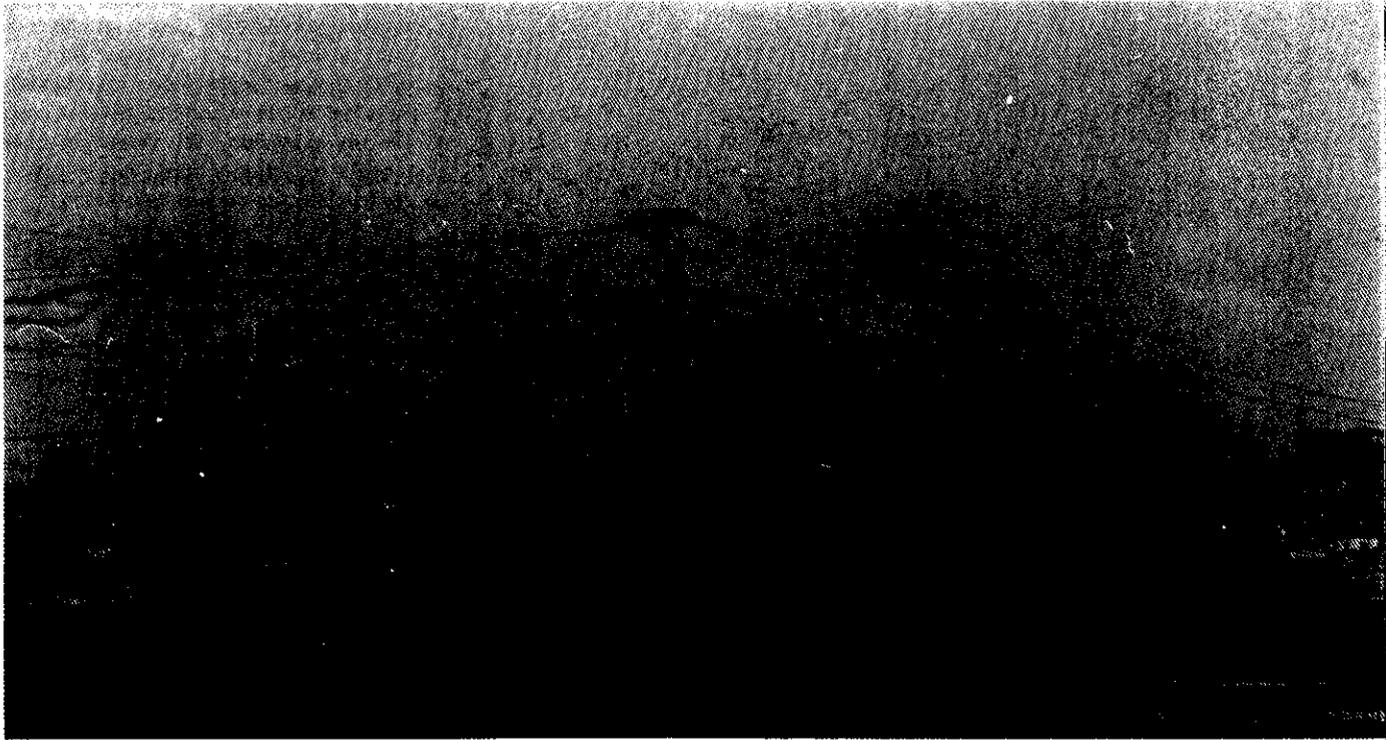


LOS CAMPOS Y MAGNETOS Y EL HOMBRE

En la mayor parte de los países desarrollados, el crecimiento de las necesidades domésticas y, sobre todo, industriales de energía eléctrica ha supuesto la instalación y rápido incremento de una red de transporte e interconexión y la utilización de nuevos escalones de tensión, primero 225 KV., que se utiliza desde hace más de cuarenta años, después 400 KV., desde hace más de veinte años.

Esta progresión ha tenido lugar sin el menor daño a la vegetación, la fauna

N. de la R. Este artículo de los prestigiosos profesores BONNELL, CABANES, HAUF y MALBOYSSON será publicado también en Francia por la Revista "CONCOUR MEDICAL" y en Inglaterra por "OCUPATIONAL MEDECINE".



LOS ELECTRICOS MAGNETICOS Y EL HOMBRE

Drs. J.A. BONNELL*, J. CABANES**
Profesores R. HAUF y
E. MALBOYSSON***

y el hombre, pero la perspectiva de empleo de tensiones de transporte más elevadas, 765 KV (como ya ocurre en Estados Unidos, en Canadá, en la U.R.S.S.) o aún más, y la de realización de trabajos en tensión con el fin de no interrumpir el suministro y calidad del servicio, han llevado a un cierto número de técnicos, médicos y biólogos a interesarse por la cuestión de la even-

tual acción de los campos eléctricos y magnéticos existentes en la proximidad de las líneas de transporte sobre los organismos vivos, y muy especialmente el hombre.

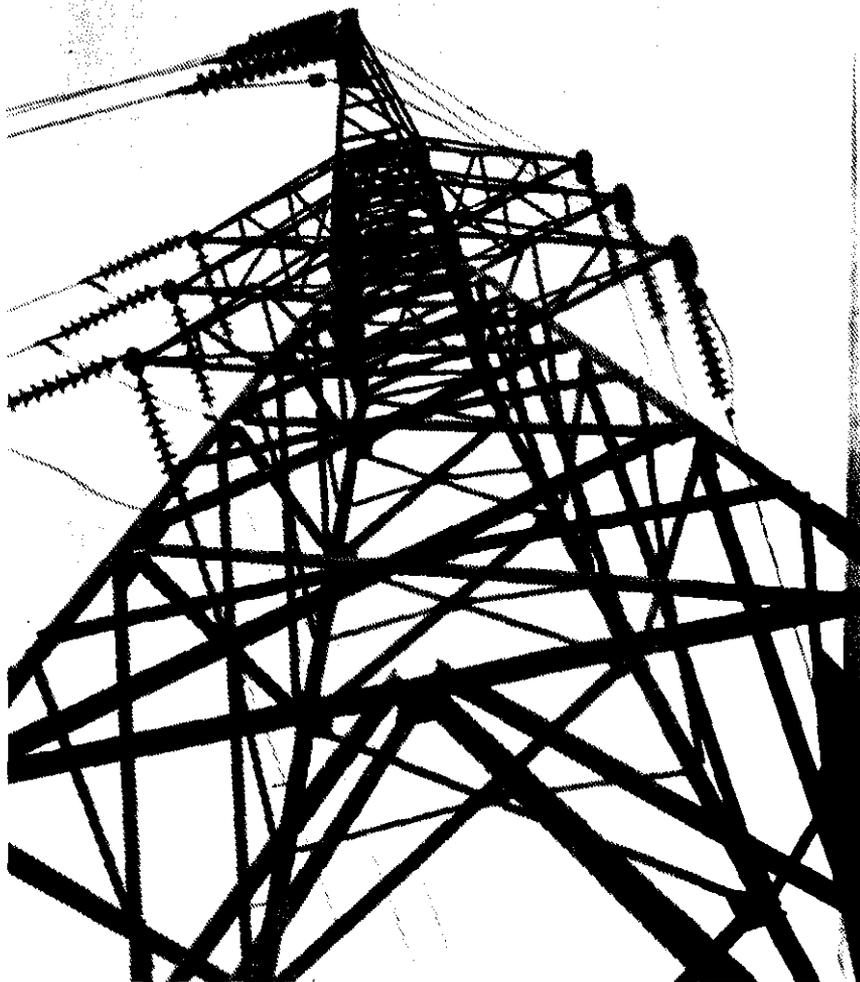
El campo eléctrico que se desarrolla en la proximidad de los conductores, y que se expresa en diferencia de potencial en relación con una distancia (voltio/metro, Kilovoltio/metro), es, en

efecto, variable según las condiciones del transporte y, en particular, la distancia que separa al conductor del lugar de

* *Secretario del Subcomité de Electropatología de la Comisión Permanente y Asociación Internacional de Medicina del Trabajo.*

** *Presidente*

*** *Miembros*



La acción de los campos eléctricos ha sido ya objeto de un gran número de publicaciones cuya síntesis es bien difícil, incluso limitándose a lo publicado en relación con el hombre, pues se trata de un conjunto de investigaciones todavía recientes y, hasta cierto punto, contradictorias en sus resultados.

Aunque el conjunto de estas publicaciones podrían analizarse cronológicamente, parece más juicioso clarificarlas según sus resultados y estudiar sucesivamente las que exigen tomar ciertas medidas y las que son simplemente negativas.

Entre las primeras conviene sobre todo retener las publicaciones soviéticas de las que son autores, primero ASANOVA y RAKOV y después SAZONOVA, KOROBKOVA y FILIPPOV.

Estos autores han informado en el curso de los diez o quince últimos años de un cierto número de problemas funcionales y generales en relación con el sistema nervioso, el aparato cardiovascular y el aparato digestivo.

Se han señalado también un cierto número de modificaciones relativas a las cifras de tensión arterial y el ritmo cardíaco.

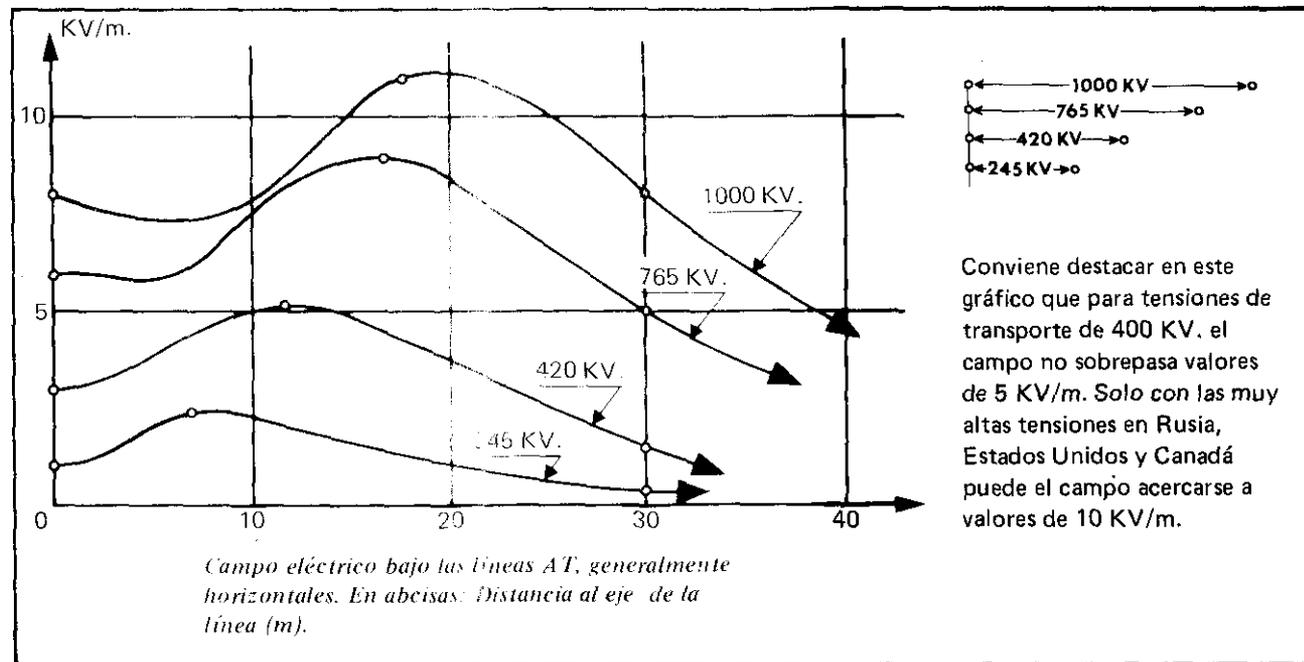
Finalmente, se han señalado y puesto en relación con los campos algunas variaciones de las constantes hematológicas. Se trata de un incremento discreto del número de leucocitos y del porcentaje de granulocitos y reticulocitos. Sin embargo, estas variaciones son débiles y permanecen en el marco de las normas de dispersión fisiológica.

El hecho de que estos problemas

medición y la tensión de transporte.

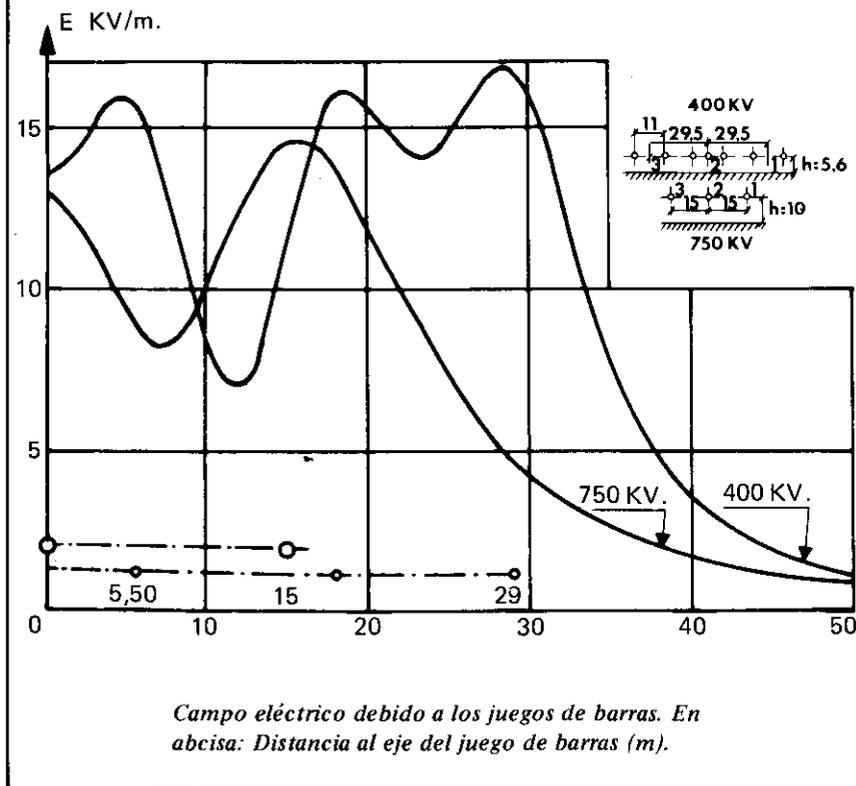
A título de ejemplo, las figuras 1 y 2 muestran la importancia de los campos eléctricos en proximidad de las líneas de transporte de alta tensión y los que se desarrollan cerca de los juegos de barras.

En determinadas circunstancias, no obstante, el campo puede ser más importante: es el caso de las subestaciones en las cuales la proximidad de los conductores implica un campo más elevado a nivel del suelo, que puede alcanzar o sobrepasar los 15 KV/m.



Subestación de 400 KV: Juego de barras doble.

Subestación de 750 KV: Juego de barras simple.



Campo eléctrico debido a los juegos de barras. En abscisa: Distancia al eje del juego de barras (m).

fueran detectados sobre todo en individuos expuestos largo tiempo y en individuos expuestos a campos elevados llevaría a los autores soviéticos a evocar la noción de umbral.

FILIPPOV, tras un estudio realizado con voluntarios expuestos a campos de 0 a 30 KV/m, indicaba que las modificaciones hematológicas no aparecían más que en campos superiores a 5 KV. Este autor fijaba en esta cifra el umbral más allá del cual le parecía útil limitar la exposición, sea en su duración, sea en su intensidad.

Además de estas investigaciones realizadas en la U.R.S.S., conviene también citar el trabajo de FOLE en España, que ha puesto en evidencia datos comparables en relación con trabajadores expuestos.

Hay que señalar también el trabajo de WAIBEL, que, en Austria, ha informado de ciertas modificaciones muy discretas del electroencefalograma, consistentes en una disminución del ritmo alfa.

En contraste, la mayor parte de las investigaciones realizadas en Europ. por STRUMZA, MALBOYSSON y KNAVE, en Estados Unidos, por KOUWENHOVEN y LANGWORTHY, en Canadá, por ROBERGE y STOPPS, han obtenido resultados enteramente negativos.

Se trata de estudios epidemiológicos consistentes en la comparación de individuos expuestos a los campos, a causa de su profesión, con una población testigo, utilizando, como criterios de vigilancia, exámenes médicos generales y especializados, exámenes hematológicos y bioquímicos sanguíneos completos.

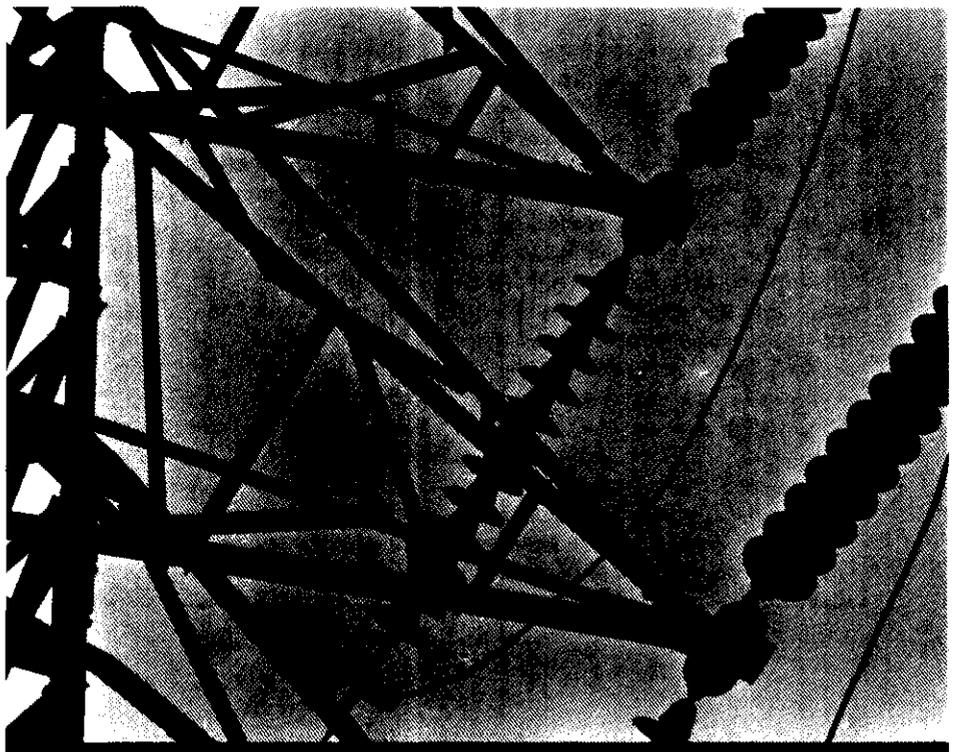
Sin embargo, ni unos ni otros estudios están al abrigo de ciertas críticas.

En el caso de los primeros podría sobre todo criticarse una mala definición del protocolo de estudio y la ausencia de grupos-testigo válidos, lo que hace muy difícil la interpretación de los síntomas mencionados, cuya frecuencia es conocida en la patología del trabajo, y sobre todo su relación con la exposición al campo.

En cuanto a los segundos, cabría reprocharles el hecho de que los exámenes médicos no hayan coincidido necesariamente con el período de exposición, la calidad de los grupos-testigo, no siempre significativos, su negatividad que podría significar que los criterios de comparación no fueron bien escogidos. Finalmente, en la mayor parte de estos estudios, salvo en el de STOPPS, la importancia y la duración de la exposición están mal definidas, pero incluso en el estudio de STOPPS hay que señalar que individuos y testigos eran voluntarios cuya selección no se hizo al azar.

Estas críticas destacan también el valor de los tests de laboratorio realizados en algunos países, pero muy especialmente en Alemania Federal, que constituyen un segundo sistema de investigación en lo que al hombre se refiere.

En estos casos el protocolo del estudio es muy preciso, la duración y los valores de exposición a los campos están frecuentemente definidos y los exámenes médicos o biológicos se





sitúan durante la exposición o inmediatamente después de ella.

Estos estudios llevan mucho tiempo realizándose en la Escuela Politécnica de Munich, por el profesor HAUF y sus colaboradores, y han utilizado a estudiantes voluntarios expuestos a campos de 1 a 20 KV/m entre 45 minutos y 5 horas.

Los principales criterios de comparación se han referido:

- al tiempo de las reacciones psicomotrices,
- a las grandes funciones del organismo medidas por la frecuencia cardíaca, la tensión arterial, el electrocardiograma y el electroencefalograma.
- las constantes hematológicas,
- la mayor parte de las constantes electrolíticas y bioquímicas sanguíneas.

Estas investigaciones han sido en conjunto **negativas**, con la excepción de un ligero efecto de estimulación que retasa y disminuye la acción de la fatiga sobre el tiempo de las reacciones psicomotrices y de modificaciones hematológicas discretas en relación al número de leucocitos, neutrocitos y reticulocitos, comparables a las señaladas por los autores soviéticos.

Con el fin de precisar mejor la naturaleza de estas discretas variaciones, HAUF y sus colaboradores han estudiado la acción de desplazamiento que, en un plano físico, constituyen la única consecuencia posible de los campos eléctricos.

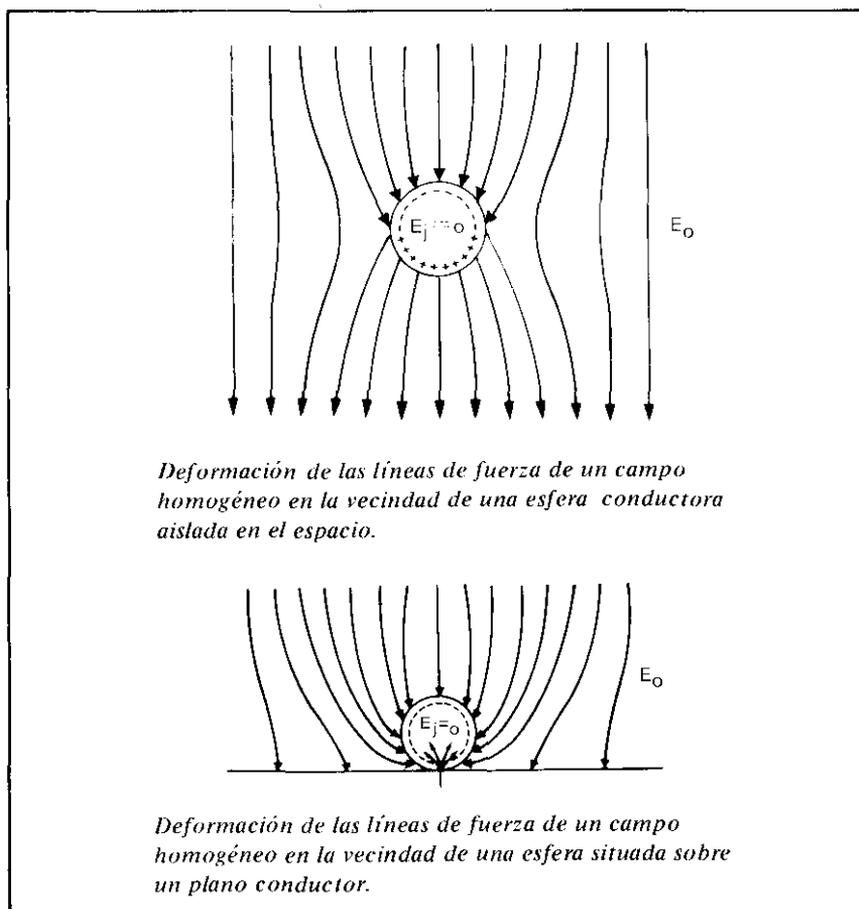
Cuando se sitúa un cuerpo conductor en un campo eléctrico se observa, en efecto, una modificación de las líneas de fuerza del campo con una concentración en los dos polos de este cuerpo.

Las cargas eléctricas se desplazan en superficie al instalarse en el campo que vienen a equilibrar (carga negativa frente a un campo positivo).

Si el cuerpo está en contacto con el suelo, la concentración del campo es más importante, y las cargas que, en este caso se toman del suelo, son de signo opuesto al del campo.

Cuando se trata de un campo alterno hay inversión y, en consecuencia, desplazamiento de las cargas con cada cambio del campo, lo que conduce a crear una corriente eléctrica alterna en el interior del conductor o del organismo, si se trata de un hombre.

Estas corrientes han sido calculadas y medidas por diversos autores y son de intensidades muy débiles, del orden de los 100 a 200 microamperios



según la intensidad del campo, por debajo, en consecuencia, del umbral de percepción pero cercanas a las corrientes que acompañan a los fenómenos bioquímicos celulares.

En una nueva serie de experiencias, HAUF y sus colaboradores han sometido a voluntarios a corrientes de este tipo, con trayectos de miembro superior a miembros inferiores, utilizando los mismos criterios de vigilancia que en las experiencias precedentes.

Los resultados negativos de esta nueva serie de investigaciones hace pensar al autor que los efectos observados cuando los individuos son sometidos al campo eléctrico son efectos de estimulación no específicos.

En lo que respecta a los problemas funcionales señalados por los autores soviéticos y el español, considera que están relacionados con otras condiciones ergonómicas o, eventualmente, con una acción indirecta del campo, en particular por intermedio de microdescargas de corriente capacitiva.

Cuando un conductor eléctrico está bajo tensión y transporta corriente, al campo eléctrico se asocia un campo magnético que se mide en gauss o teslas.

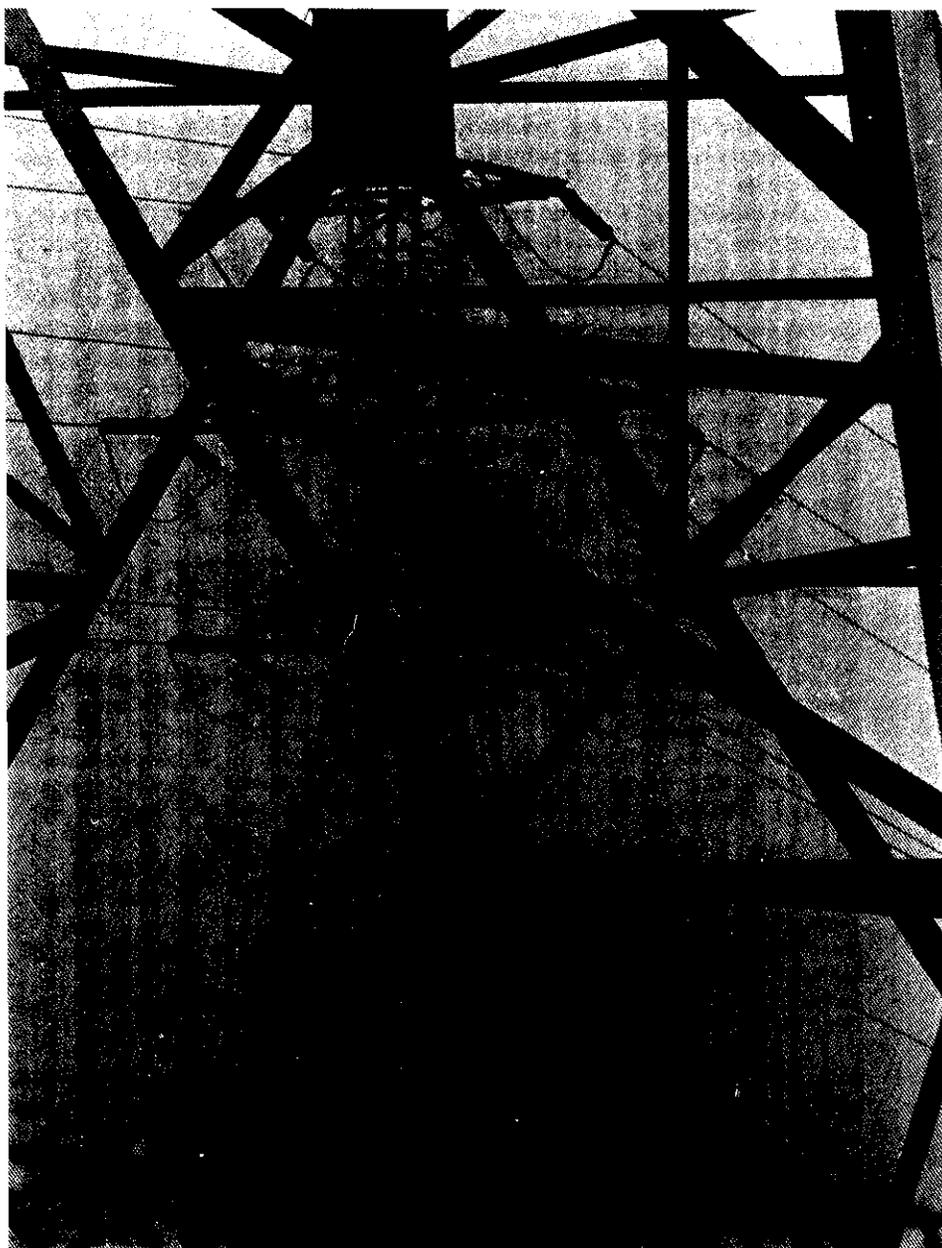
Las investigaciones sobre la acción eventual de los campos magnéticos de baja frecuencia han sido objeto de bien pocos trabajos, debido sin duda al valor débil de estos, debido.

En la U.R.S.S., VYALOV estudió a individuos que habían estado expuestos durante largos periodos de tiempo a campos magnéticos alternos o continuos, y ha indicado que la mayor parte de estos trabajadores presentaban problemas funcionales del sistema nervioso.

En los Estados Unidos, BEISCHER y sus colaboradores han sometido a 10 voluntarios a campos magnéticos alternos de 45 Hz de pequeña intensidad: 0,1 miliTesla. Todos los tests utilizados dieron resultado negativo, con excepción de un aumento de triglicéridos, discutible en opinión del autor mismo.

HAUF y uno de sus colaboradores han estudiado también esta cuestión, sometiendo a voluntarios a campos de 50 Hz 0,3 mT. Se han utilizado los mismos criterios de vigilancia que en las experiencias precedentes y no se han observado ninguna modificación en relación con un grupo de testigos.

En definitiva, parece que, salvo en los casos de ciertas industrias que exponen a los trabajadores a campos magnéticos muy intensos (sobre todo industrias electroquímicas), los campos



magnéticos desarrollados por los conductores no dan lugar a ninguna acción biológica.

En lo que se refiere a los campos electromagnéticos, es decir, a la asociación de un campo eléctrico y un campo magnético, es importante señalar, en primer lugar, que la mayor parte de los estudios epidemiológicos ya citados relativos al efecto de los campos eléctricos en la proximidad de las instalaciones de Alta Tensión incluyen también un campo magnético en la medida en que la línea está en carga; este campo, no obstante, es de muy débil intensidad.

HAUF ha vuelto a considerar el tema junto con uno de sus colaboradores y ha estudiado la acción de un campo eléctrico de 50 Hz 20 KV/m asociado a la acción de un campo magné-

tico de 50 Hz y 0,3 mT con exposición de tres horas. En esta experiencia se han estudiado los mismos parámetros y, además, la dosis de colesterol y de triglicéridos, con el fin de encontrar respuesta a la cuestión planteada por BEISCHER.

Los resultados de esta serie de experiencias han sido totalmente negativos, y hay que señalar que no se han encontrado las pequeñas variaciones de los tiempos de reacción psicomotriz y la fórmula sanguínea observadas en el curso de una exposición a un campo eléctrico aislado, como si la interacción de los campos eléctricos y magnético suprimiese las pocas variaciones observadas con un campo eléctrico aislado en acción.

Estos son los principales trabajos referidos a la acción de los campos

magnéticos y eléctricos en el hombre. Todavía es difícil llegar a conclusiones ciertas, pues hay discordancia entre las prudentes conclusiones de los autores soviéticos y los resultados negativos de las encuestas europeas y americanas.

De esta forma, la mayor parte de los autores que han estudiado estas cuestiones estiman importante no atenerse a estas investigaciones y proseguirlas en condiciones más rigurosas.

En lo que se refiere a la experimentación con animales, el fin principal es intentar que aparezca una acción y, eventualmente definir el umbral de aparición utilizando periodos de exposición y valores de campo muy superiores

a los que se encuentran en la práctica.

Estos estudios, sin embargo, son poco comparables entre sí, porque los materiales biológicos utilizados son muy variados, las condiciones de exposición muy diferentes en su duración y en el valor de los campos utilizados.

Finalmente, y sobre todo, quedaría la dificultad de trasladar al hombre los resultados observados en el animal.

Con el fin de clarificar esta cuestión y de hacer una síntesis del conjunto de los trabajos realizados, en particular los referidos al hombre, la Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud ha reunido en Alemania Federal a un conjunto de personalidades

originarias de la mayor parte de las naciones industrialmente desarrolladas y consideradas expertas en materia de Electropatología y radiaciones.

Tras un estudio crítico, de los fenómenos físicos y fisiológicos ligados a la introducción de un organismo vivo en un campo y una revisión del conjunto de las publicaciones dedicadas a esta cuestión, estos autores han llegado a la conclusión de que los campos eléctricos son inocuos hasta tensiones de transporte de 400 KV.

Con los resultados hasta ahora conocidos para líneas de transporte de muy alta tensión, estas conclusiones pueden, en su opinión extenderse hasta tensiones de transporte de 800 KV.

BIBLIOGRAFIA

T.P. ASANOVA et A.N. RAKOV
Health conditions of workers exposed to an electrical field of 400-500 kV. open distributing installations (Gig. Truda Prof. Zabot., 5, 1966, S. 50-52)

D.E. BEISCHER et Coll.
Exposure of man to magnetic fields alternating at extremely low frequency (Naval Aerospace Medical Research Laboratory, NAMRL-1880, 1973)

J. CABANES
Action des champs électriques et magnétiques sur les organismes vivants et très particulièrement l'homme. Revue Générale de la Littérature (Revue Générale de l'Electricité, n° spécial, Juillet 1975)

B. EISEMANN
Untersuchungen über Langzeiteinwirkung kleiner Wechselstromes 50 Hz auf den Menschen (Dissertation, 1975, Fribourg i Br.)

V. FILIPPOV
Der Einfluss von elektrischen Wechselfeldern auf den Menschen. (Colloque International de Prévention des Risques Professionnels dus à l'Electricité, Cologne, 1972)

F.F. FOLE
Phänomen "Pat" in den elektrischen Unterwerken (Colloque International de Prévention des Risques Profession-

nels dus à l'Electricité, Cologne, 1972)

C. GARY
Effets biologiques d'une champ électrique. Que peut dire l'électricien à ce sujet? (Revue Générale de l'Electricité, n° spécial, Juillet 1976)

G. HAUF
Untersuchungen über die Wirkung energietechnischer Felder auf den Menschen (Dissertation, 1974, Munich)

R. HAUF
Wirkung von 50 Hz wechselfeldern auf den Menschen (E.T.Z., B., 26, n° 12, 1974)

B. KNAVE et Coll.
Exposure to electric fields: an epidemiological health examination on long-term exposed switchyard workers (To be published in Electra. Now available in Swedish: Arbete och Halsa, 1978: 5 National Board of Occupational Safety and Health, Stockholm, Sweden)

V.P. KOROBKOVA et Coll.
Influence du champ électrique dans les postes à 500 et 750 kV. sur les équipes d'entretien et les moyens de leur protection (C.I.G.R.E., Paris, 28 Août-6 Septembre)

W. B. KOUWENHOVEN et Coll.
Medical evaluation of man working in A.C. electric fields (I.E.E.E. Trans. PAS. 86-4, 1967, 506-511)

E. MALBOYSSON
Surveillance médicale du personnel exposé à l'action des champs électromagnétiques (Revue Générale de l'Electricité, n° spécial, Juillet 1976)

B. MANTELL
Untersuchungen über die Wirkung eines magnetischen Wechselfeldes 50 Hz auf den Menschen (Dissertation, Fribourg i Br., 1975)

Organisation Mondiale de la Santé. Bureau Régional de l'Europe
Manual on Health aspects of exposure to nonionizing radiation. Chapter on Electric and Magnetic Fields at Power frequencies, with particular reference to 50 and 60 Hz (sous presse, 1979)

P. F. ROBERGE
Etude de l'état de santé des électriciens d'entretien préposés à l'entretien des postes 735 kV. de l'Hydro-Québec (Rapport Hydro-Québec, Canada, 1976)

J. P. RUPILIUS
Untersuchungen über die Wirkung eines elektrischen und magnetischen 50 Hz-Wechselfeldes auf den Menschen (Dissertation, Fribourg i Br., 1976)

T. E. SAZONOVA
Physiological and hygienic assessment of the working condi-

tions at the outdoor switchyards 400 and 500 kV. (Proc. of the Inst. of Labor protection under the All Union Central Council of Trade Unions, 1967, n° 2)

M. L. SINGEWALD et O. R. LANGWORTHY
Medical follow-up study of H. V. Linemen working in A. C. electrical fields (I.E.E.E. Trans. PAS. 92-4, 1973, 1307-1309)

G. J. STOPPS et W. JANISCHESKYJ
An epidemiological study of personnel working on A. C. Transmission Lines (Canadian Electrical Association, Vancouver, British Columbia, Mars 1979)

M. V. STRUMZA (1970)
Influence sur la santé humaine de la proximité des conducteurs d'électricité à haute tension. Résultats d'une enquête sur la "consommation médicale" (Arch. Mal. Prof., T. 31, 1970, 269-276)

A. M. VYALOV et Coll.
On the problem of the effect of constant and variable magnetic fields on the human organism (Occupational Pathology, A. P. Shitskovan, Ed. Ministry of Health, Moscou, 1964, 169-175)

R. WAIBEL
Der Einfluss niederfrequenter elektrischer Felder auf Lebewesen (Dissertation, Graz, 1975)