



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – MES DE ENERO 2010

## “¿COMO SE TRANSPORTA LA ENERGIA?”

AUTORÍA <b>OLGA ZARZA CORTES</b>
TEMÁTICA <b>ENERGÍAS</b>
ETAPA <b>ESO</b>

### Resumen

Hasta hace pocos años existían un reducido número de formas de obtener la energía y era básicamente la madera y el carbón vegetal y mineral los elementos que se utilizaban para ello. La forma de transportarlos a los lugares de empleo se hacía básicamente con animales o se utilizaban los ríos para el transporte de los troncos de madera. El desarrollo. El desarrollo del transporte por carretera y el ferrocarril, así como la utilización de otras fuentes de energía facilitaron y propiciaron la distribución de los elementos energéticos, así tenemos que gran parte del tráfico de mercancías en Gran Bretaña, a principios de siglo, eran trenes carboneros. En la actualidad y debido al empleo de otras fuentes de energía no existe tanto transporte de carbón (también las térmicas que funcionan con carbón se han acercado a las zonas de producción en lo posible), pero han surgido otros elementos para poder disponer de la energía en los lugares donde sea necesaria. Se emplean para ello todo tipo de medios: ferrocarril, barcos, camiones, conducciones mediante tuberías, hilos conductores de la electricidad..... ¿pero cómo son estos sistemas de transporte de energía? ¿En qué consisten? ¿Cuáles son sus elementos? ¿Cómo se emplean?

A lo largo del tema daremos respuesta a estas y otras preguntas e iremos desarrollando cada uno de los sistemas de transporte de energía que se emplean en la actualidad y ahondaremos en sus características, regulación y utilización en general.

### Palabras clave

- Educación
- Energía
- Máquinas
- Transporte de la energía
- Distribución de la energía

### 1. TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA.

Excepto en algunos casos muy concretos, la energía eléctrica no se produce en el lugar en que se consume, por lo que es necesario transportarla desde la central eléctrica que se produce hasta su lugar de consumo, distante a veces centenares de kilómetros.

Por regla general, las centrales generadoras de energía eléctrica se instalan al pie de los yacimientos de carbón, saltos hidráulicos o cualquier otra fuente de energía y, una vez transformada, se traslada al centro de consumo mediante grandes líneas de distribución. Estas líneas pueden ser aéreas o subterráneas, estas últimas se dan más en los núcleos urbanos. Con este sistema de transporte de energía se consigue aprovechar mejor las fuentes de energía, a la vez que se reducen los costes de

**INNOVACIÓN  
Y  
EXPERIENCIAS  
EDUCATIVAS**

**ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 26 – MES DE ENERO 2010**

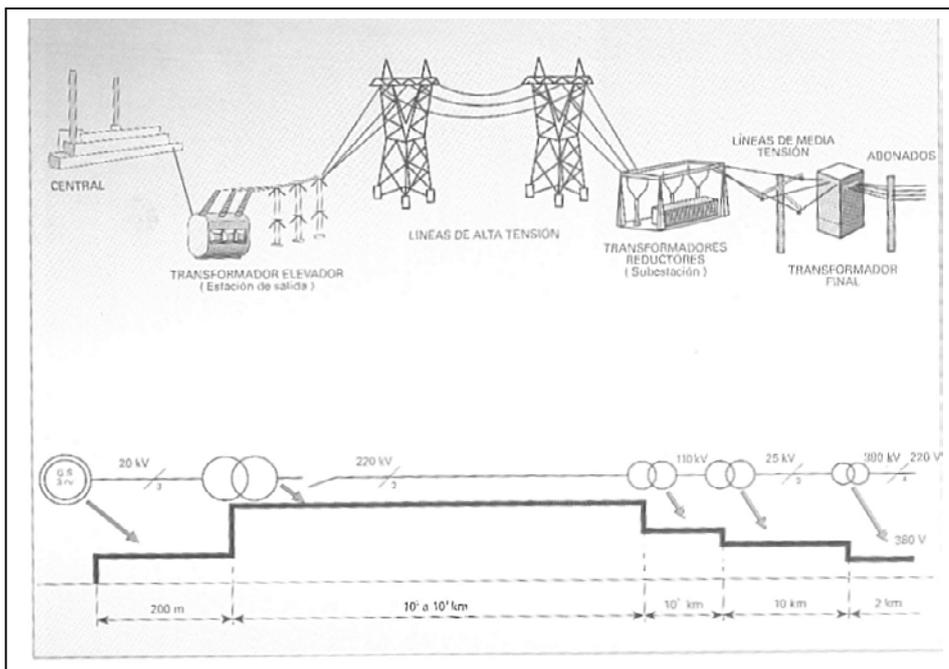
transformación, al centrarlos en pocos lugares. También, de esta forma, es posible la instalación de industrias en zonas que carezcan de fuentes primarias de energía.

Para realizar el transporte de energía eléctrica, es necesario superar muchos problemas: los propios de la complejidad de la instalación, el cruce sobre ríos, carreteras y otras líneas de transporte de energía o de telecomunicaciones, su instalación en terrenos accidentados y a los que es difícil hacer llegar los elementos necesarios para la instalación de las líneas de distribución (conductores, apoyos, torres, herrajes y otros).

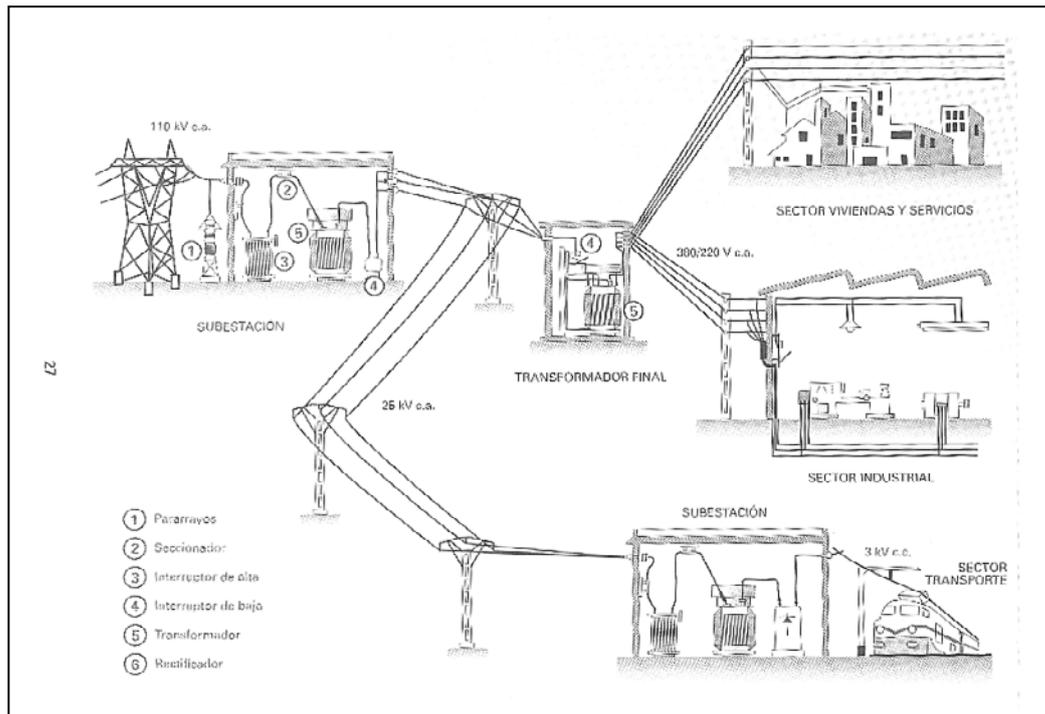
Por la propia característica del fluido eléctrico debe ser transportado y distribuido a través de conductores., además la energía eléctrica no se puede almacenar y debe ser suministrada en el momento que se solicita, por tanto , la producción y distribución de energía eléctrica debe ser flexible y adaptarse constantemente a las exigencias de la demanda.

Otra característica importante del transporte de la energía eléctrica, es que hay que disminuir las pérdidas por calor (efecto Joule) en los conductores (estas pérdidas son directamente proporcionales al cuadrado de la intensidad  $Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$  en calorías); como la potencia transportada ha de mantenerse constante  $P = V \cdot I$  , podemos conseguirlo aumentando fuertemente la  $V$ , minimizando las pérdidas por efecto Joule , para ello utilizamos los transformadores.

Un esquema genérico sobre el transporte y distribución de energía eléctrica, sería: CENTRO PRODUCTOR – TRANSFORMADOR ELEVADOR (O ESTACION DE SALIDA)- LINEA DE TRANSPORTE DE ALTA – TRANSFORMADORES REDUCTORES ( O SUBESTACIONES) – TRANSFORMADOR FINAL (O SUBESTACION DE TRANSFORMACION O CENTRO DE TRANSFORMACION), tal como podemos observar en la siguiente figura.



Un esquema básico de distribución de la energía eléctrica que engloba los sectores más representativos de consumo es:



### 1.1 LINEAS DE TRANSPORTE.

Como ya hemos dicho para economizar en el transporte de la energía eléctrica, elevamos la tensión, pero no podemos elevarla indefinidamente, sobre todo por las descargas iónicas producidas por el “efecto corona”, que empiezan a adquirir importancia a partir de 100 Kv. Como regla empírica, se suele decir que la adecuada tensión en Kv de una línea es igual a la mitad de la longitud de transporte en kilómetros (Ej. 200 Kv para 400 Km), otro factor a tener en cuenta en líneas trifásicas es que los conductores han de guardar entre sí una distancia mínima para disminuir las pérdidas reactivas (por inductancia mutua).

En caso de sobreintensidad (cortocircuito o sobrecarga) las partes afectadas tienen que desconectarse, lo que es misión de fusibles y interruptores automáticos, los fusibles los podemos utilizar hasta 30 Kv, a partir de ahí, el arco es muy difícil de apagar, por lo que empleamos interruptores automáticos accionados por medio de relés de protección conectados a la línea por medio de transformadores de medida. Empleándose también los interruptores para cortes voluntarios de la línea por reparaciones, ampliaciones y otros.

Las tensiones que se suelen utilizar en España, junto con su clasificación por categoría, son:



CATEGORIA DE LA LINEA	TENSION NOMINAL EN KV	TENSION MAS ELEVADA EN KV
3ª	3	3,6
	6	7,2
	10	12
	15	17,5
		24
2ª	30	36
	45	52
	66	72,5
1ª	132	145
	220	245
	380	420

Según normas CEI (Comité Eléctrico Internacional).

Según el RLAAT (reglamento de líneas eléctricas aéreas de alta tensión), se recomienda utilizar aquellas que van en negrita.

Las redes de transporte y distribución de energía que nos podemos encontrar son:

- 1) Líneas Aéreas.
- 2) Líneas Subterráneas.
- 3) Líneas Mixtas.

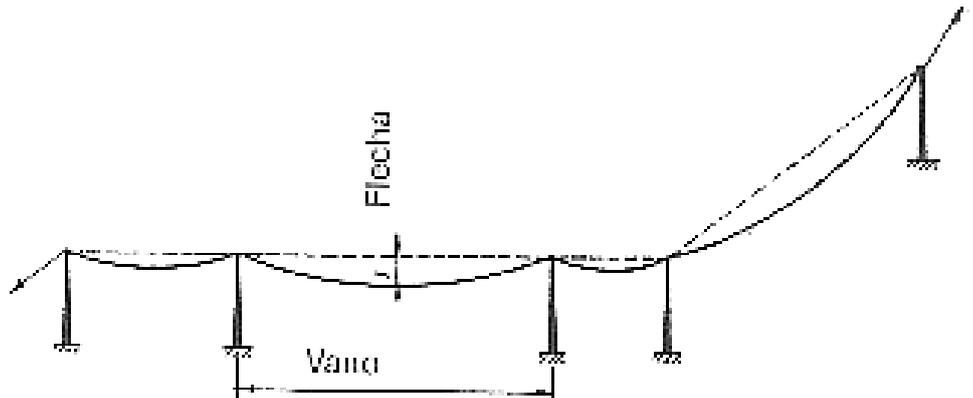
Veamos ahora cada una de ellas.

### 1.1.1 Características y elementos de una línea de alta tensión aérea.

Son aquellas en las que los conductores van instalados por encima del suelo. Para mantener los conductores a las distancias mínima que el RLAAT, obliga, se utilizarán apoyos que pueden ser de: madera, hormigón o celosía metálica, sobre estos apoyos se deberán disponer otros soportes en posición horizontal a los anteriores llamados crucetas, donde se montarán los diferentes elementos o herrajes, con partes conductoras y partes aislantes (aisladores) que serán los encargados de sustentar los conductores.

La distancia entre dos apoyos o columnas se le llama tramo o vano, y la medida entre ambos expresada en metros se la denomina luz.

La distancia existente entre la línea recta que pasaría por los dos puntos de sujeción de los conductores (aisladores) en un vano consecutivo y el punto más bajo que toma el conductor se le llama flecha.



Los elementos que transportan la energía son los conductores, pudiendo ser estos desnudos o aislados, en función del lugar por donde vayan a discurrir y del tipo de instalación, estando los conductores soportados por apoyos que pueden estar compuestos de distintos tipos de materiales, tales como: la madera, hormigón armado, celosía metálica, etc..

Una de las grandes ventajas de las líneas aéreas sobre las subterráneas, es que tanto el importe inicial como los gastos de mantenimiento son inferiores, y como principal desventaja el peligro potencial a estar los conductores desnudos.

Vamos a describir de una manera esencial los elementos de una línea de alta aérea:

- Conductores.
- Aisladores.
- Apoyos
- Crucetas.

### 1.1.1.1 CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE CONDUCTORES.

#### 1.1.1.1.1 CARACTERÍSTICAS.

En las líneas aéreas de alta tensión se utilizan básicamente el Cu y el Al, y en la actualidad solamente el Al y solo para casos muy justificados el Cu.

Por ser la resistencia mecánica del Al, muy pequeña es necesario que para formar dichos conductores, su alma este formada por alambres de acero con el fin de aumentar la resistencia mecánica de dicho conductor.

Llamamos cable a la unión de varios alambres de igual diámetro, estando trenzados entre si y formando varias capas.

La sección mínima para el Cu es de 10 y la del Al 12,5 mm<sup>2</sup>, respectivamente, según el RLAAT. Los conductores se denominan por varios parámetros, destacan entre otros los siguientes.

- La sección nominal, siendo la suma total de los conductores de aluminio más los de acero.
- El diámetro, es la media aritmética de dos medidas opuestas realizadas al conductor en sentido perpendicular.
- La resistencia eléctrica, solo se tiene en cuenta la de los conductores de aluminio, se desprecia las de los de acero.

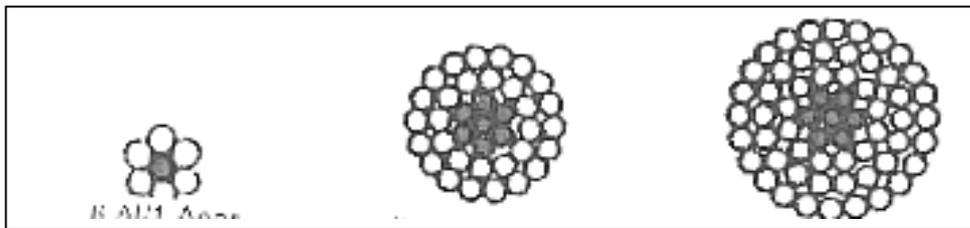
**1.1.1.1.2 TIPOS.**

Los conductores que principalmente se utilizan en las líneas aéreas son los formados por un conductor de Al- Acero. Los hilos o alambres se van colocando en capas superpuestas, siendo los hilos centrales los formados por el acero y las capas exteriores las formadas por hilos de aluminio.

Los más usuales son:

- a) Cable 1 + 6; formado por un hilo de acero y seis de aluminio.
- b) Cable 7 + 30, formado por un hilo central y una capa envolviendo al mismo de 6 hilos de acero, y dos capas de Al superpuestas de 12 y 18 hilos.
- c) Cable 7 + 54; formado por un hilo central envolviendo al mismo de seis hilos de acero, y de tres capas de aluminio, superpuestas de 12, 18 y 24 hilos.

Siendo su representación simbólica:



6Al/ 1 Acero

30 Al/7 Acero

54 Al/7Acero

Los conductores más utilizados son:

Designación	Sección			Formación				Pesos			Carga Rotura daN	R.a 20 °C W/Km	Densidad A/mm²	Intensidad Máxima	
	Al	Ac	Total	Hilos Al		Hilos Ac.		Al	Ac	Total				S.Al	S.T.
	mm²	mm²	mm²	nº	Ømm	nº	Ømm	Kg/Km	Kg/Km	Kg/Km				A	A
LA- 30	26,2	4,4	31,1	6	2,3	1	2,3	72,6	35,0	107,6	990	1,074	4,42	116	137
LA- 56	46,7	7,8	54,6	6	3,1	1	3,1	128,4	60,7	189,1	1.640	0,614	3,61	170	202
LA-110	94,2	22,0	116,2	30	2,0	7	2	261,3	171,7	433,0	4.310	0,307	2,70	254	313
LA-180	147	34,3	181,6	30	2,5	7	2,5	408	268,0	676,0	6.400	0,196	2,34	344	425
LA-290	234	54,5	288,5	30	3,1	7	3,1			1.073,0	9.900	0,124	1,98	463	572

Tabla 2.6. Características de los conductores desnudos de Aluminio - Acero

**1.1.1.2 CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE LOS AISLADORES.**

Son los elementos cuya finalidad consiste en aislar el conductor de la línea de apoyo que lo soporta. Al emplearse los conductores, generalmente desnudos, se precisa que los aisladores posean buenas propiedades dieléctricas que la misión fundamental del aislador es evitar el paso de la corriente del conductor al apoyo.

Los materiales de los que se suelen fabricar son.: porcelana, esteatita, y resinas .epoxi

Los niveles de aislamiento se determinaran en función de los niveles de polución de la zona donde vaya a ser instalada la línea, estos dos niveles son:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – MES DE ENERO 2010

#### *NIVEL MEDIO*

- Zonas con industrias que no produzcan humos particularmente contaminantes y con una densidad media de viviendas equipadas con calefacción.
- Zonas de fuerte densidad de población o de industrias pero sometidas a lluvias limpias.
- Zonas expuestas al viento del mar, pero alejadas algunos kilómetros de la costa.

#### *NIVEL FUERTE*

- Zonas generalmente poco extensas sometidas a polvo conductor y a humos que producen depósitos particularmente espesos.
- Zonas generalmente poco extensas y muy próximas a la costa, expuestas a nieblas o vientos muy fuertes y contaminantes provenientes del mar (en este caso el conductor será de Cuy).
- Zonas desérticas caracterizadas por largos periodos de lluvia, expuestas a vientos fuertes que transportan arena y sal, sometidas a una condensación regular.
- Para estos niveles se utilizaran dos aisladores del tipo U 100 BLP por cadena, tales como, los anteriores dibujos, salvo por la características de cada uno.

#### **1.1.1.3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS.**

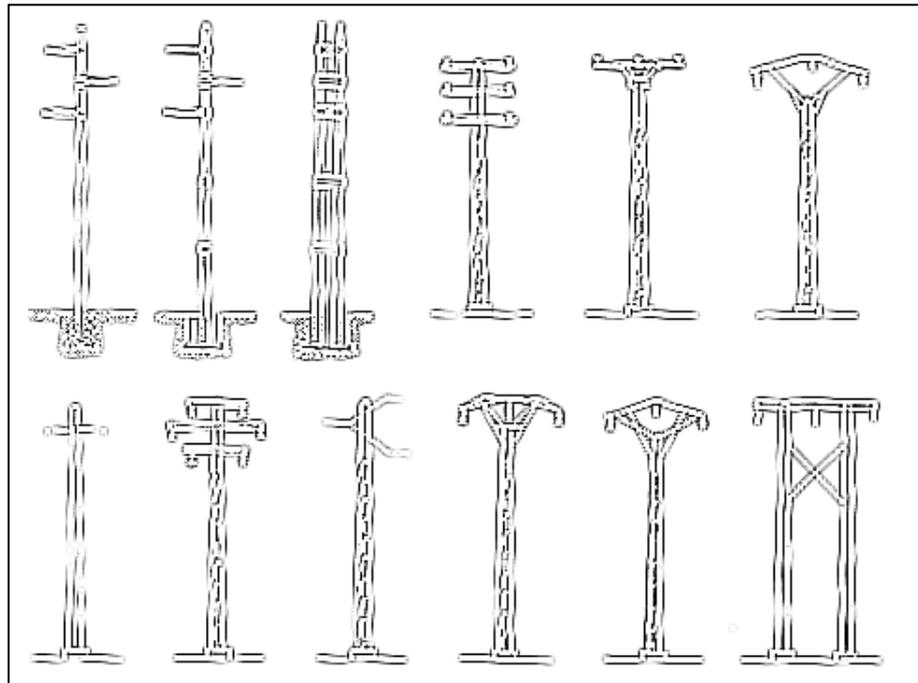
Se denominan apoyos a los elementos que soportan los conductores y demás componentes de una línea aérea separándolos del terreno, están sometidos a fuerzas de compresión y flexión, debido al peso de los materiales que sustentan y a la acción del viento sobre los mismos; además a los desniveles del terreno.

Aunque a priori según las prescripciones oficiales pueden ser de cualquier material, siempre que cumplan las debidas condiciones de seguridad, solamente se utilizan apoyos de: madera, hormigón y acero.

- Apoyos de madera: Constituidos por arboles que les ha sido extraída la corteza y tratados convenientemente (inmersión en líquidos compuesto por agua y bicloruro de mercurio en uno de los casos o por impregnación de alquitrán cuando la madera está seca) para que no se pudran. Los tipos de arboles de los que principalmente están construidos estos tipos de apoyos son: castaño, abeto y pino. Siendo su vida media muy variada, dependiendo de la madera utilizada y la climatología.

El extremo superior se prepara para que la lluvia no entre.

- Apoyos de hormigón: Compuesto por hierro y hormigón. El hormigón a su vez suele estar compuesto por : arena, grava y cemento P-450 o P-550. La armadura metálica está compuesta por varillas de hierro colocadas unas en sentido longitudinal y otras en el transversal, para ser recubiertas de hormigón armado. Además para mejorar las características del hormigón armado, se suelen utilizar las siguientes variaciones: hormigón vibrado, hormigón pretensado y centrifugado. Las ventajas sobre los apoyos de madera, es que nos permite que los huecos sean mayores, su vida es muy superior, casi ilimitada, siempre que no queden varillas al descubierto y en contacto con el aire, ya que esto ocasionaría oxidación y su deterioro por esta zona; no necesitan mantenimiento, como inconveniente son mucho más frágiles y pesados que los de madera. Alguno de ellos son:



- Apoyos metálicos.  
Están realizados con acero confeccionados de diversos tipos de perfiles siendo los más destacados los que están laminados en forma de U, T, Y, I; unidos por remaches, tornillos o soldadura.

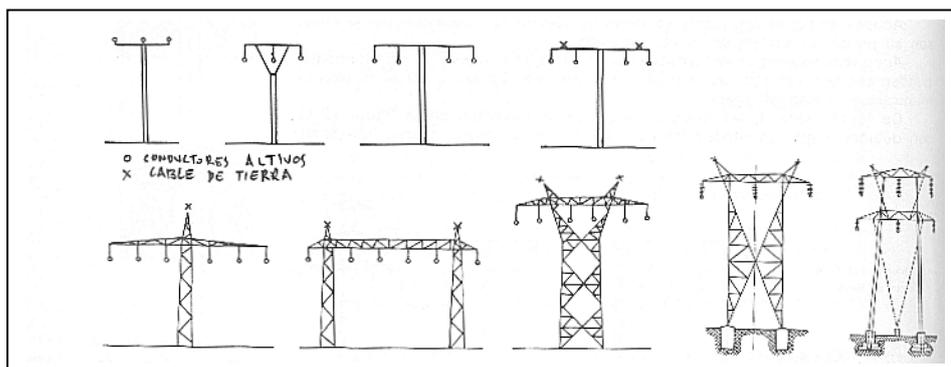
Los apoyos metálicos tienen una serie de ventajas sobre los demás tipos de postes, entre las que destacaremos: superior resistencia mecánica; armado cómodo en el lugar de izado, fácil mantenimiento, mejor estética, otros.

Han de protegerse contra la acción de los agentes atmosféricos. Estas protecciones suelen consistir en pintado, galvanizado, metalizado, etc.

Los apoyos de celosía metálica, denominados “TORRES” son los que se utilizan para el transporte de muy alta tensión (400-220-132 KV), alcanzando alturas desde el suelo, próximas a los 55 o 60 m en función de la tensión de transporte y accidentes geográficos

Los llamados “COLUMNAS METÁLICAS”, se utilizan para media tensión (30-20-15 KV). Normalmente construidos con perfiles en U. Pueden ser construidos de forma rígida o articulada.

Algunos de ellos son:



Por último decir que se recomienda colocar indicaciones de PELIGRO en todos los apoyos, recomendación obligatoria en las líneas de primera categoría y en general en todas las zonas frecuentadas.

#### 1.1.1.4 CRUCETAS.

Son accesorios que se montan en la parte superior de los postes para sujetar adecuadamente los soportes de los aisladores.

En su construcción se emplea madera, acero laminado y hormigón armado.

#### 1.2 LINEAS SUBTERRANEAS DE ALTA TENSION.

La distribución en el interior de los grandes núcleos urbanos, aconsejan en algunos casos y obligan en otros a que dicho suministro se haga mediante canalizaciones enterradas o conductores enterrados directamente, y esto es así, no solo por el peligro que puede representar que los conductores vayan instalados al aire, sino por el aspecto físico y estético que representa para una gran ciudad.

Las redes de distribución subterráneas son mucho más costosas que las aéreas, pues además de tener que realizar el calado de la vía pública para poder alojar las canalizaciones, conductores y señalización del mismo, también tenemos que saber que los diferentes tipos de conductores que se vayan a instalar son más sofisticados que cualquier tipo de conductor desnudo

##### 1.2.1. CONSTITUCION DE LOS CABLES SUBTERRANEOS.

Se denomina cable al conjunto constituido por una o varias almas (conjunto formados por el conductor y su correspondiente aislamiento) reunidas con recubrimientos protectores

Conductor, es el elemento metálico, generalmente de cobre (Cu) o de aluminio (Al), que cumple la función de conducir la corriente eléctrica, denominándose cuerda al conductor formado por varios alambres reunidos formando hélices.

El aislamiento es la envuelta aislante aplicada sobre el conductor.

Se utilizan básicamente los siguientes tipos:

a) Termoplásticos: papel impregnado en una mezcla a base de aceite mineral, Policloruro de Vinilo (PVC), Polietileno (PE).

b) Termoestables: Polietileno reticulado (PRC) , goma de etileno-propileno.

Se denomina relleno a las masas aislantes que ocupan los huecos que quedan entre las almas, una vez cableadas, sirviendo para dar forma cilíndrica al cable.

El revestimiento común es la envoltura aislante común, aplicada sobre las almas reunidas con el material de relleno correspondiente, únicamente los cables multipolares de campo no radial. Suele ser de la misma naturaleza que el aislamiento.

La eventual envoltura metálica es una envoltura protectora, constituida por un tubo continuo y adherente, de aplicación imprescindible en los cables con aislamiento de papel impregnado y de cable fluido. Se utilizan principalmente los siguientes tipos: tubo continuo de plomo, tubo continuo de aluminio, tubo corrugado de aluminio y tubo corrugado de cobre

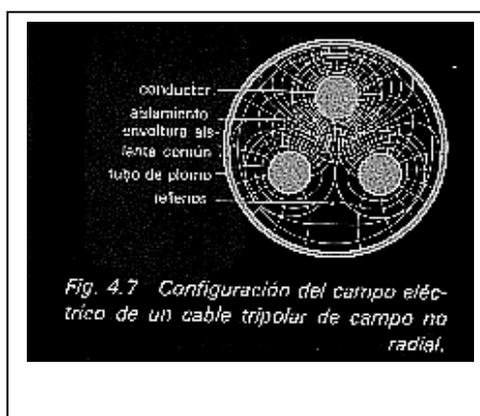
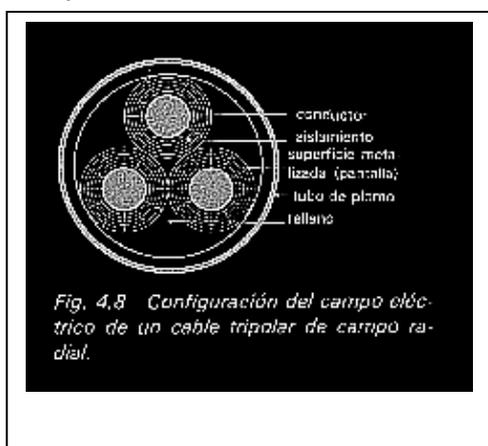
La eventual armadura es un recubrimiento metálico, destinado a proteger el cable contra las acciones mecánicas exteriores, se utilizan principalmente: flejes de hierro, alambres de hierro, alambres de hierro recubiertos individualmente con PVC, pletinas de hierro, flejes de aluminio, alambres de aluminio, pletinas de aluminio.

El asiento de armadura sobre el que se aplica esta puede ser, según los casos, de fibras impregnadas, papel aceitado, material plástico, etc.

Las pantallas son los elementos conductores que tienen como objeto obtener un campo radial y uniforme en el aislamiento, dispuesto sobre la superficie interna del mismo (telas, encintados o mezclas conductoras) y sobre la superficie externa, de tipo metálico, consistente en cintas o hilos de cobre enrollados en hélice, asegurándose el contacto eléctrico entre todos ellos.

La cubierta es la envolvente externa. Su función es esencialmente de protección mecánica y no eléctrica, utilizándose: capa de fibras textiles impregnadas en mezclas de alquitranes o betunes, recubrimiento de polietileno, recubrimiento de policloropreno, recubrimiento de PVC.

Los cables a su vez podemos dividirlos en unipolar (de un solo conductor) o multipolares (de más de un conductor) y atendiendo al campo en de campo no radial (el campo eléctrico en la masa del aislamiento no es radial, ya que, además del campo debido a su propio conductor, inciden los campos de las otras dos fases, dando lugar a componentes tangenciales, como podemos observar en la figura siguiente. Esta forma de trabajo no favorece el aislamiento, por lo que queda relegada para tensiones de hasta 15 KV) y de campo radial (n en ellos el campo de cada conductor es radial, es el que tiene que emplearse en los cables de alta tensión multipolar)





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – MES DE ENERO 2010

### 1.2.2 ELEMENTOS DE EMPALME Y DERIVACION.

Otros elementos que deben tenerse en cuenta en las líneas de transporte subterráneas son los elementos de empalme y derivación.

Empalme es la unión de dos conductores con el objeto de dar continuidad eléctrica y mecánica, ya sea porque al realizar el tendido haya que emplear dos bobinas o porque se haya producido rotura del conductor.

En redes subterráneas se emplean manguitos de empalme, llamados también cajas de empalme o torpedos. Según la finalidad del empalme, se pueden dar varios casos, como son: empalmar dos bobinas de la misma sección, derivar de un cable principal, uno o más cables secundarios, que generalmente serán de menor sección que el primero, y empalmar el cable subterráneo con la línea aérea.

Actualmente, en los diversos sistemas empleados para realizar un empalme, derivación o terminación, tienden a emplearse unos kits, o conjuntos constructivos que contienen todo lo necesario para llevarlo a cabo.

### 1.2.3 REGISTROS O ARQUETAS.

El registro o arqueta es un pozo construido de ladrillo u hormigón, con una doble tapa para evitar que entre agua. La tapa interior va cerrada herméticamente y suele ser de fundición con el objeto de soportar el peso y los esfuerzos del exterior.

La forma de estos pozos puede ser de sección rectangular, elíptica y hexagonal. Son necesarios en todas las líneas subterráneas bajo tubo para el montaje, empalme, derivaciones, reposición y reparaciones. Por lo tanto las dimensiones deben ser lo suficientemente amplias para poder realizar estos trabajos con la mayor comodidad. En las paredes de los pozos se sujetan los cables mediante soportes adecuados.

### 1.3. EL CARBÓN.

Existen dos maneras básicamente de obtenerlo, lo que obliga a un determinado sistema de manipulación y puesta a disposición de su transporte para el consumo. Estas son explotación a cielo abierto y explotaciones subterráneas:

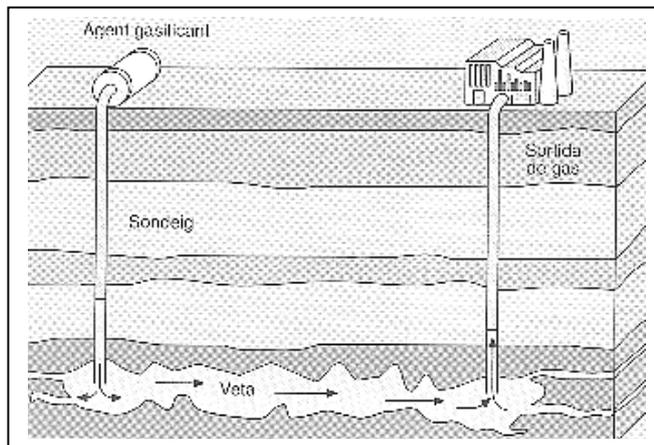
- Explotaciones a cielo abierto. Este tipo de explotación permite aprovechar todo el filón, se utilizan básicamente grandes palas excavadoras, con las que se consigue remover hasta 100 m de capa de tierra, con lo que se consigue eliminar los problemas de los derrumbamientos y se consigue un mejor rendimiento de la instalación. Su principal inconveniente radica en el impacto paisajístico. Necesitan poca mano de obra y mucha inversión en maquinaria.
- Explotaciones subterráneas. Llegan a alcanzar los 1200 m de profundidad. En este tipo de instalaciones se utilizan dos métodos de extracción: el de cámara y pilares y el de frente largo.
- El método de cámara y pilares, se abren túneles (cámaras) en el filón siguiendo dos direcciones perpendiculares, con el fin de dividirlo en bloques rectangulares (pilares), de los cuales se extrae el carbón.

- El metodo de frente largo , se excavan en el filon dos tuneles paralelos y se unen mediante una galeria perpendicular denominada frente largo. El carbon se arranca de una de las paredes de esta galeria y se deja que el techo se derrumbe a medida que se va avanzando en la explotación.

Los procesos de extracción estan siendo progresivamente mecanizados para sustituir el trabajo manual de picado. Las excavadoras arrancan el material y lo depositan en vagones o cintas transportadoras que lo llevan hasta la galeria principal. Allí , los montacargas lo suben hasta la superficie, donde se almacena hasta su distribución.

Antes de poder utilizarlo como combustible, es necesario eliminar las impurezas que lo acompañan- Para ello, es ometido a un proceso de lavado, triturado y clasificación, una vez clasificado se transporta mediante vagones ferroviarios, camiones e incluso barcos cargueros. Su manipulación, carga y descarga se hace mediante la ayuda de palas mecanicas y cintas transportadoras, generalmente.

Un nuevo metodo de extracción en periodo de experimentación es el de la gasificación del carbon, en el se introduce un agente gasificante en el interior de la veta del mineral y se obtiene un gas de carbon, que puede ser utilizado como combustible. Se utiliza donde no se puede utilizar los metodos tradicionales y su explotación es rentable, el siguiente esquema indica como se puede realizar:



#### **1.4. EL GAS NATURAL.**

Al igual que el carbon y el petroleo , se origina como consecuencia de la descomposición de materia organica en el interior de la Tierra.

Los yacimientos de gas natural son grandes embolsamientos bloqueados por rocas impermeables que se hallan sometidos a fuertes presiones. Suelen acompañar, a los yacimientos de petroleo, esta compuesto basicamente por metano ( un 70%) y el resto por otros gases como: etano, propano, butano, etc.

A pesar de sus buenas cualidades como combustible ( hasta 11.500 Kcal/m<sup>3</sup>), su combustión poco contaminante, su utilizacion como fuente primaria de energia es relativamente reciente, a causa de los problemas que presentaba su transporte y almacenaje hasta hace bien poco. En los yacimientos



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – MES DE ENERO 2010

en los que se obtenía petróleo asociado con gas en cantidad suficiente, o bien era quemado o reinyectado al yacimiento para permitir más extracción de petróleo.

En la actualidad el gas una vez extraído es procesado para eliminar las impurezas como: agua, petróleo, otros gases no útiles, etc. Posteriormente se almacena en grandes depósitos denominados gasómetros. De allí se puede distribuir de dos formas

- Mediante canalizaciones de gas.
- Mediante transporte en estado líquido.

#### 1.4.1 CANALIZACIONES DE GAS.

La distribución del gas natural en estado gaseoso (GN) por tuberías se realiza a diferentes presiones. Como criterio general se pueden indicar las siguientes:

- Distribución a alta presión. Como red de transporte desde la planta productora. Son los que conocemos como gaseoductos, y utilizan presiones de distribución mayores de 16 bar y que pueden llegar hasta 70 bares.
- Distribución a alta presión. Como red de distribución y suministro a industrias, utiliza presiones entre 4 y 16 bar.
- Distribución en media presión. Como red de distribución y suministro para consumos domésticos, comerciales e industriales. Utilizan presiones de servicio menores de 0,4 bar.
- Distribución a baja presión. Como suministro para consumos domésticos y comerciales. La presión de suministro es inferior a 0,05 bar.

La conexión entre las diferentes formas de distribución (con diferentes presiones) se realiza por medio de las estaciones de regulación, cuya función es regular la presión de salida.

Estas redes de distribución están reguladas por el Reglamento de Redes y Acometidas de combustibles gaseosos recogido en la Orden Ministerial de Industria de 18 de noviembre de 1974 y modificada parcialmente por las OO.MM. de 26 de octubre de 1983 y la de 6 de julio de 1984, este Reglamento también aprueba las Instrucciones MIG que vienen contempladas en un anexo del mismo, estas Instrucciones especifican las características, valores y condiciones que deben cumplir las instalaciones de gas y los elementos de las mismas.

Se entiende por red las instalaciones de suministro de gas por canalización, comprendidas entre centros de producción, de tratamiento, de almacenamiento, de distribución y la llave de acometida a las instalaciones receptoras; es decir el entramado de tuberías con sus accesorios, las acometidas, las estaciones de regulación y de compresión y las instalaciones auxiliares que pueden formar parte de dichas canalizaciones.

Pero en qué consisten y qué son cada uno de estos elementos o unidades. Pasamos a su descripción:

**a) Canalización.** Es el conjunto de tuberías y accesorios unidos entre sí que permite la circulación del gas por el interior de los mismos.

Las tuberías enterradas se tenderán de forma que la distancia entre la generatriz superior de los tubos y la superficie del suelo sea la suficiente para proteger la canalización de los esfuerzos mecánicos



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – MES DE ENERO 2010

exteriores. En cualquier caso, según la Intrusión MIG correspondiente, no puede ser inferior a 60 centímetros.

Cuando no puedan respetarse las profundidades señaladas y la tubería no haya sido calculada para resistir dichas cargas externas, deberá interponerse entre la tubería y la superficie del terreno losas de hormigón o planchas metálicas que reduzcan las cargas sobre la tubería a valores equivalentes a los de la profundidad calculada. Igualmente debe preverse la protección de las tuberías a fa corrosión y, cuando sea preciso, la correspondiente protección catódica.

El material que se emplea para las tuberías es normalmente acero. Tanto los materiales como las dimensiones, espesores, resistencia... vienen determinados en la normalización UNE la cual está reseñada en las Instrucciones MIG mencionadas.

Los tubos pueden ser sin soldadura, con soldadura longitudinal o con soldadura helicoidal, siempre que cumplan las condiciones de resistencia indicada en las normas al respecto.

**b) Estaciones de compresión.** Se denominan así al conjunto de aparatos, tuberías, instrumentos de control, válvulas, elementos de seguridad, dispositivos auxiliares y recinto, instalados con el propósito de elevar la presión del gas.

Las estaciones de compresión deberán estar suficientemente alejadas de las propiedades vecinas que no estén bajo control de la Empresa explotadora, o bien separadas por un muro cortafuegos. Así tenemos que cuando la presión de salida sea superior a 1 2 bares, dicha distancia será como mínimo de 5 metros según las normas.

**c) Instalaciones complementarias.** Según el Reglamento mencionado se entiende por instalaciones complementarias todos los elementos de una canalización que no sean la tubería en sí, tales como estaciones de regulación, de compresión, de medida y demás sistemas auxiliares.

**d).Llave de acometida o elemento de corte.** Es el dispositivo que, situado en la acometida, tiene por finalidad cortar el paso del gas a las instalaciones receptoras del o de los usuarios.

**e) Presión de prueba.** Es la presión a que efectivamente se somete la canalización en el momento de la prueba.

**f) Presión máxima de servicio.** Es la máxima presión efectiva a la que es o será efectivamente explotada una canalización.

**g) Presión de servicio.** Es la presión a la cual trabaja una canalización en un momento determinado. Su valor no puede exceder de la presión máxima de servicio.

**h) Unión.** Es el artificio, técnica o dispositivo que da solución de continuidad a la canalización ligando entre sí los diferentes elementos de la misma.

Las uniones entre tubos y entre tubos y accesorios deberán permanecer estancas y mantener la uniformidad de calidad a lo largo de la tubería, a fin de garantizar su correcto funcionamiento a la presión máxima de servicio para la que ha sido proyectada la tubería.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – MES DE ENERO 2010

El montaje de los diversos elementos constitutivos de la canalización: tubos, accesorios y elementos auxiliares, durante la construcción de ésta se efectuará preferentemente mediante soldadura a tope, la cual se verificará obligatoriamente mediante técnicas radiográficas y/o ensayos no destructivos adecuados.

Los materiales empleados en la fabricación de las uniones deberá ofrecer la necesaria resistencia frente a las acciones físicas o químicas del gas transportado y de sus eventuales condensados y garantizar la conservación de sus cualidades iniciales de estanqueidad.

**i) Válvula de seccionamiento.** Es el elemento cuya finalidad es interrumpir la circulación del gas en el lugar donde está instalado.

**j) Válvula de seguridad.** Es un elemento cuya finalidad es evitar que la presión en el interior de una canalización sobrepase un valor prefijado, cortando el paso del gas o permitiendo su escape a la atmósfera de forma automática.

#### 1.4.2 TRANSPORTE DE GAS NATURAL EN ESTADO LÍQUIDO (GNL).

Para que se produzca el transporte del GNL es necesaria la siguiente cadena:

- Planta de tratamiento y licuación del gas natural.
- Transporte de GNL en barcos metaneros.
- Terminal recepción, almacenamiento y regasificación.

Como alternativa a la regasificación en la terminal, queda como opción el transporte de GNL mediante camiones cisterna criogénicos hasta el lugar de consumo.

El GNL se transporta y almacena en unas condiciones de presión atmosférica y temperatura de  $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$  (estado criogénico), para que los recipientes sólo tengan que soportar la presión hidrostática.

Se conoce con el nombre de estado criogénico aquel en el que se encuentra un fluido a muy baja temperatura, manteniendo esta situación por el propio frío que genera la evaporación que es reconducida de nuevo al recipiente contenedor, y parte a la antorcha exterior.

El proceso comúnmente utilizado para licuación del gas natural consiste en enfriarlo en etapas sucesivas mediante agentes frigoríficos y posterior subenfriamiento mediante una expansión.

En el proceso anterior se obtiene GNL con una densidad aproximada de  $455\text{ Kg/cm}^3$ , lo que equivale a reducir su volumen en unas 600 veces respecto del GN en condiciones normales.

Normalmente los barcos metaneros disponen de su propio sistema de bombas criogénicas, las cuales, unidas a los brazos de descarga existentes en el muelle, vehiculan el GNL hasta los tanques de almacenamiento.

A fin de mantener la presión adecuada, se conecta un brazo secundario de retorno de vapor.

Una vez almacenado el GNL es regasificado. Para ello se siguen los siguientes pasos:

- Presurización del GNL mediante bombas centrífugas.
- Vaporización del GNL mediante intercambio de calor, bien con aporte de calor procedente de calderas auxiliares, o bien por aportación de calor procedente del agua del mar:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – MES DE ENERO 2010

El GNL procedente del barco metanero se conduce hasta el tanque de almacenamiento. La fase gaseosa se devuelve al barco, tras atravesar un separador, para evitar sobrepresiones en el tanque, y equilibrando las fases del metanero y el tanque de almacenamiento.

Unas bombas primarias son las encargadas de vehicular el GNL hacia el relicuador, que alimenta las bombas secundarias. Estas son las que proporcionan la presión necesaria en la red de GN.

El GNL se transforma en gas en los vaporizadores, alimentados por algún fluido caliente: agua, aire, vapor... Parte del GN se devuelve nuevamente al relicuador tras aumentar su presión mediante compresores. Una expansión se encarga de licuar este GN.

En todo este proceso se produce una cierta cantidad de GN sobrante mezclado con otros gases no condensables, que es conducida a la antorcha para su incineración. Mediante este procedimiento se eliminan los gases no deseados.

### 1.5.- EL PETRÓLEO

El petróleo se encuentra en el interior de la Tierra formando bolsas en rocas porosas, de tal manera que para su localización y obtención es necesario perforar en el terreno hasta llegar a ellas y seguidamente extraerlo.

La extracción se realiza mediante un pozo petrolífero que consta básicamente del siguiente proceso: Una bomba para sacar el líquido al exterior y llevarlo a un depósito donde se extrae el gas que contenga. Se pasa luego a otro depósito donde se separa el agua, almacenándose seguidamente el petróleo crudo en grandes depósitos para su posterior traslado.

Para el transporte a los puntos de refinación y consumo que en la mayoría de los casos las distancias son considerables, y con objeto de abaratar costos se utilizan prácticamente dos formas para este traslado:

a.- Grandes barcos petroleros. Disponen de capacidades que superan las 1 00.000Tm y llegan incluso a 500.000 Tm en los superpetroleros.

b) Oleoductos. Son conductos compuestos por tuberías soldadas por los que circula líquido impulsado por potentes bombas desde el pozo de explotación a los puertos donde se cargan los barcos petroleros o, incluso, hasta las refinerías.

### 1.6 GASES PROCEDENTES DE LA DESTILACIÓN FRACCIONADA DEL PETRÓLEO

Son básicamente el propano, butano, metano... Su transporte se realiza básicamente de las formas siguientes.

- En recipientes pequeños: botellas, para uso doméstico fundamentalmente.
- En vagones cisterna de ferrocarril, formando los denominados trenes butaneros, que realizan las operaciones de carga y descarga en terminales especialmente diseñadas para este fin.
- Mediante transporte por carretera en vehículos cisterna.

### 1.7 LA BIOMASA: PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE

Consiste en la fermentación de residuos orgánicos para producir energía. Existen cuatro grupos fundamentales de residuos:

- Residuos agrícolas
- Residuos forestales



ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 26 – MES DE ENERO 2010

- Residuos animales
- Residuos urbanos

#### **1.7.1. RESIDUOS AGRÍCOLAS**

De todos los subproductos agrícolas, la paja de cereales es la que presenta mayor potencial, como fuente de energía, a escala mundial.

#### **1.7.2. RESIDUOS FORESTALES**

Estos residuos tienen un enorme potencial energético aunque se usan raramente como combustible, por e) alto coste de su recogida, transporte y manejo. En general, los residuos de las industrias de productos forestales se utilizan como fuentes de energía en las propias industrias.

#### **1.7.3. RESIDUOS ANIMALES**

Estos residuos están constituidos por el estiércol de ganado vacuno, cerdos y aves de corral, principalmente. Las ovejas y las cabras no se suelen considerar, ya que sus desechos se acumulan con dificultad. La materia orgánica del estiércol animal produce biogás por digestión anaeróbica, usándose el residuo de esta digestión como fertilizante, ya que el proceso de conversión en energía emplea sólo los componentes carbonados dejando los nitrogenados y minerales.

#### **1.7.4. RESIDUOS URBANOS**

Son fundamentalmente las basuras domésticas cuya eliminación representa, en muchos casos, un grave problema. Pueden emplearse como fuente de producción de energía.

Pero cómo se pueden emplear estos residuos para la producción de energía? En qué forma de energía pueden transformarse? Cómo se puede aprovechar dicha energía? y cuáles son los medios que empleamos para su transporte?

#### **1.7.5. COMBUSTIÓN DIRECTA DE RESIDUOS Y PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD**

Los residuos son seleccionados, triturados, prensados... (Procurando empaquetarlos con la mayor densidad posible) y posteriormente transportados a la planta de producción mediante: ferrocarril, camiones, barcos cargueros...

Actualmente la conversión de biomasa, por combustión, en energía eléctrica, puede conseguirse con una eficacia superior al 25 por 1 00. La ventaja de esta conversión es que la electricidad es una energía de alta calidad fácilmente transportable como ya se ha visto.

#### **1.7.6. PRODUCCIÓN DE ETANOL**

Algunos tipos de residuos, por su alto contenido en azúcar son aprovechables para la obtención de etanol por fermentación alcohólica.

Por otra parte, existen otros procesos de bioconversión de residuos, a base de energía solar que, además de producir combustibles líquidos, también producen microorganismos que pueden utilizarse como fuente de proteínas en la alimentación humana y animal.

#### **1.7.7. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS**

Se denomina biogás a las mezclas de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> producidas por acción de las bacterias metanogénicas sobre residuos orgánicos. Los residuos agrícolas, forestales y ganaderos que tradicionalmente han supuesto un estorbo de costosa eliminación se pueden convertir, mediante su transformación en biogás, en una fuente de energía alternativa capaz de abastecer de combustible a muchas explotaciones agrícolas y ganaderas.

Estos residuos son manipulados, seleccionados y transportados mediante camiones especiales a la planta transformadora.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – MES DE ENERO 2010

Estas plantas obtienen aproximadamente 65% de CH<sub>4</sub>, 34% de CO<sub>2</sub> y 1 % de H<sub>2</sub> y su rendimiento es de 0,7 m<sup>3</sup> de biogás/Kg. de residuo. El biogás producido se puede utilizar por combustión para alumbrado, calefacción o producción de electricidad. La distribución y transporte puede hacerse mediante redes de distribución, depósitos, botellas, cisternas...

### **1.8. ENERGIA GEOTERMAL.**

Se emplea básicamente en los países nórdicos: Islandia, Finlandia..., y se obtiene aprovechando el calor de debajo de la superficie terrestre, por lo que obtienen agua caliente y vapor de agua. El vapor se emplea para producir electricidad y el agua caliente se lleva por unas tuberías hasta las casas para sistemas de calefacción.

### **1.9. TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE ENERGIA CALORIFICA**

Se utilizan fluidos, sobre todo:

- Agua.
- Vapor de agua.
- Líquidos termales.
- Sales fundidas.
- Aceites minerales y metales fundidos.

Todos tienen en común su capacidad calorífica grande, químicamente estables en su rango de aplicación, su presión de vapor permite utilizar diseños económicos y la energía mecánica que hay que suministrar a estos fluidos para su transporte es aceptable

#### **1.9.1. CALENTADORES.**

Para ceder el calor al medio ambiente se emplean aparatos que ceden el calor por convección o radiación, como son:

- Serpentes de tubos lisos.
- Tubo de peines.
- Radiadores.

#### **1.9.2 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN.**

Para el calentamiento de locales, el aire es el medio utilizado para transportar el calor por interiores. Para distancias mayores prácticamente el único medio utilizable es el agua o el vapor de agua. Mientras la temperatura requerida para su empleo sea < 70° o 75° se puede utilizar el agua a presión atmosférica en un sistema abierto, como en la calefacción de muchos edificios, pero si se requieren temperaturas más altas, como en procesos industriales o en sistemas de calefacción a distancia, hay que poner el agua a presión o emplear vapor a baja presión, o como en los procesos industriales que se utiliza vapor a alta presión.

El sistema de vapor a baja presión es el utilizado en América para la calefacción de los rascacielos.

### **1.10. LEY DE TRANSPORTES TERRESTRES.**

Los transportes terrestres están regulados por la Ley 1 6/7 987, de 30 de julio, en dicha ley quedan recogidos los aspectos fundamentales de las condiciones que deben cumplir los elementos empleados para el transporte de mercancías empleadas en la producción de energía: carbón, combustibles gaseosos y líquidos..., tanto en su manipulación por vehículos que circulen por carretera como los ferrocarriles.



ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 26 – MES DE ENERO 2010

Destacamos en el desarrollo de esta ley el Real Decreto que regula el Reglamento Nacional del transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera, que desarrollaremos a continuación así como el Reglamento del Transporte por Ferrocarril. En los cuales se especifican las características básicas que deben tenerse en cuenta en cada uno de los casos.

### **1.11.- REGLAMENTO NACIONAL DEL TRANSPORTE DE MERCANCIAS PELIGROSAS POR CARRETERA.**

Antes de concluir el presente tema conviene hacer mención, por su relevancia, al Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (TPC), que está regulado por el Real Decreto 74/1 992, de 31 de enero, que se ajusta al texto refundido del Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR), que entró en vigor el 1 de mayo de 1 985. Dicho R.D. contempla las características que deben reunir los vehículos que se destinan al transporte de materias peligrosas, en las que están incluidas todas aquellas materias que se emplean básicamente como combustibles para la producción de energía tales como: Carbón vegetal, Carbón mineral, Butano, Propano, Metano, Aceites, Mezclas de materias combustibles....

Para el transporte de las mismas se establecen los distintos sistemas de manipulación, almacenamiento y tipo de vehículo, contenedor y envases que deben emplearse en cada caso. Así resaltamos las siguientes definiciones contempladas en el R.D.:

- Transporte a granel: el transporte de una materia sólida sin envase.
- Contenedor: elemento para el transporte, son cajas especiales que tienen un carácter permanente y es, por tanto, lo suficientemente resistente para permitir su reiterada utilización. Está especialmente concebido para facilitar el transporte de mercancías sin operaciones intermedias de carga y descarga y está equipado con dispositivos que permiten su fácil manipulación, especialmente para el transbordo de un modo de transporte a otro. Concebido de forma que sea fácil de llenar y de vaciar y con un volumen interior no menor de 1 m<sup>3</sup>. Una modalidad de contenedor es el contenedor cisterna que se emplea para contener materias líquidas, gaseosas, pulvulentas o granulares con una capacidad superior a 0,45 m<sup>3</sup>.
- Unidad de transporte: se denomina así indistintamente a un vehículo automóvil al que no se engancha ningún remolque o un conjunto constituido por un vehículo automóvil y el remolque unido al mismo.
- Vehículo cubierto: se trata de un vehículo cuya carrocería está constituida por una caja que puede cerrarse.
- Vehículo descubierto: es un vehículo cuya plataforma está desnuda o provista solamente de adarques y de una compuerta trasera.
- Vehículo entoldado: es un vehículo descubierto provisto de un toldo para proteger la mercancía cargada.

Se indica también en dicho Reglamento el tipo de indicación o distintivo que debe llevar el transporte para su identificación y precaución. Recoge además las disposiciones relativas a la construcción, los equipos adicionales, la disposición del motor, características de los materiales con los que se construyen estas unidades de transporte y los contenedores, en función del tipo de mercancía que deben transportar, en definitiva regula todos aquellos aspectos básicos que garanticen la manipulación, almacenaje y transporte de materias peligrosas entre las que se encuentran los combustibles.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 26 – MES DE ENERO 2010

También regula este Reglamento de TPC la manipulación de material radiactivo que se emplea en centrales nucleares, fijando las características de los contenedores y vehículos empleados para dicho suministro.

En algunos casos y debido al tipo de materia que se deba transportar, será necesario contar con la aprobación especial correspondiente por parte de la autoridad competente, tal como sucede en el transporte de material radiactivo para centrales nucleares. En este caso también queda contemplado en este R.D. cuál debe ser el trámite a seguir en cada momento.

En ningún caso una unidad de transporte, conteniendo materias peligrosas, en nuestro caso, combustibles, debe llevar más de un remolque o semirremolque.

### 1.12 CONCLUSIÓN

En conclusión y para terminar decir que el transporte de la energía en las distintas modalidades en que puede realizarse, nos permite el poder utilizar elementos energéticos en el sitio que más convenga sin que para ello sea necesario disponer de la fuente de energía correspondiente en el lugar de su empleo.

Hemos podido ver, en el desarrollo del tema, cuáles son las formas más habituales de transporte de la energía: conductores eléctricos, tuberías, barcos, trenes, camiones..., así como los elementos básicos que componen cada una de las formas de transporte: sus accesorios, materiales empleados, instalaciones necesarias, vehículos, contenedores....

También se ha mencionado aquella normativa legal que regula los aspectos fundamentales de cada forma o modo de transporte de la energía.

Se ha tratado además la manera de emplear las nuevas energías, como es el caso de la biomasa y la energía geotermal, por el interés que puede tener en el futuro y en el presente, sobre todo en instalaciones con redes locales de distribución energética.

### 1.13 BIBLIOGRAFIA

- Tecnología Electricidad: Instalaciones y líneas. (1993). Barcelona: Ed. Edebé.
- Francisco SILVA y José Emilio SANZ. (1996). Tecnología Industrial. Madrid: Ed Mc Graw Hill.
- Revista del Ilustre colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia. Nº 8
- AA.VV.: Medios de transporte. (1994). Ed. El País-Altea, Madrid: - Enciclopedia Visual. Ed. Salvat, Navarra, 1 978.
- AA.VV.: E~ergía. Ed. Altea. De la colección Ciencia Visual Altea.
- Ley 1 6/1 987, de 30 de julio, de Ordenación de los Transportes Terrestres.
  - R.D. 74/1992, de 31 de enero, por el que se aprueba el Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.

Autoría

- 
- Nombre y Apellidos: Olga Zarza Cortes
  - Centro, localidad, provincia: Córdoba
  - E-mail: olgazarza@hotmail.com