



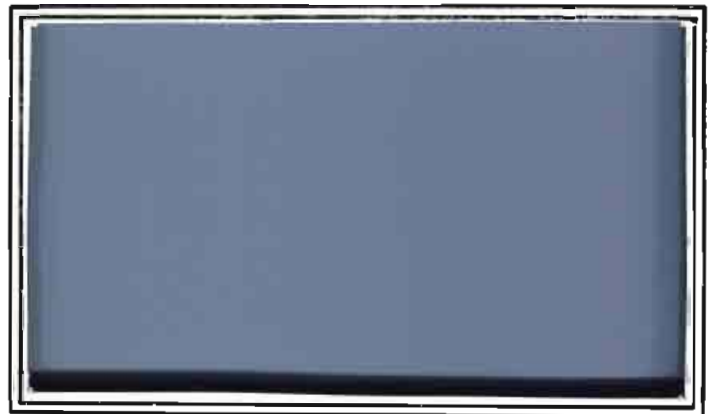
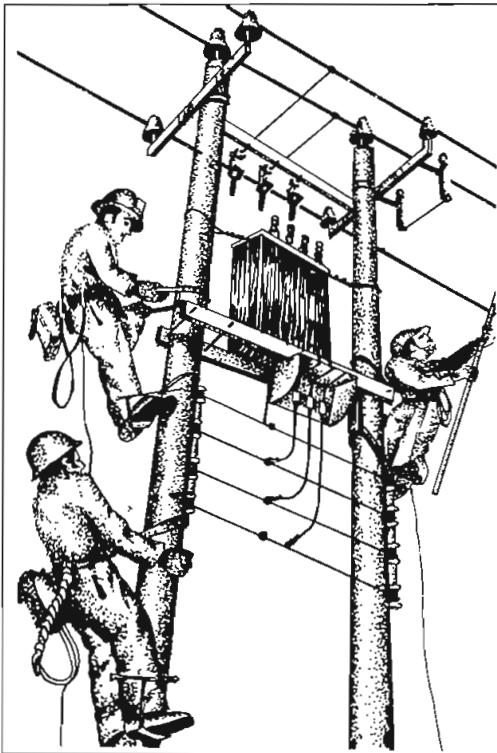
**INECEL**

**REPUBLICA DEL ECUADOR**

MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES Y ENERGETICOS

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION

**INECEL**



621.319  
In43ca

**DIVISION DE CAPACITACION**

**QUITO - ECUADOR**

621.319

T24300

CAMBIO DE TENSION A NIVEL  
DE SUBTRANSMISION  
(13.2 - 22.8 kV)

EEN		BIBLIOTECA	
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		UNIVERSIDAD NACIONAL	
AUTOR		/ R / 16	
TITULO		20 / 10 / 04	
FECHA		21 / 11 / 79	
LUGAR		T24300	

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA  
BIBLIOTECA

LIBRO DONADO POR  
Dpto Potencia

FECHA: 21-11-79



## LA NORMALIZACION A 20 KV

DE LA TENSION DE DISTRIBUCION EN E.D.F. (\*)

POR Sr. LORET

### RESUMEN:

Ya en 1.948, dos años después de la nacionalización de la electricidad en Francia, se había escogido 5 tensiones preferenciales para las redes de distribución de Media Tensión (M.T.): 5,5 - 10 - 15 - 20 y 30 KV que representaban en esta época el 82% de las longitudes de las redes de M.T. En 1.960, este porcentaje había alcanzado el 94%, de los cuales el 56% sólo para la tensión de 15 KV. Una de las medidas técnicas adaptadas más importantes en materia de distribución fue, sin duda, la decisión tomada en 1.961 por el Directorio de E.D.F., de normalizar al sólo valor de 20 KV la media tensión de distribución, principalmente por razones económicas.

El presente informe tiene como objetivo, el hacer una evaluación, quince años después de esta decisión, de la normalización a 20 KV en E.D.F.

Ahora, la tensión 20 KV representa la tercera parte de las longitudes de las redes de M.T. Para las redes subterráneas (que representan en Francia sólo el 14% de las redes de M.T.), esta proporción se reduce a 1/40.

Se utilizan dos modos de traspaso a 20 KV:

- a) Por sustitución: Equipando progresivamente la red con elementos aislados para 20 KV, y procediendo después al cambio de los transformadores, método válido sobre todo en las redes aéreas de 15 KV y que permite aumentar su capacidad en 75% (cuadrado de relación de tensiones);
- b) Por superposición de una nueva red 20 KV que se hace cargo poco a poco de las cargas alimentadas por la o las antiguas redes hasta extinción

(\*) Electricidad de Francia.

completa de aquellas. Este método se utiliza sobretodo para redes subterráneas de 5,5 ó 10 kV.

El balance general de la operación es netamente favorable para la tensión de 20 kV que, en el estado actual de la técnica, parece ser la tensión óptima de distribución.

\*\*\*\*\*

## 1. RESUMEN HISTORICO

### 1.1. La situación de las redes de MT en 1.960

Cuando se produjo la nacionalización de las 708 sociedades que, en 1946 constituían la Electricite de France, se podía contar 25 valores distintos de medias tensiones (MT) en las redes de distribución entre 2.000 V y 25.000 V. En 1.948, un primer plan de normalización decidió escoger los 5 valores siguientes: 5,5 - 10 - 15 - 20 y 30 kV.

El cuadro I presenta la evolución de las longitudes de las redes que funcionaban con estas tensiones preferenciales entre 1.947, 1.960 y 1.975.

CUADRO I - COMPARACION DE LAS LONGITUDES DE LAS REDES MT EN 1947, 1960 y 1975

Tensiones de explotación comprendidas entre (kV).	Tensión normalizada de referencia (kV)	Longitudes totales					
		Al 1-1-1947		Al 1-1-1960		Al 1-1-1975	
		(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)
1 a 4,7		20.800	8,9	6.220	2,4	1.316	0,3
5 a 6	5,5	40.800	21,4	40.860	14,1	8.731	2,3
6,5 a 8		3.000	1,3	530	0,2	60	-
9 a 11	10	34.200	14,7	40.500	13,9	28.300	7,3
12 a 13,2		11.800	5,1	7.600	2,6	3.396	0,9
13,5 a 16,5	15	84.000	36,1	163.000	56,1	211.750	54,0
17 a 17,5		3.200	1,4	1.500	0,5	874	0,2
18 a 22	20	9.350	4,2	12.500	4,3	127.340	32,5
23 a 26		1.750	0,8	1.310	0,5	130	0,1
27 a 33	30	13.150	5,7	15.450	5,3	9.606	2,4
34 a 36		1.000	0,4	200	0,1		
Total tensiones normalizadas		101.000	92	272.400	94	305.826	99
Total tensiones no normalizadas		41.550	18	17.060	6	5.324	1
TOTAL GENERAL		232.550	100	299.360	100	391.650	100

En realidad, estas cifras no toman en cuenta el esfuerzo realizado desde 1.949 a 1.960 en la normalización del material, porque muchas redes que funcionaban a tensiones inferiores a 15 kV eran equipadas de material a 15 kV (1).

Por otra parte, pruebas realizadas en laboratorio y en el terreno (2) mostraron que el material a 15 kV de la época podía muy bien funcionar a 20 kV.

El cuadro II presenta las proporciones en 1.960, de las redes aéreas y subterráneas en las diferentes tensiones.

CUADRO II - REDES DE MT AEREAS Y SUBTERRANEAS EN 1.960:

Márgenes de tensiones de explotación (kV)	Tensión normalizada de referencia (kV)	redes aéreas		redes subterráneas		Total (km)	% entre subterráneas y total	
		(km)	(%)	(km)	(%)		(%)	
1 a 8	5,5	40.250	15,3	2.060	30,4	42.310	16,7	17
9 a 13,2	10	23.620	14,7	2.320	35,2	25.940	16,5	10
13,6 a 16,5	15	154.740	53,6	2.260	31,2	157.000	56,1	5
17 a 22	20	13.560	5,1	530	2,0	14.090	4,8	4
23 a 26	30	16.630	6,3	220	1,2	16.850	5,9	2
TOTAL		263.800	100	26.500	100	290.300	100	3

### 1.2. La decisión de 1.961

Las preguntas que se plantearon en 1.960 fueron las siguientes:

- Convenía escoger una tensión única para el conjunto de las redes aéreas y subterráneas, en tal caso cuál sería ésta, o convenía por el contrario, seguir con varias tensiones?

Finalmente se escogió la tensión única de 20 kV por las siguientes razones:

- a) Existe una ventaja económica cierta al escoger un solo valor de tensión -el más alto posible- que sea válido a la vez para las redes aéreas y las redes subterráneas.
- b) Las redes a 15 kV pueden pasar a 20 kV sin gastos excesivos, lo que permite aumentar su capacidad de transporte en la relación de 1,33 (relación de tensiones), en el caso de redes cortas de gran sección y con li

mitación de origen técnico, o a 1,77 (relación de los cuadrados de las tensiones), en el caso de redes largas (redes aéreas) en las cuales la limitación principal es la caída de tensión.

c) Las redes subterráneas que representaban en Francia sólo el 9% de las redes de MT, iban tarde o temprano a desarrollarse rápidamente.

En promedio, un cálculo global de la operación de normalización a 20 kV, escalonada sobre un período de 30 años, ha indicado una tasa de rentabilidad del orden del 10%.

## 2. UTILIZACIÓN

### 2.1. Los métodos.

Se puede utilizar dos métodos para pasar a 20 kV las redes de distribución de MT.

En el método por sustitución, se equilibra progresivamente la red existente de elementos que le permiten mantener la tensión a 20 kV (cables, subestaciones, etc...) y, en un momento dado se procede a la operación de cambio de los transformadores de reducción y al cambio de la nueva fuente a 20 kV. Este método es adecuado para las redes aéreas y a las redes subterráneas cuya tensión se aproxima a 20 kV (15 kV, en particular). Este cambio exige recursos materiales muy importantes en el momento del cambio de tensión lo que lleva generalmente a concentrar las inversiones en un período corto. Ofrece también la ventaja de concentrar las dificultades de explotación sobre este período. Se adapta bien a los pequeños centros de consumo.

En el método por superposición, se crea una red de 20 kV enteramente nueva que duplica la o las redes existentes hasta extinción completa de las primeras. Sin embargo, la experiencia muestra que la coexistencia puede prolongarse en un período largo por razones económicas, y, debido a las dificultades de ejecución de las obras. Con este método, las inversiones cubren varios años durante los cuales la explotación de las redes es relativamente constante. Este método es la única solución en las redes importantes (París, Bruselas, etc...) o en las zonas que sufren una fuerte ex-

mansión (Afueras de París, etc...).

## 2.2. Problemas planteados por ciertos materiales

En el párrafo por sustitución, es necesario saber si se va o no a reemplazar los cables subterráneos de 15 kV?. De manera general, los antiguos cables de 15 kV pueden funcionar sin problemas durante varios años a 20 kV: ciertos tramos de las redes experimentales que han sido elevados a 20 kV en 1.959, siguen en explotación.

En lo que se refiere a los accesorios de cables, se aconseja siempre re-hacer sistemáticamente las cajas de terminales. En cambio, se puede conservar las cajas de conexión o de derivación, a condición de que no incluyan conectores de ajuste mecánico que presenten generalmente asperezas.

En caso de duda acerca de la resistencia a 20 kV de un cable y de sus accesorios, se puede efectuar una prueba sistemática de corriente continua a 20 kV. Sin embargo, para que esta prueba sea segura, es necesario que dure mínimamente una hora en cada fase en forma sucesiva, estando las otras dos puestas a tierra, así como también cuando los tres conductores están puestas a tierra.

En fin, en lo que se refiere a los transformadores de reducción, los numerosos movimientos de transformadores requeridos para los cambios de tensión han llevado a la creación, en 1.963, de un "banco nacional EDF" que resultó muy rentable, pues permite intercambios entre unidades que se encuentran en etapas distintas del cambio de tensión de sus redes.

## 3. COMPARATIVATO DEL MATERIAL A 20 KV

### 3.1. El material de las subestaciones

En una primera etapa, de 1.961 a 1.973, los nuevos equipos a 20 kV tenían características muy vecinas a aquellas del antiguo material a 15 kV como lo indica el cuadro III.

...../.....





CUADRO III - Características de los equipos de HT.

	Antigua norma antes de 1961	Nuevas Normas	
		desde 1961 a 1973.	desde 1973
Tensión nominal de la red	15 kV	20 kV	20 kV
Tensión más elevada en servicio	17.5 kV	23 kV	27 kV
Resistencia a 50 Hz, 1 minuto	30 kV	45 kV	50 kV
Resistencia al choque	95 kV	95 kV	125 kV
Potencia máxima de corto circuito	250 MVA.	250 MVA	500 MVA.

Sin embargo, entre los años 1.969-1.970, se constataron incidentes cada vez más frecuentes en este material y en particular en los tableros de HT de las subestaciones principales. Estos incidentes se explicaron principalmente por el hecho de que los constructores conocía mejor la resistencia al choque de su material. El margen de seguridad constatado en el antiguo material a 15 kV ya no existía en el nuevo material a 20 kV, y la coordinación con los esuinterómetros a electrodos divergentes utilizados sistemáticamente en las líneas aéreas para protegerlas de descargas atmosféricas, ya no era siquiera segura.

De ahí la decisión tomada en 1.973 de utilizar los equipos de clase internacional a 20 kV cuyas características están resumidas en el Cuadro III. Por otra parte se recomendó el empleo de pararrayos en las instalaciones antiguas en las zonas donde las descargas son frecuentes.

Hay que observar que este cambio de política no está ligado a la tensión de funcionamiento a 20 kV. Es muy probable que las mismas dificultades se hubieran producido a 15 kV.

Para remediar las fallas mecánicas del material, se ha obligado que los disyuntores de HT, se sometan a pruebas de resistencia mecánica muy severas.

Por otra parte, en lo que se refiere a los equipos de las subestaciones de reducción, en las cuales se han constatado ciertos incidentes debidos a la humedad, se elaboró un método de pruebas en atmósfera húmeda, especificación EDF HT 41-E-01 (3). Desde ya, se puede decir que el nuevo material que satisface esta especificación es de entera satisfacción desde este punto de vista.

### 3.2. Los cables subterráneos.

La nueva técnica de cables subterráneos de 20 kV de campo eléctrico radial, y de tensión especificada 11,6 kV (12/20 kV) ha sido progresivamente adoptada, así como los accesorios correspondientes (4). Después de algunos años de utilización exclusiva de cables unipolares o de cables del tipo triplero, se pudo generalizar los cables tripolares de superficies metalizadas, más económicas.

El cuadro IV da el análisis de las fallas constatadas en los diferentes tipos de cables. Este cuadro muestra que la tensión nominal de explotación importa poco en lo que concierne a las fallas de cables propiamente dichos pero que hay que mejorar los accesorios y su utilización.

De forma general, actualmente, la construcción de las redes subterráneas de 20 kV exige mayor cuidado que las redes a tensiones inferiores. Se puede esperar que la inclusión de nuevos cables a la red, con aislante sintético, programada para un futuro cercano, mejore esta situación.

### 3.3. Las líneas aéreas

El cuadro V muestra el comportamiento de las redes aéreas a diferentes tensiones.

Aunque la tasa promedio de fallos de la muestra considerada sea inferior a la tasa promedio nacional, constatamos que cuanto más alta es la tensión de explotación, mejor es la resistencia de las líneas aéreas.

Siendo lo contrario para las redes subterráneas. Sin embargo, se puede explicar este resultado por el hecho de que, a parte de la técnica a 33 kV, particular a este tipo de red, el paso a 20 kV de las redes aéreas es siempre precedido de una nivelación técnica.

...../..

CUADRO IV - ANALISIS DE LA TASA DE AVRIA DE LAS REDES SUBTERRANEAS  
(cada 100 km. y por año).

Criterio de Análisis	Largo de la muestra o sede de la falla	Tensión de Funcionamiento						
		20 kV		20 kV		Total		
		1973	1974	1973	1974	1973	1974	
Tensión específica.	km	12.104	15.764	197	260	12.301	16.024	
	Cable	5,3	5,0	7,1	5,8	5,3	5,8	
	Acces.	2,5	2,3	6,5	4,6	2,5	2,3	
	Conjunto	7,8	7,3	13,7	10,4	7,8	7,8	
	km	13.238	17.023	9.506	12.521	22.034	29.543	
	Cable	4,2	5,4	6,3	7,1	5,1	6,1	
	Acces.	1,6	1,8	6,2	5,0	3,5	3,5	
	Conjunto	5,8	7,2	12,5	13,0	8,6	9,6	
	Tipo de cable	km	10.044	14.076	1.100	1.203	12.043	15.279
		Cintura	4,7	5,1	6,3	6,6	4,9	5,2
Acces.		2,4	2,6	4,7	4,2	2,6	2,7	
Conjunto		7,1	7,7	11,0	10,8	7,4	7,9	
km		7.892	10.174	2.705	2.745	10.527	13.990	
Unipolar		5,0	5,3	9,0	10,6	6,2	6,7	
Acces.		2,1	1,4	5,2	5,0	2,9	2,4	
Conjunto		7,1	6,7	14,0	15,6	9,1	9,1	
km		1.420	1.206	545	520	1.067	2.205	
Triplomo		3,3	4,7	6,1	4,7	4,1	4,7	
Acces.	0,0	1,2	2,0	2,6	1,7	1,2		
Conjunto	4,2	5,9	8,0	7,3	5,8	6,6		
km	5.104	6.751	5.344	7.154	10.523	13.005		
Tripolar metalizado	4,3	5,2	4,6	5,5	4,7	5,7		
Acces.	1,3	1,9	7,3	6,7	4,2	4,4		
Conjunto	6,1	7,1	11,9	12,2	8,9	9,8		
TOTAL.	km	25.342	32.737	9.793	12.761	35.135	45.568	
	Cable	4,7	5,2	6,3	7,1	5,2	5,7	
	Acces.	2,0	2,0	6,2	5,0	3,2	3,1	
	Conjunto	6,7	7,2	12,5	13,0	8,4	8,8	

...../.....

CUADRO V - TASA DE AVERIA DE LAS REDES AEREAS (cada 100 km y por año)

Tensión de explotación	15 kV	20 kV	33 kV	Promedio Muestra	Promedio Nacional					
Número de Centros	8	5	1	14	88					
Longitud (km).	34.713	14.516	2.711	51.940	336.831					
Tasa de Avería cada 100 km. por sede de daños constatados.*	1973	1974	1973	1974	1973	1974	1973	1974	1973	1974
Conductores:										
rotos	3,4	3,2	3,1	2,7	2,7	2,2	3,3	3,0	3,8	3,8
entreverados	0,3	0,3	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Atadura	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
Aislante	0,7	0,9	0,8	0,7	0,6	0,3	0,7	0,8	0,9	0,9
Armamento	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Soporte	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Interruptores aéreos	0,3	0,4	0,5	0,6	0,2	0,0	0,3	0,4	0,3	0,3
TOTAL	5,4	5,5	5,1	4,7	4,0	3,1	5,2	5,1	6,0	6,1

4. ESTADO DE LA NORMALIZACION A 20 kV EN 1.975

El gráfico 1 presenta la evolución desde 1.968 a 1.975 de las redes aéreas (longitud total el primero de enero de 1.975: 337.000 km) y subterráneas (longitud total el primero de enero de 1.975: 55.000 km) en Francia.

Gráfico 1: Evolución de las medias tensiones en EDF. (\*)

Las redes que funcionan a 20 kV representan actualmente alrededor de la tercera parte de las redes aéreas y la cuarta parte de las redes subterráneas, pero el material colocado permite prever próximamente el traspaso a 20 kV de las antiguas redes, sea porque el antiguo material a 15 kV puede soportar esta tensión, o sea porque, desde hace quince años, los cables y los equipos nuevos son previstos para 20 kV.

El Gráfico 2 muestra la evolución desde 1.966 a 1.974 del ritmo anual de traspaso a 20 kV por los dos métodos descritos en el párrafo 2.1.

Se constata una ligera tendencia a la disminución del método "por sustitución"

ción" (cambios de tensión) y cierta preferencia para el método por "superposición" (redes nuevas). Esto se explica por el hecho de que las operaciones de cambio de tensión más rentables han sido efectuadas. En las redes aéreas, parece que se va a poder alcanzar el objetivo en 30 años contemplando para el traspaso a 20 kV de todas las redes (hacia 1.990). En cambio, en las redes subterráneas, se observa una extensión todavía importante de las redes a 15 kV y cierta vacilación a ejecutar el traspaso a 20 kV de estas redes, operación que sin duda alguna no podrá generalizarse antes del fin del siglo.

Gráfico 2 - Crecimiento anual de las redes que funcionan a 20 kV (\*).

### CONCLUSION

La normalización a 20 kV de la tensión de distribución en EDF puede desde ya ser considerada como un éxito técnico: permitió la construcción de un material ahora confiable, simple, robusto, que ocupa poco espacio, económico, de clase internacional y bien adaptado a los problemas de las redes de distribución tanto urbanas como rurales.

Pensamos que la experiencia de Electricité de France en este campo puede ayudar a otras empresas de distribución que conocen las mismas dificultades: expansión de las cargas, poder mantener la tensión, continuidad del servicio, calificación del personal, etc... y que, en el contexto de la técnica actual, los 20 kV parecen ser la tensión óptima de distribución.

### BIBLIOGRAFIA

1. L'Evolution de la moyenne tension dans les réseaux de distribution d'EDF, por los señores Alexis DEJOU y René PELISSIER - RGE - Enero 1.972
2. La normalisation a 20 kV des réseaux á moyenne tension en France, por los señores René PELISSIER y Roger ROBERT, Boletín SFE, Sept. 19.
3. Etude du comportement dans les postes intérieurs des pieces isolantes en résine synthétique, por los señores Roger MICHACA y Pervé BOURDELOIE RGE, Noviembre de 1.970.
4. Problemes posés par les réseaux souterrains a 20 kV por los señores Michel CABIAC, Jacques FERRAN y Jean LEBoulLEUX - RGE Marzo de 1.966.
5. La normalisation a 20 kV de la tension de distribution a EDF por el señor Jacques Schineltz - Conferencia en la SEE, el 23 de abril de 1.976.

