

Presentación

Curso

Módulos

Generación

Renovable

Abril 2025



ESTRUCTURA DEL CURSO

DÍA 1

- **MÓDULOS GENERACIÓN SÍNCRONOS**

DÍA 2

- **MÓDULOS DE PARQUE ASINCRONOS (AEROGENERADORES)**

DÍA 3

- **MÓDULOS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA (CENTRALES FV)**

DÍA 4

- **MÓDULOS DE GENERACIÓN AUXILIARES**





Día 1

Módulos de Generación Síncronos

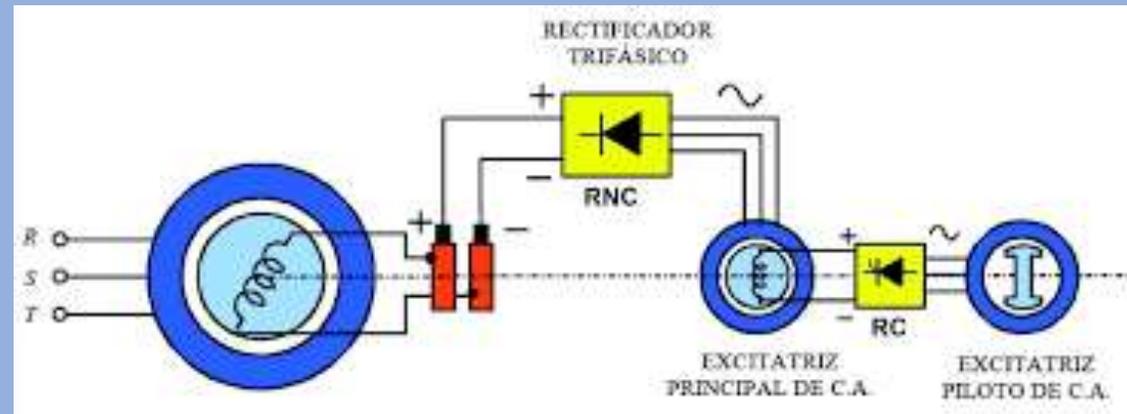
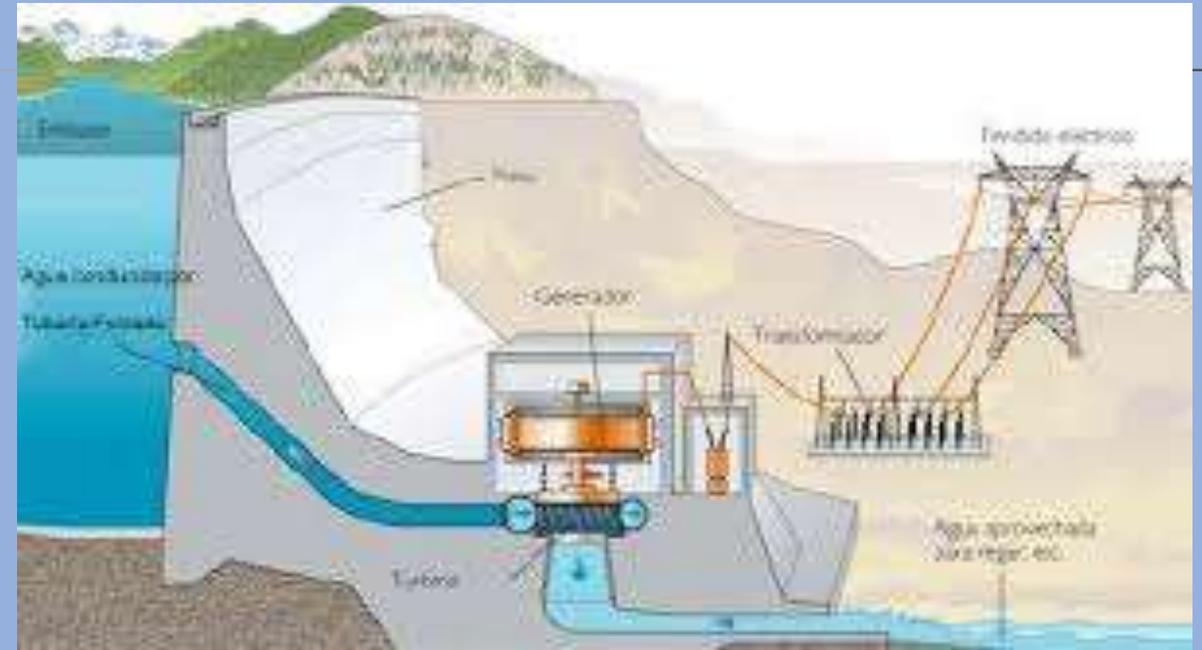
PARTE 1

- Constitución
- Funcionamiento
- Circuito Equivalente
- Funcionamiento en Red
- Regulación de f y U
- Los 3 Lazos de Control
- Regulación de P y Q
- Corrientes de Cortocircuito

PARTE 2

- Casos Prácticos:
 - Alternador Hidroeléctrico
 - Condensador (Compensador) Síncrono

Funcionamiento



FUNCIONAMIENTO

- Alternador Síncrono

ESTATOR= Devanado trifásico distribuido conectado a la carga o red que se desea alimentar



ROTOR= Devanado alimentado con corriente continua que crea un campo magnético fijo. Se hace girar por un medio externo



El campo creado por el rotor, al girar, induce FEM en el estator y, por tanto, hace circular corriente por la carga



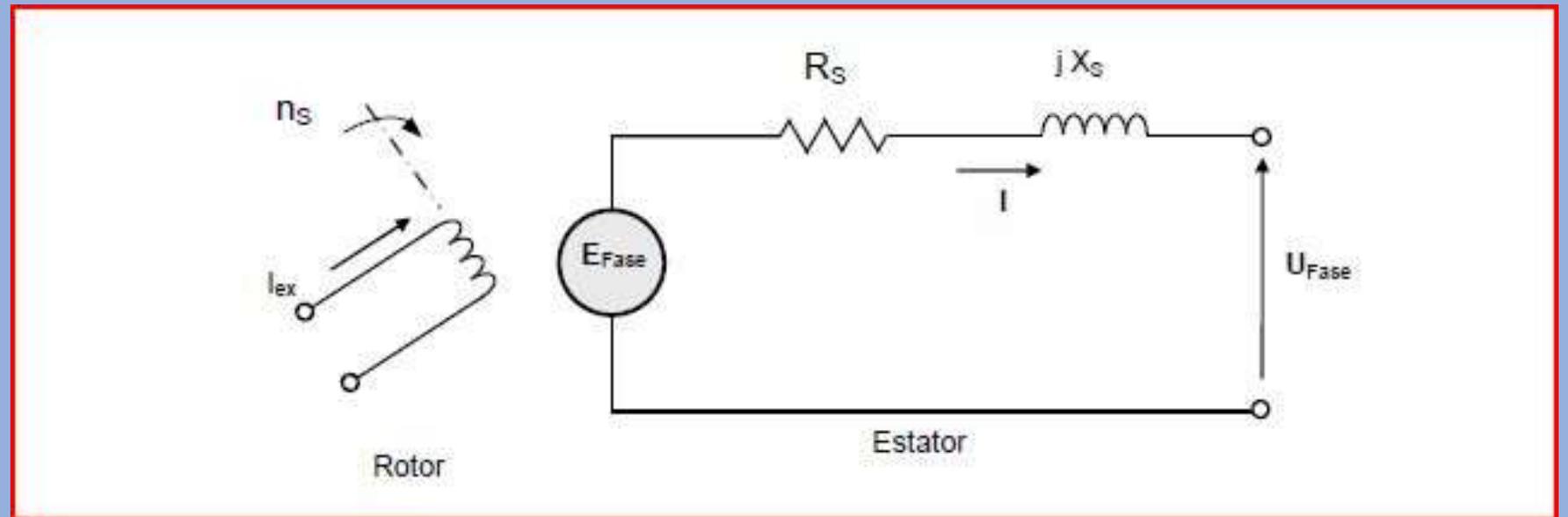
TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA MECÁNICA EN ENERGÍA ELÉCTRICA

FUNCIONAMIENTO

- Alternador Síncrono
- Central Hidroeléctrica de Bombeo

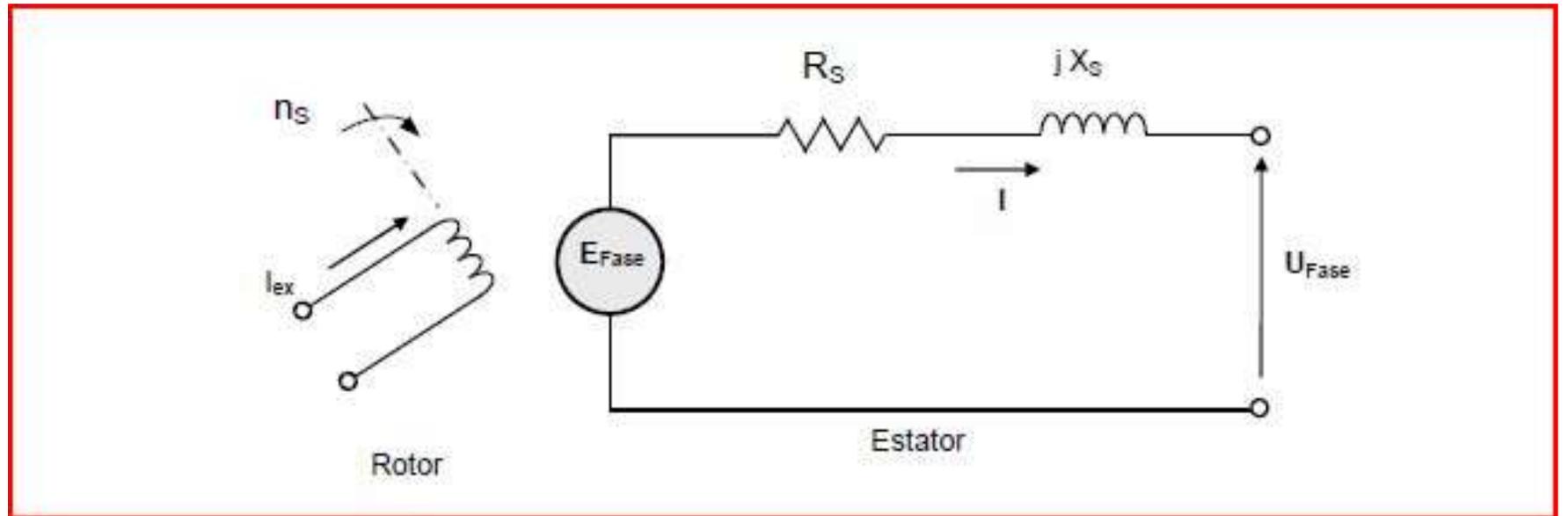


Circuito Equivalente

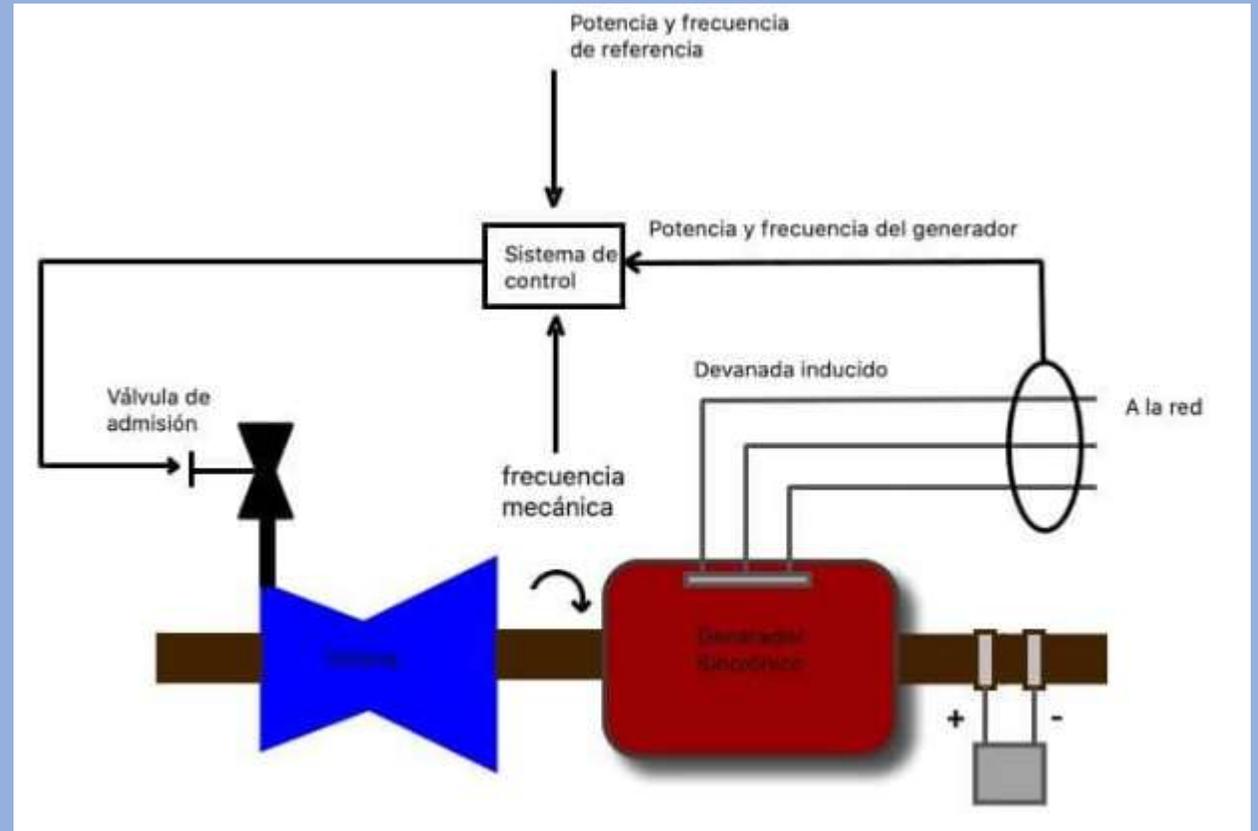
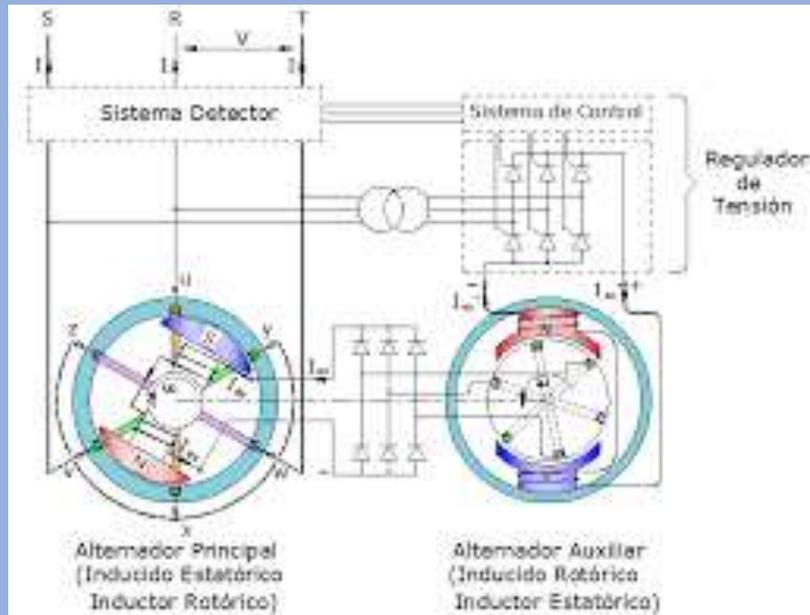


CIRCUITO EQUIVALENTE

- Circuito Equivalente por fase

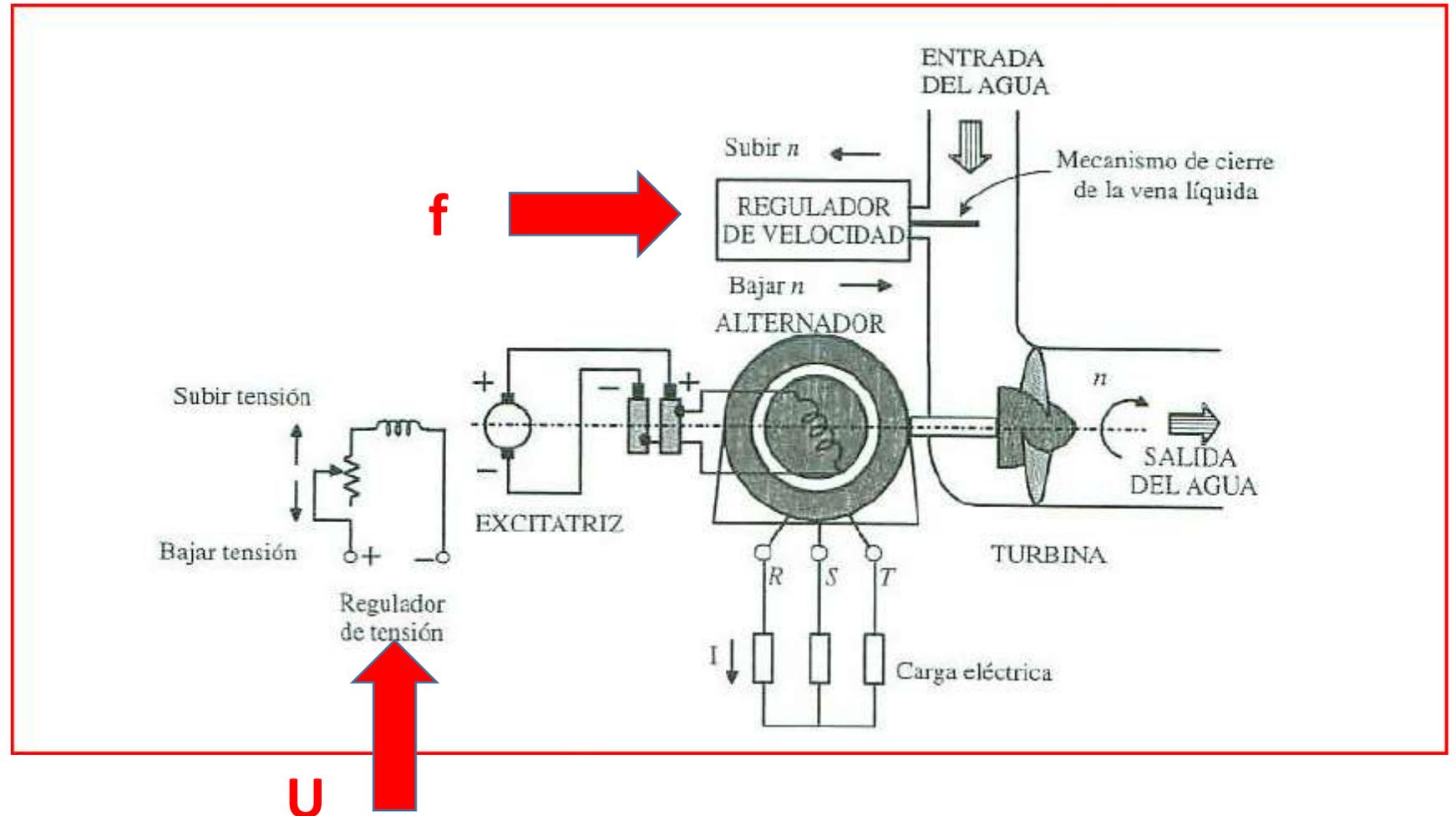


Regulación de f y U

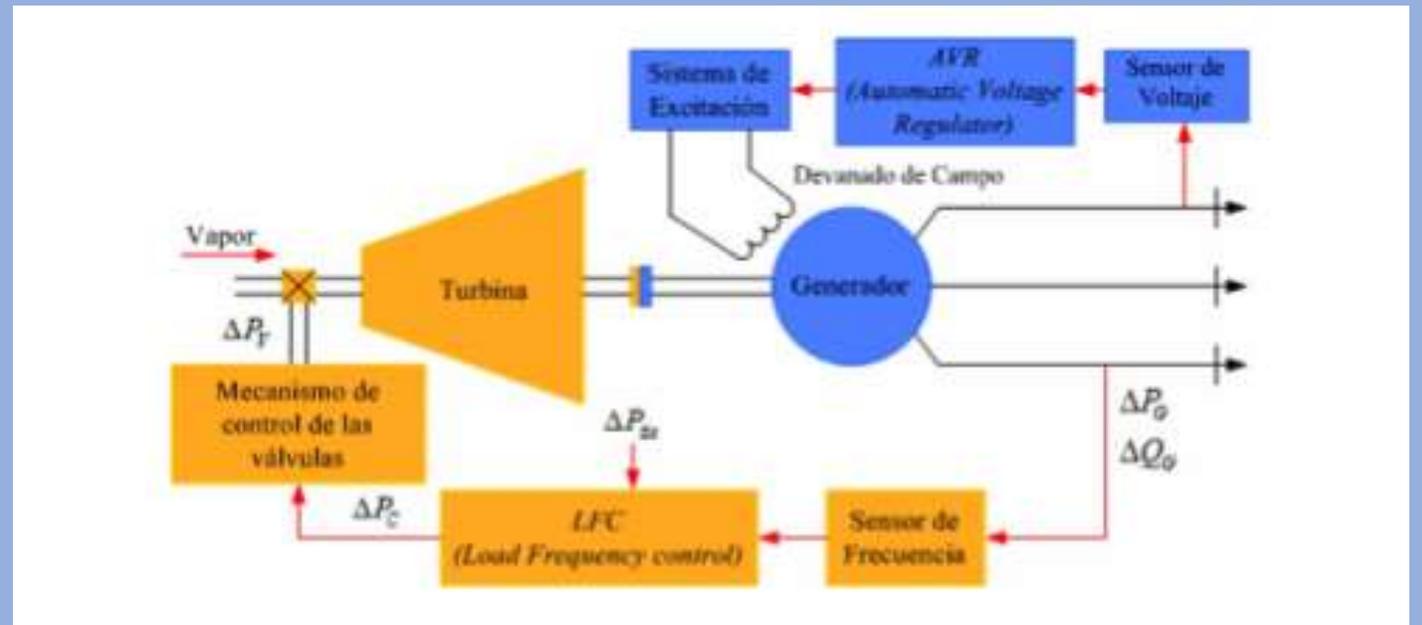


REGULACIÓN DE F Y U

- Esquema de Regulación de f y U
- Alternador Hidroeléctrico sin acoplar a Red



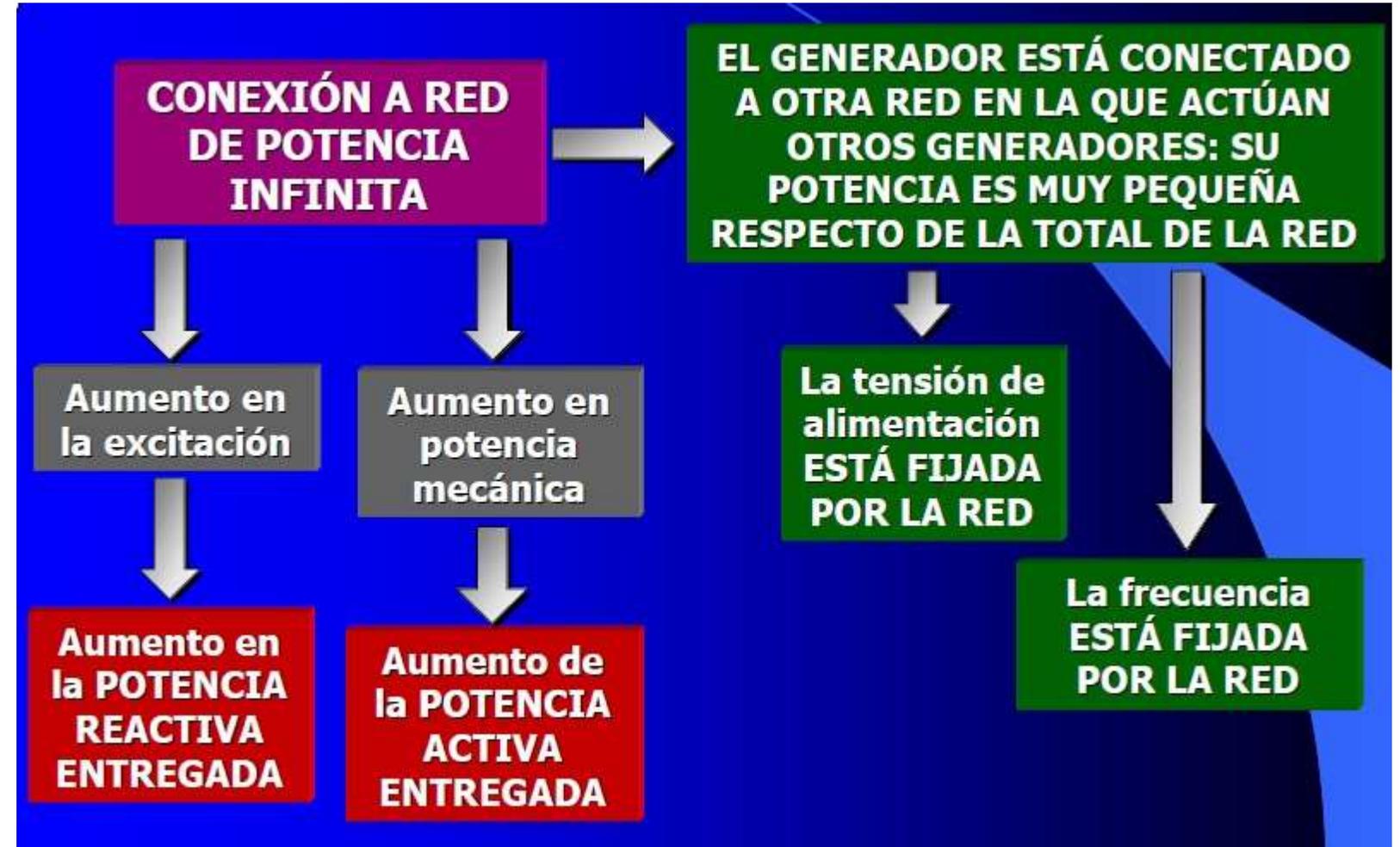
Regulación de P y Q



Fuente: ingnelsonandresentra

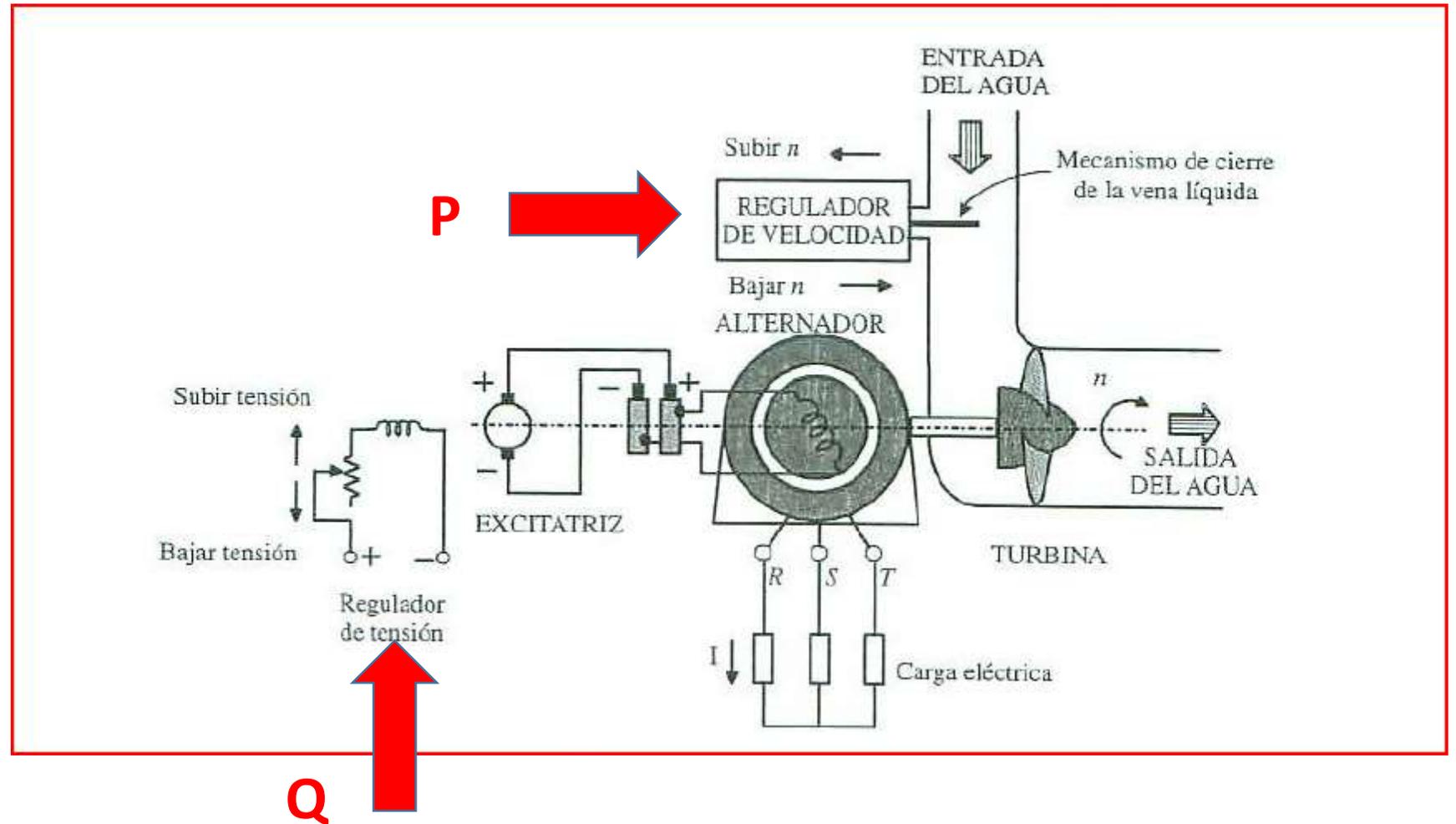
ALTERNADOR AISLADO Y ALTERNADOR EN RED

- Alternador en Red



REGULACIÓN DE F Y U

- Esquema de Regulación de f y U
- Alternador Hidroeléctrico acoplado a Red



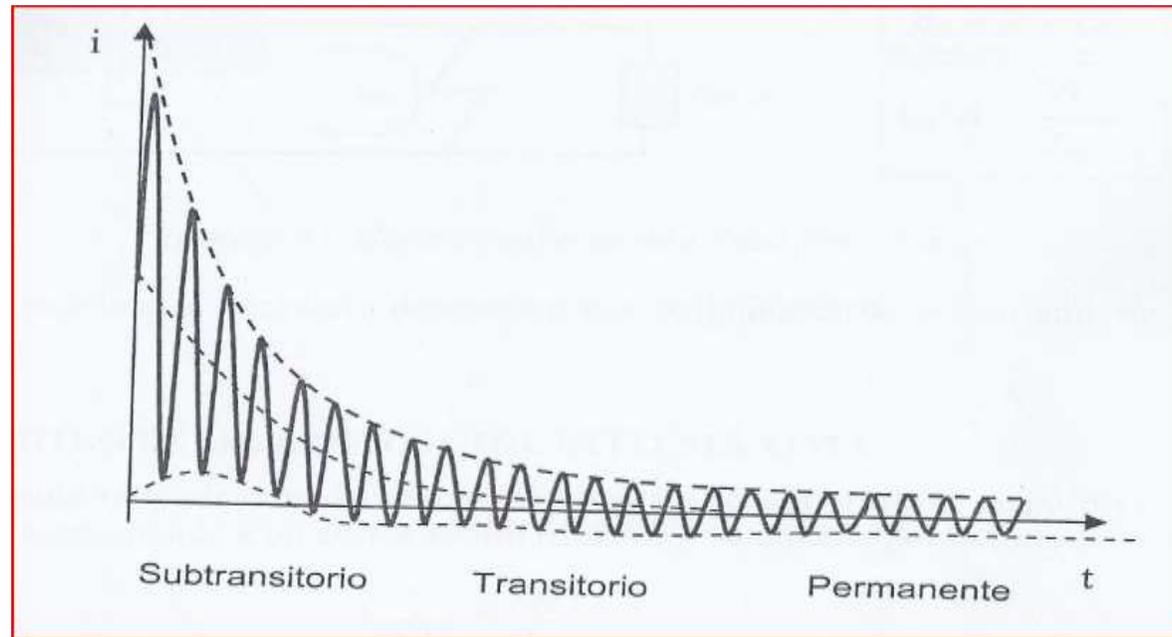
Corrientes de Cortocircuito



Fuente: INEL

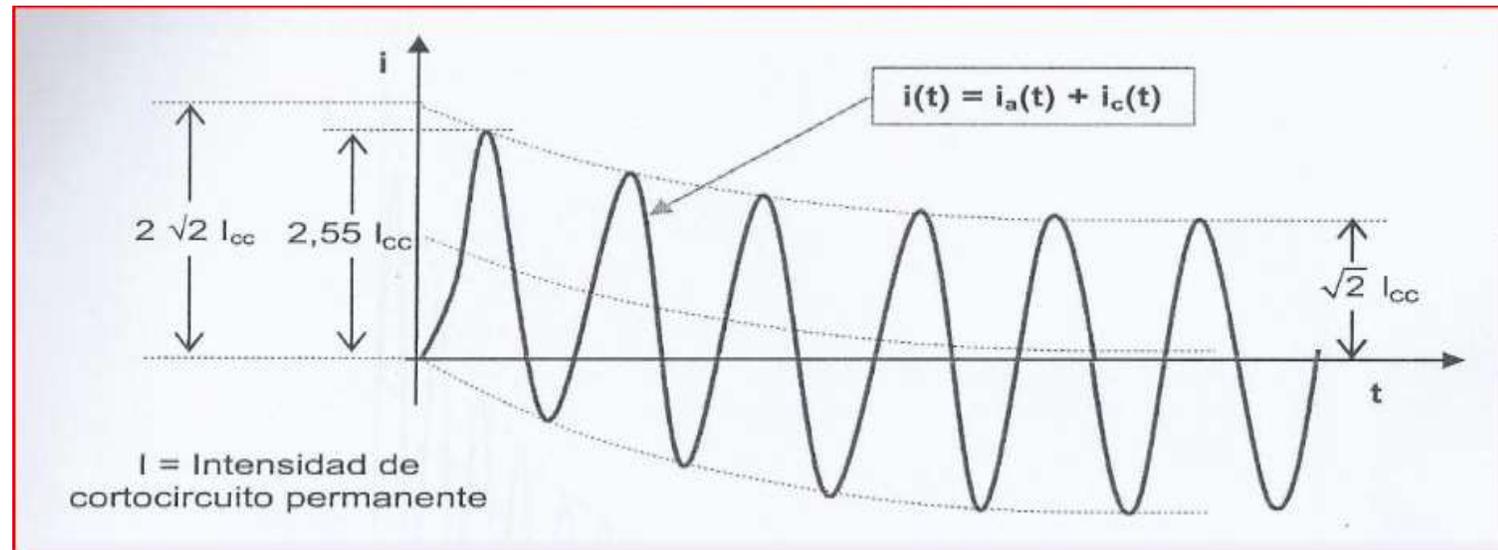
CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

- Cortocircuito próximo al Generador
- Lo más usual en las proximidades de las Centrales o Parques de Generación



CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

- Cortocircuito alejado del Generador
- Lo más usual en Distribución BT



Casos Prácticos



CASOS PRÁCTICOS

- Compensador Síncrono
 - Se desea instalar un motor síncrono en una fábrica con la doble finalidad de suministrar una potencia mecánica útil de 60 KW y mejorar el factor de potencia del suministro eléctrico de 0,6 a 0,85. La potencia eléctrica absorbida por la fábrica, antes de instalar el motor síncrono, es de 350 KW.
 - ¿Cuál deberá ser la potencia aparente en KVA del motor síncrono, admitiendo que su rendimiento es igual a 0,9?





Día 2

Módulos de Parque Asíncronos (y Síncronos) (Aerogeneradores)

PARTE 1

- Constitución
- Funcionamiento
- Regulación y Control
- Circuito Equivalente
- Inversores
- Regulación de P y Q
- Corrientes de Cortocircuito
- Tipos de Aerogeneradores

PARTE 2

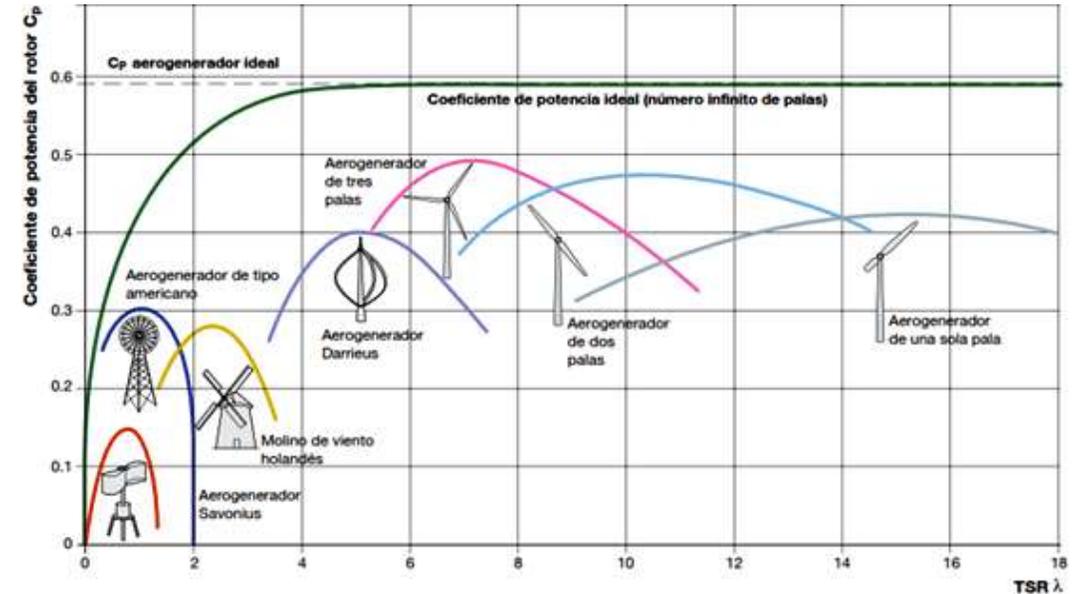
- Casos Prácticos
 - Aerogeneradores Full Converter y DFIG
 - Aerogeneradores Síncronos
 - Aerogeneradores ROR (Minihidráulicas)
 - Aerogenerador: Evaluación de la Producción

Funcionamiento



FUNCIONAMIENTO

- Componentes de un Aerogenerador
- Turbina
 - Una turbina de Aerogenerador es un dispositivo que transforma la energía cinética que capta del viento en energía mecánica y, posteriormente, en energía eléctrica accionando un generador eléctrico.
 - Es el elemento fundamental del Aerogenerador.
 - En la actualidad, casi la totalidad de las turbinas eólicas son del tipo eje horizontal y de tres palas.
 - El hecho de que se haya optado por el diseño de tres palas está basado en que es el que proporciona el mejor aprovechamiento del viento y da mayor Coeficiente de Potencia, C_p



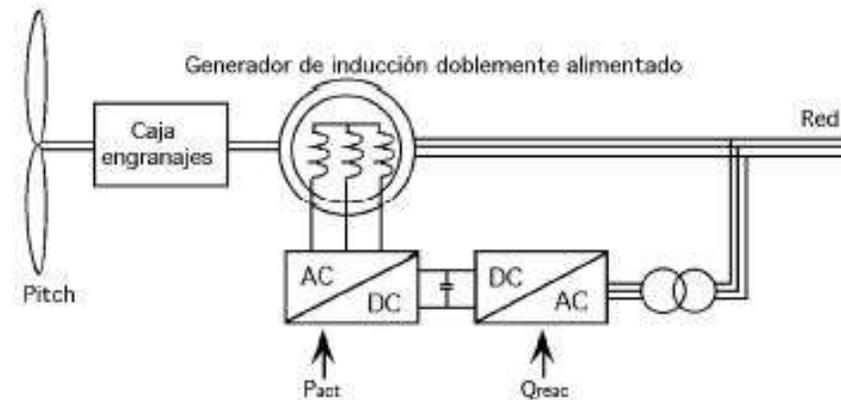
FUNCIONAMIENTO

- La Máquina Asíncrona como Generador

Generador DFIG



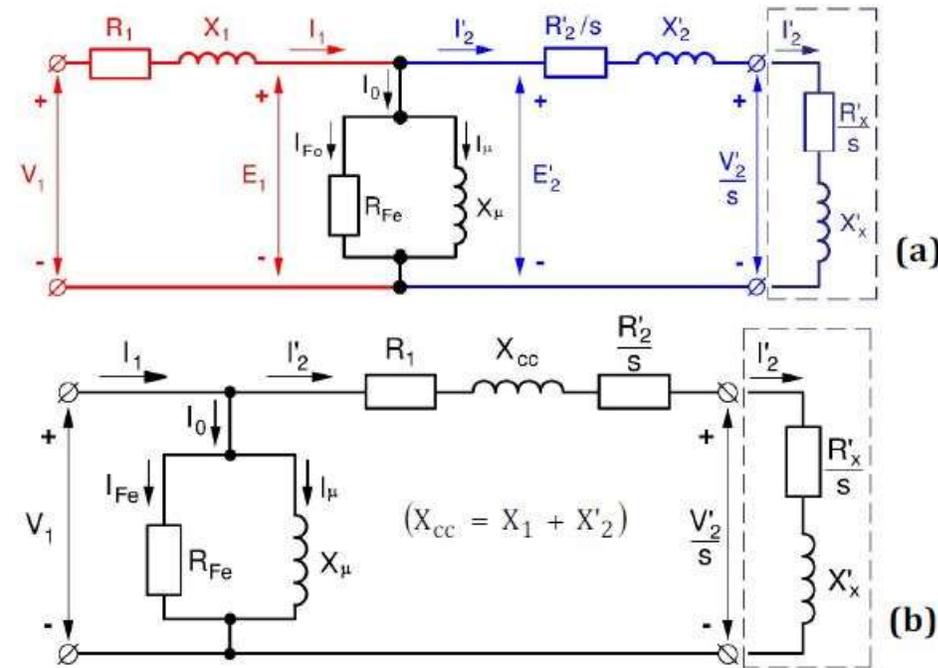
Circuito Equivalente Generador Asíncrono



Campo de velocidades limitado entre -50% a + 30% alrededor de la velocidad sincrónica
Convertidor de energía a escala reducida (bajas pérdidas de energía) (bajo precio)
Control completo de energía activa P_{act} y de reactiva Q_{react} ; Necesita colector de anillos y caja de engranajes

CIRCUITO EQUIVALENTE GENERADOR ASÍNCRONO

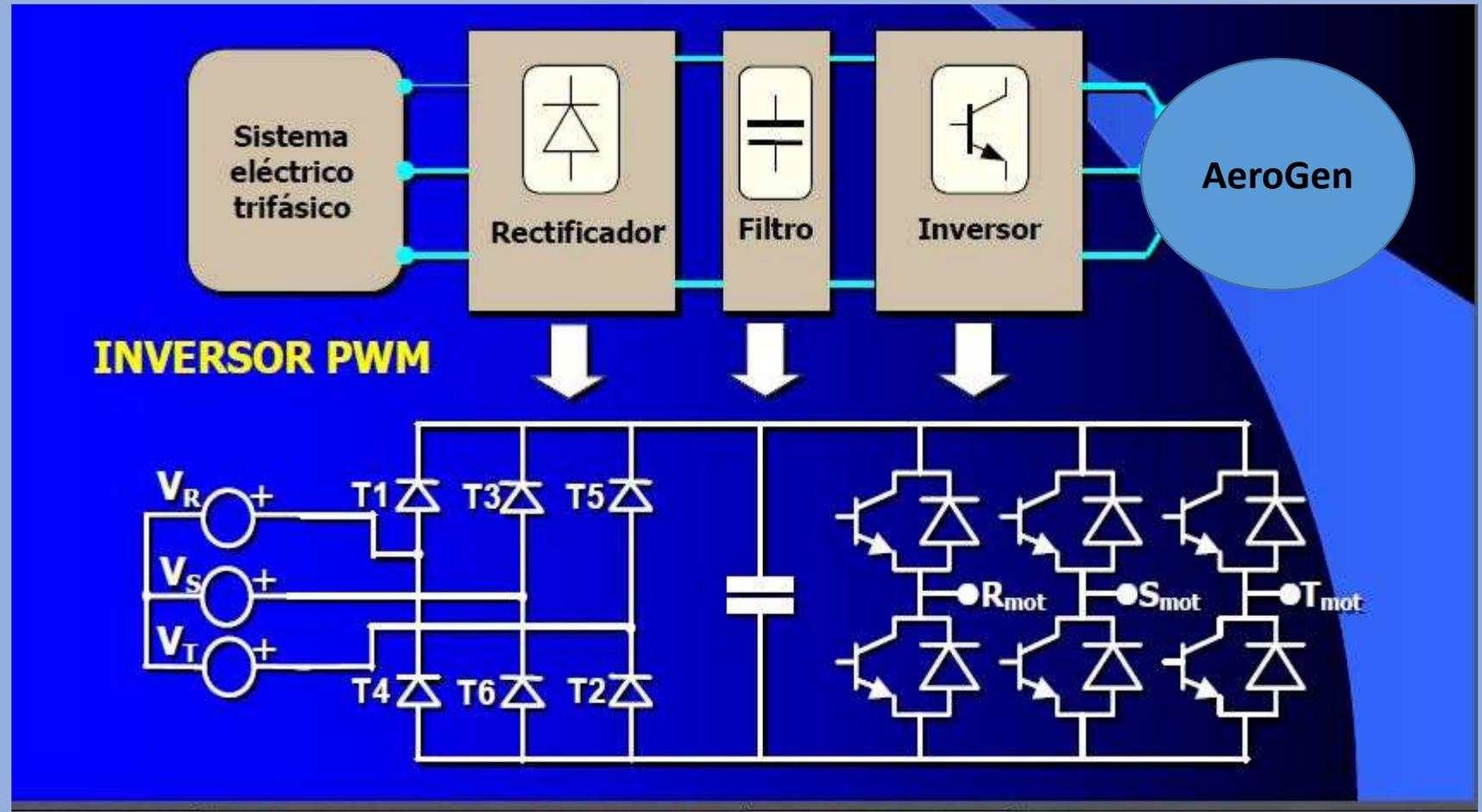
- Aerogenerador
- DFIG



Representa el VF que alimenta el Rotor

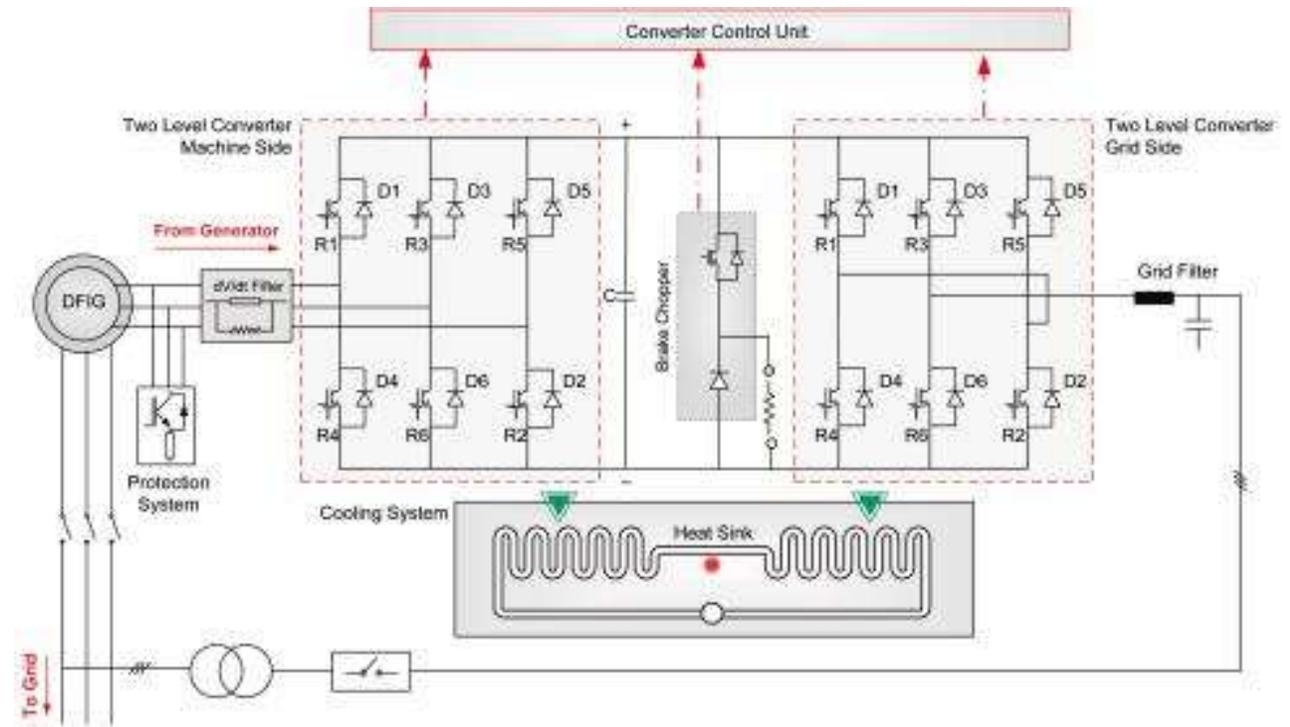
Circuitos equivalentes exacto (a) y aproximado (b) de una máquina asíncrona doblemente alimentada incluyendo la impedancia externa equivalente

Regulación de P y Q



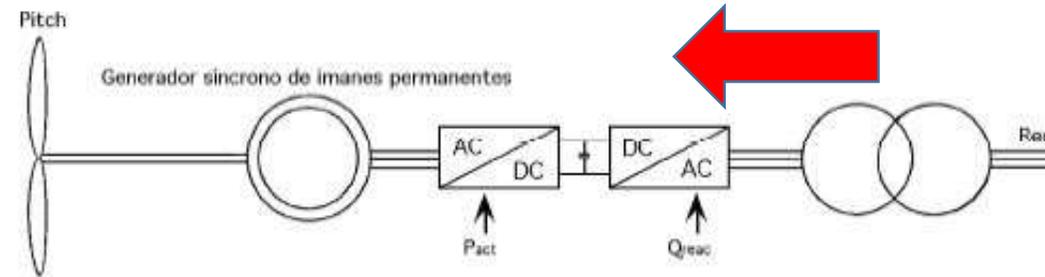
REGULACIÓN DE P Y Q

- Aerogenerador
- La Regulación es a través del Inversor



Fuente: Ingeteam

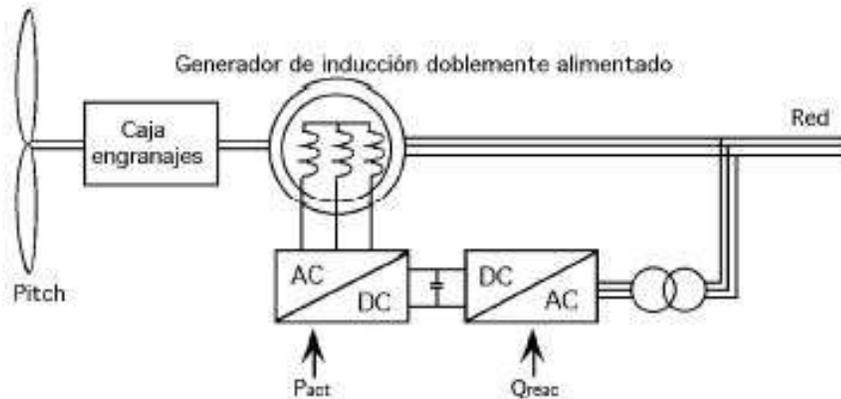
Corrientes de Cortocircuito



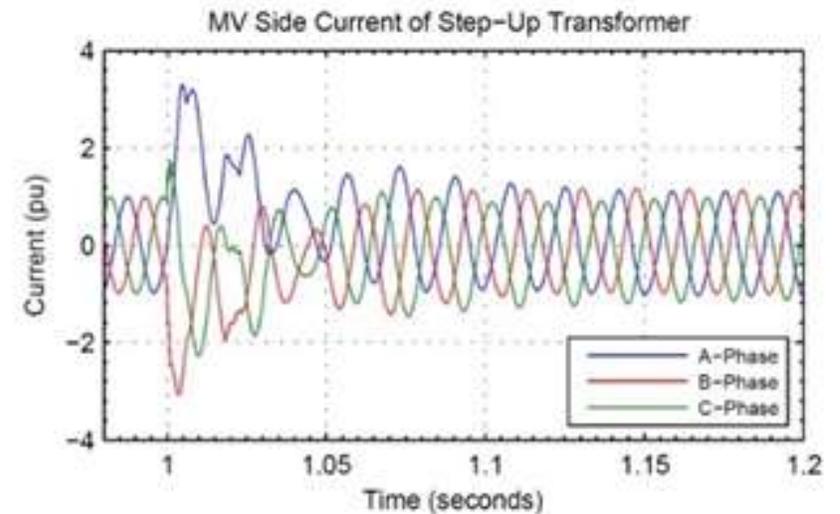
Amplia gama de velocidades ; Elimina la caja de engranajes
Sin escobillas (mantenimiento reducido) ; Control completo de energía activa P_{act} y reactiva Q_{react}
Generador multipolo grande y pesado ; Convertidor de energía a gran escala ; Necesita imanes permanentes

CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

- Generador Asíncrono Doblemente Alimentado, DFIG



Campo de velocidades limitado entre -50% a + 30% alrededor de la velocidad sincrónica
Convertidor de energía a escala reducida (bajas pérdidas de energía) (bajo precio)
Control completo de energía activa P_{act} y de reactiva Q_{react} ; Necesita colector de anillos y caja de engranajes



La Icc está formada por varias aportaciones: Iestator que decrece exponencialmente; Irotor sinusoide decreciente a ω_m ; Iconvertidor lado rotor, sinusoide a ω_s

Tipos de Aerogeneradores



Tipo I Asíncrono a Velocidad Fija

Tipo II Asíncrono a Velocidad Variable

**Tipo III Asíncrono a Velocidad Variable doblemente
alimentado (variación velocidad limitada)**

Tipo IV Síncrono a Velocidad Variable

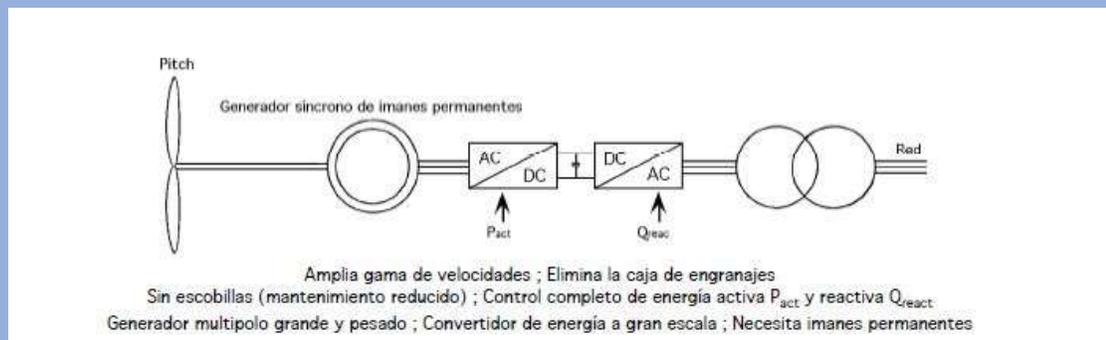
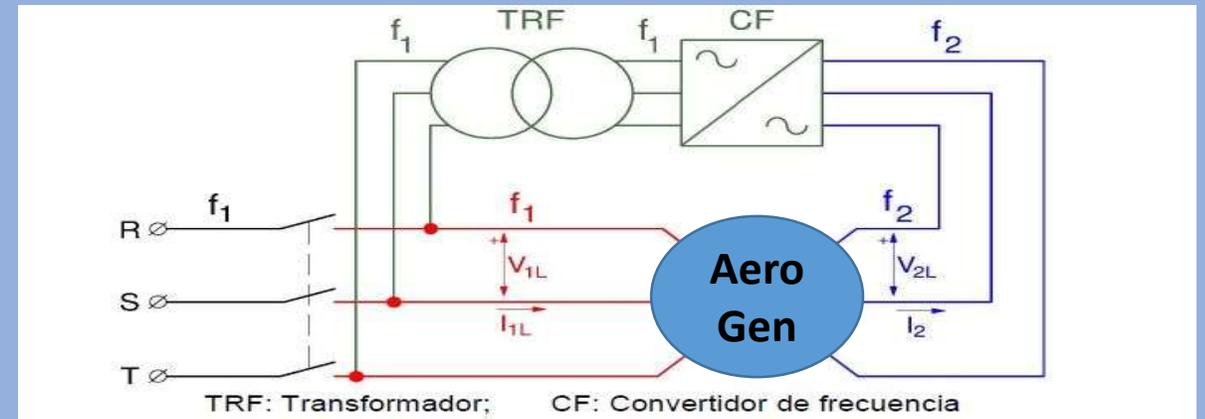
**Tipo V Síncrono a Velocidad Variable sin Caja
Multiplicadora**

**Tipo VI Síncrono a Velocidad Variable con Imanes
Permanentes PMSM**

ANÁLISIS TIPOS DE AEROGENERADORES

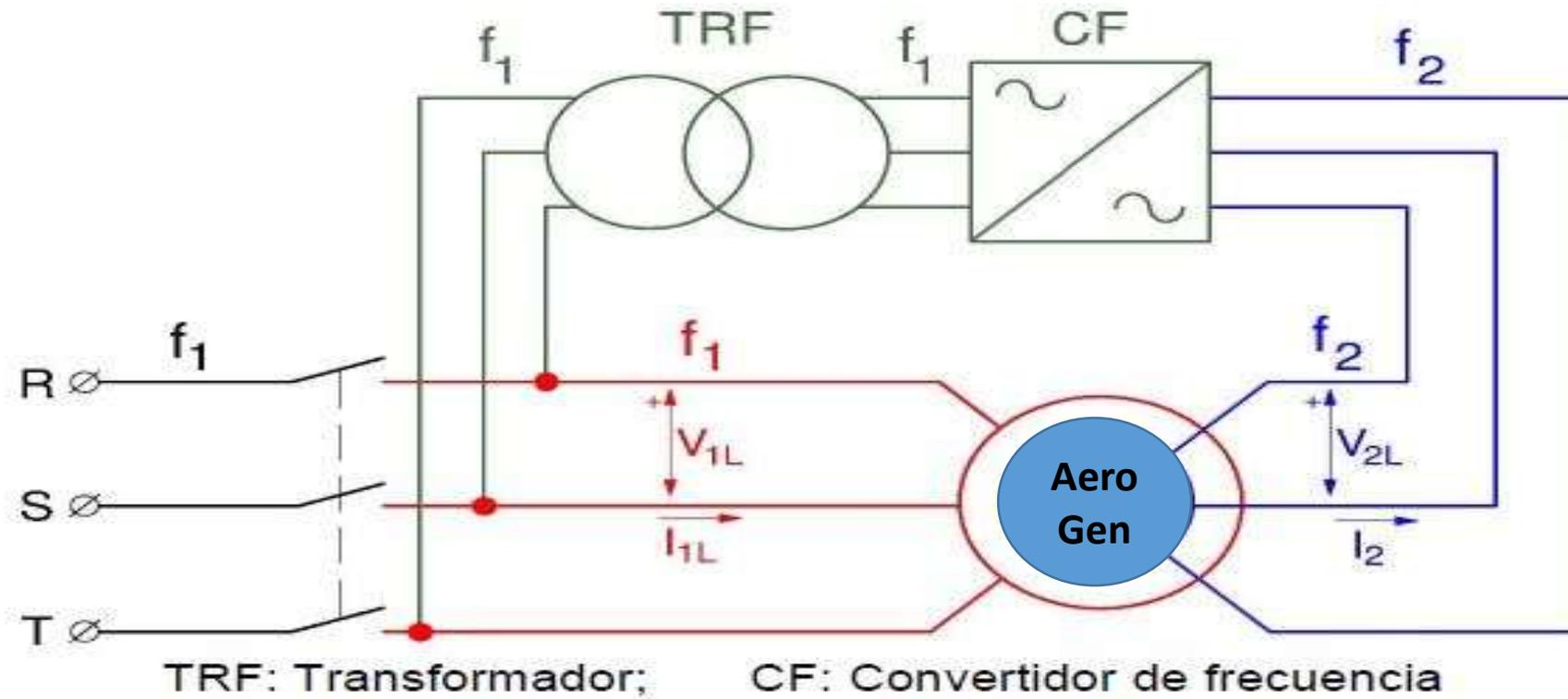
- Analizar las principales diferencias en el funcionamiento de los siguientes tipos de Aerogeneradores:
 - Tipo I Asíncrono a Velocidad Fija
 - Tipo II Asíncrono a Velocidad Variable
 - Tipo III Asíncrono a Velocidad Variable doblemente alimentado (variación velocidad limitada)
 - Tipo IV Síncrono a Velocidad Variable
 - Tipo V Síncrono a Velocidad Variable sin Caja Multiplicadora
 - Tipo VI Síncrono a Velocidad Variable con Imanes Permanentes PMSM

Casos Prácticos



CASOS PRÁCTICOS

Balance de Potencia en Aerogeneradores DFIG





Día 3

Módulos de Parque Fotovoltaicos (Central FV)

PARTE 1

- Constitución
- Funcionamiento
- Tipos de Instalaciones FV
- Circuito Equivalente
- Diseño de una Planta FV
- Regulación y Control
- Inversores
- Regulación de P y Q
- Corrientes de Cortocircuito

PARTE 2

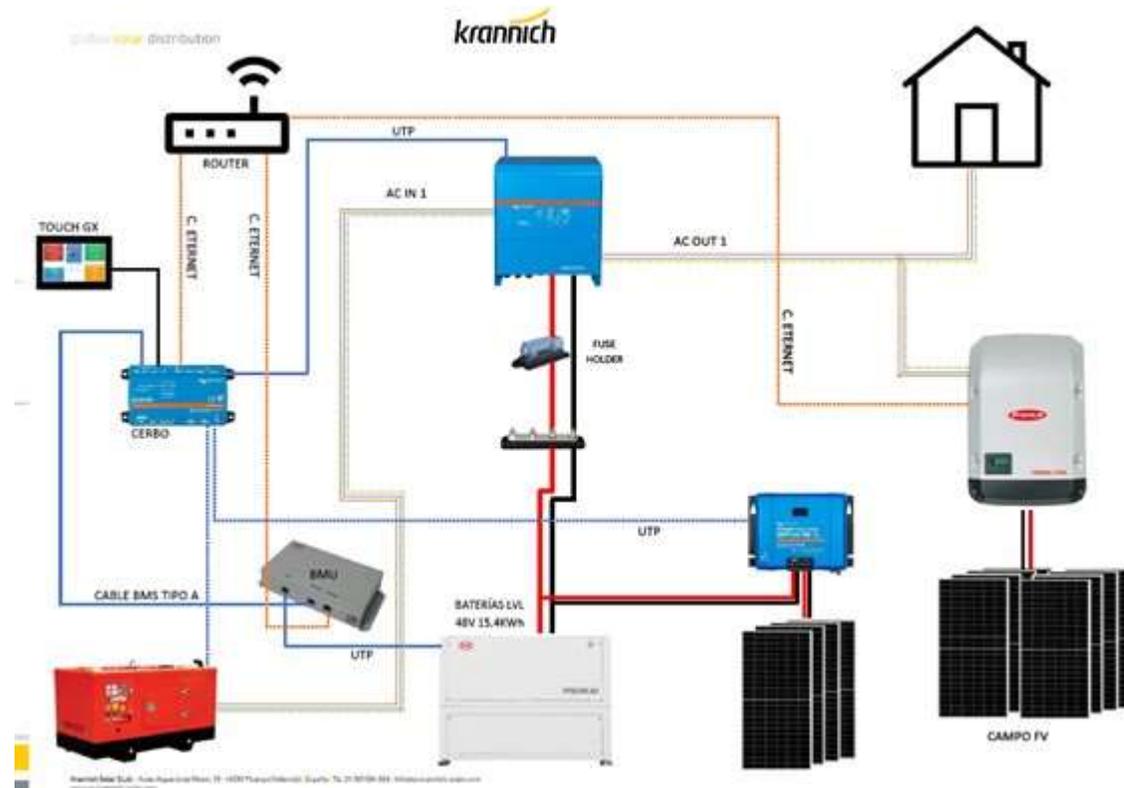
- Caso Práctico: Hibridación con almacenamiento BESS

Tipos de Instalaciones Fotovoltaicas



TIPOS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

- Configuración Aislada Autoconsumo
- AC / DC Coupling



TIPOS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

- Configuración con Conexión a Red
- Huertos Solares y Centrales FV



Huerto Solar: Agrupaciones de consumidores que deciden cosechar el Recurso Solar

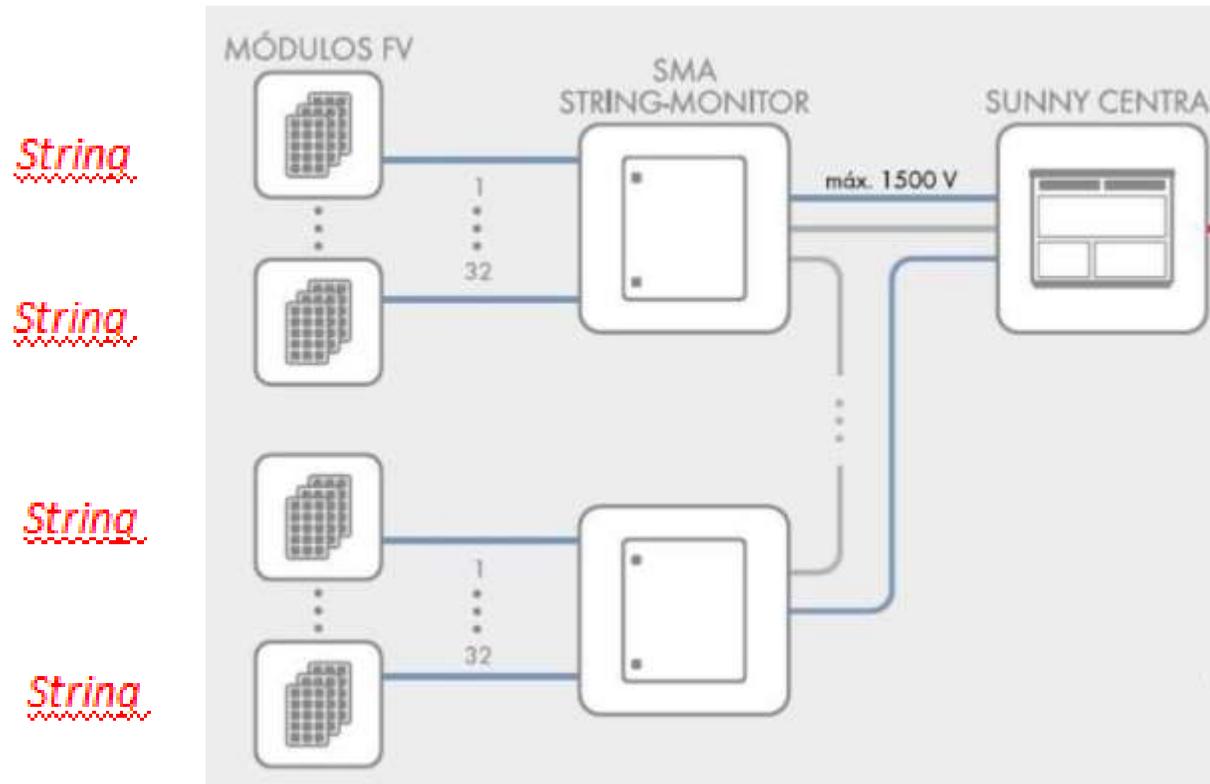
Componentes de un Generador FV



1. Panel Fotovoltaico.
2. Cableado de conexión entre los paneles fotovoltaicos en serie y cableado de conexión de un ramal con la combiner box.
3. Combiner box.
4. Cableado de conexión de las combiner box con inversor y representación del Inversor.
5. Cableado de conexión inversor-transformador.
6. Cableado de conexión transformador-Subestación elevadora.
7. Cableado de conexión con la red de transporte.

COMPONENTES DE UN GENERADOR FV

- Combiner BOX



COMPONENTES DE UN GENERADOR FV

- Centro de Transformación y Potencia

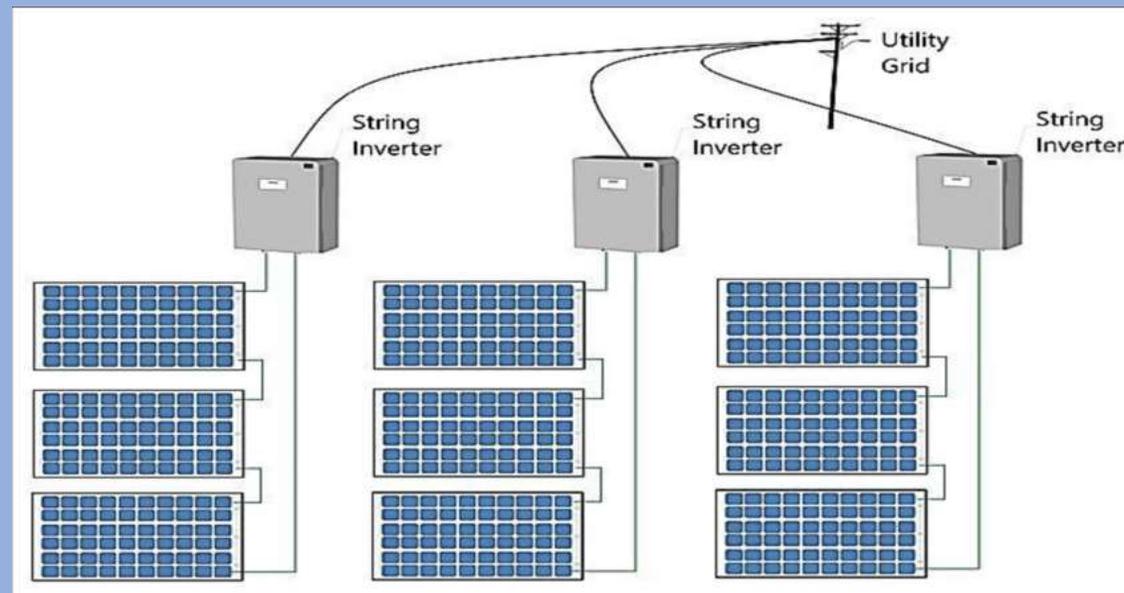
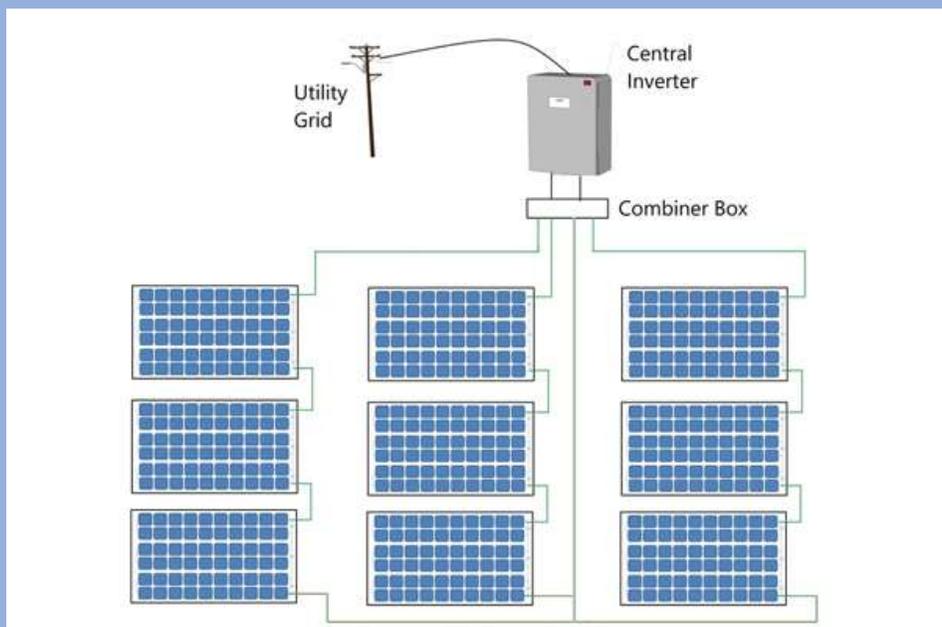


Celdas de MT

Transformador

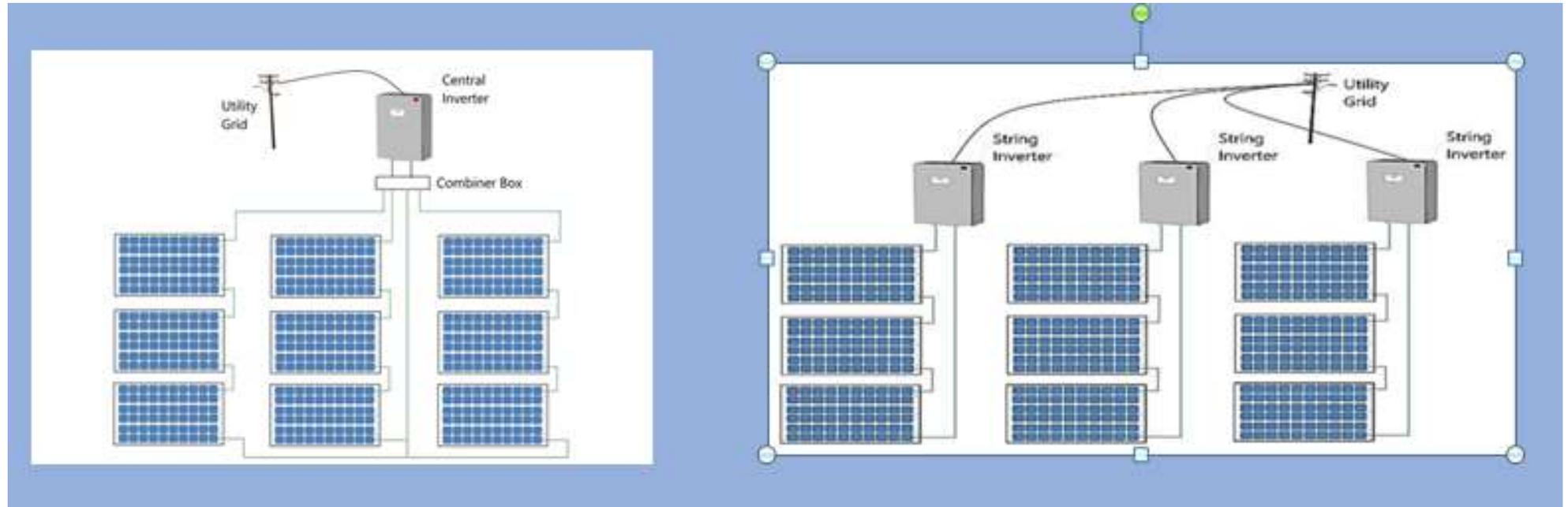
Inversor

Inversores

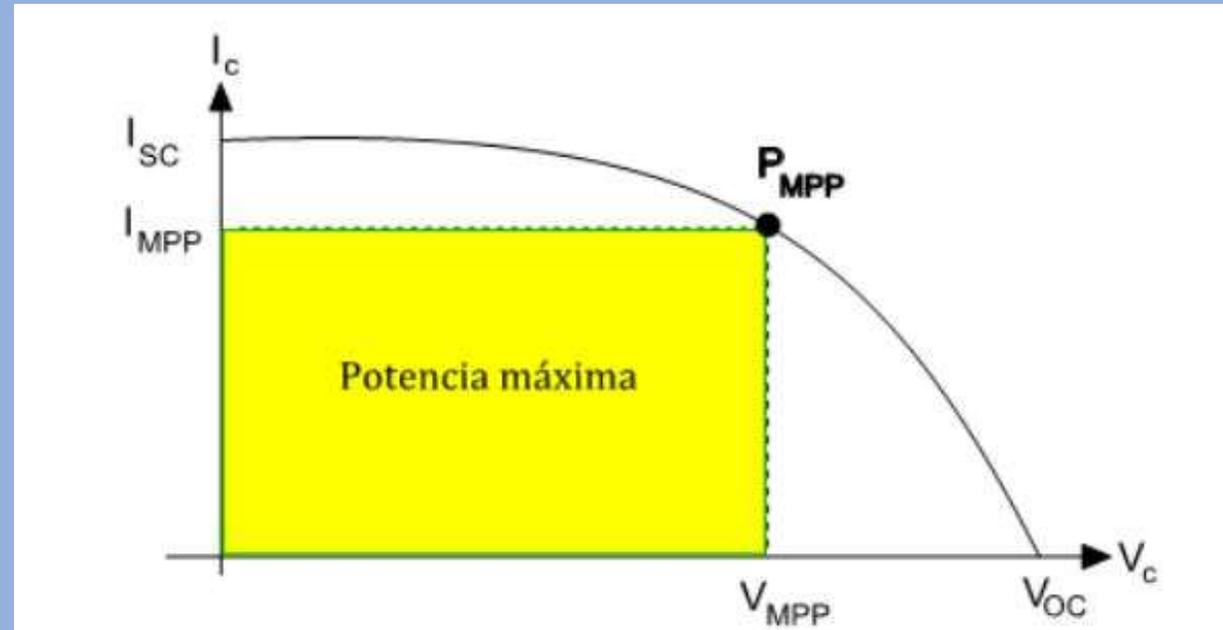


INVERSORES

- Inversores Centralizados y de String

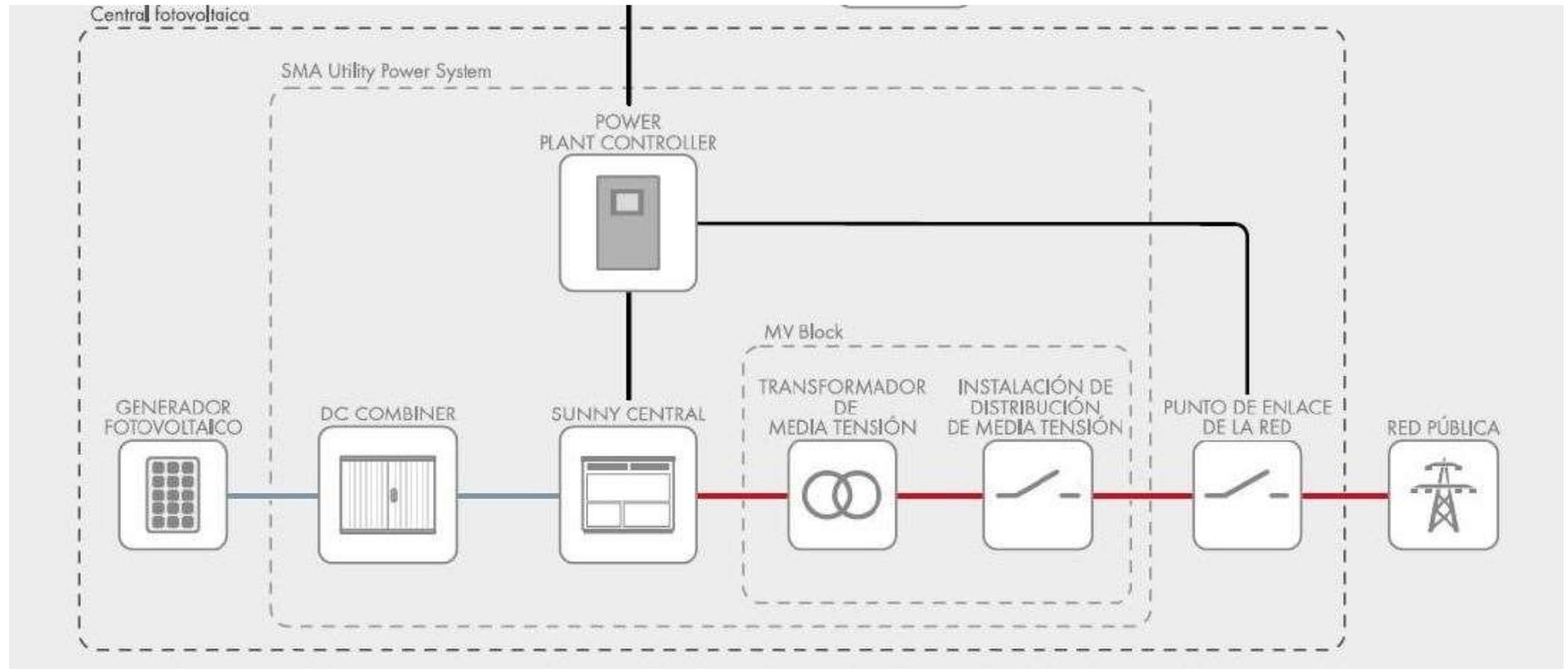


Regulación y Control



REGULACIÓN Y CONTROL

- Regulación Planta FV



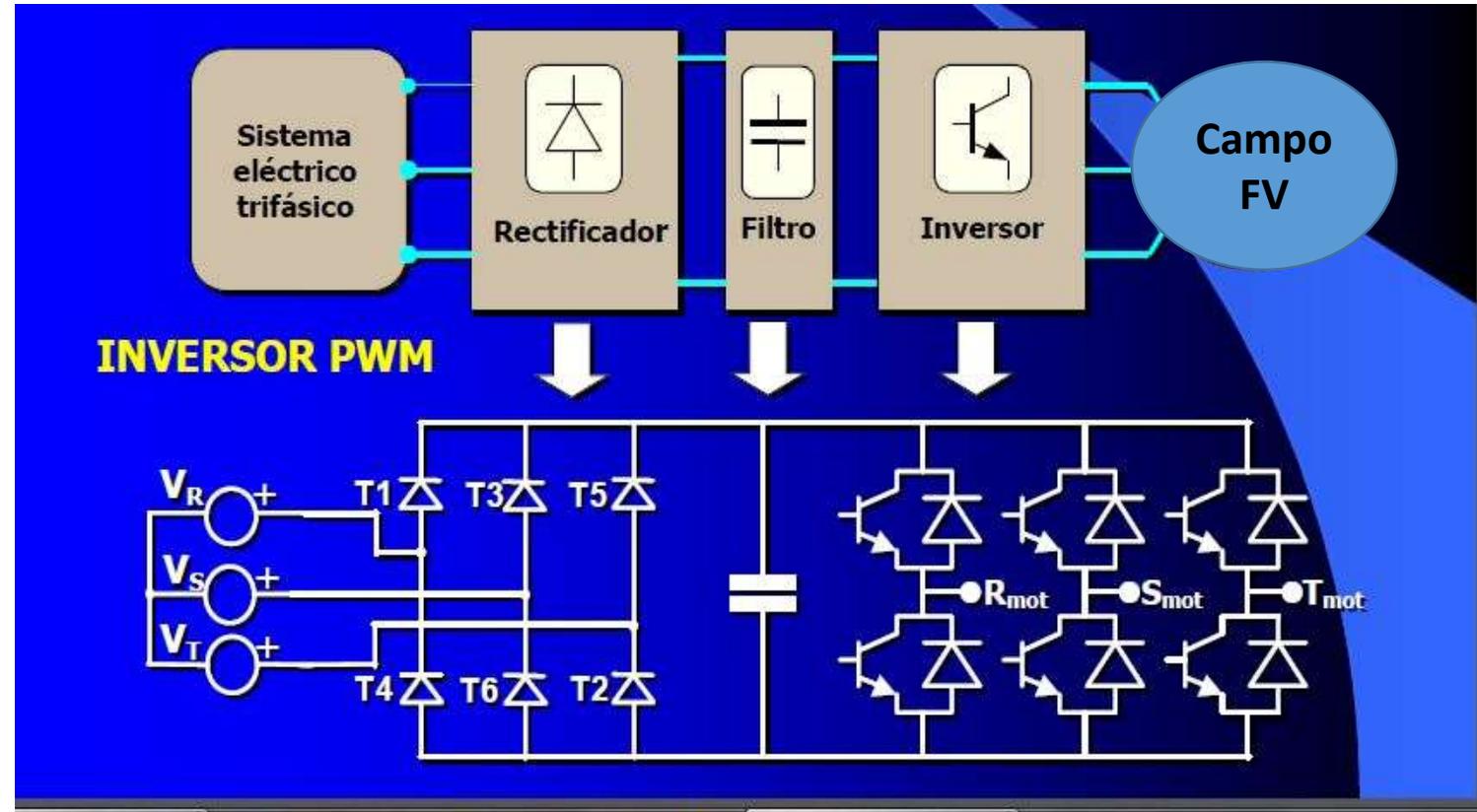
Regulación de P y Q



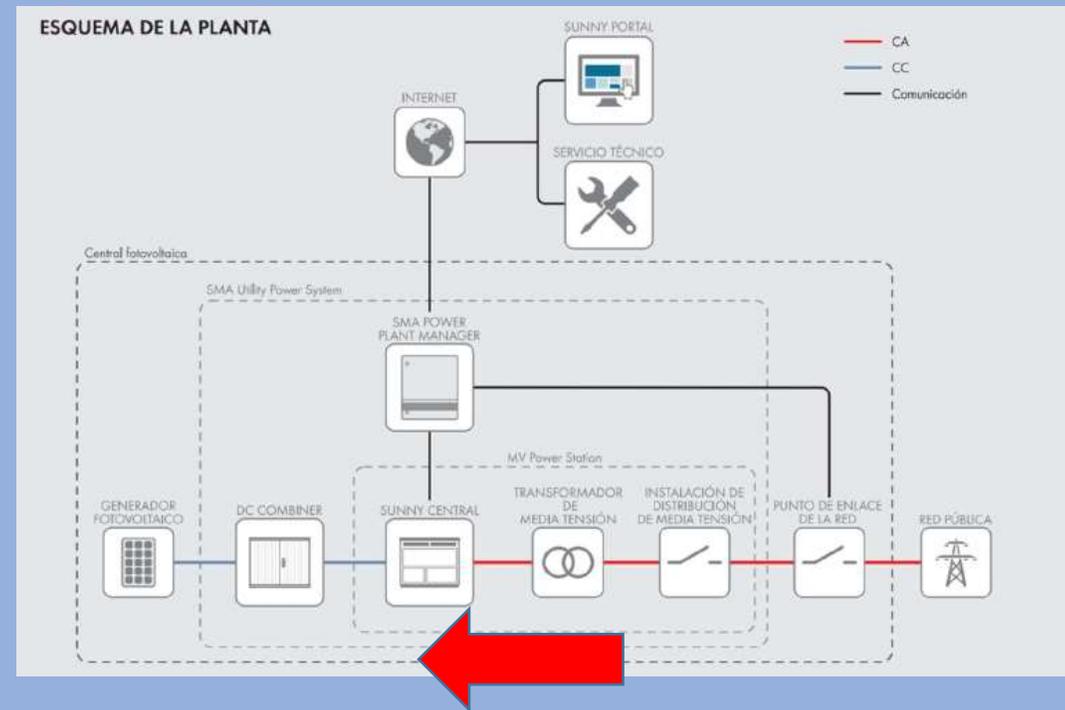
Fuente: Ingeteam

REGULACIÓN DE P Y Q

- Regulación P y Q
- A través de los Inversores

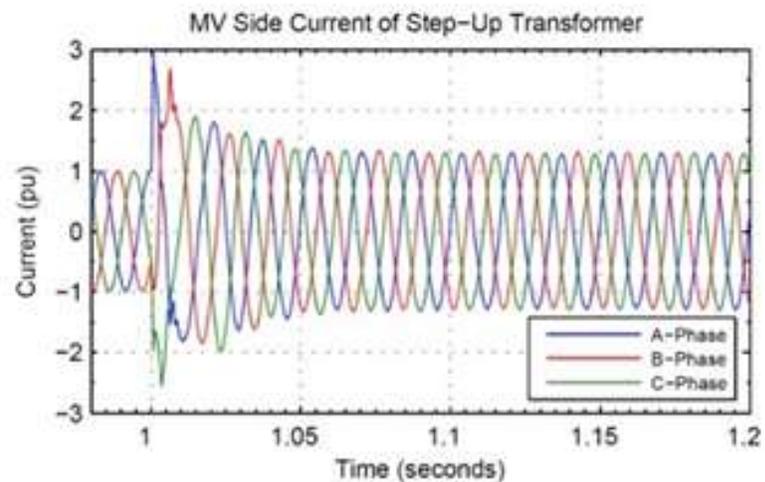


Corrientes de Cortocircuito

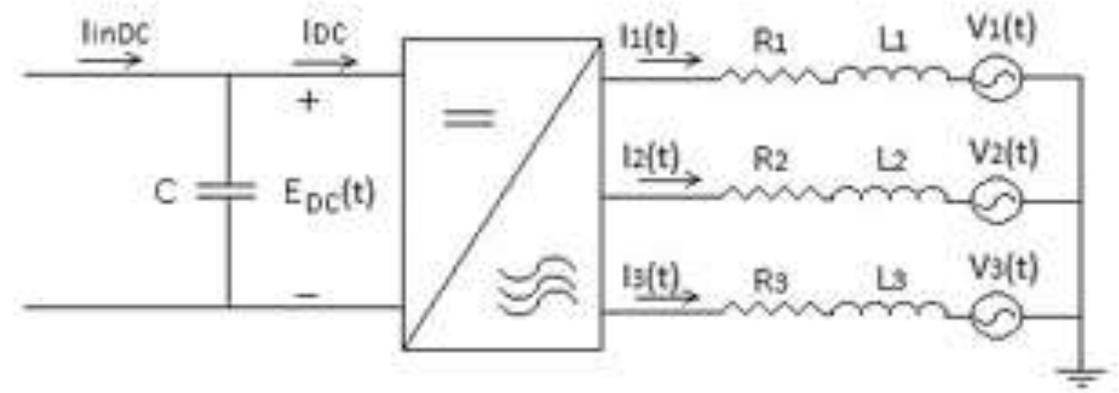


CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

- Generador FV



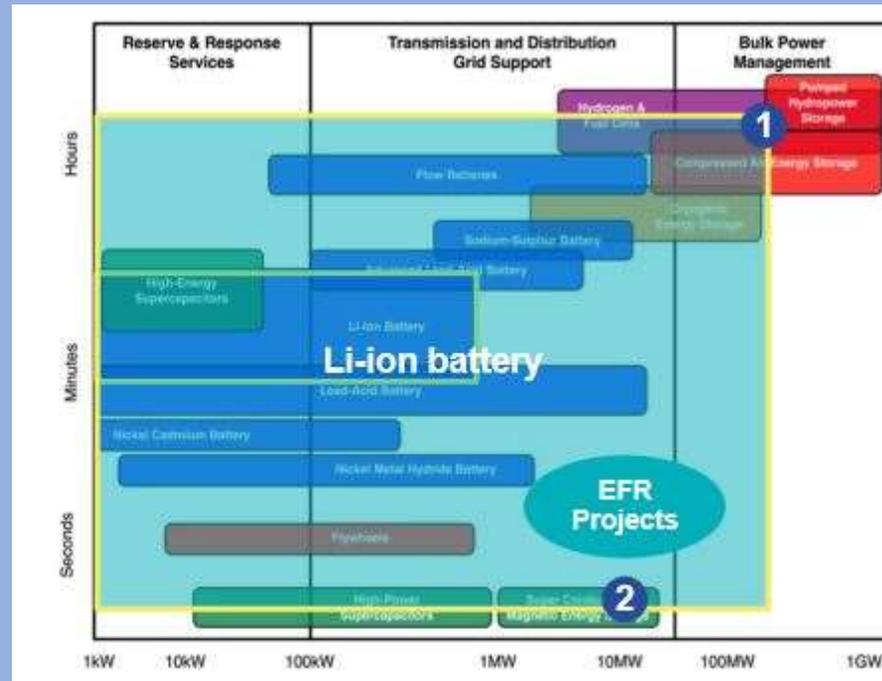
¿Por qué es tan similar al Asíncrono Full Converter?



La I_{cc} la decide el Convertidor, que se comporta como una Fuente de Intensidad!!
Por tanto está limitada. La proporciona el fabricante

Fuente: Artículo ACGEF, Análisis de cortocircuitos en generadores Eólicos y FV

Caso Práctico: Hibridación con Almacenamiento BESS



1. Alamos
100MW/400MWh
contracted for 20+
Years.



2. Kilroot 10MW/5MWh
'Digital Inertia'
response times in
millisecond timeframes
independently
validated.

CASO PRÁCTICO

- Hibridación Planta FV con sistema BESS
- Concepto Sistema BESS
 - Se puede definir un Sistema BESS (Battery Energy Storage System) como una solución energética que consiste en un sistema de almacenamiento a gran escala que guarda energía generada por otro sistema (preferiblemente renovable) en sus baterías para darle uso cuando sea conveniente





Día 4

Módulos de Generación Auxiliares

PARTE 1

- Centros de Potencia
 - Inversores
 - Transformadores
- Líneas de Evacuación
 - Aéreas vs Subterráneas
 - Alterna vs Continua
- Subestaciones Colectoras

PARTE 2

- Caso Práctico: Línea de Evacuación Parque Eólico offshore flotante 100 MW

Centros de Potencia

- Inversores
- Transformadores



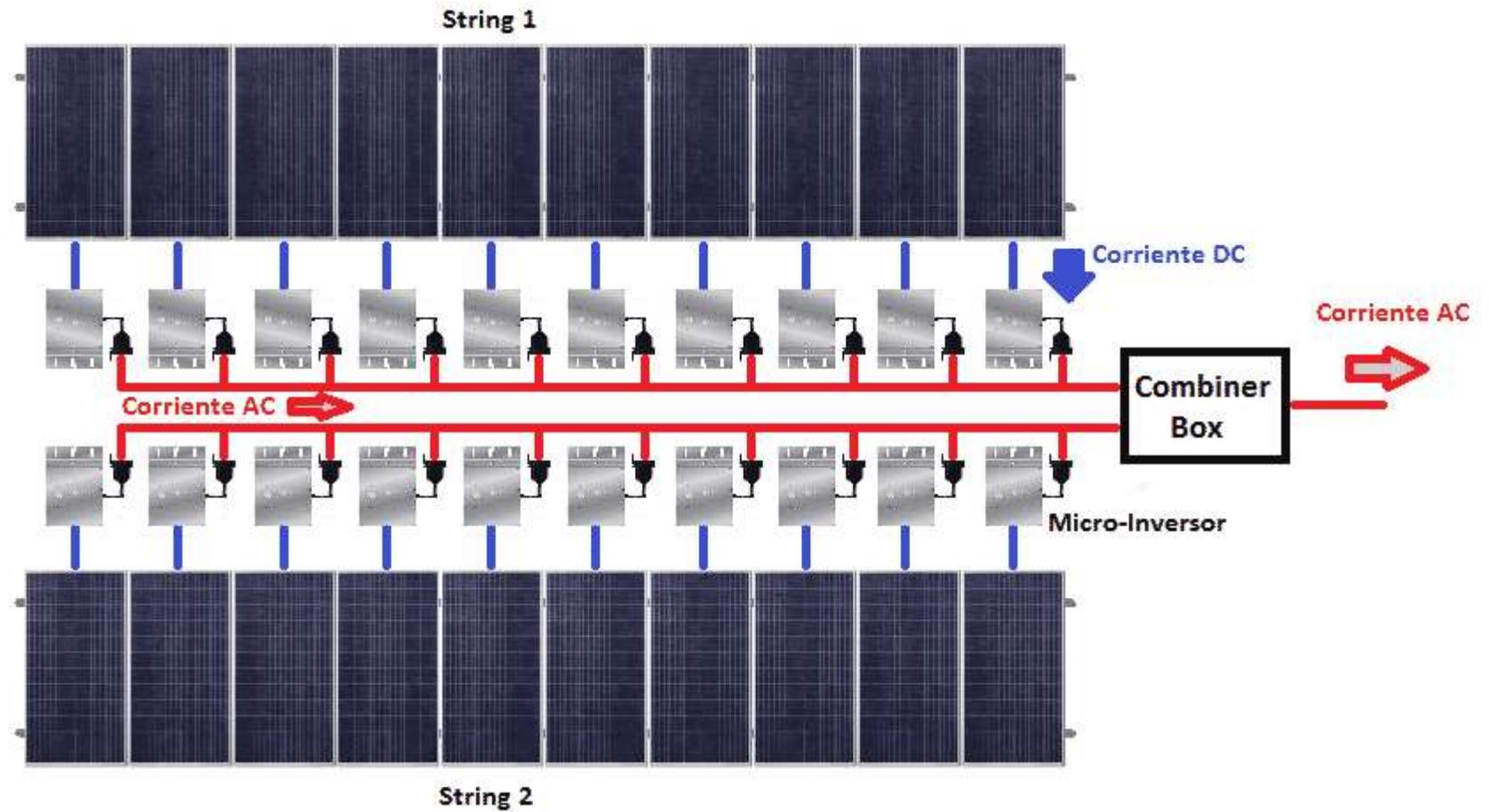
INVERSORES

- Tipos de Inversores
 - Centralizados
 - De 'string'
 - Microinversores



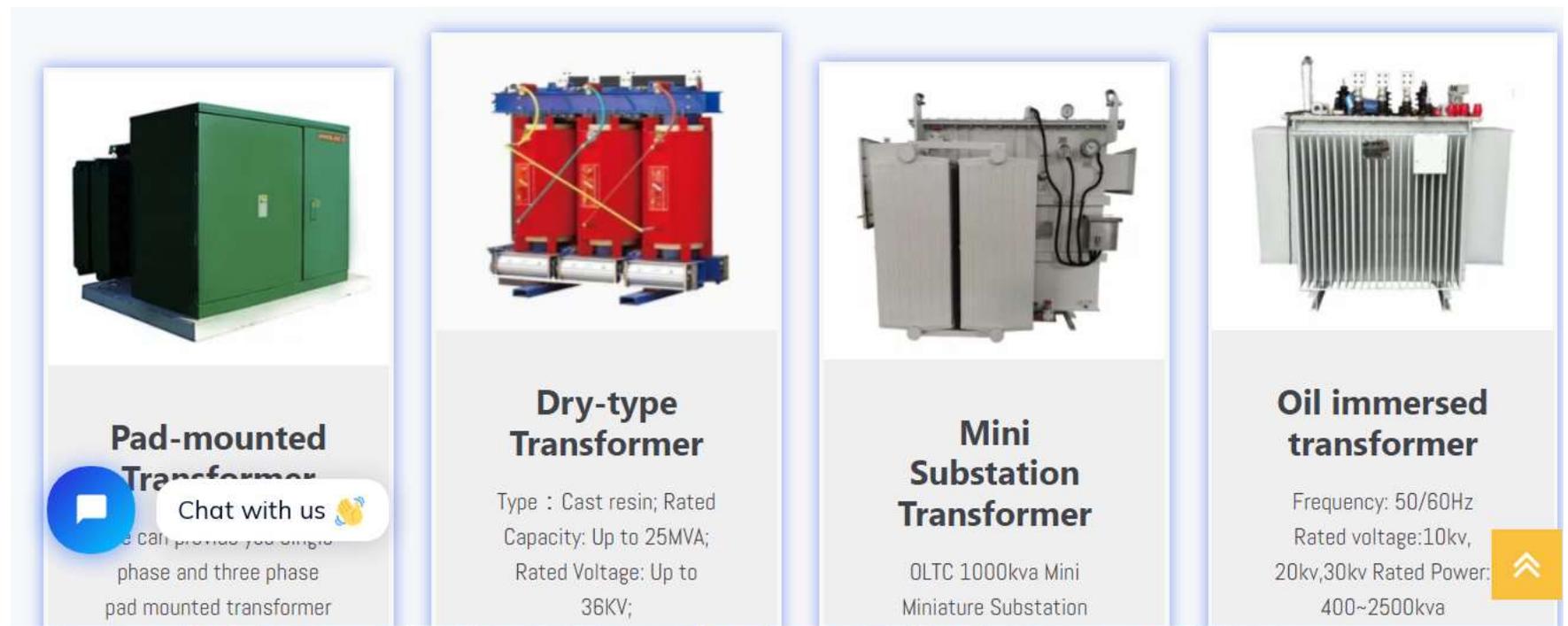
INVERSORES

- Microinversores



TRANSFORMADORES

- Transformadores
Plantas FV



The image displays four different types of transformers in a grid layout. Each type is shown with a photograph and a text box describing its features and specifications.

- Pad-mounted Transformer:** A green, boxy transformer mounted on a concrete pad. A chat bubble icon is overlaid on the image with the text "Chat with us".
- Dry-type Transformer:** A transformer with three red cylindrical cores and blue top connections.
- Mini Substation Transformer:** A compact, white transformer with a vertical door and various electrical components on top.
- Oil immersed transformer:** A transformer with a large, silver-colored cooling radiator and a grey top section.

Pad-mounted Transformer
We can provide you single phase and three phase pad mounted transformer

Dry-type Transformer
Type : Cast resin; Rated Capacity: Up to 25MVA; Rated Voltage: Up to 36KV;

Mini Substation Transformer
OLTC 1000kva Mini Miniature Substation

Oil immersed transformer
Frequency: 50/60Hz
Rated voltage:10kv, 20kv,30kv Rated Power: 400~2500kva

Fuente: DAELIM

Líneas de Evacuación

- Aéreas vs Subterráneas
- Alterna vs Continua



Fuente: Grupo OCA LSAT 66 kV



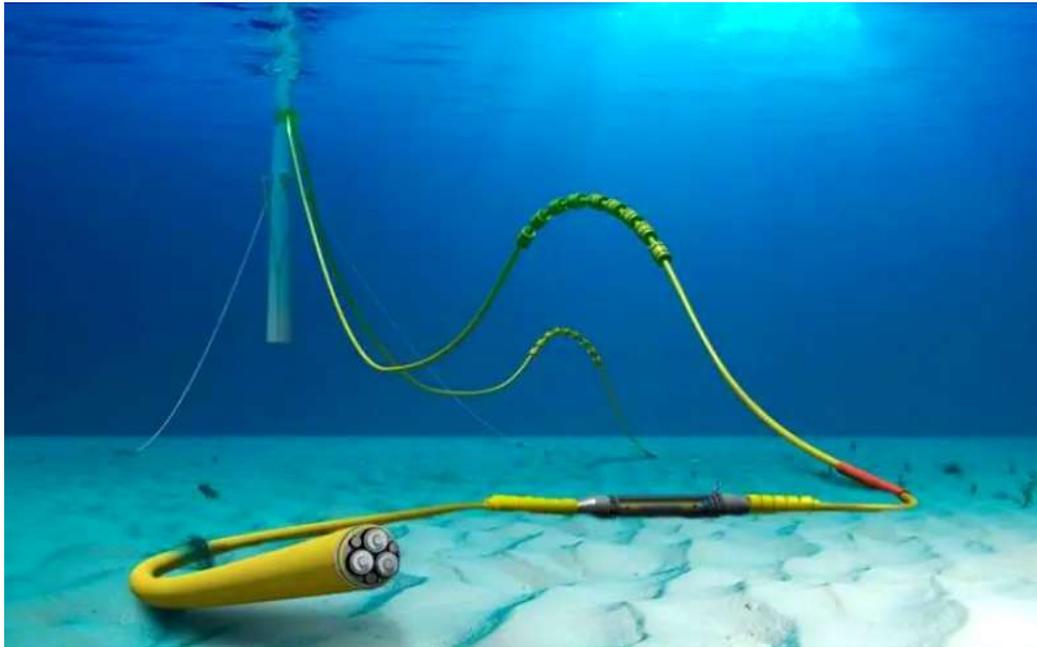
LÍNEAS AÉREAS VS SUBTERRÁNEAS

- Línea Evacuación Subterránea



LÍNEAS ALTERNA VS CONTINUA

- Línea Evacuación Submarina



Subestaciones Colectoras



Fuente: ISASTUR

SUBESTACIONES COLECTORAS

- SE Colectora
Parque FV



Fuente: WEG

SUBESTACIONES COLECTORAS

- SE Colectora
Parque Eólico
offshore



Caso Práctico: Línea Evacuación Parque Offshore Flotante



Fuente: ELAWAN

CASO PRÁCTICO

- Línea Evacuación Parque Offshore Flotante

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	DISEÑO CABLEADO								
2	1. Definir esquema y disposición de los respectivos aerogeneradores por grupos en el mar								
3	2. Calcular la intensidad circulada por cada uno de estos cables en función de la potencia transportada								
4	3. Hallar el proveedor de los cables para determinar la sección correspondiente								
5	4. Dar valor a la lz corregida del cable en función de las respectivas constantes K								
6									
7									
8	Cable 1		Valores	Cable 2		Valores	Cable 3		Valores
9	Cos phi	0,85		Cos phi	0,85		Cos phi	0,85	
10	Potencia	12000000		Potencia	36000000		Potencia	108000000	
11	Tensión	66000		Tensión	66000		Tensión	66000	
12	Intensidad	123,50		Intensidad	370,49		Intensidad	1111,48	
13	SECCIÓN	240		SECCIÓN	240		SECCIÓN	1200	
14	lz	542		lz	542		lz	1271	
15	K enterrada	0,9		K enterrada	0,9		K enterrada	0,9	
16	k temperatura	1,07		k temperatura	1,07		k temperatura	1,07	
17	k resistencia termica	1,1		k resistencia termica	1,1		k resistencia termica	1,1	
18	lz corregida	574,14		lz corregida	574,14		lz corregida	1346,3703	
19									
20									

Q &A

Q&A

DATOS DE CONTACTO

Juan Antonio Tormo
Ingeniero Industrial



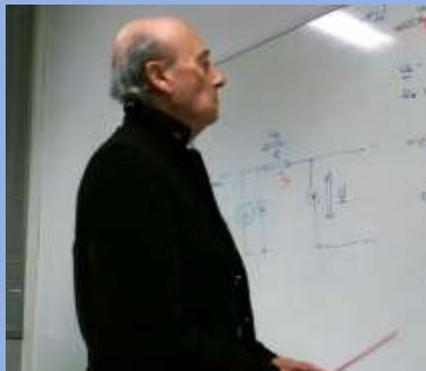
jatormovento@gmail.com

juan-antonio.tormo@engineers.net

juanantonio.tormo@iqs.url.edu



[linkedin.com/in/jatormo](https://www.linkedin.com/in/jatormo)



Experiencia

IQS Barcelona
Profesor Asociado
septiembre de 2011 - Present (10 años 4 meses)
Departamento Eléctrico

Empresa Privada
Consultor
enero de 2013 - Present (9 años)
Consultoría e implantación de Proyectos en el entorno de los Sistemas Eléctricos de Potencia y en el ámbito energético.

Xastel Trade
Socio Director
enero de 2002 - Present (20 años)
Ayudamos a Empresas y Profesionales a promover sus actividades, productos y servicios utilizando Internet como medio y a través de técnicas que constituyen lo que llamamos Internet & Mobile Marketing System. Las principales herramientas que usamos son:
Videostreaming & Live TV

Aristos
Director Técnico
enero de 1990 - diciembre de 2000 (11 años)
Desarrollo de proyectos en las áreas de Gestión, Sistemas e Ingeniería.

SCAN Seguridad Informática y de Sistemas
Consultor
enero de 1986 - diciembre de 1989 (4 años)

INFONET - INDRA
Consultor Tecnológico
enero de 1978 - diciembre de 1985 (8 años)
Desarrollo de proyectos de Sistemas, Comunicaciones e Ingeniería.