



11 JUN 1922

203942

MEMORIA DESCRIPTIVA

PATENTE DE INVENCION.

PAIS: ESPAÑA.

DURACION: VEINTE AÑOS.

OBJETO: "PROCEDIMIENTO ELÉCTRICO DE POTABILICACION DEL AGUA DE MAR".

A nombre de: Don MANUEL CHAMORRO CUERVAS-MONS

Residente en: Madrid - Av. José Antonio, 70

Nacionalidad: ESPAÑOLA.

203942



La existencia de grandes territorios desérticos, por falta de precipitaciones atmosféricas, en las orillas del mar de algunas regiones del Globo, hace tiempo que despertó el interés del hombre sobre la posibilidad de potabilizar el agua del Océano, con objeto de aplicarle al consumo de las poblaciones y a la irrigación de dichos territorios ribereños.

La potabilización del agua del mar se reduce, en definitiva, a extraer de la misma las sales que lleva en disolución, y en un exceso notable, para hacerla apta para los usos corrientes antes indicados. Los métodos generales de potabilización o depuración del agua continental no le son de aplicación. Los procedimientos mecánicos de sedimentación y filtración son inoperantes. Los procedimientos físico-químicos de coagulación, así como los químicos de insolubilización o precipitación, son ineficaces, pues las sales de sodio, con muy raras excepciones, son todas solubles, y las insolubles requieren reactivos tóxicos y carísimos. El sistema de permutación iónica acaso pudiese aplicarse desde el punto de vista teórico, más -adviértase que las sales contenidas en un metro cúbico de agua de mar, pesan alrededor de 30 Kg. y que, por lo tanto, requerirían cantidades ingentes de materiales cambiadores de iones y que para regenerar a éstos también serían precisas considerables masas de agua dulce, con lo



1 1952

203942

que quedaríamos, a la postre, si lográbamos resolver económicamente el primer problema, encerrados en un círculo vicioso.

30 La destilación del agua del mar, con los más modernos sistemas con los que se recupera el calor latente de evaporación, exige, no solamente materiales no corrosibles en cantidades grandes y por lo tanto muy caros, sino además el consumo de por lo menos 250 calorías por metro cúbico, lo cual representa también un gasto considerable.

35 El agua del mar, es una disolución de un conjunto de sales minerales y, por lo tanto, un electrolito.

Para mayor facilidad de la comprensión de lo que sigue, supongamosla formada por la disolución de una sola clase de sal y sea ésta el cloruro sódico, Cl.Na.

40 Sabemos que los electrones se agrupan alrededor de los núcleos atómicos superponiéndose por capas, de las cuales la primera solamente llega a contener dos como máximo, pero las demás tienen generalmente la tendencia a completar ocho electrones. El cloro posee dos electrones en la primera capa, ocho en la segunda y solamente siete en la última. Como a esta capa le falta un electrón para completar los ocho, procura hacerlo a toda costa, "cazando al vuelo" cualquiera que pase por sus proximidades. El sodio tiene dos electrones en la primera capa, ocho en la segunda y uno en la más externa. Como todavía le faltan siete para completar esta última capa,

45

50



11 52

203942

el único electrón existente se encuentra acoplado flojamente y es cedido con facilidad. Si mezclamos íntimamente el sodio y el cloro en el interior de una disolución acuosa, el segundo se apoderará del electrón que necesita para completar su capa externa, extrayéndolo del sodio. Más como la carga eléctrica positiva que posee cada uno de los núcleos atómicos queda neutralizada exactamente con sus correspondiente electrones planetarios, resultará, a la postre, que el cloro tendrá una carga negativa y el sodio una positiva. Estos átomos se habrán convertido así en iones. Si se introducen dos planchas conductoras o electrodos, unidas a una fuente de corriente eléctrica, en el interior de una disolución de cloruro de sodio, es sabido que el sodio se dirigirá al polo negativo o cátodo y el cloro al positivo o ánodo. También se sabe que el cloro deposita entonces el electrón que le sobra, y, al neutralizarse, deja de ser ión, toma la forma atómica y puede suceder una de las tres cosas siguientes: que reaccione con el electrolito, que ataque al electrodo o que se desprenda en forma de gas molecular. Lo mismo sucede con el metal sodio. Este adquiere el electrón que le falta y se deposita en el electrodo. En este caso particular como el sodio es atacable por el electrolito o por el agua, reacciona con ellos. De todas formas hemos de considerar dos fenómenos preliminares que son: 1º.- La disociación iónica preexiste en el electrolito antes del paso de la

11 52



203942

corriente. 2ª.- La corriente, o mejor, el potencial eléctrico aplicado a los electrodos ejerce su acción sobre los iones, orientando, atrayendo y neutralizando éstos, y precisamente estas tres distintas y sucesivas acciones son función del potencial del campo eléctrico las dos primeras, y de la densidad de la corriente, la tercera.

Es decir, los iones existen ya en la disolución en estado de agitación caótica, debido a los choques contra las moléculas del disolvente y a las repulsiones que entre sí ejercen. Si introducimos estos iones en un campo eléctrico, se orientarán en él según sus polaridades, y, después de orientados, se dirigirán a lo largo de la línea de fuerza en la dirección de los electrodos respectivos, siendo como es lógico su velocidad de desplazamiento función de su masa, volumen, superficie, carga eléctrica, temperatura, viscosidad del líquido, etc., y del potencial del campo eléctrico por el que circulan.

Una vez en contacto con el electrodo neutralizan su carga eléctrica, bien por deposición, bien por sustracción de electrones, y, dejan entonces el estado iónico. Pero esta transformación depende de la intensidad de la corriente establecida, no del potencial del campo eléctrico.

Supongamos ahora que rodeamos al electrodo de una pantalla conductora y permeable al electrolito, a la cual se aplica un potencial opuesto al de dicho electrodo y



203942

considerablemente menor.

105 En este caso se formarán dos campos parciales más
pequeños, ya que su potencial no podrá ser superior al
correspondiente al electrodo de potencial menor, y como
existe un exceso de potencial en el otro electrodo las
líneas de fuerza pasarán a través de los poros o espa-
110 cios vacíos del electrodo secundario para dar lugar a la
existencia de un campo eléctrico de orden superior entre
dichos dos electrodos principales, cortado incompletamen-
te por los electrodos secundarios (fig. 1ª).

 Si ahora suponemos un ión dentro del espacio com-
115 prendido por el doble sistema de electrodos, se orienta-
rá según su polaridad y marchará en dirección del elec-
trodo principal correspondiente, que le atrae con una
fuerza considerable, venciendo la repulsión que le ofre-
ce el electrodo secundario de polaridad igual a la su-
120 ya, merced al tamaño de los poros de la pantalla y la
enorme diferencia de potencial que en dichos puntos exis-
te entre el campo eléctrico creado por los electrodos -
principales entre sí y el existente entre éstos y los
secundarios. De esta manera habremos logrado introducir
125 en dichos espacios secundarios interelectródicos los
iones correspondientes, más si las corrientes de difusión
o la agitación del electrolito tratan entonces de arran-
car al ión de las proximidades del extremo del campo
eléctrico principal, donde se concentró con otros seme-



11 JUN 1922

203942

130 jantes, interviene ahora de una forma efectiva la repul-
sión que sobre él ejerce el electrodo secundario más pró-
ximo y ya le será imposible repasarlo. Habrá quedado en-
cerrado como en una trampa en el espacio comprendido en-
tre el electrodo principal y el secundario.

135 Al ponerse los iones en movimiento bajo la acción
de las atracciones y repulsiones que se ejercen entre ellos
y los electrodos, desarrollan contra las moléculas del
disolvente un frotamiento relativamente considerable y
que aumenta con la rapidez del ión, de tal suerte que al
140 cabo de un tiempo muy corto el ión habrá alcanzado una
velocidad v , constante y proporcional a la fuerza que lo
solicita, es decir, al campo eléctrico. E, producido por
las cargas de los electrodos. Se puede pues escribir:
 $v = K.E.$ siendo K un coeficiente de proporcionalidad que
145 se denomina movilidad del ión.

La conductividad de un electrolito crece con la
dilución hasta un cierto límite a partir del cual no va-
ría. Ello es debido a que puede darse el caso de que al
disolverse el cuerpo no todo él se haya ionizado, pero
150 al aumentar la dilución ponemos en libertad más iones
hasta que lo están todos, y entonces si seguimos aumen-
tando la dilución no podremos influir sobre el número
de iones puestos en libertad, que al fin y al cabo son
los responsables del transporte de las cargas eléctricas
155 que dá origen al paso de la corriente.



11 JUL 62

203942

Cuando son varios los electrolitos disueltos en un mismo líquido, si estos no reaccionan entre sí, ni tienen ningún ión común, la conductividad específica del conjunto es la suma de las conductividades específicas de los

160 componentes.

El número de transporte de un ión lo podemos considerar, ya como la relación de la velocidad del ión a la suma absoluta de las velocidades de los dos iones, ya como la fracción de carga transportada por el ión, puesto que

165 cuanto más rápido sea, mayor será la carga transportada en la unidad de tiempo.

Para que la electrólisis se verifique es necesario gastar una energía en forma de trabajo eléctrico que es el resultado de multiplicar la tensión aplicada en los bor-

170 nes de la cuba por la cantidad de electricidad, siendo esta última igual a la intensidad de la corriente por el tiempo. Esta energía se descompone en la forma siguiente:

- 1.- La necesaria para la descomposición del electrolito en sus elementos, que absorbe una cantidad equivalente

175 a la que se desprendió al formarse la combinación.

- 2.- En compensar la fuerza contraelectromotriz o de polarización formada al ser la cuba una pila reversible.
- 3.- En vencer la resistencia ohmica que ofrece al pasa de la corriente el baño, y

180 4.- Transportar los iones hasta los electrodos.

Los iones no se mueven solamente atraídos por el po-

203942



tencial del campo eléctrico. Las corrientes de difusión también actúan sobre ellos con tanta más fuerza cuanto mayor sea la caída de concentración. Por ello la corriente de difusión puede ser tan grande alrededor del electrodo como para llevar los iones que la corriente no puede transportar.

Como se puede apreciar, el problema está centrado en formar un campo eléctrico cuyo potencial sea el necesario para orientar y atraer a los iones hacia los depósitos electroódicos, pero sin que la tensión, ni menos la intensidad de la corriente sean tales que puedan llegar a producir una descomposición electrolítica, que es necesaria. El ideal sería el no llegar a gastar o consumir energía en este trabajo. La separación eléctrica de los iones contenidos en el agua tiene sin embargo mayor complejidad porque tanto la densidad como la tensión del campo eléctrico, han de ser proporcionales a una serie de factores que varían a medida en que el agua va empobreciéndose en electrolitos y a la influencia de determinadas reacciones secundarias.

No obstante, aunque no se logre aquel ideal de no llegar a consumir energía en el proceso, el diseño cuidadoso de la máquina y un control científico y racional de la misma, aseguran un gasto mínimo ocasionado por las pérdidas debidas a las imperfecciones físicas y mecánicas del sistema.

11 JUN 1942
203942



Dada la escasísima velocidad de transporte de los iones es necesario ayudar a ésta de dos formas:

- 210 1ª.- Aumentando considerablemente la superficie de los electrodos y disponiéndolo en forma tal que la agitación mecánica del líquido, debida a la corriente del mismo, ya ya poniendo a los iones en las proximidades de aquellos.
- 22.- Estableciendo una poderosa corriente de difusión a
215 través de los diafragmas porosos merced al barrido de las lejías contenidas en los espacios electródicos por medio de una corriente continua de agua de una dilución superior.

En resumen, la fuerza electromotriz necesaria para
220 vencer la resistencia del electrolito depende de la conductividad del mismo, que es función de su grado de disociación. En el caso de una mezcla de electrolitos con iones comunes, como es el agua del mar, la complejidad de los estados entre las fases sólidas es muy grande.

225 Como la mayor cantidad de energía necesaria es la que ha de emplearse en la deposición de los iones en los electrodos, un principio de economía bien entendida aconseja no sobrepasar mucho el umbral de la corriente de des carga una vez vencida la f. c. e. m. de polarización.

230 Pero siendo los electrolitos o fases dispersas diferentes, dicho umbral será también distinto por cada uno de ellos, de aquí la necesidad de fraccionar el trabajo en cubas sucesivas empezando por la de menor potencial.



11 52

203942

La velocidad de transporte de los iones es muy pequeña, dado su diminuto volumen y el enorme valor que alcanza su rozamiento con las moléculas del solvente. Por dicho motivo será necesario:

- 1ª.- Agitar mecánicamente el líquido para llevar a los iones a las proximidad de los electrodos.
- 2ª.- Acentuar todo lo posible la caída de concentraciones entre los iones de la masa general del líquido y los situados en las proximidades de los electrodos. Este artificio traerá como consecuencia, a su vez el que disminuye la f. c. e. m. de polarización que como sabemos es opuesta a la f. e. m. de trabajo.

Como quiera que la cantidad de electricidad gastada es el producto de la intensidad de la corriente por el tiempo, y la intensidad, para una resistencia ohmica del medio dada, es proporcional a la diferencia de potencial, todo cuanto tienda a hacer más pequeña esta última, eliminando los obstáculos que haya de vencer, representará una considerable economía en el gasto de fluido.

La realización práctica del procedimiento se verifica por medio de un sistema de cubas de cemento, o vasos de electroforesis, situados a distintos niveles y por las que discurre el agua de mar. Cada una de dichas cubas o vasos de electroforesis, situados a distintos niveles (Fig. II y Fig. A) está construida en fibrocemento puzolánico, u otro material apropiado (Fig. A-1). En el interior de



203942

260 las mismas y dispuestos en forma laberíntica, para aumentar su superficie y el recorrido del agua, existen unos electrodos inatacables, el positivo (ánodo) (Fig. A-2), y el negativo (cátodo) (Fig. A-6). Dichos electrodos, construidos de óxido de hierro fundido sobre un armazón
265 de varillas de bronce, o de cualquier material apropiado que asegure la continuidad eléctrica y la buena conductividad del conjunto. El espacio interelectródico (Fig. A-5), se halla delimitado, y por lo tanto flanqueados los electrodos, por unos diafragmas porosos polarizables (Fig.
270 A-3). Dichos diafragmas, están formados por un armazón de marcos de termoplástico armados con varillas de bronce y unidos entre si por medio de bulones tambien de resina sintética, u otro material apropiado, como el resto.

Según dichos diafragmas hayan de tener una polaridad
275 dad positiva o negativa, llevarán sujetas planchas porosas de diferente composición, adecuada al caso, como, por via de ejemplo, polvo de diatomeas (fritted glass) para las positivas y caolin puro (biscuit) para las negativas. El alma interior de las planchas está formada por
280 una malla metálica, a la que se puede dar un potencial más elevado que el propio del diafragma, cuando ello es necesario.

En la Fig. B, puede apreciarse el sistema de conexiones eléctricas de las cubas o vasos de electroferesis
285 ánodo (1), diafragma anódico polarizable (2), cátodo (3),

203942



diafragma catódico polariable (4), juego de condensadores (5), reostatos reguladores de caída de tensión y corriente de escape (6 y 7).

Los condensadores citados, tienen como misión fundamental, en las primeras cubas en las que la tensión es muy baja debido a la elevada concentración de las sales, el dar tensión auxiliar junto con una resistencia, uniendo la malla conductora del diafragma al electrodo opuesto.

El número mínimo de cubas a establecer, para la verificación del proceso de potabilización, es el de nueve cuyo conjunto puede apreciarse en la Fig. III. Las lejías electródicas de las dos últimas (Fig. III, 8 y 9), son barridas con agua dulce, mientras que las lejías de las dos primeras (Fig. III, 1 y 2), están constituidas por las salmueras, que se llevarán a unos tanques de evaporación, pudiendo ser aprovechadas, o conducidas nuevamente al mar.

La tensión de los electrodos de los distintos vasos o cubas, es función de la conductividad del agua, y, circula por los mismos, será tanto más baja, cuanto mayor sea dicha conductividad.

La corriente de arrastre, de las lejías de las cámaras electródicas, debe ser proporcional a la concentración relativa de las mismas y está concentración iónica



203942

tambien es proporcional a la conductividad.

En las Fig. C y D, se muestra el sistema de comunicación entre unos vasos y otros.

La fig. C, constituye un detallado diseño de la célula de conductividad, que consta de: cámara (1), con su entrada en forma de embudo (2), cuyos tubos de salida (3) la llevan a conectar con un sifón (4) que se prolonga al vaso o cuba siguiente por el conducto (5). Consta además de un par de electrodos (6), un par de enchufes herméticos y estancos (7) y un mando regulador de la distancia interelectrónica (8).

En la Fig. D, aparece, en forma esquemática, la instalación reguladora de la corriente de arrastre de las lejías de las cámaras anódicas o catódicas.

Así (Fig. D, 1), se señala la célula de conductividad antes descrita, fuente de corriente continua en baja tensión (2), reostato regulador (3), relevador (4), armadura pivotante del relevador (5), muelle de tensión de armadura (6), reostato motor bomba (7), fuente de energía para el motor (8) y, por fin, aparece la moto-bomba centrífuga (9). El sistema de bombas, va extrayendo el agua de los espacios electródicos y aplicándola en contracorriente, a lavar las lejías de las cubas o vasos anteriores.

Grandes son las ventajas del sistema descrito, supuesta la existencia de fluido eléctrico.

203942



11 JUN 1952

Su instalación es sumamente económica, así como los materiales a emplear, y sus gastos de entretenimiento son mínimos. La producción es continua y el control de tensiones y velocidades es automático, con lo que se requiere, muy poco personal vigilante. Igualmente el valor de las lejías electródicas dispuestas para su evaporación y ulterior tratamiento químico, supera con mucho el del fluido eléctrico consumido.

345

N O T A

Habiéndose descrito ampliamente la naturaleza de la presente Patente de Invención, como asimismo la manera de llevarla a la práctica, se hace constar que podrá ser modificada en ligeras modificaciones de detalle, en cuanto a los materiales a emplear en su construcción, cantidades, tamaño, etc..., siempre que no altere en nada el objeto principal de la Patente de Invención, que por VEINTE AÑOS se solicita en España, reivindicándose lo siguiente:

1ª.- "PROCEDIMIENTO ELÉCTRICO DE POTABILIZACION DEL AGUA DE MAR", que se caracteriza fundamentalmente, por consistir en la separación eléctrica de los iones contenidos en el agua, por medio de la formación de un campo eléctrico que los atraiga y oriente a depósitos electródicos, sin que la tensión ni intensidad de la corriente produzcan una descomposición electrolítica necesaria.

2ª.- "PROCEDIMIENTO ELÉCTRICO DE POTABILIZACION DEL AGUA DE MAR", según la reivindicación primera, caracteri



11644952

203942

zado además porque pese a la complejidad de la separación
iónica, citada por la necesidad de ser proporcionales
365 la densidad y tensión del campo eléctrico a una serie de
-factores variables con el empobrecimiento en electrolitos
y la influencia de otras reacciones, se asegura un
gasto mínimo, no imputable al procedimiento, sino a las
imperfecciones físicas y mecánicas del sistema.

370 3a.- "PROCEDIMIENTO ELÉCTRICO DE POTABILIZACION
DEL AGUA DE MAR", según las reivindicaciones primera y
segunda, que se caracteriza porque resuelve el problema
de la escasísima velocidad de transporte de los iones,
aumentando la superficie de los electrodos y disponiéndolos
375 los de modo que la agitación mecánica del líquido, ponga
a los iones en las proximidades de los mismos. Estable-
ciendo una poderosa corriente de difusión a través de los
diafragmas porosos, merced al barrido de las lejías con-
tenidas en los espacios electroódicos por medio de una
380 corriente constante de agua de dilución superior.

4a.- "PROCEDIMIENTO ELÉCTRICO DE POTABILIZACION
DEL AGUA DE MAR", según las reivindicaciones anteriores,
y que además está caracterizado por el fraccionamiento
del trabajo en cubas o vasos de electroforesis sucesivos
385 de distinto potencial, debido a que, una vez realizada
la deposición de los iones en los electrodos, por princi-
pio de economía, no se debe sobrepasar mucho el umbral
el umbral de la corriente de descarga, vencida la f. c.
e. m., de polarización, pero, siendo dicho umbral distin-



11

52

203942

390 to para cada uno de los electrolitos o fases dispersas,
es necesario el fraccionamiento de trabajo.

5^a.- "PROCEDIMIENTO ELECTRICO DE POTABILIZACION DEL
AGUA DE MAR", según las reivindicaciones anteriores, y
que se caracteriza porque por medio de la agitación me-
395 cánica del líquido, ya citado, y por la acentuación má-
xima de caída entre los iones de la masa general líqui-
da y los de las proximidades de los electrodos, se logra
la disminución de la f. o. e. m. de polarización, dismi-
nuyendo la diferencia de potencial, y de consiguiente,
400 el gasto de fluido, al disminuir su intensidad.

6^a.- "PROCEDIMIENTO ELECTRICO DE POTABILIZACION DEL
AGUA DE MAR", según las anteriores reivindicaciones, y
caracterizado porque el sistema de cubas o vasos citados
en la reivindicación cuarta, deben estar situados en dis-
405 tintos niveles, discurriendo por las mismas el agua de
mar y debiendo constituir un número mínimo de nueve. En
el interior de cada una y dispuestos en forma laberínti-
ca existen un par de electrodos (ánodos y cátodo) de tal
modo que aseguren la continuidad y conductividad eléctri-
410 cas, y se encuentran flanqueados por unos diafragmas po-
rosos polarizables con planchas en diferente composición
según su polaridad positiva o negativa. El sistema de
conexiones eléctricas de dichas cubas o vasos, aparecen
suficientemente detallado en la memoria.

415 7^a.- "PROCEDIMIENTO ELECTRICO DE POTABILIZACION DEL



203942

AGUA DE MAR, según las reivindicaciones anteriores, y caracterizado porque los condensadores, del sistema de conexiones tienen como misión fundamental en las primeras cubas de baja tensión, el proporcionar tensión auxiliar, uniéndose diafragma con electrodo opuesto. Las lejías de las dos primeras cubas están constituidas por las salmueras, aprovechables o no, las de las dos últimas son barridas con agua dulce.

8ª.- "PROCEDIMIENTO ELECTRICO DE POTABILIZACION DEL AGUA DE MAR", según las anteriores reivindicaciones y caracterizado además porque el sistema de cubas enlaza por medio de una célula de conductividad, (cámara, tubos, de salida, sifón, conducto al vaso siguiente, par de electrodos y de enchufes herméticos y mando regulador), como parte de la instalación reguladora de la corriente de arrastre de las lejías de las cámaras anódicas o catódicas que consta además de fuente de continua en baja, reostato regulador, relevador con su armadura pivotante y moto-bomba centrífuga, con reostato y fuente de energía del motor.

9ª y última.- "PROCEDIMIENTO ELECTRICO DE POTABILIZACION DEL AGUA DE MAR", tal y como queda descrito en la presente memoria descriptiva que consta de diecisiete hojas foliadas y mecanografiadas por una sola cara y del plano adjunto.

Madrid, 11 de Junio de 1952.

LUIS M.º DE ZUNZUNESCA
Por Poder

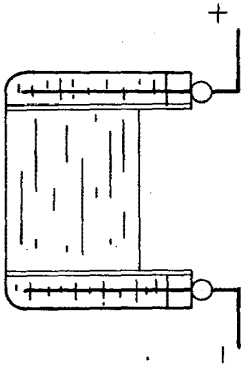


FIG-I

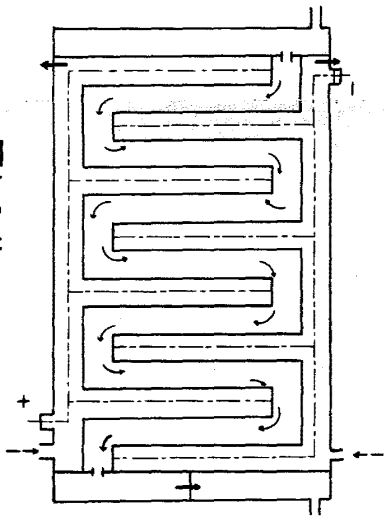


FIG-II

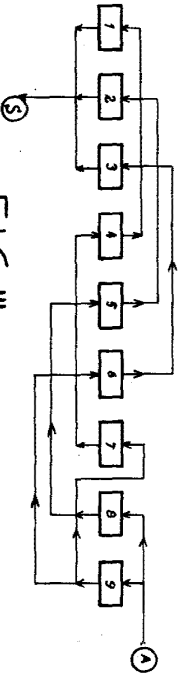


FIG-III

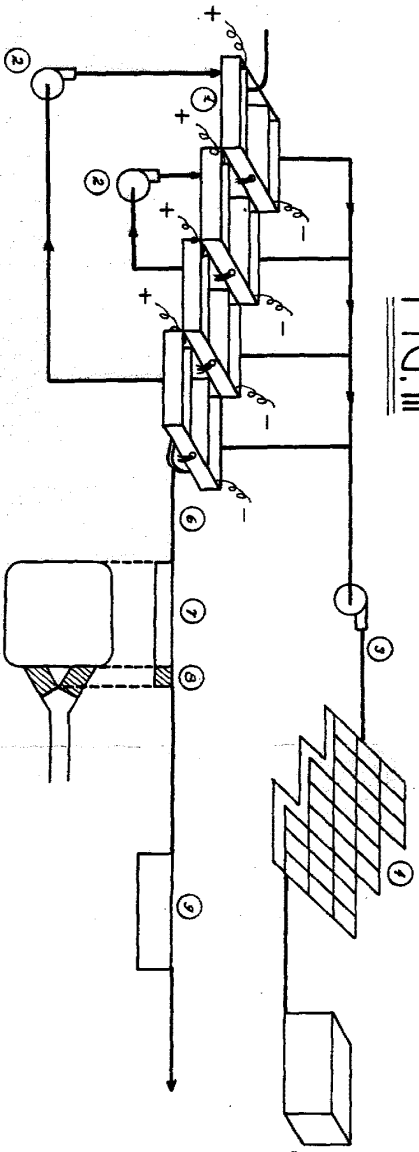


FIG-IV

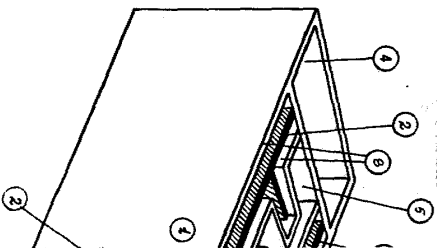


FIG-A

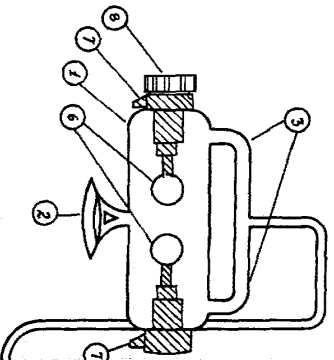
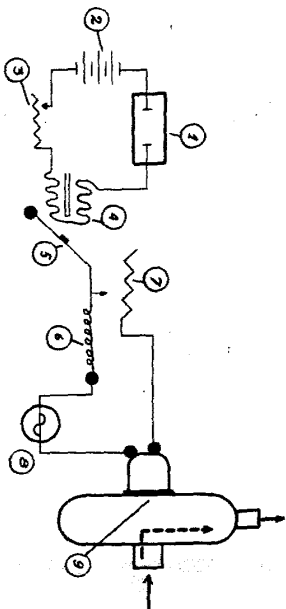
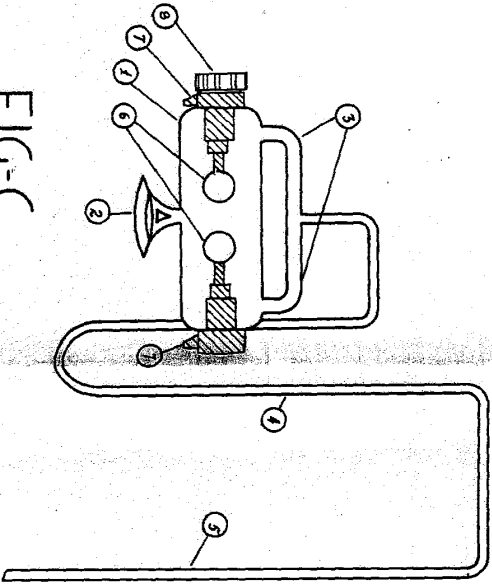
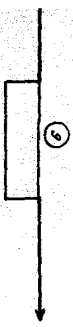
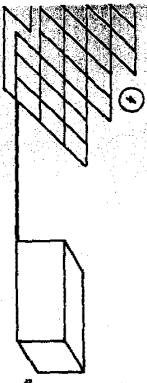
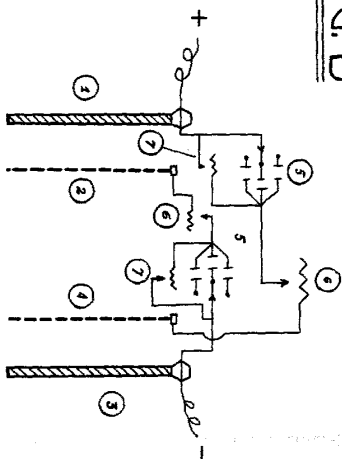
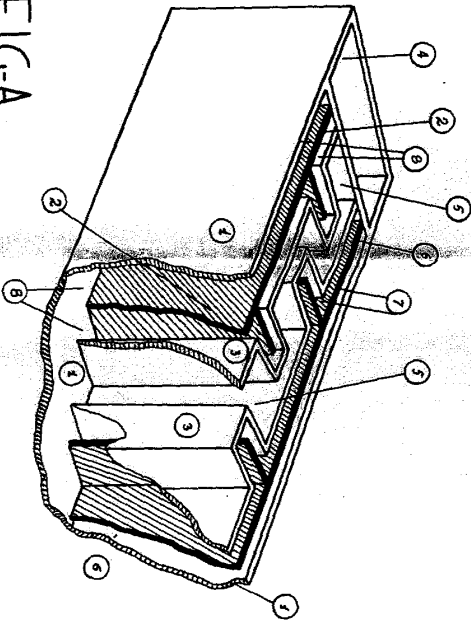
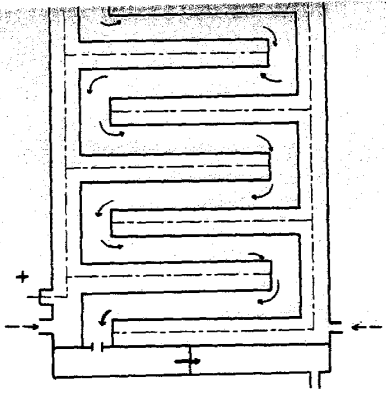


FIG-C

ESCALA: VARIABLE



203942

MADRID, JUNIO 1952.
 LOS M. DE ANZURENA
 Por Dcha. *Genaro K. ...*