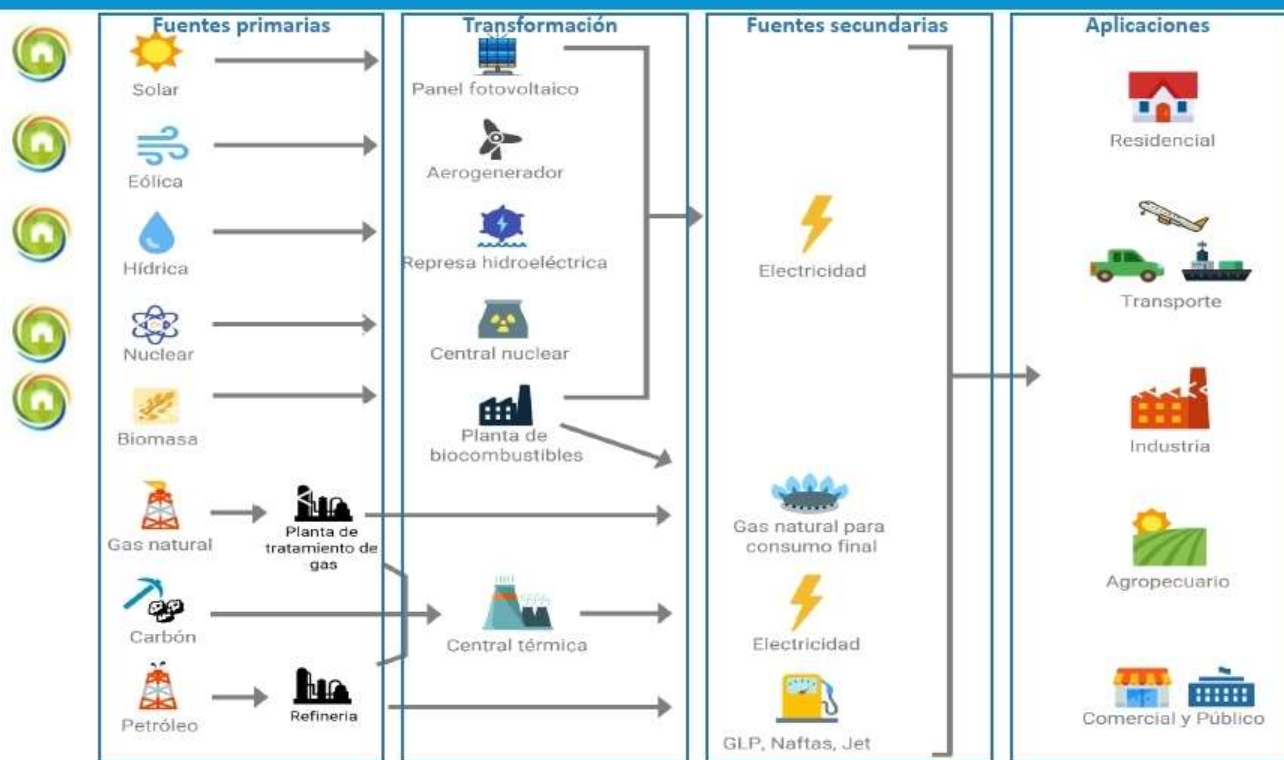
COUNTRIES BY ADDED CAPACITY IN 2018 (MW*)

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

H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

ENERGÍA PRIMARIA Y SECUNDARIA

Energías primaria y secundaria



Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sustentable

Ministerio
de Educación

Ministerio
de Energía



Presidencia de la Nación

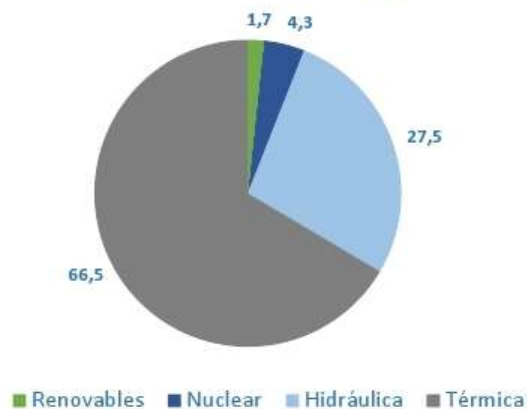
H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

GENERACIÓN Y USO DE LA ENERGÍA (ARG)

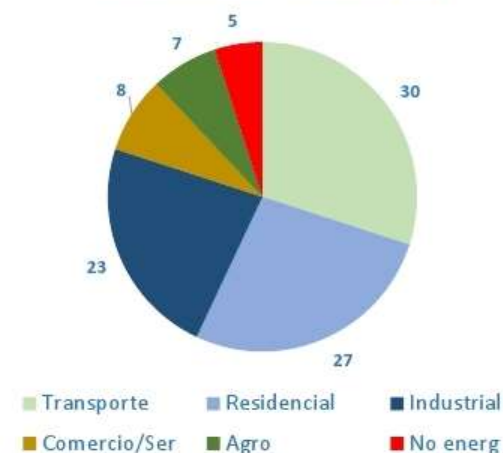
Energías renovables

Generación y uso de la electricidad en Argentina

Potencia instalada [%]



Consumo por sector [%]



MEM. Síntesis MEM, 3/18

Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sustentable

Ministerio
de Educación

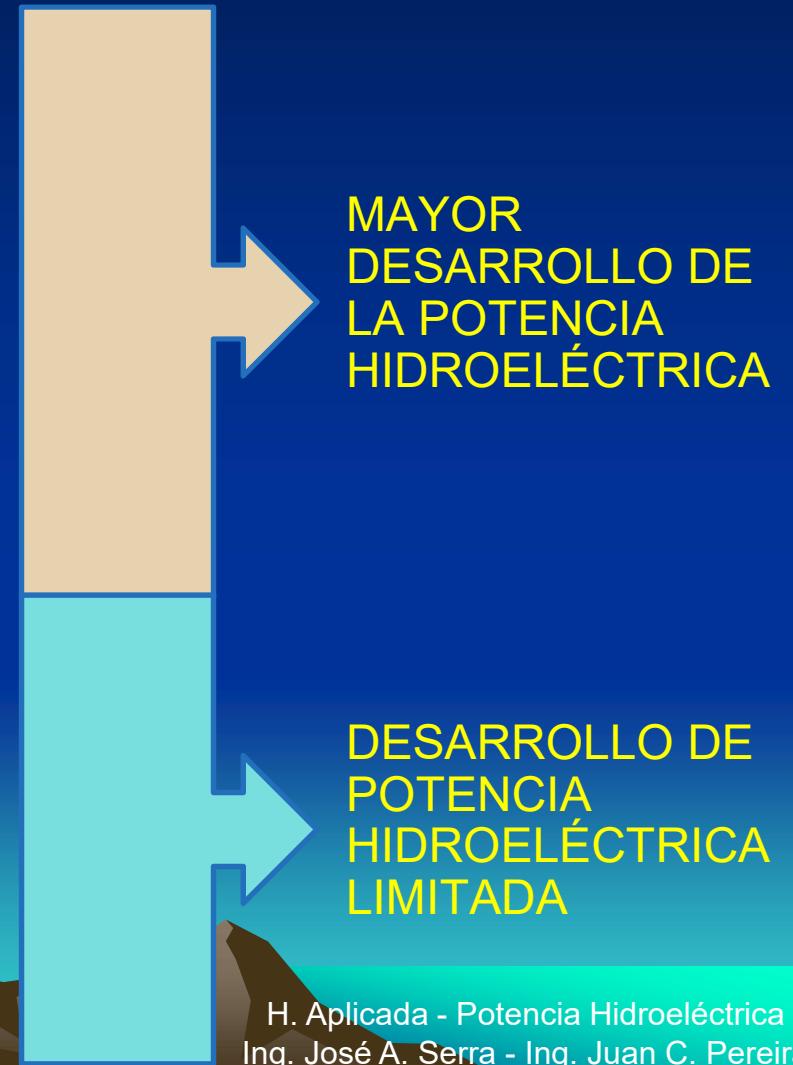
Ministerio
de Energía



Presidencia de la Nación

PAISES CON MAYOR APROVECHAMIENTO DE SU POTENCIAL HIDROELÉCTRICO

PAIS	% INSTALADO
NORUEGA	99,5%
ZAMBIA	97,7%
ISLANDIA	96,0%
HOLANDA	90,0%
BRASIL	88,0%
SUIZA	87,0%
MARRUECOS	85,0%
LUXEMBURO	81,0%
INDIA	42,0%
AUSTRALIA	28,0%
RUSIA	21,0%
COREA DEL SUR	15,0%
ESTADOS UNIDOS	13,0%
GRAN BRETAÑA	3,2%



COSTO DEL PROYECTO

Es **UN FACTOR MUY IMPORTANTE** que afecta cualquier desarrollo hidroeléctrico.



Con los costos en alza y la escasez de recursos, tienen que hacerse comparaciones económicas con otras fuentes de energía:

- PLANTAS TÉRMICAS;
- DE PETROLEO;
- DE CARBÓN;
- NUCLEAR, ETC.



COSTO DE COMBUSTIBLE
(Aumenta con la inflación)

VENTAJA ECONÓMICA DEL COSTO DEL “COMBUSTIBLE” DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA, EN PARTICULAR A LARGO PLAZO.

EN TODO APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE
UN CURSO DE AGUA SE DEBEN ESTABLECER
LAS DOS MAGNITUDES FUNDAMENTALES:

Q y Hu

Q = Caudal → Función

ESTUDIOS HIDROLÓGICOS
(Aforos Líquidos y Sólidos)

Hu = Altura Útil → Función

ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
ESTUDIOS GEOLÓGICOS
ESTUDIOS HIDRÁULICOS

ESTUDIOS ECONÓMICOS



TIPOS DE CENTRALES

Clasificación:

1. Según el Tipo de Embalse;
2. Según la Altura Neta del Salto;
3. Según la Potencia Instalada;
4. Según el Sistema de Explotación;
5. Según la Demanda que Satisfacen.

1- TIPO DE EMBALSE

a)- REGULARIZADAS

Centrales de Embalse.

- Es el tipo más frecuente de central hidroeléctrica. Utilizan un embalse para reservar agua e ir graduando el agua que pasa por la turbina. Es posible generar energía durante todo el año si se dispone de reservas suficientes.

Centrales de Acumulación por Bombeo

- Se trata de un tipo de central que solo genera energía en *horas punta* y la consume en *horas valle* (noches y fines de semana), mediante un grupo electromecánico de bombeo y generación. Justifican su existencia para hacer frente a variaciones de demanda energética en horas determinadas.

b)- NO REGULARIZADAS

Centrales a Pelo de Agua

- También denominadas *centrales de pasada*, utilizan parte del flujo de un río para generar energía eléctrica. Operan en forma continua porque no tienen capacidad para almacenar agua, no disponen de embalse. Turbinan el agua disponible en el momento, limitadamente a la capacidad instalada.

2- ALTURA NETA DEL SALTO

a)- **SALTOS DE PEQUEÑA ALTURA** → $H \leq 14,99\text{m}$

b)- **SALTOS DE MEDIANA ALTURA** → $14,99\text{m} \leq H \leq 49,99\text{m}$

c)- **SALTOS DE GRAN ALTURA** → $H \geq 50,00\text{m}$

Características principales de los saltos:

H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

CARACTERISTICAS	PEQUEÑA ALTURA	GRAN ALTURA
TERRENO	LLANO O LEVEMENTE ONDULADO	MONTAÑOSO
CAUDAL	IMPORTANTE EN Ni	MENOS IMPORTANTE
TIPO DE EMBALSE	NULO O QUE NO PERMITE REGULACIÓN	GRANDE CON REGULACIÓN ANUAL O MAYOR
TIPO DE TURBINAS	KAPLAN, HÉLICE, FRANCIS	PELTON, FRANCIS LENTA
COSTO ENERGÍA	MAYOR	MENOR

2- ALTURA NETA DEL SALTO

- **Costo de la energía (\$/kwh):** el precio por **kw instalado** aumenta considerablemente a medida que se desciende desde la fuente del recurso hacia su desembocadura.
- Los valores pueden llegar a duplicarse o incluso ser mayores.

3- POTENCIA INSTALADA

- **ESTA CLASIFICACIÓN DEPENDE DE CADA REGIÓN O PAÍS Y ES FUNCIÓN DE LA POSIBILIDAD DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA EN CADA UNO DE ELLOS.**
- UNA CLASIFICACIÓN (EUROPEA) PUEDE SER:

CENTALES	POTENCIA INSTALADA (Ni)
MICROCENTRALES (MCH)	< 100 kw
CH PEQUEÑAS	100 a 1.000 kw
CH MEDIANAS	1.000 a 10.000 kw
CH GRANDES	≥ 10.000 kw

4- SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

a)- CENTRALES AISLADAS E INDEPENDIENTES

Alimentan una red de consumo particular sin conexión a una red general alimentada por otras centrales.

b)- CENTRALES COORDINADAS

Alimentan una red general de consumo junto con otras centrales, ya sean térmicas, de combustibles fósiles, etc.

En la actualidad la tendencia es A LA UNIFICACIÓN de la red nacional, con interconexión a la red de otros países y conexión a esta red de todas las centrales, inclusive las mas pequeñas.

5- SEGÚN LA DEMANDA QUE SATISFACEN

a)- CENTRALES DE BASE

Proporcionan la parte de la energía que se consume de forma permanente en el sistema.

Funcionan con un régimen muy uniforme a lo largo del año, salvo los períodos de reparación o revisión.

b)- CENTRALES DE PUNTA

Suministran la energía necesaria para atender las picos de consumo, es decir las grandes demandas de energía que se presentan unas pocas horas al día.

“OFERTA Y DEMANDA DE POTENCIA (Ni)”

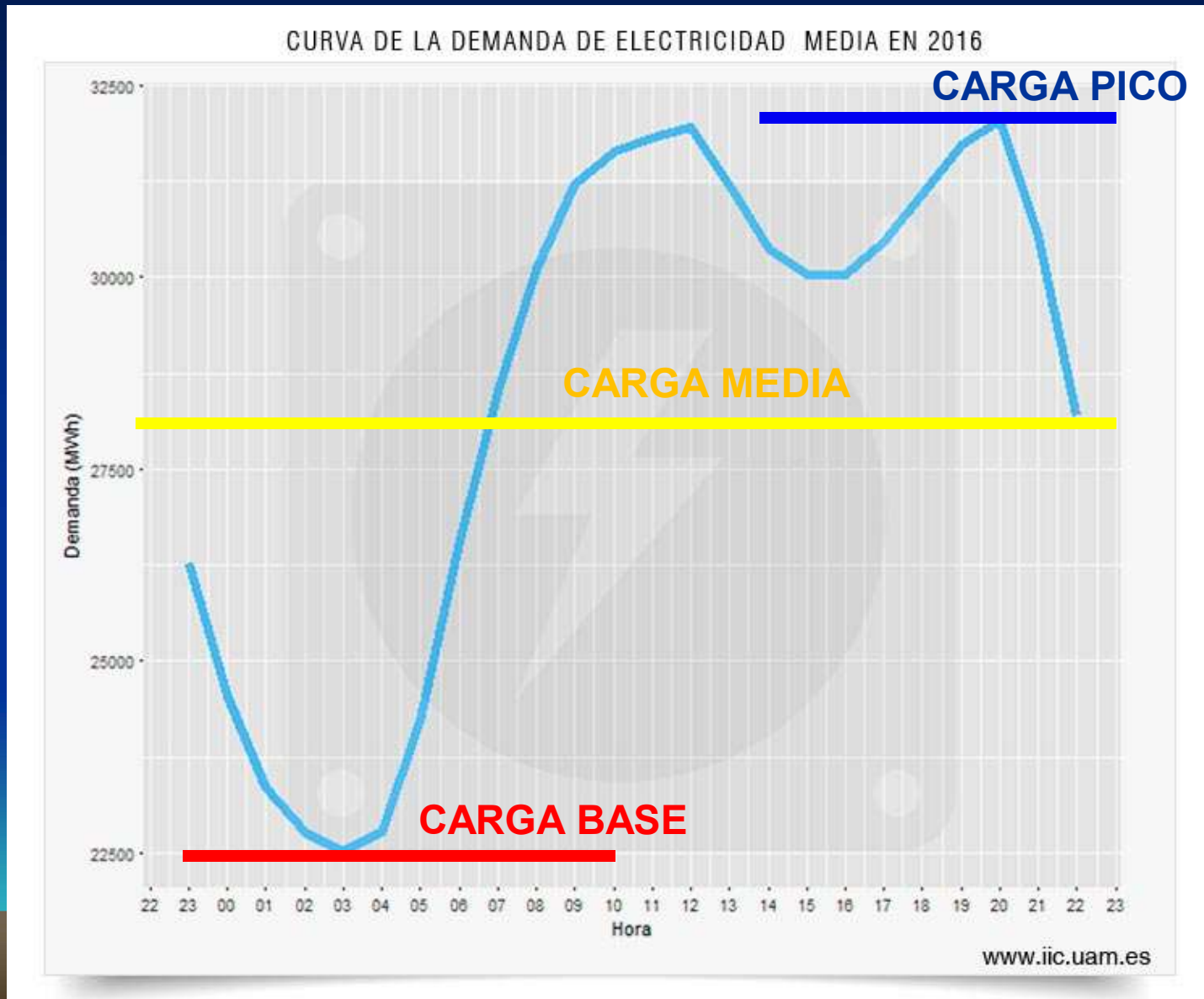
LA POTENCIA ELÉCTRICA SE GENERA EN PLANTAS TÉRMICAS, TERMONUCLEARES, HIDROELÉCTRICAS, ETC.

LOS GENERADORES HIDROELÉCTRICOS SE ACCIONAN POR MEDIO DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS, MIENTRAS QUE LAS PLANTAS TÉRMICAS UTILIZAN TURBINAS A VAPOR Y COMBUSTIBLES FÓSILES O NUCLEARES. LAS TURBINAS GENERADORAS A DIESEL O A GAS SE UTILIZAN COMO PLANTAS DE RESERVA DE EMERGENCIA.

LA DEMANDA DE POTENCIA ELÉCTRICA VARIA DE HORA A HORA DURANTE EL DÍA Y DE DÍA A DÍA Y ESTACIONALMENTE Y DE AÑO A AÑO Y SE DEFINE COMO:

LA CARGA TOTAL QUE EL CONSUMIDOR ESCOGE, EN CUALQUIER INSTANTE, PARA CONECTARSE AL SISTEMA DE SUMINISTRO DE POTENCIA.

“DEMANDA DE ENERGIA”



“OFERTA Y DEMANDA DE POTENCIA (Ni)”

ES SISTEMA DEBE TENER UNA CAPACIDAD SUFICIENTE PARA SUPLIR LAS DEMANDAS ESPERADAS, ADEMÁS ATENDER A LAS INTERRUPCIONES DEL SERVICIO POR FALLAS INESPERADAS Y MANTENIMIENTO.

EN EL GRÁFICO ANTERIOR SE VE LA **CURVA DE CARGA DIARIA** (DEMANDA) PARA UN ÁREA DOMÉSTICA TÍPICA.

LA CARGA BASE ES LA QUE SE EXCEDE CONTINUAMENTE Y LA **CARGA MEDIA** ES LA QUE SE PROMEDIA ENTRE EL ÁREA BAJO LA CURVA Y EL TIEMPO.

EL FACTOR DE CARGA (EN UN CIERTO PERÍODO) ES LA RELACIÓN ENTRE LA CARGA MEDIA Y LA CARGA PICO Y SE EXPRESA COMO UN VALOR DIARIO, SEMANAL, MENSUAL O ANUAL.

“OFERTA Y DEMANDA DE POTENCIA (Ni)”

EL FACTOR DE CARGA REPRESENTA LA IRREGULARIDAD DEL DIAGRAMA DE CARGA.

UNA ESTACIÓN ÚNICA CONETADA A UNA PLANTA INDUSTRIAL PUEDE TENER UN FACTOR DE CARGA DE POR EJEMPLO EL 80%.

EN UN PAÍS DONDE EL SUMINISTRO SE DISTRIBUYE MEDIANTE UN SISTEMA NACIONAL DE REDES PARA UNA DIVERSIDAD DE USOS, EL FACTOR DE CARGA ANUAL PUEDE SER DEL ORDEN DEL 40%.

FACTORES DE CARGA BAJOS REPRESENTAN UN GRADO DE INEFICIENCIA, YA QUE DEBE INSTALARSE UNA CAPACIDAD SUFICIENTE EN FORMA DE MÁQUINAS GENERADORAS PARA SUPLIR LAS DEMANDAS PICO, AUNQUE, EN PROMEDIO, UNA PARTE CONSIDERABLE DE ESTA MAQUINARIA PERMANEZCA INACTIVA.

“OFERTA Y DEMANDA DE POTENCIA (Ni)”

LA SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE POTENCIA DEPENDE DE LA CLASE DE COMBUSTIBLE DISPONIBLE, SUS COSTOS, LA DISPONIBILIDAD DE SITIOS APROPIADOS, ETC.

LOS COSTOS DE COMBUSTIBLE DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SON VIRTUALMENTE NULOS, PERO LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA DE INGENIERÍA CIVIL SON MUCHO MAYORES QUE LOS DE UNA PLANTA TÉRMICA.

LAS PLANTAS TÉRMICAS SON MAS EFICIENTES DE OPERAR CON CARGA TOTAL Y POR TANTO SON MAS APROPIADAS PARA UNA GENERACIÓN CONTINUA CERCANA A LA CAPACIDAD MÁXIMA PARA MANTENER LA CARGA BASE.

“OFERTA Y DEMANDA DE POTENCIA (Ni)”

LAS PLANTAS HIDROELÉCTRICAS PUEDEN PONERSE EN OPERACIÓN EN UN TIEMPO MÍNIMO QUE VA DESDE LOS POCOS SEGUNDOS A 4 A 5 MINUTOS, MIENTRAS QUE SE REQUIEREN MAS DE 30 MINUTOS PARA ARRANCAR Y CARGAR UN SISTEMA TÉRMICO.

LAS PLANTAS HIDROELÉCTRICAS SON EN CONSECUENCIA MUY APROPIADAS PARA SATISFACER LAS VARIACIONES DE CARGA CON UN DESPERDICIO MÍNIMO DE POTENCIA.

EN UN SISTEMA INTERCONECTADO IDEAL, LAS ESTACIONES TÉRMICAS DEBEN UTILIZARSE PARA GENERAR HASTA LA CARGA BASE MÁXIMA Y LAS ESTACIONES HIDROELÉCTRICAS PARA SUMINISTRAR LA POTENCIA PICO.

“OFERTA Y DEMANDA DE POTENCIA (Ni)”

DENTRO DE LAS PLANTAS HIDROELÉCTRICAS LAS CENTRALES DE EMBALSE POSEEN LA MAYOR FLEXIBILIDAD Y SIRVEN COMO CENTRALES DE BASE Y DE PUNTA (REGULARIDAD), DEPENDIENDO DE LA ÉPOCA DEL AÑO Y SI EL MISMO ES HÚMEDO O SECO.

LAS CENTRALES DE PASADA PUEDEN UTILIZARSE COMO CENTRALES DE BASE (DEPENDIENDO DE LA REGULARIDAD DEL RECURSO HÍDRICO), PERO DE ORDINARIO SON CENTRALES PARA OPERAR LA CARGA DE PUNTA.

LAS PLANTAS NUCLEARES SON DE IGUAL FORMA POCO APROPIADAS PARA OPERAR CARGA VARIABLE, POR CUANTO LOS REACTORES NO PUEDEN CONTROLARSE CON FACILIDAD PARA RESPONDER CON RAPIDEZ A LOS CAMBIOS DE CARGA. SE UTILIZAN COMO PLANTAS DE CARGA BASE CON UN FACTOR DE CARGA DE POR LO MENOS 80%.

“OFERTA Y DEMANDA DE POTENCIA (Ni)”

DEBIDO A SU POCO VOLÚMEN, LOS COSTOS DE TRANSPORTE DE LOS COMBUSTIBLE NUCLEARES SON INSIGNIFICANTES, POR ELLO ESTAS PLANTAS TIENEN VENTAJAS EN SITIOS DONDE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES TRADICIONALES Y LAS HIDROELÉCTRICAS NO ESTAN DISPONIBLES.

AUNQUE LAS PLANTAS DE POTENCIA NUCLEAR , EN CONTRASTE CON LAS TÉRMICAS DE COMBUSTIBLES FÓSILES, NO NECESITAN COSTOSOS SISTEMAS DE CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE, LOS **PROBLEMAS DE SEGURIDAD** INHIBEN EL DESARROLLO EXTENSIVO DE ESTE TIPO DE PLANTAS.

LA POTENCIA HIDRÁULICA

$$N(kw) = \frac{\eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot Hu}{1000}$$

N (kw) = Potencia Hidráulica;

η = Eficiencia turbina;

ρ (kg/m³) = Densidad del agua;

g (m/s²) = Aceleración de la gravedad;

Q (m³/s) = Caudal;

Hu (m) = Altura útil.

La Eficiencia Hidráulica de la planta es la relación entre el salto ÚTIL y el salto BRUTO.

LA CAPACIDAD INSTALADA DE UNA PLANTA HIDROELÉCTRICA ES LA POTENCIA MÁXIMA QUE PUEDE SER DESARROLLADA POR LOS GENERADORES A UNA ALTURA NORMAL CON EL CAUDAL TOTAL.

POTENCIA PRIMARIA Y SECUNDARIA

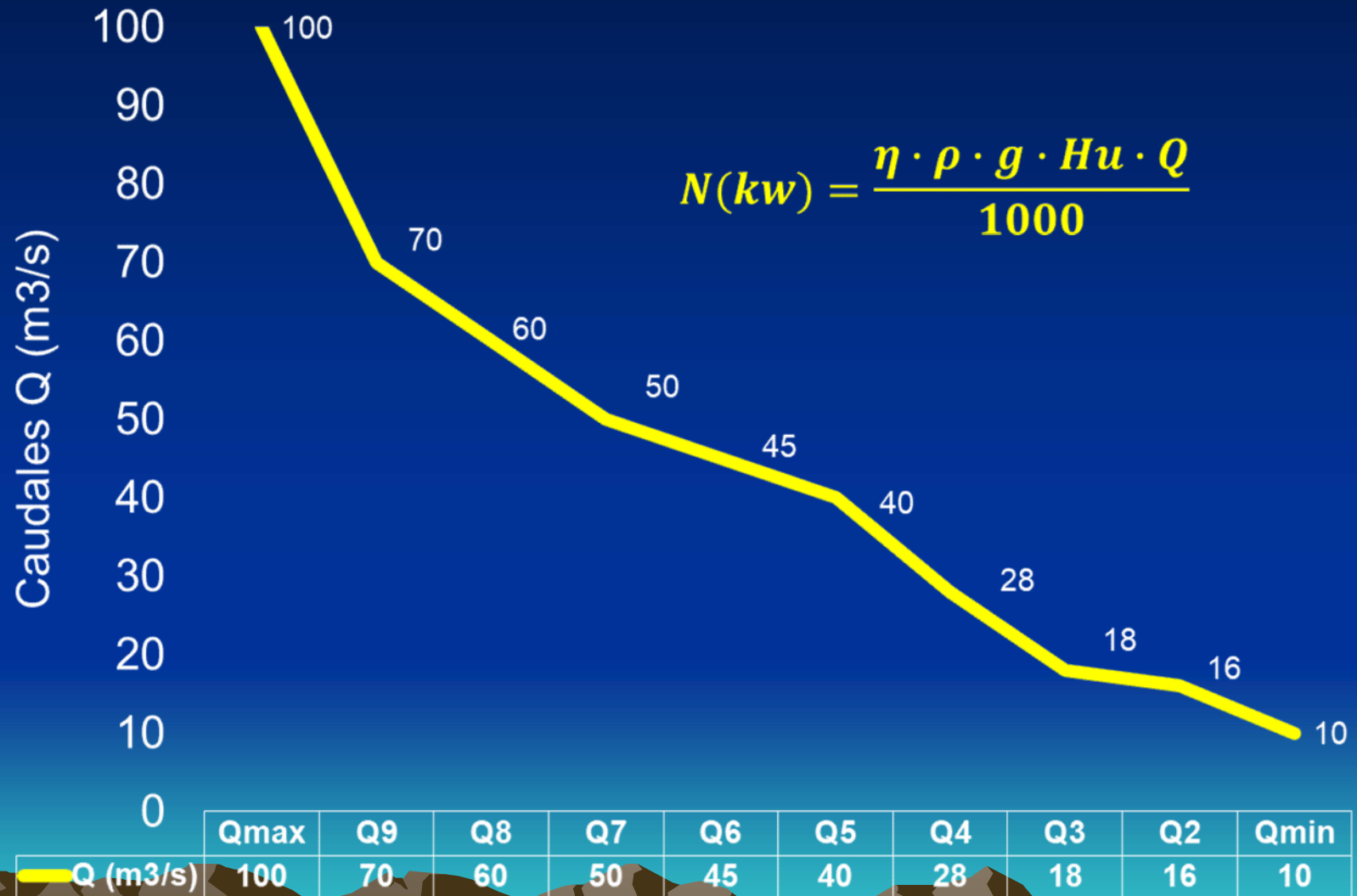
LA POTENCIA PRIMARIA O FIRME

ES LA POTENCIA QUE SIEMPRE ESTÁ DISPONIBLE Y QUE SE CORRESPONDE CON EL MÍNIMO CAUDAL AFLUENTE SIN CONSIDERAR ALMACENAMIENTO.

LA POTENCIA SECUNDARIA O EXCEDENTE

ES LA POTENCIA REMANENTE Y NO ESTA DISPONIBLE TODO EL TIEMPO. ES ÚTIL SOLO SI PUEDE ABSORBERSE PARA AUXILIAR OTRA ESTACIÓN, EFECTUANDO AHORROS DE COMBUSTIBLE (TÉRMICOS) O AHORROS DE AGUA (EN EL CASO DE OTRA ESTACIÓN HIDROELÉCTRICA CON ALMACENAMIENTO).

CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES

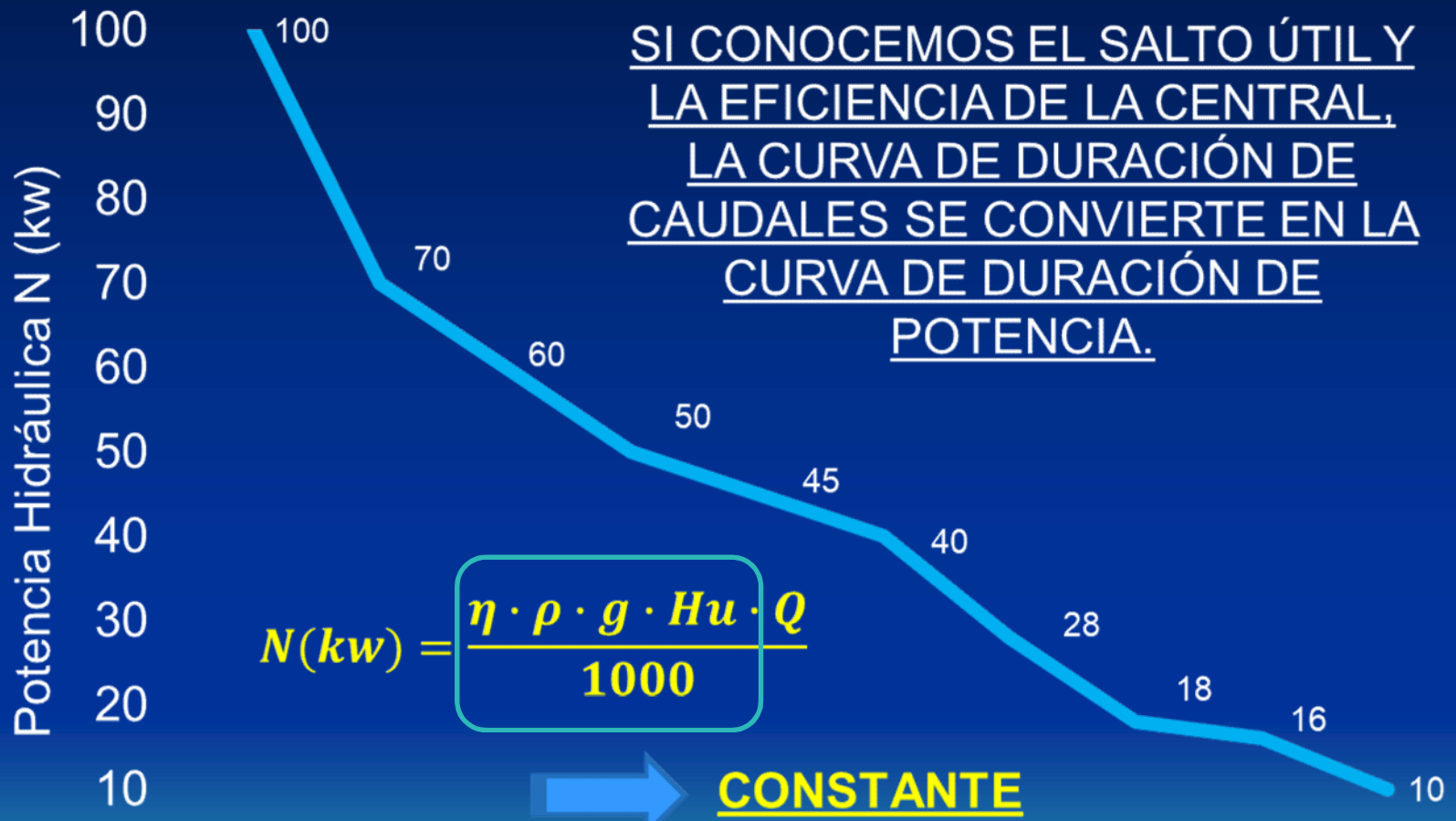


H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

Período (%)

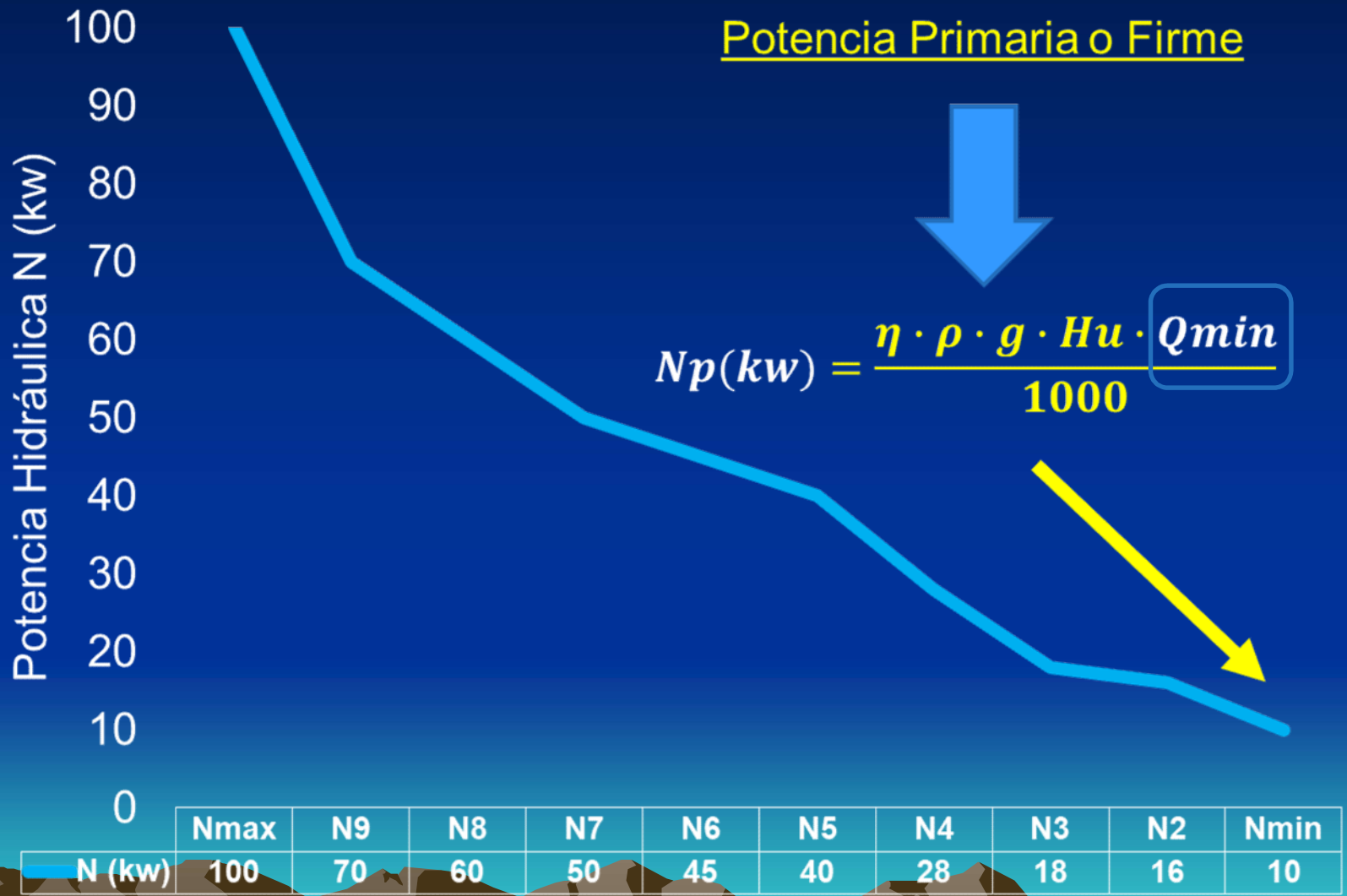
CURVA DE DURACIÓN DE POTENCIA

SI CONOCEMOS EL SALTO ÚTIL Y LA EFICIENCIA DE LA CENTRAL, LA CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES SE CONVIERTE EN LA CURVA DE DURACIÓN DE POTENCIA.



	Nmax	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	Nmin
N (kw)	100	70	60	50	45	40	28	18	16	10

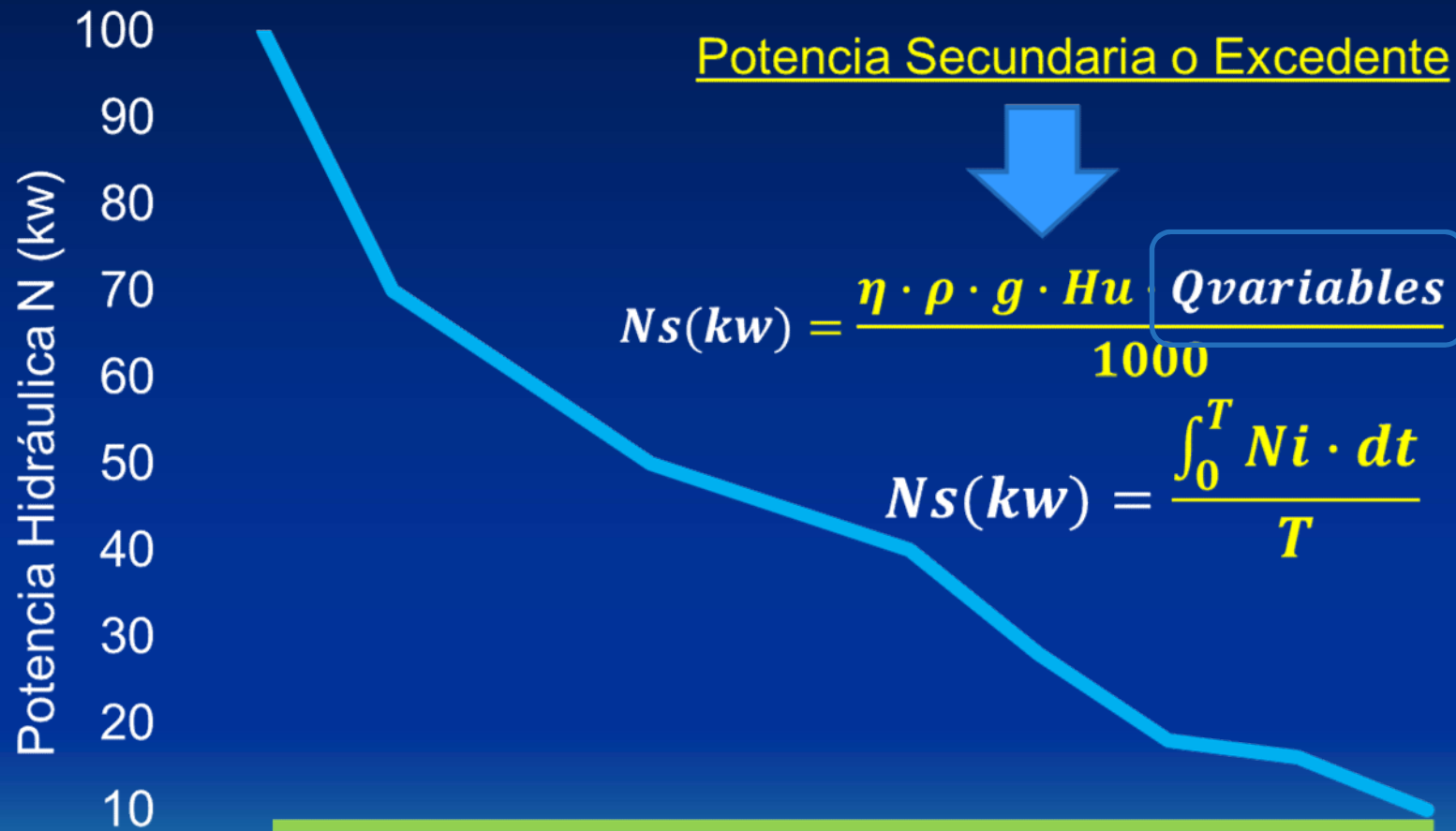
POTENCIA PRIMARIA



H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
 Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

Período (%)

POTENCIA SECUNDARIA

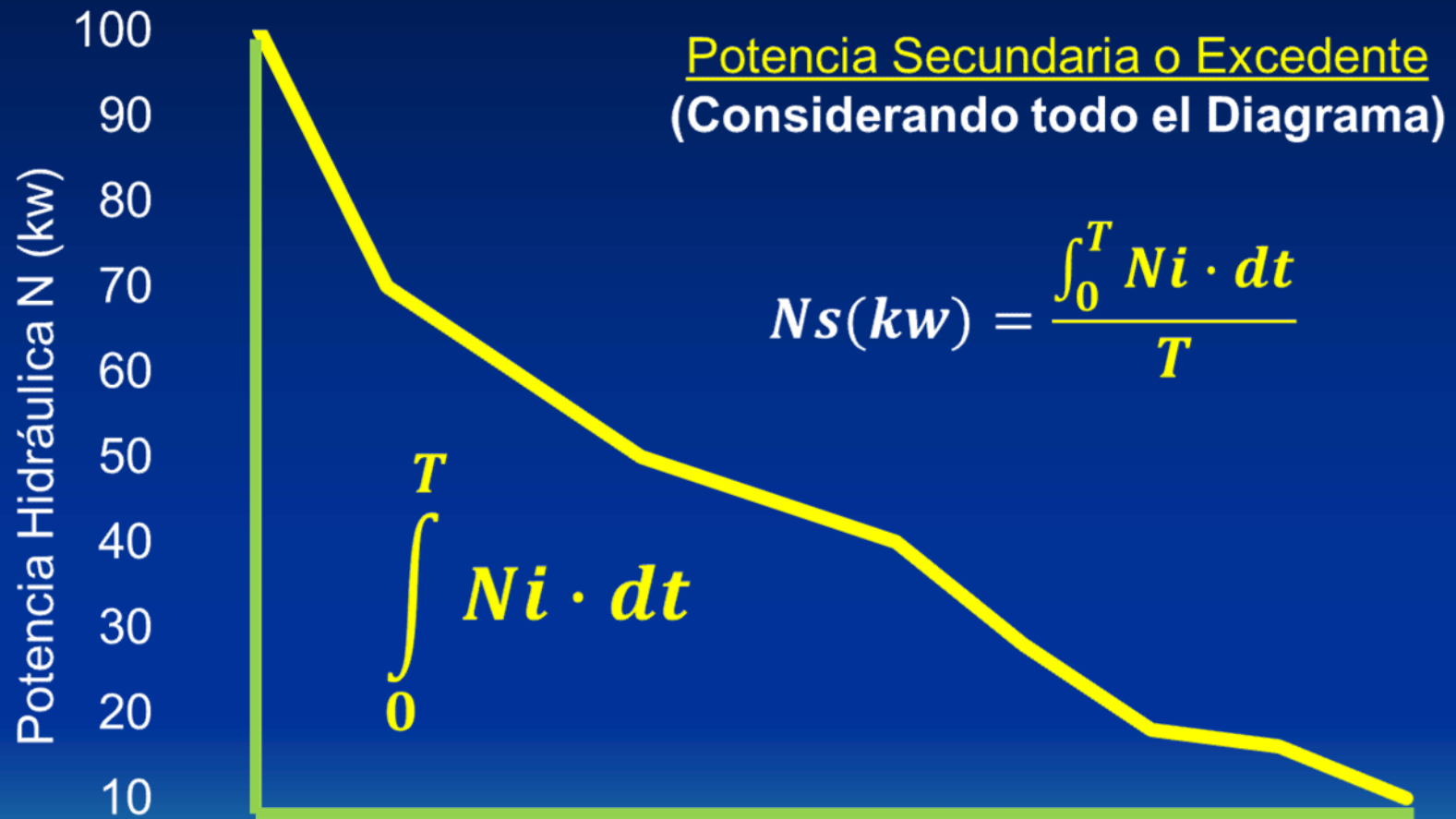


	Nmax	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	Nmin
N (kw)	100	70	60	50	45	40	28	18	16	10

H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
 Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

Período (%)

POTENCIA SECUNDARIA



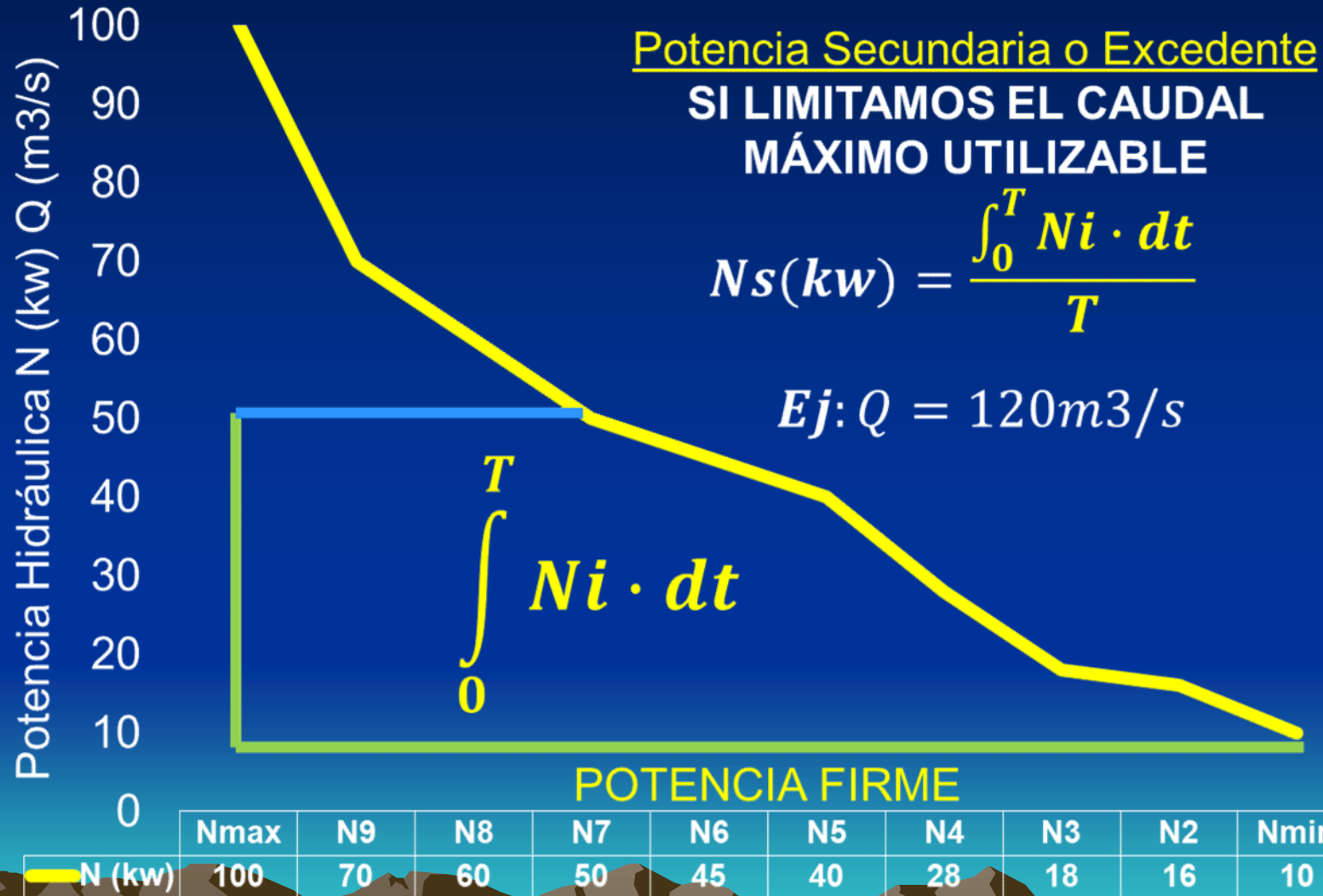
POTENCIA FIRME

	Nmax	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	Nmin
N (kw)	100	70	60	50	45	40	28	18	16	10

H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

Período (%)

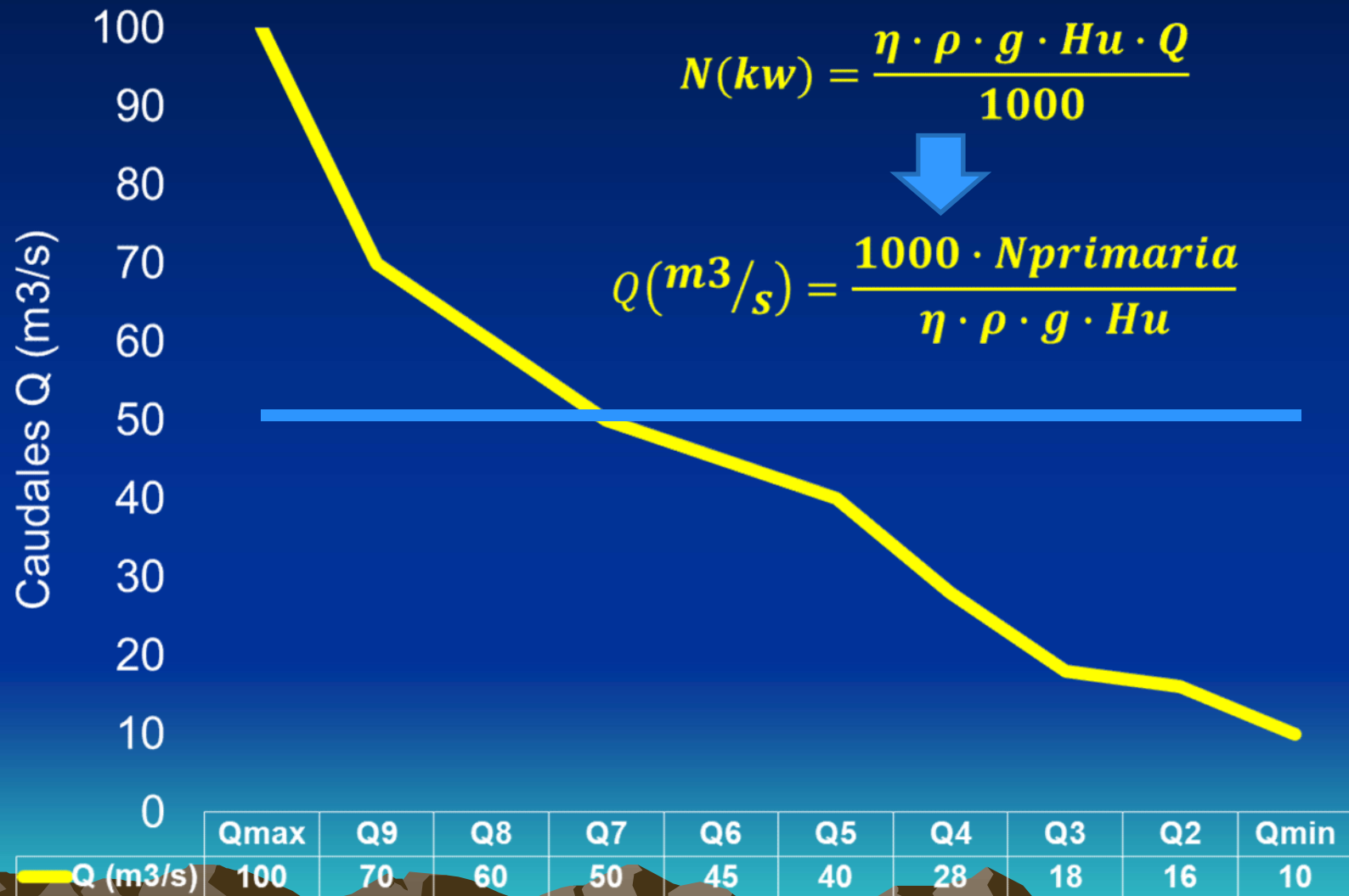
POTENCIA SECUNDARIA



H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
 Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

Período (%)

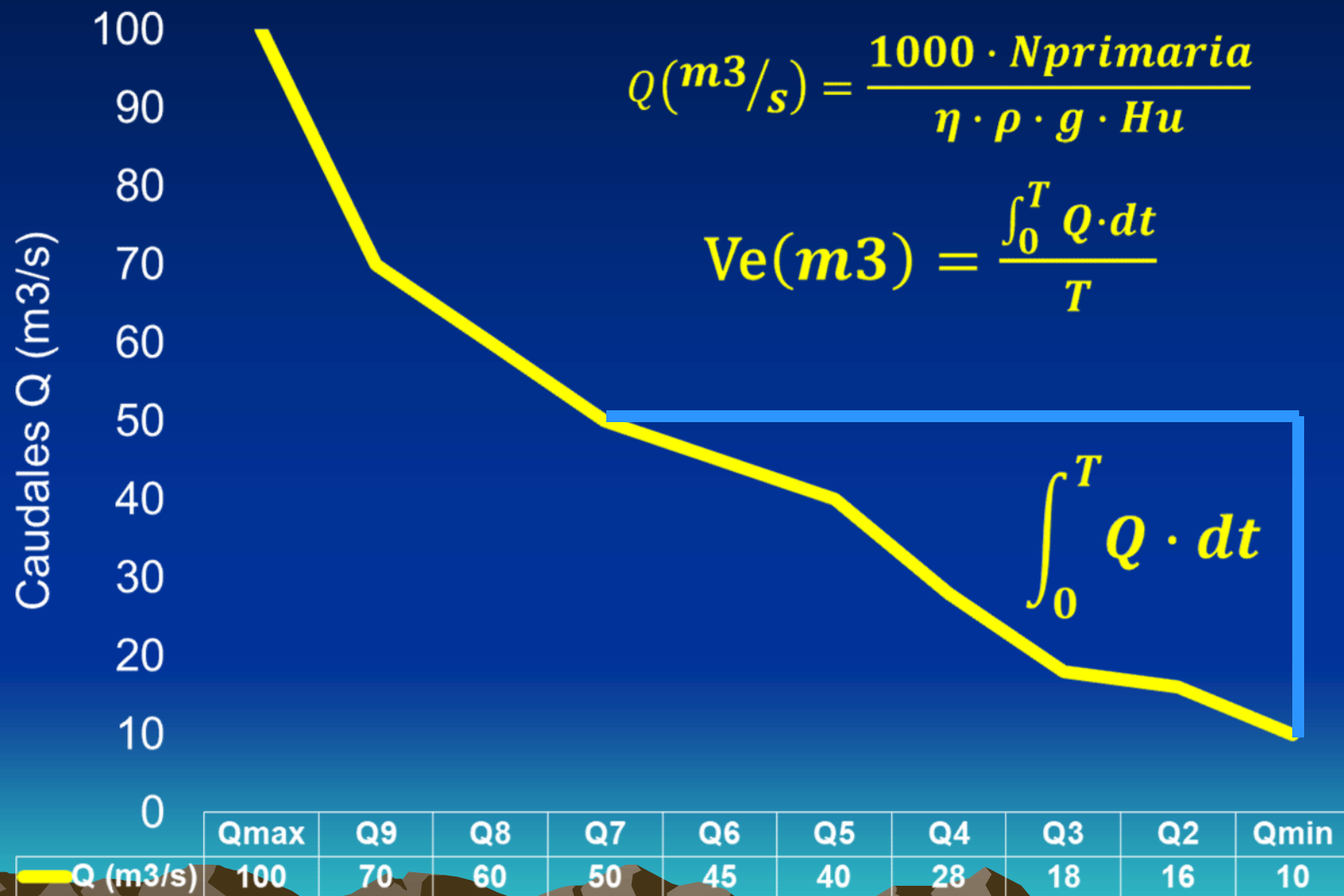
CAPACIDAD MÍNIMA DE EMBALSE PARA UNA POTENCIA FIRME



H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

Período (%)

CAPACIDAD MÍNIMA DE EMBALSE PARA UNA POTENCIA FIRME



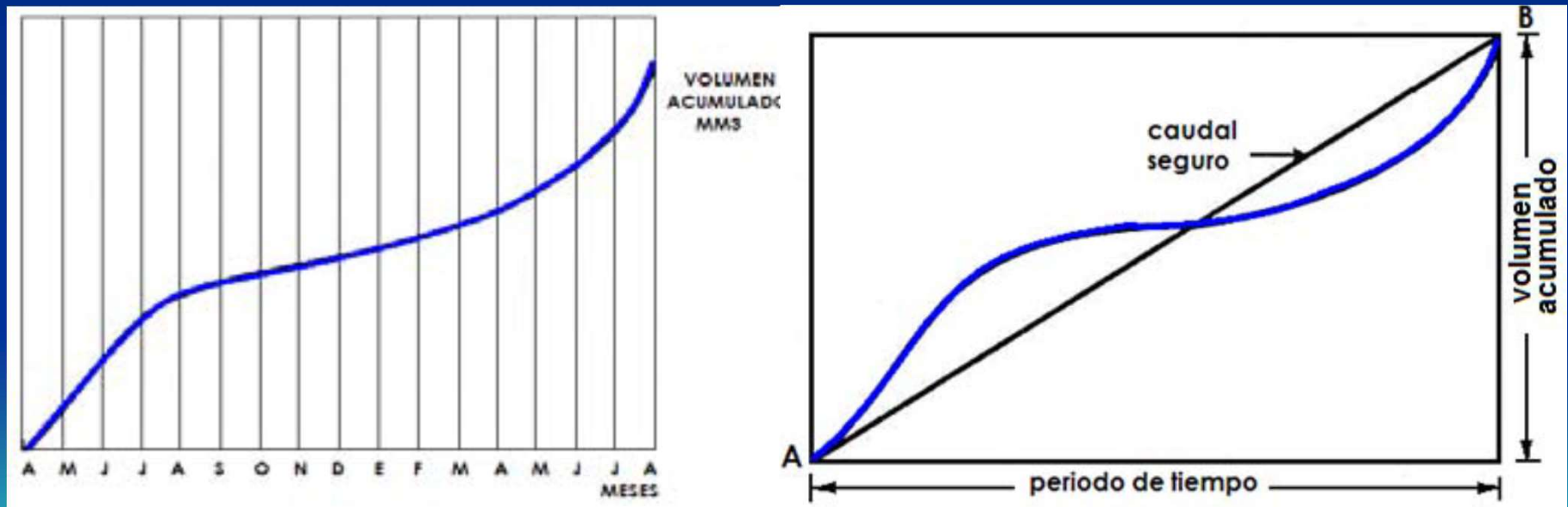
H. Aplicada - Potencia Hidroeléctrica
Ing. José A. Serra - Ing. Juan C. Pereira

Período (%)

CURVA DE VOLÚMENES ACUMULADOS

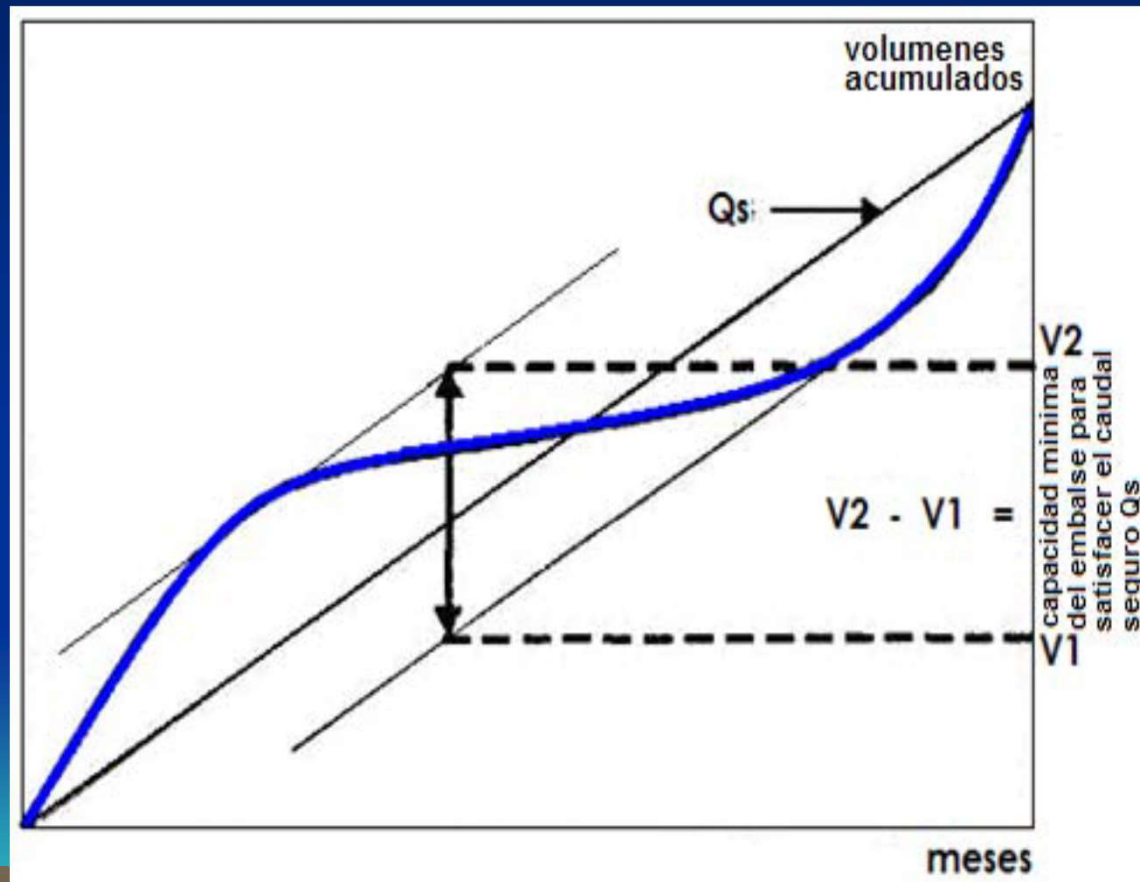
CURVA DE MASA O DIAGRAMA DE RIPPL

GRAFICA DEL VOLUMEN DERRAMADO POR UN CURSO EN EL TIEMPO
LA PENDIENTE DE LA RECTA QUE PASA POR UN PUNTO TANGENTE A LA
CURVA INDICA EL CAUDAL INSTANTANEO



CURVA DE VOLÚMENES ACUMULADOS

LA CAPACIDAD MÍNIMA DEL EMBALSE PARA REGULARIZAR AL CAUDAL MÓDULO O SEGURO, ERA:



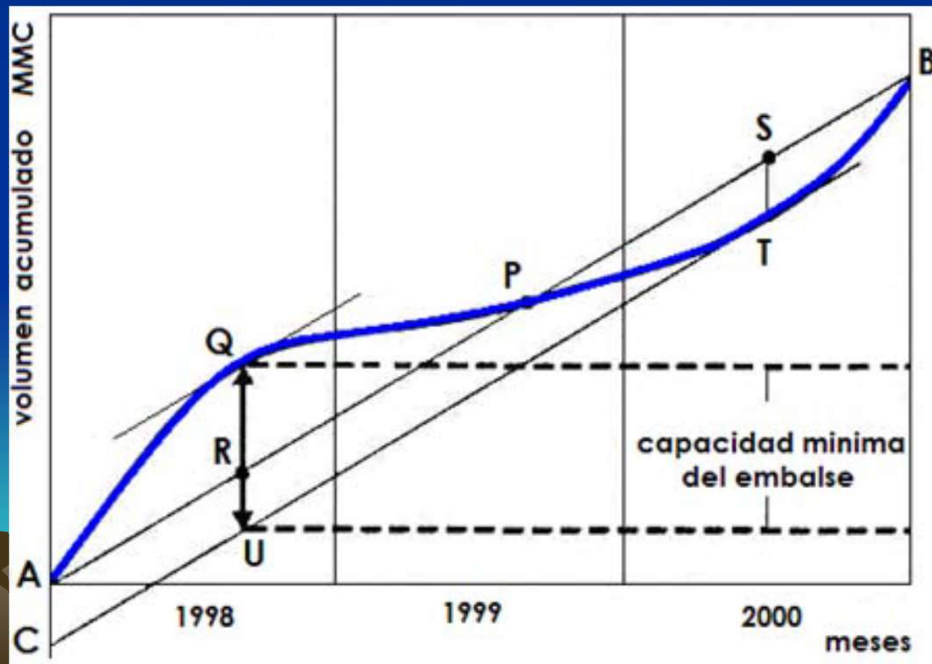
ANÁLISIS DE LA CURVA DE MASA

A fin de determinar la capacidad que debe tener un embalse, destinado a obtener un caudal regulado igual al caudal módulo de todo el período, analizamos:

Entre **A** y **Q** el caudal natural es mayor que el caudal regulado, hay un volumen disponible **QR**, que se puede almacenar.

Entre **Q** y **P**, la relación se invierte, el caudal natural es ahora menor que el regulado, tiene que hacerse uso del volumen **QR** almacenado.

Un primer resumen, entonces es, que entre **A** y **P** se puede atender el caudal solicitado almacenando **QR**, con agua del propio río.



ANÁLISIS DE LA CURVA DE MASA

Entre **P** y **B**, un análisis similar, conduce a ver que para satisfacer el caudal solicitado, hay necesidad de almacenar previamente un volumen **ST**, y que esto hay que hacerlo antes que empiece a funcionar el embalse.

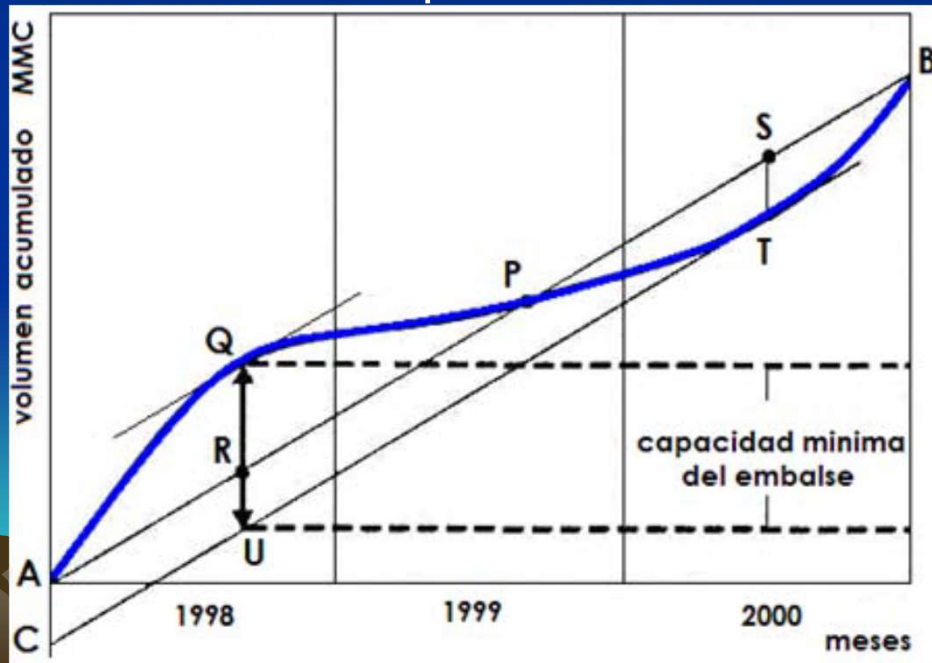
Trazando por **T** una paralela a **AB**, se tiene:

QU = capacidad mínima del embalse o reguladora.

AC = **ST** = volumen que hay que tener almacenado antes que empiece el periodo: **ALMACENAMIENTO INICIAL**

QR = volumen que hay que almacenar durante el periodo.

En **Q** está colmada la capacidad del reservorio. En **T** el reservorio está vacío.

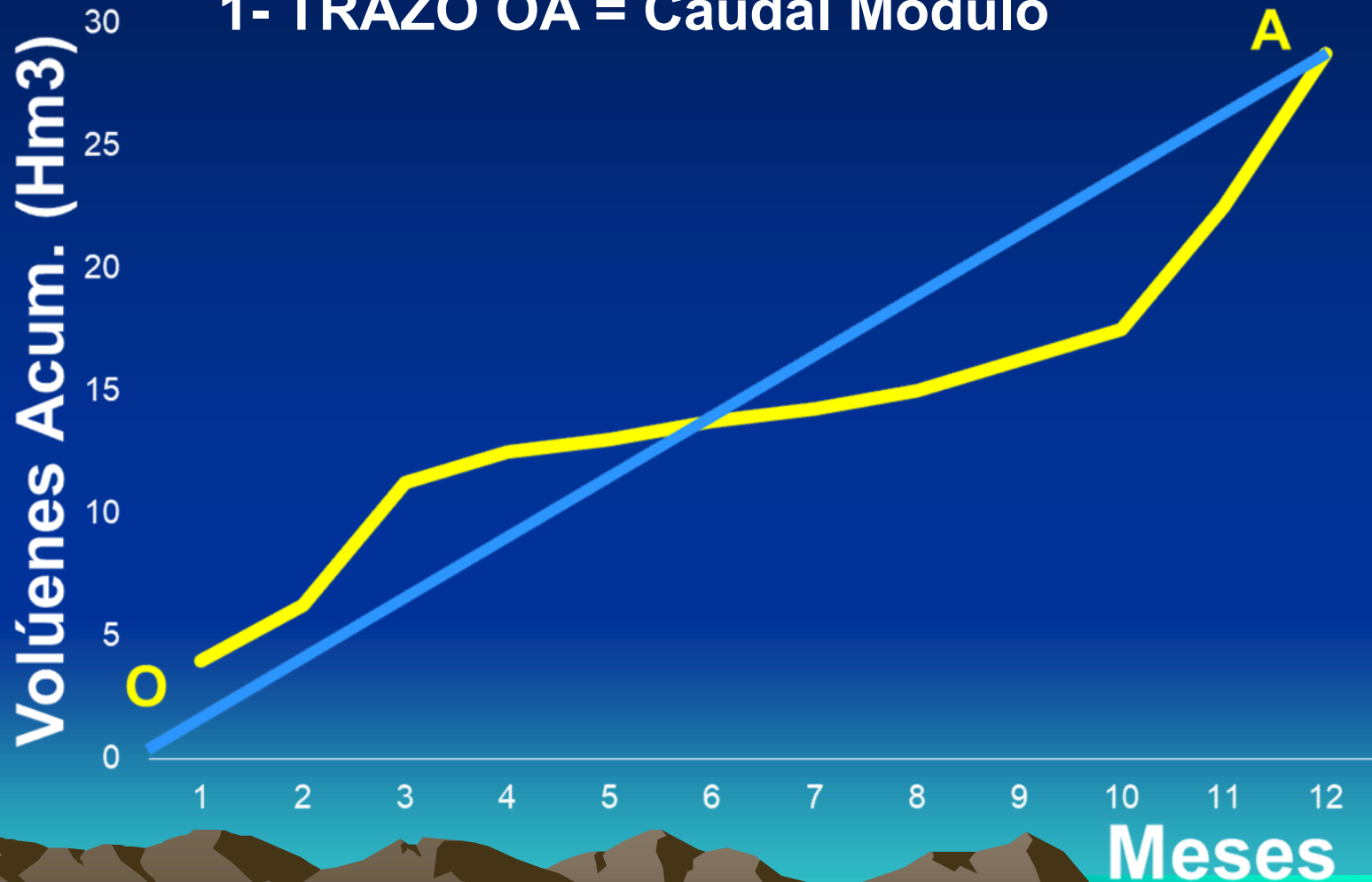


ANÁLISIS DE LA CURVA DE MASA

Las curvas de masa también se pueden utilizar para determinar el **VERTIMIENTO DE EXCESO DE AGUA** desde un embalse con una capacidad dada del cual se extrae agua para satisfacer la demanda de potencia.

DETERMINAR EL VERTIMIENTO

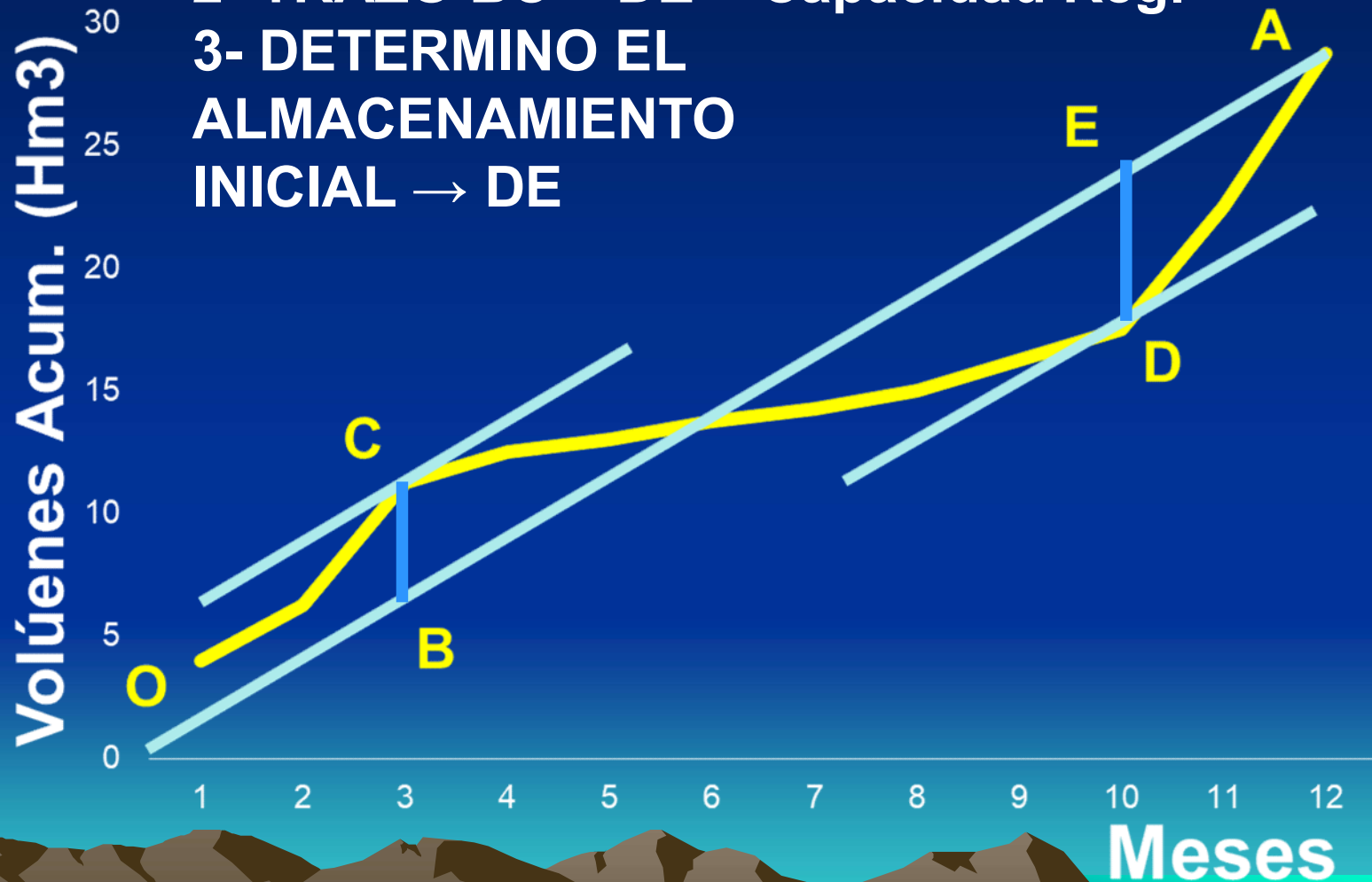
1- TRAZO OA = Caudal Módulo



DETERMINAR EL VERTIMIENTO

2- TRAZO BC + DE = Capacidad Reg.

3- DETERMINO EL
ALMACENAMIENTO
INICIAL \rightarrow DE



DETERMINAR EL VERTIMIENTO

4- SI EL ALMACENAMIENTO INICIAL Y EL TOTAL ESTA DEFINIDO POR LA CAPACIDAD REAL DEL EMBALSE → LO TRAZO DF → ALM. INICIAL REAL



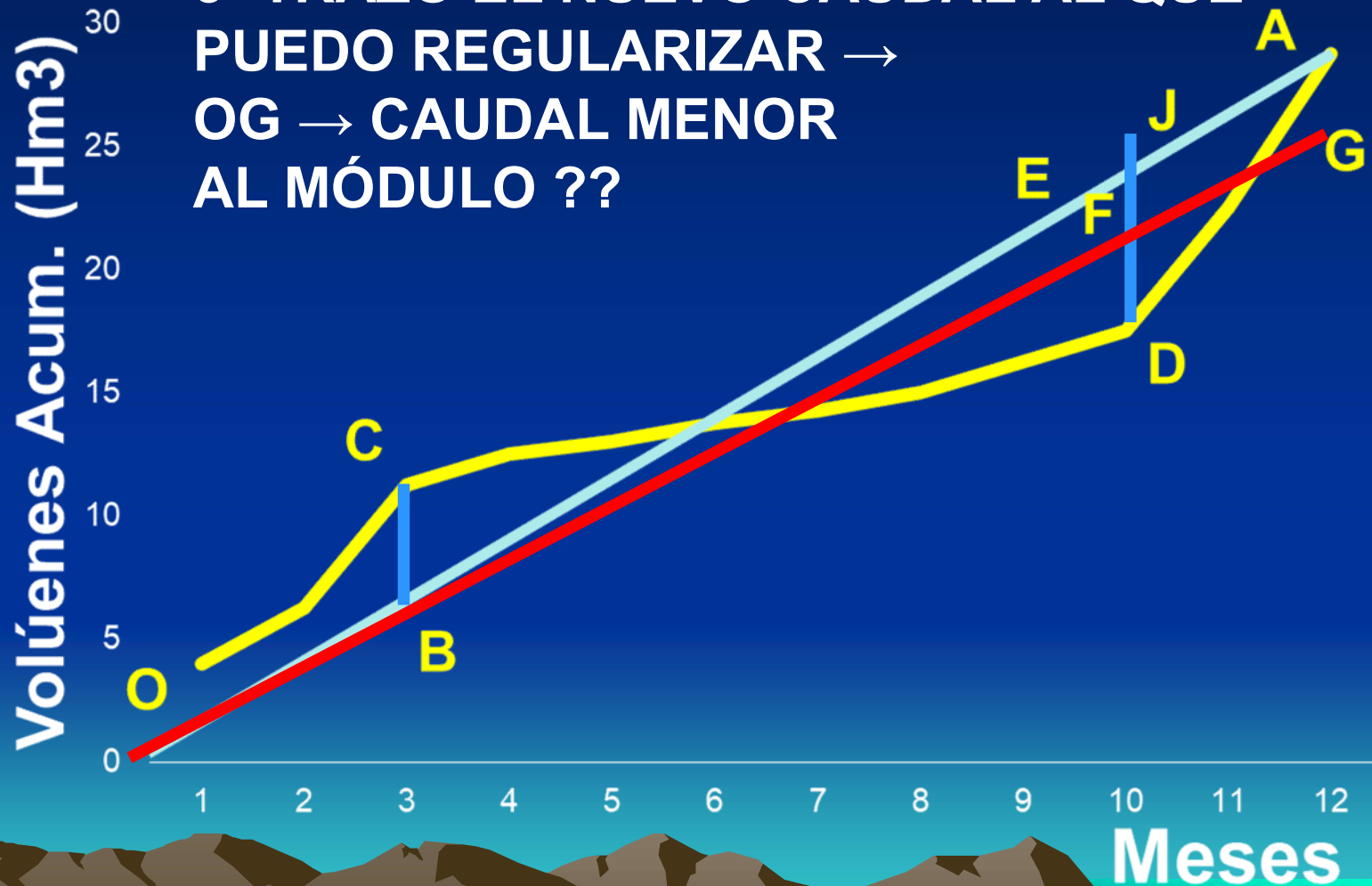
DETERMINAR EL VERTIMIENTO

4- SI EL ALMACENAMIENTO INICIAL Y EL TOTAL ESTA DEFINIDO POR LA CAPACIDAD REAL DEL EMBALSE → LO TRAZO DJ → ALM. TOTAL REAL



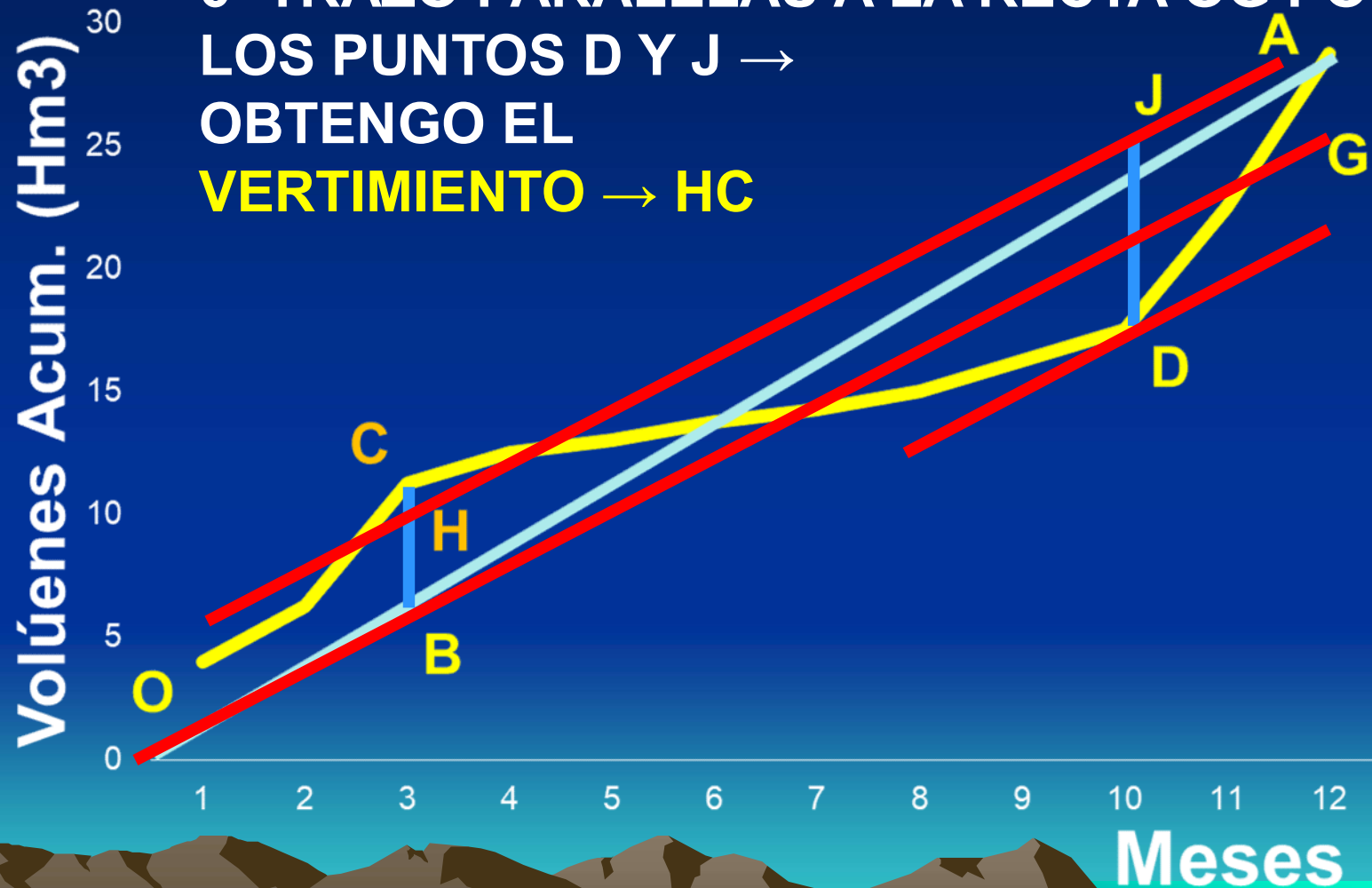
DETERMINAR EL VERTIMIENTO

5- TRAZO EL NUEVO CAUDAL AL QUE PUEDO REGULARIZAR →
OG → CAUDAL MENOR
AL MÓDULO ??



DETERMINAR EL VERTIMIENTO

6- TRAZO PARALELAS A LA RECTA OG POR
LOS PUNTOS D Y J →
OBTENGO EL
VERTIMIENTO → HC



GRACIAS!!!!

Cátedra de Hidráulica Aplicada (CI453)

BIBLIOGRAFÍA

[1] VEN TE CHOW (1994) Hidrología Aplicada. Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA S.A. Santa Fé de Bogotá – Colombia.

[2] INGENIERO COTTA ROBERTO DIEGO (1970) Clases de Máquinas Hidráulicas y Aprovechamientos Hidroeléctricos. CEILP.

[3] LINSLEY R. K. AND FRANZINI J. B. (1979) Water Resources Engineering. McGraw-Hill. New York.

[4] INTERNATIONAL HYDROPOWER ASSOCIATION (2019) Hydropower Status Report. UK.

[5] MINISTERIO DE ENERGÍA (2016) Seminario Intensivo de Formación de Formadores. Bs. As.

<https://portalweb.cammesa.com/default.aspx>

<https://www.argentina.gob.ar/energia/energia-electrica/hidroelectrica>