

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA - UNR  
ESCUELA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
DEPARTAMENTO DE FISICA  
FISICA III

## **“Aplicaciones de la Electrostatica”**

**Realizado por:**

- Bravo, Barbara
- Giordana, María Florencia

**2003**

## **Introducción:**

Los principios de la electrostática han sido la base para el desarrollo de diversos dispositivos con diferentes aplicaciones. Entre estos se encuentran los generadores electrostáticos para acelerar partículas elementales, los precipitadores electrostáticos utilizados para reducir la contaminación atmosférica de las centrales carboeléctricas, y la xerografía que ha revolucionado la tecnología del procesamiento de imágenes. A continuación describiremos el principio de funcionamiento de cada uno de ellos.

## **Aceleradores electrostáticos:**

Los primeros aceleradores se construyeron a comienzos de la década de los treinta, en el Reino Unido y en E.E.U.U. con el propósito de proporcionar suficiente energía a iones livianos como hidrógeno y helio, para que penetren a la región de las fuerzas nucleares. El acelerador británico fue diseñado por los físicos Cockroft y Walton en Cambridge en 1930, en tanto que E. Lawrence y M. S. Livingston desarrollaron en Berkeley el primer ciclotrón en 1932. Desde entonces otros aceleradores se han construido para obtener haces de mayores energías.

La evolución de los aceleradores de partículas a lo largo del tiempo indica una tendencia hacia energías cada vez más altas. Desde los años setenta las energías se han ido superando desde algo menos de 1 MeV ( $1 \times 10^6$  eV) hasta cerca de 1 TeV ( $1 \times 10^{12}$  eV). El incremento de energía ha sido estimulado por investigaciones cada vez más profundas en la estructura de la materia. Estas máquinas han sido fundamentales en generar conocimientos en campos tales como fuerzas nucleares, reacciones nucleares, producción de radionuclidos, interacción de radiaciones con la materia y otros. Aceleradores en el rango de energías menores de 10 MeV son muy abundantes.

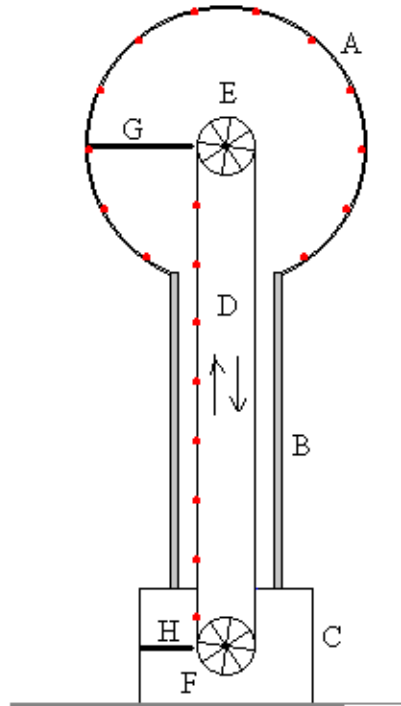
Los aceleradores más antiguos fueron construidos principalmente para realizar investigaciones en física nuclear. En la década de los ochenta, se inició la producción de un tipo de acelerador más compacto y orientado preferentemente a trabajos aplicados de tipo interdisciplinarios. En los nuevos destinos estas máquinas continúan generando conocimientos básicos en campos diversos como física atómica, física del estado sólido, ciencias de los materiales y otras, al mismo tiempo que transfieren metodologías nucleares a otras áreas.

## **El generador de Van de Graaff:**

Van de Graaff inventó el generador que lleva su nombre en 1931, con el propósito de producir una diferencia de potencial muy alta (del orden de 20 millones de volts) para acelerar partículas cargadas que se hacían chocar

contra blancos fijos. Los resultados de las colisiones nos informan de las características de los núcleos del material que constituye el blanco.

El generador de Van de Graaff es muy simple, consta de un motor, dos poleas, una correa o cinta, dos peines o terminales hechos de finos hilos de cobre y una esfera hueca donde se acumula la carga transportada por la cinta.



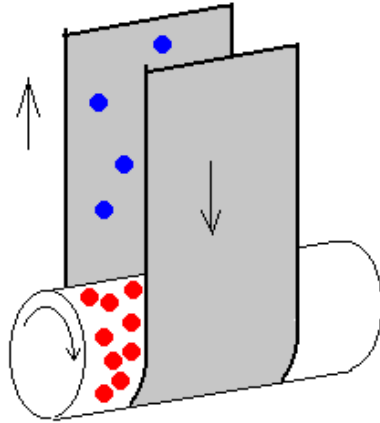
En la figura, se muestra un esquema del generador de Van de Graaff. Un conductor metálico hueco *A* de forma aproximadamente esférica, está sostenido por soportes aislantes de plástico, atornillados en un pie metálico *C* conectado a tierra. Una correa o cinta de goma (no conductora) *D* se mueve entre dos poleas *E* y *F*. La polea *F* se acciona mediante un motor eléctrico.

Dos peines *G* y *H* están hechos de hilos conductores muy finos, están situados a la altura del eje de las poleas. Las puntas de los peines están muy próximas pero no tocan a la correa.

La rama izquierda de la correa transportadora se mueve hacia arriba, transporta un flujo continuo de carga positiva hacia el conductor hueco *A*. Al llegar a *G* y debido a la propiedad de las puntas se crea un campo lo suficientemente intenso para ionizar el aire situado entre la punta *G* y la correa. El aire ionizado proporciona el medio para que la carga pase de la correa a la punta *G* y a continuación al conductor hueco *A*, debido a la propiedad de las cargas que se introducen en el interior de un conductor hueco (cubeta de Faraday).

## Funcionamiento del generador de Van de Graaff:

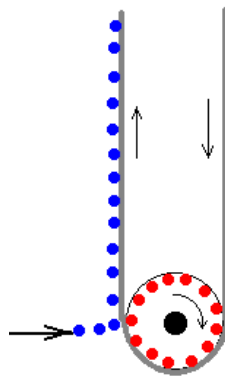
Ahora explicaremos como adquiere la correa la carga que transporta hasta el terminal esférico.



En primer lugar, se electrifica la superficie de la polea inferior F debido a que la superficie del polea y la correa están hechos de materiales diferentes. La correa y la superficie del rodillo adquieren cargas iguales y de signo contrario.

Sin embargo, la densidad de carga es mucho mayor en la superficie de la polea que en la correa, ya que las cargas se extienden por una superficie mucho mayor

Supongamos que hemos elegido los materiales de la correa y de la superficie del rodillo de modo que la correa adquiera un carga negativa y la superficie de la polea una carga positiva, tal como se ve en la figura.



Si una aguja metálica se coloca cerca de la superficie de la correa, a la altura de su eje. Se produce un intenso campo eléctrico entre la punta de la aguja y la superficie de la polea. Las moléculas de aire en el espacio entre

ambos elementos se ionizan, creando un puente conductor por el que circulan las cargas desde la punta metálica.

Las cargas negativas son atraídas hacia la superficie de la polea, pero en medio del camino se encuentra la correa, y se depositan en su superficie, cancelando parcialmente la carga positiva de la polea. Pero la correa se mueve hacia arriba, y el proceso comienza de nuevo.

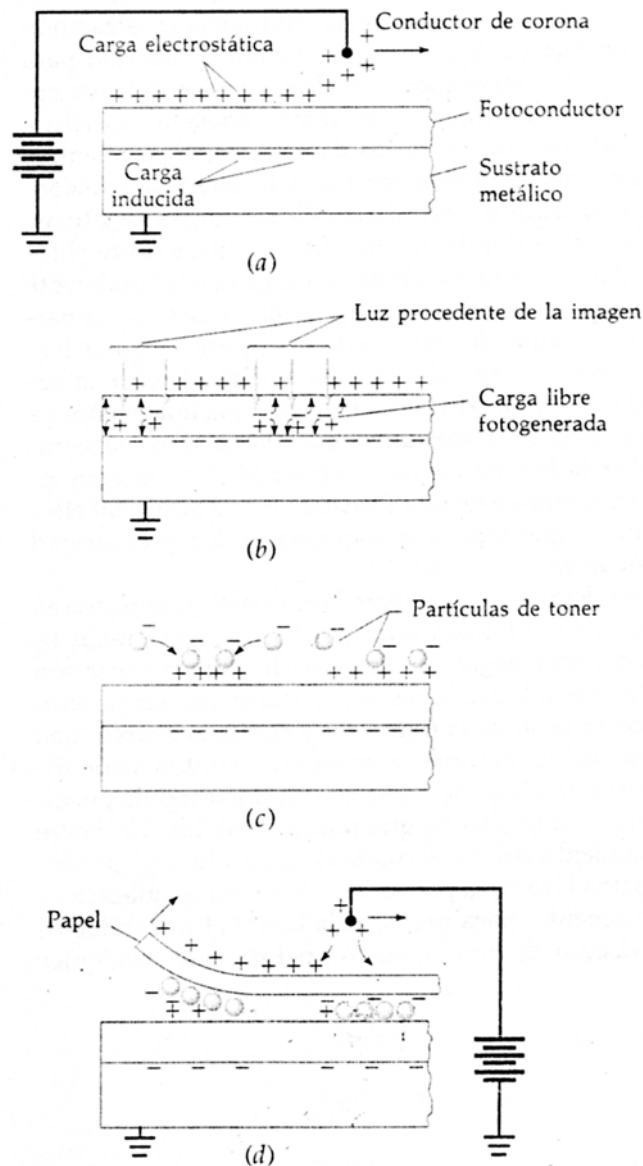
La polea superior E actúa en sentido contrario a la inferior F. No puede estar cargada positivamente. Tendrá que tener una carga negativa o ser neutra (una polea cuya superficie es metálica).

Existe la posibilidad de cambiar la polaridad de las cargas que transporta la correa cambiando los materiales de la polea inferior y de la correa. Si la correa está hecha de goma, y la polea inferior está hecha de nylon cubierto con una capa de plástico, en la polea se crea una carga negativa y en la goma positiva. La correa transporta hacia arriba la carga positiva. Esta carga como ya se ha explicado, pasa a la superficie del conductor hueco.

Si se usa un material neutro en la polea superior E la goma no transporta cargas hacia abajo. Si se usa nylon en la polea superior la correa transporta carga negativa hacia abajo, esta carga viene del conductor hueco. De este modo, la correa carga positivamente el conductor hueco tanto en su movimiento ascendente como descendente.

### **Xerografía:**

El proceso xerográfico fue inventado en 1937 por Chester Carlson. El término xerografía, literalmente (escritura en seco), fue realmente adoptado un poco después para resaltar la diferencia respecto a los procesos químicos húmedos. El concepto innovador de Carlson no encontró una aceptación inicial y sólo se obtuvo una realización práctica de su idea después de una pequeña compañía arriesgase su futuro en sus intensos esfuerzos para desarrollar el proceso.



En la figura se ilustran cuatro de las etapas principales que intervienen en la xerografía. Con objeto de dar una mayor claridad al proceso, se ha simplificado habiéndose suprimido diversos detalles. El proceso de obtención de imágenes electrostáticas tiene lugar sobre una lámina delgada de un material fotoconductor que está apoyado sobre un soporte metálico conectado a tierra. Un fotoconductor es un sólido que es buen aislante en la oscuridad pero que resulta capaz de conducir la corriente eléctrica cuando se expone a la luz. En la oscuridad, se deposita carga electrostática uniforme sobre la superficie del fotoconductor. Esta etapa de carga (figura a) se realiza mediante una descarga positiva en corona que rodea un alambre fino mantenido a unos + 5000 V aproximadamente. Esta corona se hace

pasar por la superficie fotoconductor, esparciendo iones positivos sobre ella y cargándola a un potencial de + 1000 V. puesto que la carga es libre para fluir dentro del soporte de metal conectado a masa, se desarrolla una carga igual y opuesta inducida en la interfase metal-fotoconductor. En la oscuridad del fotoconductor no contiene ninguna carga móvil y la gran diferencia de potencial persiste a través de esta capa de dieléctrico, que sólo tiene 0,005 cm de espesor.

A continuación la placa fotoconductor se expone a la luz en forma de una imagen reflejada en el documento que ha de copiarse. Lo que ocurre a continuación se indica en la figura b. Donde la luz incide sobre el fotoconductor, son absorbidos cuantos luminosos (fotones) y se crean parejas de cargas móviles. Cada pareja foto generada se compone de una carga negativa (un electrón) y una carga positiva (un hueco, es decir, un electrón perdido). La fotogeneración de esta carga libre depende no sólo del fotoconductor utilizado, sino de la longitud de onda e intensidad de luz incidente y además del campo eléctrico presente. Este campo de gran valor ( $1000 \text{ V} / 0,005 \text{ cm} = 2 \times 10^7 \text{ V/m}$ ) ayuda a separar las parejas mutuamente atractivas electrón-hueco, de modo que quedan en libertad para moverse por separado. Los electrones se mueven entonces bajo la influencia del campo hacia la superficie, en donde neutralizan a las cargas positivas, mientras que los huecos se mueven hacia la interfase fotoconductor-sustrato y neutralizan allí las cargas negativas. En los puntos donde una luz intensa incide sobre el fotoconductor, la fase o etapa de carga queda totalmente eliminada; en donde incide luz débil, la carga se ve parcialmente reducida; en donde no incide ninguna luz, permanece la carga electrostática original sobre la superficie. La tarea crítica de convertir una imagen óptica en una imagen electrostática, que ahora queda registrada sobre la lámina, se ha completado. Esta imagen latente se compone de una distribución de potencial electrostático, que replica el esquema de luz y oscuridad del documento original.

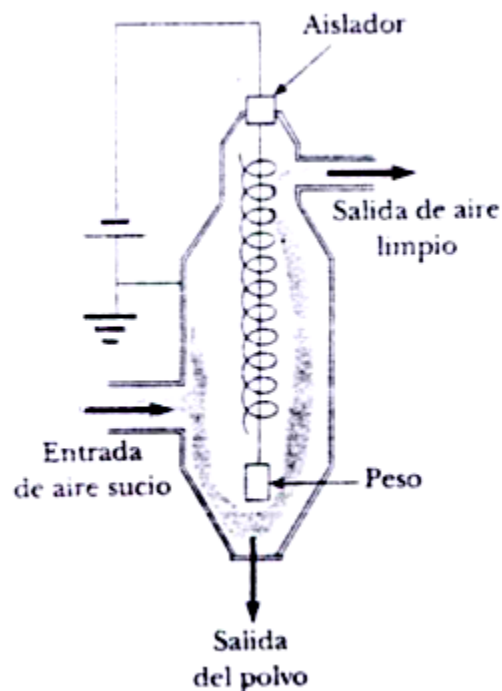
Para desarrollar la imagen electrostática, se ponen en contacto con una lámina unas partículas pigmentadas finas con carga negativa. Estas partículas de toner son atraídas hacia las regiones superficiales con carga positiva, como se ve en la figura c, y entonces aparece una imagen visible. El toner se transfiere a continuación (figura d) a una hoja de papel que ha sido cargada positivamente con objeto de que pueda atraerlas. Un breve calentamiento del papel funde el toner y lo pega produciendo una fotocopia permanente lisa para su utilización.

Finalmente, para preparar la lámina fotoconductor en el caso de una repetición del proceso, cualquier partícula de toner que permanece en la superficie se limpia mecánicamente y se borra la imagen electrostática

residual, es decir, se descarga inundándola de luz. El fotoconductor está ahora listo para un nuevo ciclo, partiendo de la etapa de carga. En las fotocopiadoras de alta velocidad la capa fotoconductoras frecuentemente tiene la forma de un tambor o cinta de movimiento continuo alrededor de cuyo perímetro están situados ciertos dispositivos para realizar las diversas funciones de la figura.

### **Precipitador electrostático:**

Una importante aplicación de la descarga eléctrica en gases es un dispositivo llamado precipitador electrostático. Este aparato se utiliza para eliminar partículas de materia de los gases de combustión, reduciendo de ese modo la contaminación del aire. En especial es útil en centrales carboeléctricas y en operaciones industriales que generan grandes cantidades de humo. Los sistemas actuales son capaces de eliminar más del 99% de la ceniza y el polvo (en peso) del humo.



La figura muestra la idea básica de un precipitador electrostático. Se mantiene un alto voltaje (por lo común, de 40 kV a 100 kV) entre el alambre que corre hacia abajo por el centro de un ducto y la pared exterior, la cual está conectada a tierra. El alambre se mantiene a un potencial negativo respecto de las paredes, por lo que el campo eléctrico se dirige hacia el alambre. El campo eléctrico cerca del alambre alcanza valores suficientemente altos para producir una descarga en corona alrededor del alambre y la formación de iones positivos, electrones e iones negativos,  $O_2^-$ . Cuando los electrones y los iones negativos se aceleran hacia la pared exterior por medio de un campo eléctrico no uniforme, las partículas de



polvo en la corriente de gas se cargan a partir de los choques y la captura de iones. Puesto que la mayor parte de las partículas de polvo cargadas son negativas, pueden ser extraídas hacia la pared exterior mediante un campo eléctrico. Al sacudir de manera periódica el ducto, las partículas se desprenden y caen, y se agrupan en el fondo.

Además de reducir el nivel de partículas de materias en la atmósfera, el precipitador electrostática recupera de la chimenea materiales valiosos en forma de óxidos metálicos.

### **Bibliografía:**

Física, Vol. 2, Paul Tipler. Editorial Reverte

Física, Tomo II, Reymond Serway. Editorial Mc Graw Hill

Paginas web:

<http://fisica.ciencias.uchile.cl/nuclear/instalaciones/historia.html>

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo\\_electrico/graaf/graf.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo_electrico/graaf/graf.htm)