



## CAPITULO 1

### 1.- DEFINICIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

#### 1.1 ANTECEDENTES

Quizá el momento más decisivo para la humanidad haya sido el descubrimiento del fuego, y gracias a él, la humanidad comenzó a ser capaz de controlar y modificar muchos procesos que hasta ese momento dependían únicamente de la naturaleza. Desde entonces la energía ha sido un elemento indispensable en la satisfacción de las necesidades cotidianas de todas las formas de organización social.

Durante la mayor parte de la historia humana, el sistema energético dependió de los flujos naturales de energía, de la fuerza animal y humana para proveer los servicios requeridos en la forma de calor, luz y trabajo. La única forma de transformación conocida era de energía química a energía calorífica y luminosa, mediante la quema de leña o de velas. Fue a partir de la revolución industrial, alrededor del año 1750, cuando el sistema energético mundial pasó por dos transiciones significativas: La primera fue la máquina de vapor alimentada por carbón, con la que se realizó la primera conversión de recursos energéticos fósiles en trabajo útil. La segunda gran transición fue la diversificación de las fuentes de abastecimiento de energía; la llegada de la electricidad fue tal vez el factor más importante para que esta transición ocurriera. Una tercera innovación fue el motor de combustión interna que revolucionó los patrones de transporte individual y colectivo. Sin embargo,



junto con esto se dio una creciente dependencia del petróleo como el energético primario para cubrir las necesidades cada vez mayores de combustibles para generación eléctrica y transporte.

La electricidad es una de las principales fuentes de energía usadas en el mundo. Sin ella no hubiera sido posible alcanzar el estado en el que se encuentra la humanidad, no se tendría todo lo que actualmente depende de la electricidad como: la investigación espacial, iluminación, motores, computadoras, sistemas de comunicaciones, equipos para el cuidado de la salud, artefactos electrodomésticos, etc. Sin la electricidad, todas las comodidades que el ser humano disfruta cotidianamente, simplemente, no existirían. Del grado de consumo de energía eléctrica de un país depende su avance tecnológico y social.

La industria eléctrica se inició con la generación de energía eléctrica en el sitio de consumo, en las minas y en la industria textil. Después, su uso se hizo extensivo al llevar la energía a los consumidores domésticos, creciendo con ello la demanda y motivando que la generación evolucionara hacia el esquema de Generación Centralizada, precisamente porque la central eléctrica se encontraba en el centro geográfico del consumo.

Originalmente la energía eléctrica se produjo por medio de generadores de corriente directa. Esto trajo restricciones tecnológicas ya que la energía era transportada por baja tensión de 30 a 50 kilómetros como máximo. Edison instaló en la ciudad de Nueva York la primera central eléctrica del mundo para



alumbrado público, con la que iluminó la calle de Wall Street, en Manhattan, esto ocurrió en el año de 1882.

Las empresas eléctricas se establecieron en territorios abiertos sin servicios, garantizando así monopolios. Los sistemas fueron aislados, sin conexión con otras empresas eléctricas. A principios de los años treinta, las redes eléctricas se unieron unas con otras y la interconexión ofreció evidentes ventajas.

Con el tiempo, la generación eléctrica se estructuró como se conoce hoy en día, es decir, con corriente alterna y transformadores, lo que permitió llevar la energía eléctrica prácticamente a cualquier punto alejado del centro de generación. Bajo este escenario, se perdió el concepto de Generación Centralizada, ya que las grandes centrales se encuentran en lugares distantes de las zonas de consumo, pero cerca de las fuentes de energía.

En los años setentas, factores energéticos (crisis petrolera), ecológicos (cambio climático) y de demanda eléctrica (alta tasa de crecimiento) a nivel mundial, plantearon la necesidad de alternativas ecológicas para asegurar, por un lado, el suministro oportuno y de calidad de la energía eléctrica y, por el otro, el ahorro y uso eficiente de los recursos naturales.

## 1.2 DESARROLLO SOSTENIBLE

Históricamente; el hombre ha construido diferentes instrumentos para mantener, atender y satisfacer necesidades de desarrollo y progreso económico, cultural y tecnológico. Estas necesidades son originadas en principio para lograr beneficio social. No obstante, el camino que ha elegido para tratar de alcanzar estos objetivos son: el de un desarrollo y el de un



crecimiento dispar; que si bien produce satisfactores, al mismo tiempo transforma y explota al sistema natural de manera excesiva y no organizada o no sostenida.

La explotación tecnológica permite al hombre mantener el nivel y estilo de vida que desea, y el que ha seguido a la sociedad en general.

Sin embargo, este proceso se ha traducido en agotamiento de recursos, destrucción de los ecosistemas naturales, pérdida de la fertilidad y deterioro de los suelos agrícolas, etcétera.

Se entiende entonces por Desarrollo Sostenible el atender y satisfacer las necesidades de desarrollo y progreso económico, cultural y tecnológico, evitando el agotamiento de recursos, destrucción de los ecosistemas naturales, pérdida de la fertilidad y deterioro de los suelos agrícolas, protegiendo así el medio ambiente nacional y mundial para el beneficio de las generaciones futuras y mejorando constantemente la calidad de vida.

### 1.3 ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE

El clima de la Tierra en el transcurso de su historia ha variado constantemente. El clima actual difiere en mucho del clima que dominaba hace 100 millones de años. Lo que se intenta hacer entender es que los cambios climáticos están impulsados por causas naturales, como los cambios en los parámetros orbitales. Pero los cambios climáticos actuales, a diferencia de los registrados en el pasado, están impulsados por una fuente adicional: la actividad humana.



Los problemas ambientales se han incrementado en los últimos años debido a las grandes necesidades de una población creciente, cuyas actividades principales de los sistemas energéticos no han sido respetuosas con el medio ambiente provocando la degradación del mismo y de los recursos naturales.

Un sistema energético general es considerado como un conjunto de tres elementos principales: la fuente, el proceso de transformación y la utilización, durante cada etapa del sistema se producen impactos negativos hacia el medio ambiente.

La industria es uno de los principales productores de los contaminantes emitidos a la atmósfera a causa de los combustibles y materias primas empleados, del tipo de proceso y las tecnologías usadas. Unos de los principales centros emisores de contaminantes son las centrales de generación eléctrica.

Los contaminantes emitidos a la atmósfera son varios, pero uno de estos gases contaminantes emitidos a la atmósfera es el bióxido de carbono, que si bien su existencia en el aire es completamente normal, su concentración ha sobrepasado los límites de su proporción en la mezcla de los componentes en la atmósfera, ver figura 1.1.

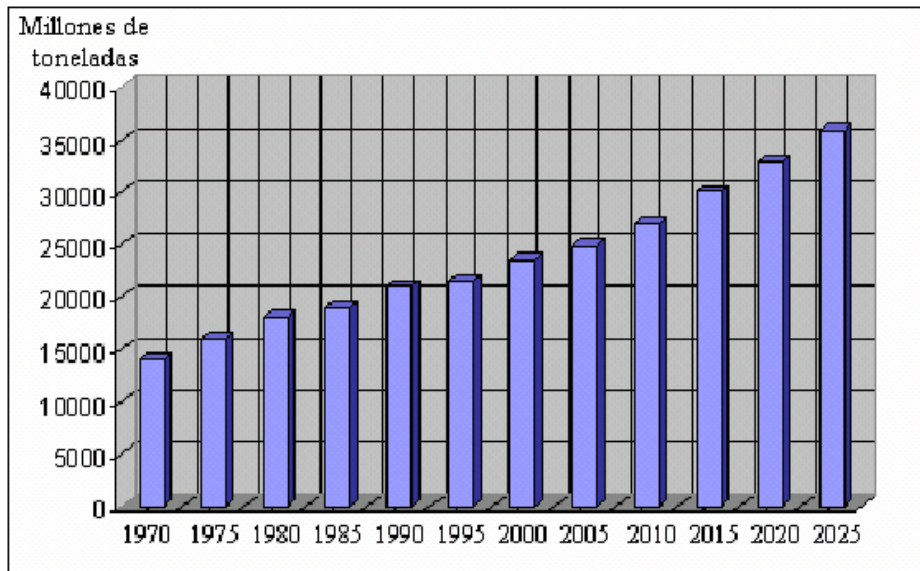


Figura 1.1 Emisiones de CO2 a nivel mundial

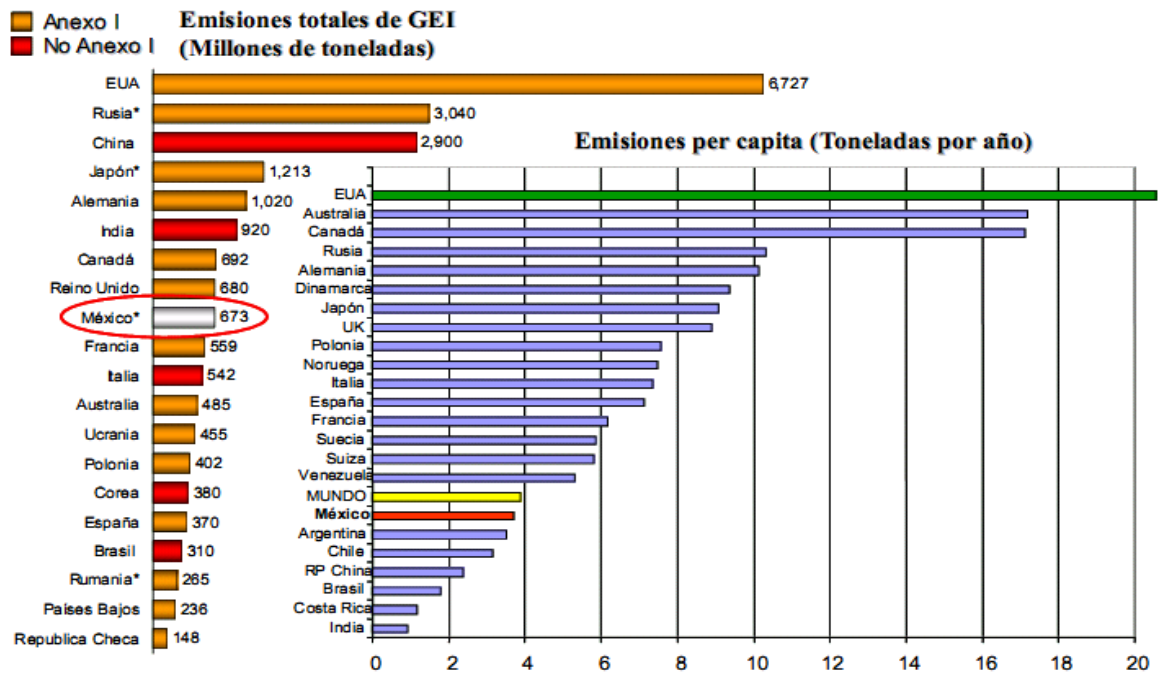
El exceso de bióxido de carbono y estos otros gases son los responsables del llamado Efecto Invernadero.

#### 1.4 EFECTO INVERNADERO

El clima de la Tierra está dirigido por un flujo de energía continuo desde el Sol. Aproximadamente un 30 % es devuelto al espacio en forma inmediata, pero la mayoría del restante 70 % pasa a través de la atmósfera para calentar la superficie terrestre. La Tierra debe enviar esta energía de vuelta al espacio en la forma de radiación infrarroja. Estando mucho mas fría que el Sol, la Tierra no emite energía como luz visible. En cambio, emite radiación infrarroja o radiación térmica. Los gases de efecto invernadero (figura 1.2) en la atmósfera bloquean la radiación infrarroja y no le permiten escapar directamente desde la superficie del planeta al espacio. De esta manera, al aumentar la concentración de gases de invernadero, se incrementa la cantidad



de calor atrapado en la atmósfera, dando origen al Calentamiento Global del Planeta.



Fuente: [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)

Figura 1.2 Gases de Efecto invernadero

### 1.5 CALENTAMIENTO GLOBAL DEL PLANETA

Se piensa que el calentamiento global puede afectar a la humanidad en diversos aspectos como la disminución en la producción y abastecimiento de alimentos. Además de afectar a todas las especies y ecosistemas en general ya que serán cada vez más constantes y grandes ciertos fenómenos naturales como tormentas, sequías, huracanes, etc., que en particular afectarán principalmente a los países subdesarrollados ya que el proceso de recuperación a uno de estos embates de la naturaleza es lento y costoso.



Varios estudiosos de este tema empiezan a considerar incluso el derretimiento de los polos terrestres.

## 1.6 PROTOCOLO DE KIOTO

En esencia, el protocolo de Kyoto convoca a una reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre) a los países desarrollados y a algunos países con economías en transición. Esta iniciativa, surgida en diciembre de 1997 bajo la Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, podría tener en el futuro, profundos efectos sobre el uso de combustibles sobre países que lo ratifiquen. Cabe señalar que México firmó su adhesión a este protocolo como país miembro del Anexo II el 9 de junio de 1998 y la ratificó el 7 de septiembre de 2000.

Bajo los términos del Protocolo de Kyoto, los países se agrupan en dos anexos. El Anexo I incluye a la mayoría de los países industrializados, mientras que el Anexo II incluye a los países en vías de desarrollo. De esta forma, para el período de 2008 a 2012, los países del anexo I se comprometieron a reducir sus emisiones totales de gases de invernadero en al menos 5% respecto a los niveles de 1990. Las metas cuantificadas de emisión son establecidas para cada país de manera diferenciada.

Para alcanzar estas metas de reducción, los países del anexo I pueden implementar medidas internas de reducción de emisiones a los llamados “mecanismos flexibles”, diseñados para ayudar a los países a alcanzar sus





metas de reducción de la manera más eficiente, a través del mercado. Estos mecanismos consisten en lo siguiente:

- Comercio internacional de emisiones: Este mecanismo permite que a partir del 2008 los países del Anexo I siempre y cuando hayan reducido sus emisiones de gases de efecto invernadero en 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> más allá de su meta establecida pueden vender este excedente de emisiones reducidas a otros países del Anexo I que no hayan cubierto su cuota de reducción.
- Implementación conjunta: Permite a los países del Anexo I invertir, a través de sus gobiernos u otras instituciones legales en proyectos de reducción de emisiones en otros países del Anexo I, conservando el país inversionista sus créditos que le podrán ayudar a alcanzar sus metas internas.
- Mecanismos de desarrollo limpio: Es similar al de la implementación conjunta, con la diferencia de que los países destinatarios de la inversión no pertenecen al Anexo I, lo que abre la posibilidad de que este tipo de proyectos beneficie a economías en desarrollo. Al estar las energías renovables fuertemente vinculadas con el uso de fuentes limpias, este mecanismo representa una gran oportunidad para impulsar su desarrollo en México.

En lo que respecta a este último mecanismo, se tiene la propuesta de construir un parque eólico de 200 MW llamado “Bii Nee Stipa (Viento que trae energía)” en la Ventosa, Oaxaca por parte de Gamesa Eólica de España, la cual ha sido presentada ante la ONU para ser registrada dentro del Mecanismo



de Desarrollo Limpio para la obtención de créditos de carbono (CO<sub>2</sub>). Las autoridades nacionales designadas en España y México, aprobaron su participación como países receptor y emisor respectivamente, de los créditos de carbono que sean generados por el parque eólico.

### 1.7 SISTEMAS ELÉCTRICOS CONVENCIONALES

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

Constituye un sistema integrado que además de disponer de sistemas de control distribuido, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas producidas.

En la figura 1.3 se pueden observar en un diagrama esquematizado las distintas partes componentes del sistema de suministro eléctrico:

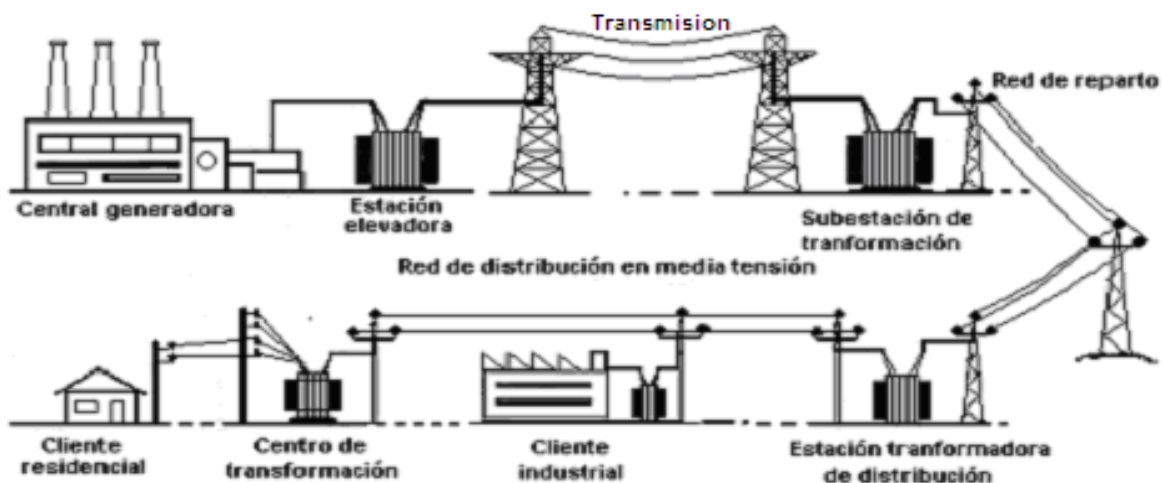


Figura 1.3 Sistema Eléctrico de Potencia



### 1.7.1 Generación de energía eléctrica

La energía eléctrica se genera en las Centrales Eléctricas. Una central eléctrica es una instalación donde se lleva a cabo la transformación de la energía que se encuentra en las fuentes primarias, tales como: petróleo, gas, agua, carbón, uranio, etc. en energía eléctrica.

La electricidad tiene la particularidad de que no puede ser almacenada en grandes cantidades, por lo que debe producirse en el momento que se requiere, esto obliga a disponer de capacidades de producción flexibles y suficientes para adaptarse a la demanda de los consumidores.

En la figura 1.4 se muestra la distribución de los energéticos primarios para la generación de energía eléctrica en el sistema eléctrico nacional.

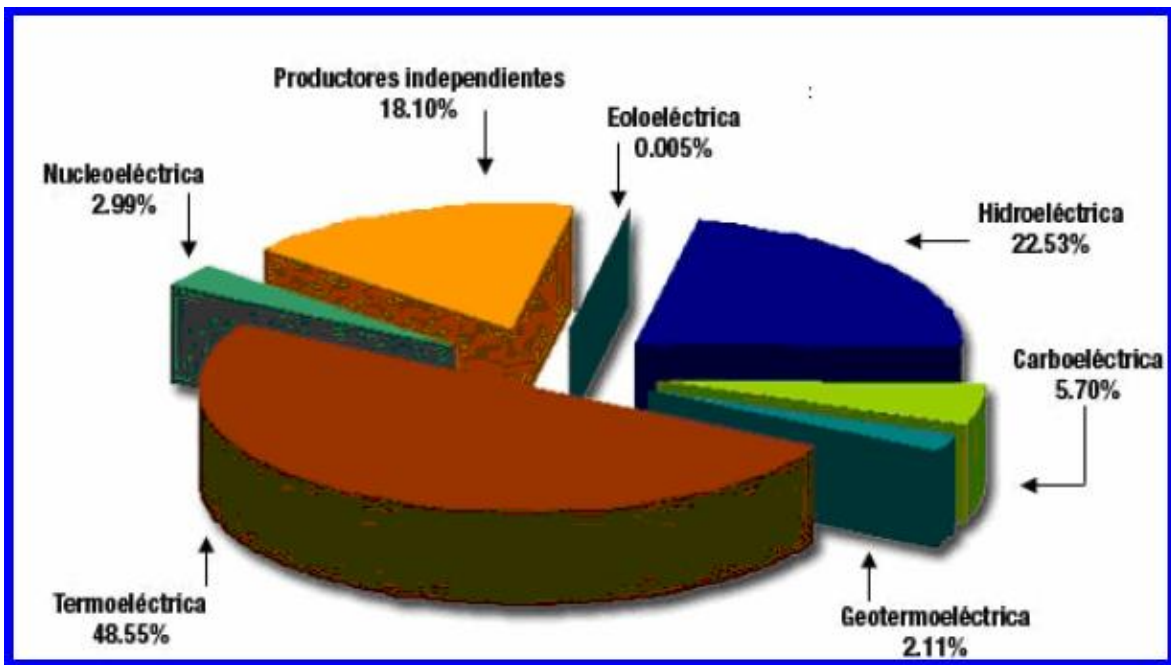


Figura 1.4. Capacidad Instalada de Generación en México

### 1.7.2 Transmisión

La red de transmisión es la encargada de enlazar las centrales con los puntos de utilización de energía eléctrica. Para un uso racional de la electricidad es



necesario que las líneas de transporte estén interconectadas entre sí formando una red, de manera que puedan transportar electricidad entre puntos muy alejados, en cualquier sentido y con las menores pérdidas posibles.

### 1.7.3 Subestaciones

Se le llama subestación eléctrica, al conjunto de aparatos y dispositivos de transformación, conversión y distribución de energía eléctrica, cuya misión es alimentar una red eléctrica. Las subestaciones eléctricas, en función a su diseño son las encargadas en interconectar líneas de transmisión de distintas centrales generadoras, transformar los niveles de voltajes para su transmisión o consumo. Las subestaciones eléctricas por su tipo de servicio se clasifican en:

- Subestaciones elevadoras
- Subestaciones reductoras
- Subestaciones compensadoras
- Subestaciones de maniobra o switcheo
- Subestación principal del sistema de distribución
- Subestación de distribución
- Subestaciones rectificadoras
- Subestaciones inversoras

### 1.7.4 Distribución

La red de distribución está constituida por líneas y transformadores, fundamentalmente, que, a la tensión requerida, lleva la energía eléctrica hasta cada uno de los consumidores.

La producción eléctrica en un sistema centralizado, independientemente si esté regulado o no, se basa en las grandes centrales y en la red de la transmisión y de distribución. Todas las centrales están interconectadas con esta red formando un sistema eléctrico. Este sistema tiene que satisfacer la demanda según se genere cada día.



En cuando a la tecnología, la mayoría de las centrales son térmicas y usan diferentes tipos de combustibles fósiles. Sin embargo, las grandes centrales hidráulicas son las únicas plantas de energía renovable que contribuyen significativamente, en algunas regiones, en la producción de electricidad.

Al sistema eléctrico centralizado se culpa también de ser uno de los principales factores del endeudamiento masivo que padece muchos países en desarrollo, los cuales con el afán de construir su sistema eléctrico a semejanza de los países industrializados, han recurrido a fuertes endeudamientos con la banca internacional para obtener el capital del que carecen sus economías. Por estas y otras razones adicionales, el sistema eléctrico tradicional se encuentra actualmente sometido a un profundo proceso de reforma en muchos países, lo que marca pautas para su evolución hacia esquemas alternativos de generación y suministro de electricidad. Finalmente, el sistema eléctrico convencional enfrenta cada vez mayores dificultades para llevar el servicio a casi un tercio de la humanidad que aún no tiene acceso a la electricidad ni a los beneficios que de ella se derivan.

En medio de las reformas a que está sometido el actual sistema eléctrico en el entorno mundial, surgen nuevos esquemas en lo político, lo económico y lo tecnológico. Ello hace pensar que dentro de 30 o 40 años las empresas eléctricas de entonces en poco se habrán de parecer a las que conocemos actualmente.

El sistema eléctrico Nacional actual ha demostrado sus bondades a lo largo de más de cien años de existencia: ha facilitado el desarrollo económico y social y ha sido palanca para la innovación en diversos ámbitos del quehacer



humano. La mayoría de los servicios que se disfrutan hoy en día no habrían sido posibles sin la electricidad suministrada por sistema eléctrico. Pero el esquema actual de generación también empieza a dar muestras de sus limitaciones, conforme la sociedad humana se hace más consciente del entorno en que vive. Al proceso de generación eléctrica mediante la quema masiva de combustibles fósiles se atribuye, en gran medida, el fenómeno del cambio climático, uno de los problemas ambientales más serios que enfrenta la humanidad en los comienzos del siglo XXI.

## 1.8 GENERACIÓN DISTRIBUIDA

El futuro del petróleo se presenta, tanto en precio como en disponibilidad, tan negro como el propio combustible, así como también el de los otros combustibles fósiles y, si agregamos que la quema de los hidrocarburos es fuente de contaminación y de gases que provocan el efecto invernadero, la situación es todavía más crítica. Por estas y otras razones, la producción futura de energía eléctrica deberá reducir su dependencia de los combustibles fósiles y recurrir a fuentes de energía renovable, configurando nuevos modelos de gestión energética; por ejemplo, la generación distribuida.

La Generación Distribuida (GD) aunque se pudiera pensar que es un concepto nuevo tiene su origen, de alguna forma, en los inicios mismos de la industria eléctrica.

Aunque no existe una definición como tal, diversos autores han tratado de explicar el concepto. A continuación se presentan las más ilustrativas:



Generación en pequeña escala instalada cerca del lugar de consumo.

Producción de electricidad con instalaciones que son suficientemente pequeñas en relación con las grandes centrales de generación, de forma que se puedan conectar casi en cualquier punto de un sistema eléctrico.

Es la generación conectada directamente a las redes de distribución.

Es la generación de energía eléctrica mediante instalaciones mucho más pequeñas que las centrales convencionales y situadas en las proximidades de las cargas.

Son sistemas de generación eléctrica o de almacenamiento, que están situados dentro o cerca de los centros de carga.

Es la producción de electricidad por generadores colocados, o bien en el sistema eléctrico de la empresa, en el sitio del cliente, o en lugares aislados fuera del alcance de la red de distribución.

Es la generación de energía eléctrica a pequeña escala cercana a la carga, mediante el empleo de tecnologías eficientes, destacando la cogeneración, con la cual se maximiza el uso de los combustibles utilizados.

Podemos decir entonces que la Generación Distribuida (también conocida como Generación In-Situ, o Generación Dispersa) es: la generación de energía



eléctrica localizada cerca de los centros de consumo, la instalación puede estar aislada y proporcionar un servicio específico, o interconectada a las redes de distribución o transmisión para mejorar la calidad de la energía entregada.

La generación distribuida no debe ser confundida con la generación con fuentes de energía renovable, ya que pueden o no, utilizarse fuentes de este tipo.

En términos generales, al implementar proyectos de generación distribuida lo que se busca es aumentar la calidad en el suministro de la energía y el aprovechamiento de los recursos disponibles.





## DEFINICIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

---