

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

10	ES	11	NUMERO	12	A1
		21	449343		
		22	FECHA DE PRESENTACION		
			30.6.76		

PATENTE DE INVENCION

P.- 63.243
L-9933-SP

90 PRIORIDADES:		
91 NUMERO	92 FECHA	93 PAIS
630.050	7.11.75	EE.UU.
47 FECHA DE PUBLICIDAD	61 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	Bolt	
54 TITULO DE LA INVENCION		
"UNA MEJORA EN UN PROCEDIMIENTO DE OSCILACION DE PRESION ADIABATICA PARA LA SEPARACION DE MEZCLAS DE GAS"		
71 SOLICITANTE (S)		
UNION CARBIDE CORPORATION		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
270 Park Avenue, Nueva York, Nueva York, 10017, Estados Unidos de América		
72 INVENTOR (ES)		
Andrija Fuderer y Ernst Rudelstorfer		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
D. OSCAR DE ELZABURU FERNANDEZ		

La presente invención se refiere a un procedimiento para separar mezclas de gases tales como el hidrógeno con contenido de impurezas de dióxido de carbono y nitrógeno, por adsorción por oscilaciones de presión adiabática.

Los procedimientos de adsorción por oscilaciones de presión adiabática del tipo descrito en la patente de Estados Unidos de América No. 3.564.816, a nombre de Batta, con cuatro lechos adsorbentes y dos etapas de igualación de presión se utilizan ampliamente para la separación de mezclas de gases tales como hidrógeno con impurezas de agua, dióxido de carbono, metano y monóxido de carbono, como por ejemplo las producidas en el reformado por corriente de la nafta. En estos procedimientos por lo menos un componente es adsorbido selectivamente y en la mayoría de los casos el producto deseado es el efluente no adsorbido. Por vía de ejemplo, el procedimiento de Batta está capacitado para rendir un producto de hidrógeno gaseoso sin cantidades detectables de las impurezas mencionadas precedentemente con el uso de cuatro lechos adsorbentes cada uno lleno de una primera sección de carbón activado y una segunda sección de zeolita cálcica A cristalina.

El régimen de producción de un dispositivo de adsorción por oscilaciones de presión adiabática está, por supuesto, limitado por la capacidad de los lechos adsorbentes para el procesamiento y separación de la mezcla gaseosa de alimentación. La capacidad del lecho está limitada por el tama-

ño máximo del mismo, que puede estar controlado ya sea por la resistencia física de las partículas individuales de adsorbente o el tamaño de transporte permisible de los recipientes en que el adsorbente está contenido. Se reconocerá que los recipientes tal como están instalados generalmente están en posición vertical de manera que la altura del lecho está limitada por la resistencia al aplastamiento del adsorbente.

Una solución a este problema es la de proveer dispositivos duplicados. Para dar un ejemplo, se pueden usar dos conjuntos de dispositivos de cuatro lechos para aumentar un régimen de producción que de lo contrario es limitado. No obstante, esta solución es costosa dado que el número de recipientes es esencialmente llevado al doble aunque solamente se requiera una producción ligeramente superior.

Una limitación aun más importante de los dispositivos de cuatro lechos de la técnica anterior es su recuperación porcentual de hidrógeno y su relativamente alta existencia de adsorbente necesaria.

Un objeto principal de la presente invención es proporcionar un procedimiento de adsorción por oscilaciones de presión adiabática que aporta una más elevada recuperación porcentual de efluente producto no adsorbido que la realizada con los procedimientos de la técnica anterior.

Otro objeto es el de proporcionar un procedimiento de adsorción por oscilaciones de presión adiabática que no

está restringido en su régimen de producción por las limitaciones de la técnica anterior en cuanto al tamaño del lecho de adsorbente.

Otro objeto más es el de proporcionar un procedimiento de adsorción por oscilaciones de presión adiabática que requiera un volumen total menor de recipientes de adsorbente y una cantidad total inferior de material adsorbente que la que se necesitaría empleando los dispositivos de la técnica anterior.

Otros objetos de acuerdo con esta invención resultarán evidentes por la revelación siguiente y por las reivindicaciones adjuntas.

La presente invención se refiere a un procedimiento de oscilación de presión adiabática para la adsorción selectiva de por lo menos un componente de una mezcla gaseosa de alimentación.

Se ha descubierto inesperadamente que todos los objetivos descriptos precedentemente pueden ser logrados en procedimientos de oscilaciones de presión adiabática de acuerdo con la presente invención empleando por lo menos siete lechos de adsorbente, con por lo menos tres etapas de igualación de presión, por la recepción en por lo menos dos lechos de la mezcla gaseosa de alimentación durante todo el ciclo, preferiblemente con una relación de presión (PR) de gas de alimentación a gas de purgado de por lo menos 7 y una relación mo

lar (S) de gas no adsorbido a gas de alimentación tal que el producto de PR por S es por lo menos 6. El procedimiento presente es especialmente ventajoso cuando se requiere alta pureza en el gas producido y cuando la presión del gas de alimentación es elevada, y también cuando el gas de alimentación es rico en hidrógeno, e impurezas débilmente adsorbidas, tales como de argón, nitrógeno o monóxido de carbono deben ser adsorbidas, selectivamente.

La presente invención se basa en parte en el reconocimiento de que el perfil del desorbato en el lecho de adsorbente que recibe gas está inconvenientemente invertido en posición (desde el extremo de entrada al de descarga) durante la igualación de presión de menos de tres etapas con el lecho que descarga gas. Dado que el desorbato (generalmente una impureza indeseada) en el gas descargado durante la igualación de presión va en aumento, el lecho receptor inicialmente recibe un gas con relativamente poco desorbato (o gas no adsorbido de pureza relativamente alta). La concentración de desorbato en este gas aumenta progresivamente al aumentar el nivel de la igualación de presión. Esta inversión del perfil no es deseable porque el gas de mayor concentración de desorbato está más próximo al extremo de producto del lecho represurizado. Por consiguiente, cuando este lecho es devuelto al paso de adsorción el gas con más elevada concentración de desorbato es descargado inmediatamente como producto y esta concentración se

hace limitativa en cuanto a la pureza del producto. Se ha descubierto inesperadamente que la inversión del perfil del desorbato (desde el extremo de entrada al de descarga del lecho) es reducido sustancialmente cuando se emplean por lo menos tres etapas de igualación de presión. Esto es ilustrado por el ejemplo siguiente:

EJEMPLO 1

El gas de alimentación comprende lo siguiente: (en porcentaje molar sobre base seca): hidrógeno 71,2%, dióxido de carbono 20,6%, metano 5,8% y monóxido de carbono 2,4%. El gas de alimentación es introducido en un lecho adsorbente de carbón activado a 19,96 kg/cm² de presión y a temperatura de 36,6°C (309,6°K) en estado higrósaturado. La concentración de monóxido de carbono en el producto hidrógeno efluente en estado gaseoso (99,99%) durante el paso de adsorción y el paso de despresurización concurrente se ilustra en la tabla 1.

TABLA 1

<u>Flujo del producto</u> <u>(Moles)</u>	<u>Presión</u> <u>(kg/cm²)</u>	<u>CO en Efluente</u> <u>(ppm vol)</u>
arranque	19,96	73
4,4	↓	57
7,8		49
11,3		42
14,7		39
18,1	19,96	39

TABLA 1 (Continuación)

<u>Flujo del Producto</u> (Moles)	<u>Presión</u> (kg/cm ²)	<u>CO en Efluente</u> (ppm vol)
Fin del paso de adsorción, comienza la despresurización paralela:		
18,1	19,96	39
21,6	13,49	59
22,4	11,24	84
24,0	9,48	109
25,7	6,32	193

Fin de la despresurización paralela, comienza la extracción por contracorriente.

De acuerdo con la tabla 1, la concentración de CO en el producto efluente disminuye desde las 73 ppm iniciales hasta 39 ppm al final del paso de adsorción, siendo la especificación del producto de 100 ppm. Al comenzar la despresurización paralela, la concentración del CO en el efluente asciende y hacia el final de este paso alcanza a las 193 ppm. Esto significa una moderada ruptura del frente de adsorción de CO hasta el final de la descarga del lecho.

Si se practica una igualdad de presión de un paso, las presiones en el lecho 1 (el lecho de despresurización paralela) y el lecho 2 (el lecho de represurización por

contracorriente) y la concentración de monóxido de carbono en el gas que fluye desde el lecho 1 al lecho 2 son las siguientes:

TABLA 2

Presión (kg/cm ²)		Co en el gas de lecho 1 a lecho 2 (ppm vol)
Lecho 1	Lecho 2	
19,96	1,47	39
14,83	5,06	48
13,49	8,36	59
11,24	11,10	84

El segundo lecho, siendo igualizado por el gas introducido en su extremo de descarga, recibe inicialmente un gas con pocas impurezas de CO (39 ppm) pero hacia el fin de la igualación recibe gas con sustancialmente más impurezas de CO (84 ppm). Esto es inconveniente porque el segundo lecho tiene ahora un contenido más elevado de impurezas en su extremo de descarga que en una sección hacia su extremo de entrada (al fenómeno de inversión del frente o perfil de impurezas). Cuando este segundo lecho es cambiado al paso de adsorción, la ruptura de impurezas se produce al comienzo en lugar del final del paso de adsorción. Por consiguiente, para obtener un producto de pureza especificada el lecho debe ser diseñado con tamaño suficiente para impedir una ruptura pronunciada del frente

de impurezas al final del paso de despresurización paralela porque esto causaría una ruptura durante la parte inicial del paso de adsorción del otro lecho recién represurizado con el gas impuro.

Como se mencionó previamente, el gas descargado en el extremo de producto del lecho durante la despresurización paralela puede ser usado para represurizar otros lechos o para purgar otros lechos o para purgar y represurizar. Por ejemplo, en la patente de Estados Unidos No. 3.564,816 de Batta, Figura No. 2, la primera porción del gas descargado del lecho A es utilizada para represurizar el lecho B (6-7 minutos) a una presión intermedia más elevada, la segunda porción del gas, descargada del lecho A (conteniendo ya más impurezas) es usada para purgar el lecho C a la presión más baja y finalmente la última porción del gas descargado en el extremo de producto del lecho A que tiene la pureza más baja es utilizada para represurizar el lecho C hasta una presión intermedia inferior. Esto no es la manera más ventajosa de utilizar el gas descargado del lecho A, porque la represurización del lecho C comienza con un gas muy impuro. En cambio, el gas de pureza inferior, descargado hacia el extremo de la despresurización paralela es utilizado con la mayor eficacia para purgar otro lecho a la presión más baja. Esta posibilidad se describe en relación con la figura 5 de la misma patente de Batta, Patente de Estados Unidos de América No. 3.564.816. Por lo tanto, puede

enunciarse el siguiente principio general: Cuando un gas es descargado de un lecho con nivel de impurezas variable y este gas es utilizado para purgar y represurizar otros lechos, se debe introducir el gas con mayor impureza en los demás lechos a la presión más baja (para purgar) y el gas descargado de mayor pureza se debe introducir a la presión intermedia más elevada (para represurización).

A fin de ilustrar el efecto de la inversión del perfil, se compararán los siguientes casos sobre la base de los gráficos de la figura 17, utilizando todos el gas de alimentación del Ejemplo 1. El lecho que se despresuriza es el de la curva de rayas y puntos y el lecho que es represurizado es el de la curva de línea entera; la abscisa superior es el lecho bajo represurización y la abscisa inferior es el lecho bajo despresurización.

- Caso a: procedimiento de igualación de presión de un solo paso, Wagner Patente de Estados Unidos 3.430.418;
- Caso b: procedimiento de igualación de dos pasos, uno después de proveer una purga (Fig. 2 de la patente Batta);
- Caso c: procedimiento de dos igualaciones, ambas igualaciones antes de proveer una purga (Fig. 5 de la patente de Batta);
- Caso d: tres igualaciones, todas antes de proveer la purga (Fig. 2 de la presente invención).

Por razones de simplificación, se tomará en los

cuatro casos la misma presión de despresurización paralela de 6,32 kg/cm², purga de 3,3 moles, flujo de presión de igualación más elevado de lecho represurizado (11,10 kg/cm²) con un tamaño de lecho adsorbente de 0,595 m³.

La figura 17 demuestra que la inversión del perfil de impurezas es más perjudicial en el caso b, ligeramente menos grave en el caso a, mejorada en el caso c y sustancialmente evitada en el caso d con tres igualaciones de presión según la presente invención. La inversión del perfil de impurezas se puede evitar totalmente mediante todavía más igualaciones de presión y pasos de purga. En tal caso el frente de transferencia de masa será presionado fuera del extremo de producto del lecho adsorbente y este último será utilizado más completamente.

Los casos a a d de la figura 17 también se pueden comparar desde el punto de vista de la utilización de los lechos adsorbentes. En el caso c, cada uno de los lechos está aislado durante una parte del ciclo y por consiguiente no realiza trabajo útil. Esto tiene como consecuencia que se necesita aproximadamente el 20% más de adsorbente para la misma tasa de producción que en los casos a ó b, y aproximadamente el 25% más de adsorbente que en el caso d (la modalidad de realización de la presente invención). Por lo tanto, esto último permite por lo menos el uso de 5% menor adsorbente que en los dispositivos de igualación de presión de dos pasos de la

técnica anterior.

Volviendo ahora al ejemplo I, en el cual se proveen tres etapas de igualación de presión, de acuerdo con la presente invención, cada lecho es represurizado primero con un gas que contiene de 67 a 84 partes por millón de CO hasta la tercera (y más baja) presión de igualación de 4,21 kg/cm². El lecho parcialmente represurizado es vuelto a presurizar en segundo término con un gas que contiene de 53 a 67 ppm de CO hasta la segunda presión de igualación de aproximadamente 7,03 kg/cm², y luego represurizado ulteriormente con un gas que contiene de 37 a 53 ppm de CO hasta la presión de igualación más elevada de 11,10 kg/cm². A diferencia de la igualación de presión de etapa única, se introduce gas de la más elevada pureza al extremo de descarga de represurización del segundo lecho durante la parte final de la igualación de presión y el gas de menor pureza es presionado más profundamente en el lecho donde el frente de adsorción de impurezas pasa durante el paso de adsorción. Durante el siguiente paso de adsorción el gas de producto descargado inicialmente es de alta pureza y el frente de adsorción de impurezas se mueve hacia el extremo de descarga de la manera convencional.

Existen diversos métodos para utilizar esta ventaja. Por ejemplo, se pueden extender el paso de adsorción durante un período más prolongado para lograr una rotura más pronunciada del frente de adsorción de impurezas mientras que se

mantiene, aun así, la misma pureza del gas producto, por lo cual se aumenta el régimen de producción por ciclo. Alternativamente, se puede utilizar un lecho adsorbente de menor tamaño para la misma producción. Otra variación más es la de dar fin al paso de adsorción al mismo nivel de concentración del frente de adsorción de impurezas, pero realizar una pureza más elevada en el producto al evitar la inversión de posición ya mencionada del frente de adsorción de impurezas.

En resumen, la presente invención se refiere de modo general a un procedimiento de oscilación de presión adiabática para la separación de mezclas de gas por la adsorción selectiva de por lo menos un componente del gas en cada uno de los múltiples lechos adsorbentes mediante el ciclo de introducción de una mezcla gaseosa de alimentación al extremo de entrada del lecho a una primera presión superior a la atmosférica más elevada y descargar efluente de producto no adsorbido desde el extremo de descarga del lecho. Se desprende gas de espacios vacíos inicial desde el extremo de descarga del lecho y es introducido al extremo de descarga de otro lecho adsorbente purgado previamente de dicho componente e inicialmente a la presión más baja hasta que los dos lechos estén igualados en presión a más elevada presión intermedia. El gas es desprendido del extremo de entrada del lecho por extracción por contracorriente a la presión más baja. Se introduce gas agotado de di

cho componente desde otro lecho adsorbente al extremo de descarga del lecho para desorción de dicho componente y purgado a través del extremo de entrada del lecho. El lecho purgado se vuelve a presurizar hasta la presión superatmosférica más elevada primera y el ciclo se repite a partir de allí.

Más particularmente, hay por lo menos siete lechos adsorbentes y la mezcla de gas de alimentación es introducida simultáneamente en los extremos de entrada de por lo menos dos lechos adsorbentes en un ciclo idéntico que se superpone sucesivamente desde el lecho primero hasta el de número más alto, repitiéndose la secuencia desde allí continuamente, de manera tal que durante el período inicial de un paso de adsorción en el lecho, el lecho de número inferior inmediatamente precedente está también en su paso de adsorción y durante el último período el lecho de número más alto inmediatamente posterior también está en su paso de adsorción.

La igualación de presión con desprendimiento de gas de espacios vacíos inicial se realiza en por lo menos tres fases separadas que comprenden la primera igualación de presión del lecho adsorbente que ha completado su paso de adsorción de un componente, con un lecho diferente previamente purgado y de un número superior por lo menos en tres inicialmente a una primera presión de igualación. El mismo lecho adsorbente ahora en la primera presión de igualación es igualado en presión en segundo término con un lecho distinto más, previamente purgado

y con un número de lecho por lo menos cuatro veces más alto inicialmente a una presión intermedia aun más baja, de manera que los dos lechos están finalmente a una segunda presión de igualación. El lecho adsorbente inicialmente a la presión mencionada últimamente es igualizado en presión en tercer término con otro lecho previamente purgado y por lo menos de un número cinco veces más alto inicialmente a la presión más baja de modo que los dos lechos están finalmente a una tercera presión de igualación.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de operaciones esquemático del aparato apropiado para poner en práctica el procedimiento inventivo con diez lechos adsorbentes.

La figura 2 es un gráfico de ciclo preferido para los diversos pasos de una modalidad de realización con diez lechos que se puede practicar con el aparato de la figura 1.

La figura 3 es una carta de tiempos de válvulas para el ciclo de la figura 2 que muestra las válvulas abiertas del aparato de la figura 1.

La figura 4 es un par de diagramas de presión-tiempo que comparan la realización de las figuras 2-3 con un dispositivo de cuatro lechos de la patente de Estados Unidos de América No. 3.564.816 a nombre de Batta.

La figura 5 es un diagrama de operaciones esquemático del aparato apropiado para poner en práctica el procedi

miento inventivo con nueve lechos adsorbentes.

La figura 6 es un gráfico de ciclos para los diversos pasos de una modalidad de realización de nueve lechos que se puede poner en práctica con el aparato de la figura 5.

La figura 7 es un gráfico de tiempo de válvulas para el ciclo de la figura 6 que muestra las válvulas abiertas del aparato de la figura 5.

La figura 8 es un diagrama de operaciones esquemático del aparato para poner en práctica el procedimiento inventivo con ocho lechos adsorbentes usando tres etapas de igualación de presión.

La figura 9 es un gráfico de ciclos para los diversos pasos de una modalidad de realización con ocho lechos, con tres igualaciones de presión que se puede poner en práctica con el aparato de la figura 8.

La figura 10 es un gráfico de tiempos de válvula para el ciclo de la figura 9 que muestra las válvulas abiertas del aparato de la figura 8.

La figura 11 es un diagrama de operaciones esquemático del aparato apropiado para poner en práctica el procedimiento inventivo con ocho lechos adsorbentes usando cuatro etapas de igualación de presión.

La figura 12 es un gráfico de ciclos para los diversos pasos de una modalidad de realización con ocho lechos y cuatro igualaciones de presión, que se puede practicar con el

aparato de la figura 11.

La figura 13 es un gráfico de tiempos de válvula para el ciclo de la figura 12, que muestra a las válvulas abiertas del aparato de la figura 11.

La figura 14 es un diagrama de operaciones esquemático del aparato adecuado para poner en práctica el procedimiento inventivo con siete lechos adsorbentes.

La figura 15 es un gráfico de ciclo para los diversos pasos de una modalidad de realización con siete lechos que se puede poner en práctica con el aparato de la figura 14.

La figura 16 es un gráfico de tiempos de válvula para el ciclo de la figura 15 que muestra a las válvulas abiertas del aparato de la figura 14.

La figura 17 es una serie de gráficos que ilustran la relación entre la concentración de la impureza (CO) en función de la presión en los lechos adsorbentes que son igualados en presión y purgados, y

La figura 18 es un gráfico que ilustra la relación entre la relación de presiones (PR) y la relación molar (S) para el gas de alimentación rico en hidrógeno para la presente invención y la práctica de la técnica anterior.

DESCRIPCION DE MODALIDADES PREFERIDAS DE REALIZACION

La presente invención es útil para la separación de cualquier mezcla de gas con la utilización de adsorbentes en la cual por lo menos un componente de la mezcla de gases es

adsorbido selectivamente en la fase gaseosa y posteriormente deabsorbido en la fase gaseosa a la concentración, temperatura y presión del paso de purgado. Es particularmente útil para la separación de mezclas gaseosas que tienen como su componente principal al hidrógeno con por lo menos uno de los siguientes componentes menores a ser removido como impurezas indeseadas: CO, CO₂, hidrocarburos livianos saturados e insaturados, aromáticos, compuestos azufrados livianos, argón, nitrógeno y agua. No obstante, la invención también puede emplearse con ventaja para reducir la existencia de adsorbente en la separación del aire o la purificación de metano.

Como se expresó previamente, en una modalidad preferida de realización, la relación de presiones (PR) absoluta de la primera presión superior a la atmosférica más elevada del paso de adsorción a la presión más baja del procedimiento (a la cual se realiza el purgado) es de por lo menos 7, y el producto de esta relación por la relación molar (S) de los no adsorbidos en el lecho al final del paso de adsorción al gas de alimentación introducido durante dicho paso de adsorción es de por lo menos 6. Como explicación, al final del paso de adsorción en los procedimientos de oscilación de presión adiabática, el lecho adsorbente contiene cierta cantidad de componente no adsorbido, principalmente en el espacio vacío entre partículas de adsorbente, por ejemplo, hidrógeno. Esta cantidad, expresada en moles, dividida por los moles de

gas de alimentación introducido al lecho durante el paso de adsorción es la relación molar S ya mencionada. En la mayor parte de la práctica comercial la relación molar S se encuentra entre 0,35 y 0,85.

El gas no adsorbido desprendido del extremo de descarga del lecho después del paso de adsorción se puede usar para igualación de presiones y/o purgado de otros lechos. Luego, durante el paso de extracción por contracorriente que sigue, una cantidad adicional de gas (incluyendo tanto no-adsorbido como desorbato) es desprendida en el extremo de entrada del lecho y una cantidad ulterior más de gas no adsorbato y adsorbato permanece relativamente elevada si la relación de adsorción a purgado PR resulta relativamente baja. Así, cuando la PR es relativamente baja se dispone de una porción menor de no adsorbatos para purgar e igualar en presión otros lechos.

Otra relación importante es/^{que} una relación de presiones PR relativamente baja requiere el uso de una parte relativamente grande del gas no adsorbido desprendido para purgar otros lechos y bajo estas circunstancias se dispone de una parte relativamente reducida de este gas para represurización y para igualación de presiones con otros lechos. Si hay muy poco gas disponible para igualación de presiones, la realización de esta última en por lo menos tres pasos (siguiendo la presente invención) no aumenta la recuperación de gas producto no adsorbido.

Estas relaciones están ilustradas gráficamente en la figura 18, sobre la base de procedimientos de oscilación de presiones adiabáticas para la purificación de hidrógeno con adsorbente de criba molecular zeolítica-carbón activado. La ordenada es la relación de presiones (PR) ya mencionada y la abscisa es la relación molar S, es decir, hidrógeno en el lecho al final del paso de adsorción/total de mezcla de gases de alimentación que entra durante el paso de adsorción. La línea recta identifica los valores mínimos de PR y S requeridos para poner en práctica la modalidad preferida de realización de la presente invención con PR de por lo menos 7 y el producto de PR por S de por lo menos 6. A manera de ilustración, si la PR es de 11, S debe ser por lo menos $(6/11) = 0,55$.

Debe comprenderse que, cuando la igualación de presiones es practicada entre dos lechos adsorbentes, habrá una ligera diferencia de presión entre los lechos en depresurización y represurización debido a la caída de presión en los conductos y válvulas. Por consiguiente, el lecho de depresurización normalmente se hallará a una presión ligeramente superior que el lecho de represurización cuando quede completo este paso.

Haciendo ahora referencia a los dibujos, la figura 1 ilustra diez lechos adsorbentes 1 a 10, conectados en relación de flujo paralelo entre el múltiple de gas de alimentación con las válvulas de entrada 11 a 19, 10 respectivamen-

te, y el múltiple de producto efluente no adsorbido con las válvulas de producto 21 a 29, 20 respectivamente. El múltiple de igualación de la tercera etapa (la más baja) está ubicado entre los extremos de descarga de los lechos adsorbentes y las válvulas de producto 21 a 29, 20 para los lechos 1 a 10 respectivamente, y está provisto de válvulas de la tercera etapa de igualación y de purga 31 a 39, 30 respectivamente. El múltiple de gas de desperdicio está ubicado entre los extremos de entrada de los lechos adsorbentes y las válvulas de entrada 11 a 19, 10 para los lechos 1 a 10 respectivamente, y está provisto de válvulas de escape 41 a 49, 40 respectivamente. El múltiple de la primera (la más alta) etapa de igualación de presión-represurización, está ubicado entre el múltiple del efluente de producto no adsorbido y el múltiple de la tercera etapa de igualación de presión-purgado, y está provisto de las válvulas de la primera etapa de igualación 51 a 59, 50 para los lechos 1 a 10 respectivamente. El regulador de flujo de gas 80 está provisto en el conducto que une al múltiple de la primera etapa de igualación-represurización y al múltiple de producto.

No se usa un múltiple común para el múltiple de la etapa segunda (intermedia) pero en su lugar se proveen con ductos individuales para unir los extremos de descarga de los lechos adsorbentes. Más particularmente, un múltiple une a los lechos 2 y 7 con la válvula 61 en el mismo, un múltiple

une los lechos 4 y 9 con la válvula 62 en el mismo, un múltiple une los lechos 3 y 6 con la válvula 63 en el mismo, un múltiple une los lechos 5 y 8 con la válvula 64 en el mismo, y un múltiple une los lechos 5 y 10 con la válvula 65 en el mismo.

Para facilidad de identificación de la correspondencia entre los lechos 1 a 10 y las válvulas 11 a 59, se han señalado generalmente a las válvulas con números de identificación que tienen un dígito final que es igual al número del lecho adsorbente que está controlado directamente por las válvulas. A manera de ejemplo, las válvulas que controlan el funcionamiento del lecho 3 son las Nos. 13, 23, 33, 43 y 53. La única excepción a esta correspondencia son las válvulas que controlan directamente el funcionamiento del lecho 10 que son las Nros. 10, 20, 30, 40 y 50.

La figura 2 es un programa preferido de ciclo y tiempos para utilizarlo con el aparato de la figura 1 sobre la base de un ciclo con tiempo total de aproximadamente 13 minutos, 20 segundos por la abscisa de base. Los pasos secuenciales del ciclo y sus denominaciones en el gráfico son los siguientes: adsorción (A), igualación de presiones de primera etapa - despresurización (E1D), igualación de presiones de segunda etapa - despresurización (E2D), igualación de presiones de tercera etapa - despresurización (E3D), despresurización paralela que proporciona gas de purgado (PP), extracción por

contracorriente (BD), purgado (P), igualación de presiones de tercera etapa-represurización (E3R), igualación de presiones de segunda etapa-represurización (E2R), igualación de presiones de primera etapa-represurización (E1R), y represurización final a la presión del gas de alimentación, por introducción del gas producto en el extremo de descarga del producto (FR).

Se debe observar que en cualquier punto del ciclo, tres lechos adsorbentes están recibiendo la mezcla gaseosa de alimentación y entregando gas efluente de producto no adsorbido a la presión de alimentación. Por ejemplo, después de 4 unidades de tiempo, cada uno de los adsorbedores 1, 2 y 3 está procesando el gas de alimentación.

La figura 3 enumera las válvulas abiertas durante cada una de las veinte unidades de tiempo en las cuales se puede dividir el ciclo de la figura 2 por la abscisa superior. A manera de ilustración, durante la primera unidad de tiempo el gas de alimentación fluye a través de las válvulas de entrada 10, 11 y 19 para adsorción selectiva de por lo menos un componente en cada uno de los lechos adsorbentes 10, 1 y 9, respectivamente. El gas de producto es descargado desde los mismos a la primera presión superior a la atmosférica más elevada en el múltiple de producto a través de las válvulas de producto 20, 21 y 29, respectivamente. El gas de purgado entra al lecho 4 por el extremo de descarga, a través de la

válvula de purgado 34 y es suministrado a la misma por medio del múltiple de gas de purgado por despresurización paralela del gas desprendido del extremo de descarga del lecho 6 por la válvula 36. Al mismo tiempo, gas de extracción por contra corriente es desprendido del extremo de entrada del lecho 5 a través de la válvula de escape 45 y es descargado al ambiente por el múltiple de gas de desperdicio. El lecho 2 es represurizado a su presión de igualación de la primera etapa (la intermedia más elevada) por la introducción de gas a través de la válvula 52 a su extremo de descarga. El gas para esto último es suministrado por el lecho 8, que es igualado en presión en primera etapa por el desprendimiento de gas desde su extremo de descarga a través de la válvula 58 al múltiple de igualación de presión de primera etapa-represurización. El lecho 3 es represurizado a su presión de igualación de tercera etapa por la introducción de gas por la válvula 33 a su extremo de descarga. El gas para esto último es suministrado por el lecho 7 que es igualado en presión en tercera etapa por el desprendimiento de gas desde su extremo de descarga por la válvula 37.

Se debe observar que durante la primera unidad de tiempo, ninguno de los lechos adsorbentes es igualado en presión en segunda etapa, de modo que ninguna de las válvulas del grupo 61 a 65 está abierta. No obstante, durante la segunda unidad de tiempo los lechos 3 y 8 son igualados en pre-

sión en segunda etapa, recibiendo el lecho 3 gas desde el lecho 8 a través de la válvula 64.

Una modalidad de realización de acuerdo con la presente invención, con diez lechos como se ilustra en las figuras 1 a 3, será comprendida más plenamente por los ejemplos que siguen:

EJEMPLO 2

El gas de alimentación comprende lo siguiente en porcentaje molar (base seca): hidrógeno 77,1%, dióxido de carbono 22,5%, monóxido de carbono 0,35% y metano 0,013%. El gas de alimentación es introducido a un dispositivo que comprende diez lechos adsorbentes que contiene cada uno 34,55 m³ de carbón activado en una primera zona o capa en el extremo de entrada de alimentación y 10,76 m³ de una criba molecular de zeolita cálcica A en una segunda zona corriente abajo de la zona de carbón activado y que se extiende hasta el extremo de descarga del producto. El gas de alimentación es introducido a 21,44 kg/cm² y 21,11°C (294,11°K) y un caudal de 1.708.000 metros cúbicos por día. El gas producto que comprende por lo menos el 99,999% de hidrógeno es descargado a un caudal de 1.133.000 metros cúbicos por día (ambos medidos a 1 atm. de presión y a 15,5°C = 288,5°K). Sobre esta base, aproximadamente el 86% del hidrógeno del gas de alimentación es recuperado como gas producto.

El tiempo total del ciclo es de 13 minutos, 20

segundos, hallándose ilustrada la relación presión-tiempo para los diversos pasos en la figura 4b. Más particularmente, los pasos, duración y presiones terminales en cada lecho al pasar éste a través del ciclo son los siguientes:

<u>Paso</u>	<u>Duración</u> <u>(segundos)</u>	<u>Presión terminal</u> <u>(kg/cm²)</u>
Adsorción (A)	240	21,44
1ra. igual.-depres. (E1D)	40	17,92
2da. igual.-depres. (E2D)	40	11,38
3ra. igual.-depres. (E3D)	40	5,83
paralela-depres. (PP)	120	2,88
contracorr. - extrac. (BD)	40	1,05
purgado (P)	120	1,05
3ra. igual.-repres. (E3R)	40	5,83
2da. igual.-repres. (E2R)	40	11,38
1ra. igual.-depres. (E1D)	40	17,92
Rep. final desp./gas prod. (FR)	40	21,44

La relación de presiones (PR) es $21,44/1,05 = 20,3$, la relación molar (S) es 0,47 de manera que el producto R por S es 9,5. Se observará que el ejemplo precedente tiene todos los pasos de igual duración, con la excepción de la adsorción, la despresurización paralela y el purgado, pero esto no es esencial. Por ejemplo, los pasos del procedimiento E1D, E3D, BD, E3R y E1R podrían tener una duración de 30 segundos, E2D y FR, 50 segundos, PP y P, 130 segundos, y la adsorción

(A), 240 segundos.

EJEMPLO 3

El gas de alimentación comprende lo siguiente en porcentaje molar (base seca): hidrógeno 75%, nitrógeno 25%, y amoníaco menos de 500 ppm. El gas de alimentación (seco) es introducido en un dispositivo que comprende diez lechos adsorbentes que contiene cada uno 50,9 metros cúbicos de zeolita cálcica A, a 21,44 kg/cm² y 4,44°C (277,44°K) a un caudal de 1.757.000 m³ por día y un gas producto que comprende por lo menos 99,999% de hidrógeno es descargado a un caudal de 1.133.000 metros cúbicos por día. Sobre esta base, aproximadamente el 85% del hidrógeno contenido en el gas de alimentación es recuperado como gas producto. El ciclo total es de 13 minutos, 20 segundos con presiones terminales en los diversos pasos siguientes en metros cúbicos por centímetro cuadrado: E1D y E1R = 17,78, E2D y E2R = 11,17, E3D y E3R = 5,69, PP = 3,02, BD y P = 1,05. La PR es nuevamente de 20,3, la S es de 0,58 de manera que el producto de PR por S es 11,8.

EJEMPLO 4

En este ejemplo, los ejemplos 2 y 3 descritos precedentemente son comparados con el sistema de igualación de presiones de dos pasos de la patente de Estados Unidos de América No. 3.564.816 a nombre de Batta con cuatro lechos adsorbentes del mismo material, para producir 1.133.000 metros cúbicos por día de gas hidrógeno al 99,999% a partir de las mis-

mezclas de gas de alimentación:

Para el ejemplo 2:

	<u>Presente</u> <u>invención</u>	<u>Técnica</u> <u>anterior</u>	<u>Mejoramiento</u> <u>porcentual</u>
Porcentaje de H ₂ en gas de alimentación recuperado como producto	86	81	6,2
Cantidad de gas de alimentación	1,708.000	1.814.000	6,2
Cantidad total de adsorbente, metros cúbicos	453	513	12,0

Para el ejemplo 3:

	<u>Presente</u> <u>invención</u>	<u>Técnica</u> <u>anterior</u>	<u>Mejoramiento</u> <u>porcentual</u>
Porcentaje de H ₂ en gas de alimentación recuperado como producto	85	79,7	6,6
Cantidad de gas de alimentación	1,757.000	1.894.000	6,6
Cantidad total de adsorbente, metros cúbicos	509,7	566,6	10,0

El ejemplo 4 demuestra importantes ventajas sobre la técnica anterior en un sistema de igualación de presión en dos pasos del tipo Batta y sobre la base de tres conjuntos de dispositivos de cuatro lechos que funcionan en relación de

flujo paralelo, es decir, sin cañería de interconexión. Para las tasas de producción elevadas del orden de magnitud para el cual esta invención se adapta especialmente, el adsorbente y los recipientes que lo contienen con soportes estructurales constituyen lo principal del equipo y comprenden del 70 al 80% del costo total de la inversión. Por consiguiente, la presente invención ofrece sustanciales economías de equipo, es decir, dos recipientes menos y las cañerías, válvulas y soportes asociados.

La comparación de la figura 4 indica que el tiempo total de regeneración, es decir, el requerido para purgar y represurizar para reintroducción del gas de alimentación, se puede reducir sustancialmente mediante la práctica de la presente invención. Por supuesto, esto significa que el adsorbente es utilizado con mayor eficacia. Por ejemplo, la figura 4 demuestra que sobre el mismo tiempo del paso de adsorción, el tiempo total del ciclo de la modalidad de realización de diez lechos es del 16,5% más corto que un dispositivo de cuatro lechos comparables que emplea igualación de presiones de dos pasos (figura 4a).

El tiempo de ciclo más corto reduce la cantidad de adsorbente necesaria. También se requiere menos adsorbente para producir la misma cantidad de producto debido a la más alta eficiencia de recuperación del producto, por consiguiente más baja adsorción de impurezas. Por lo tanto, los requerimientos de adsorbente quedan reducidos muy sustancial-

mente, es decir, 12,0% y 10,0% para los ejemplos 2 y 3 de gases de alimentación, respectivamente.

La modalidad de realización de nueve lechos de las figuras 5 a 7 es muy similar a la modalidad de diez lechos previamente descrita, de las figuras 1 a 3, pero difiere en ciertos detalles menores: Un recipiente menos de adsorbente es empleado (una ventaja), pero requiere un tiempo más corto de purgado, lo que puede ser una desventaja cuando los componentes selectivamente adsorbidos son difíciles de remover o están presentes en cantidades relativamente grandes, o ambas cosas. A título de comparación, la figura 2 presenta un tiempo de purgado en diez lechos de aproximadamente 120 segundos, a la vez que el tiempo de purgado de nueve lechos de la figura 6 es de aproximadamente 80 segundos.

En una modalidad preferida de realización de la invención ejemplificada por la figura 2 y la figura 6 (gráficos de ciclo), se proporcionan por lo menos nueve lechos adsorbentes en ciclos idénticos superpuestos de manera que durante el período inicial de un paso de adsorción en un lecho, los dos lechos con número inferior precedentes también están en sus pasos de adsorción. Durante el período medio de un paso de adsorción en un lecho, los lechos inmediatamente precedentes de número inferior, e inmediatamente siguiente, de número superior, también están en sus pasos de adsorción. Durante el último período de un paso de adsorción, los lechos de número

ro superior inmediatamente siguientes (dos) también están en sus pasos de adsorción. A manera de ilustración y haciendo referencia a la figura 2, el paso de adsorción del lecho 1 comprende seis unidades de tiempo de manera que las unidades 1 y 2 representan el período inicial, las unidades 3 y 4 son el período medio, y las unidades 5 y 6 son el último período ^{del paso} de adsorción. Durante el período inicial, los lechos 9 y 10 (los dos lechos inmediatamente precedentes al lecho 1) también están en sus pasos de adsorción, durante el período medio los lechos 10 (inmediatamente precedente) y 2 (inmediatamente siguiente) están en sus pasos de adsorción y durante el último período los lechos 2 y 3 (los dos lechos que siguen inmediatamente en número) también están en sus pasos de adsorción.

En otra modalidad preferida de realización de la invención, también ejemplificada por los gráficos de ciclo de las figuras 2 y 6, la igualación de presión con desprendimiento de gas de espacios vacíos inicial es realizada en tres fases separadas que comprenden la primera igualación de presión de un lecho adsorbente que ha completado su paso de adsorción con el lecho adsorbente con el cuarto número más alto inicialmente en su presión de igualación segunda de manera que los dos lechos están finalmente en una primera presión de igualación. Habiendo sido despresurizado el mismo lecho adsorbente a la primera presión de igualación está ahora igualado en la presión segunda con el lecho adsorbente del quinto número más

nes descritas anteriormente entre el lecho que experimenta el paso inicial de desprendimiento de gas de espacios vacíos y otros lechos que son igualados en presión (por represurización) con el mismo, se produce la primera fase del desprendimiento de gas de espacios vacíos inicial del lecho 1 (E1D) durante la unidad de tiempo 7 y es realizada con el lecho 5, el lecho de adsorción del cuarto número más alto, durante su represurización más elevada por fase de igualación de presión (E1R). La segunda fase del desprendimiento de gas de espacios vacíos inicial del lecho 1 (E2D) se produce durante la unidad de tiempo 8 y es realizada con el lecho 6, el lecho de adsorción de quinto número más alto, durante su represurización intermedia por fase de igualación de presión (E2R). La tercera fase del desprendimiento inicial de gas de espacios vacíos (E3D) se produce durante la unidad de tiempo 9 y es realizada con el lecho 7, el lecho de adsorción de ^{sexto} número más alto, durante su represurización más baja de la fase de igualación de presión (E3R). La despresurización paralela final (PP) del lecho 1 se produce durante la unidad de tiempo 10, 11 y 12, y el gas así desprendido es utilizado para ~~purgar~~ el lecho 9, el octavo lecho de adsorción con número más alto, durante toda su fase de purgado (P).

Se debe comprender que en la relación definida precedentemente cuando el número de lecho más alto así calculado supera al número real de lechos adsorbentes en un dispositivo en particular, se debe restar el número real del número cal-

culado para identificar al denominado "lecho adsorbente de número más alto". Para dar un ejemplo, considérese la tercera igualación del lecho 6, que se realiza con el lecho adsorbente de sexto número más alto durante la unidad de tiempo 19. Dado que en la modalidad de realización de las figuras 1 a 3 hay diez lechos adsorbentes, el señalado para EJR es 12 - 10, o sea el lecho 2.

En la modalidad de realización de ocho lechos de las figuras 8 a 10, reciben mezcla gaseosa de alimentación en cualquier momento dado, dos en lugar de tres lechos adsorbentes. A modo de ejemplo, durante las unidades de tiempo 1 y 2 del período inicial del lecho 1, el lecho 8 (lecho de número inferior inmediatamente precedente) está en su paso de ad sorción. Luego, durante las unidades de tiempo 3 y 4 del último período del lecho 1, el lecho 2 (el lecho de número más alto inmediatamente siguiente) está en su paso de adsorción. Da do que en esta modalidad de realización el adsorbente "en corriente" está en relación inferior al adsorbente total que en las modalidades descritas previamente, la utilización del adsorbente para el primero es inferior, pero todavía superior a los sistemas de la técnica anterior.

Otra distinción de la modalidad de realización con ocho lechos de las figuras 8 a 10 es que aun cuando se practican tres igualaciones de presión, las mismas no son con secutivas. Considerando nuevamente a la figura 9 y al lecho

1, su primera igualación de presión E1D es con el lecho 4 (el número de lecho tercero más alto) seguida inmediatamente por la segunda igualación de presión E2D con el lecho 5 (el cuarto lecho con número más alto). Sin embargo el último paso es seguido por la despresurización paralela PP en la cual el gas desprendido del lecho 1 es introducido en el extremo de descarga del lecho 7 (el lecho sexto con número más alto) para el purgado del mismo a la presión más baja. La tercera igualación de presión E3D sigue a la PP y también es realizada con el lecho 7, ahora purgado.

Las válvulas 61 y 62 en los múltiples de purgado de la figura 8 no son esenciales y su función de control de caudales para las igualaciones de presión segunda y tercera se puede realizar mediante la apertura controlada de las válvulas 31 a 38.

La modalidad de realización con ocho lechos de las figuras 11 a 13 difiere de las modalidades de realización descritas previamente por el uso de cuatro pasos de igualación de presión y por consiguiente una recuperación más elevada de gas producto pero con una tubería más compleja y más válvulas, tal como se ilustra en la figura 11. En particular, son necesarias las válvulas 71 a 78 en los extremos de entrada de los lechos 1 a 8 respectivamente para acomodar los flujos adicionales de gas de alimentación para la represurización final (FR) de cada lecho que ha sido represurizado al nivel de la primera

igualación (E1R). Por vía de ejemplo, el lecho 2 es represurizado finalmente durante la unidad de tiempo 2 abriendo la válvula 72 por lo cual fluye el gas de alimentación a través de la válvula 81 hacia el extremo de entrada del lecho. En la modalidad de realización ilustrada previamente, la represurización final fue lograda por el gas de producto introducido en el extremo de descarga del lecho.

La figura 12 ilustra cómo durante la primera igualación de presión E1D cada lecho transfiere gas al lecho con tercer número más alto (E1R), durante la segunda igualación de presión E2D cada lecho transfiere gas al cuarto lecho con número más alto (E2R), durante la tercera igualación de presión E3D cada lecho transfiere gas al lecho con quinto número más alto (E3R), y durante la cuarta igualación de presión (E4D) cada lecho transfiere gas al lecho con el sexto número más alto (E4R). En esta modalidad de realización las cuatro igualaciones de presión son consecutivas y preceden a la despresurización paralela PP. Cuatro igualaciones de presión son ventajosas cuando la relación de presión del gas de alimentación al gas de purgado es relativamente alta, es decir, por lo menos 10.

La modalidad de realización con siete lechos de las figuras 14 a 16 ilustra diversas modificaciones adicionales de la invención. En lugar de usar gas de despresurización paralela para el purgado, este paso de PP es eliminado y en su

lugar se emplea gas producto. Una ventaja consiste en que se puede reducir el tamaño de los lechos dado que se elimina el avance frontal de adsorción de impurezas asociado con la despresurización paralela. No obstante, el porcentaje de recuperación es inferior, no solamente debido al producto usado para purgar sino también porque la extracción por contracorriente es iniciada a una presión relativamente más elevada.

Aunque no se ilustra, el gas desprendido del extremo de descarga durante los pasos de igualación de presión se puede usar en parte para el purgado. A modo de ejemplo, en la modalidad de realización de las figuras 14 a 16 se puede practicar esta variante para proveer el gas de purgado necesario sin volver a introducir el paso de despresurización paralela. El único cambio de válvulas-tuberías necesario en la figura 14 es mover el regulador 83 para que se una al múltiple de igualación de presión para las válvulas 61-67 en lugar del múltiple de producto para las válvulas 21-27. En la figura 15, las unidades de tiempo para cada igualación de presión segunda y tercera E2D y E3D también incluirían la despresurización paralela para el gas de purgado PP y no serían necesarios cambios en el gráfico de tiempos de válvulas de la figura 16. En términos genéricos, el gas desprendido del extremo de descarga del lecho durante su E2D sería introducido en parte al lecho de adsorción de quinto número más alto para purgar al mismo, y el gas desprendido desde un extremo de descarga de

un lecho durante su E3D sería en parte introducido al lecho de adsorción con sexto número más alto para purgado del mismo. Aunque se han descrito en detalle modalidades preferidas de realización de la presente invención, se considera que se pueden efectuar modificaciones al procedimiento y que se pueden emplear algunas características sin hacerlo con algunas otras, todo dentro del espíritu y alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Una mejora en un procedimiento de oscilación de presión adiabática para la separación de mezclas de gas por la adsorción selectiva de por lo menos un componente gaseoso en cada uno de múltiples lechos adsorbentes mediante el ciclo de introducir mezcla gaseosa de alimentación al extremo de entrada del lecho a una presión primera más elevada superior a la atmosférica, descargar efluente de producto no adsorbido del extremo de descarga del lecho, desprender gas de espacios vacíos inicial del extremo de descarga del lecho e introducir el gas inicial así desprendido al extremo de descarga de otro lecho adsorbente previamente purgado de dicho componente e inicialmente a presión inferior hasta que los dos lechos estén igualados en presión a una presión intermedia más elevada, desprender gas del extremo de entrada del lecho para extracción por contracorriente a la presión más baja, introducir el gas agotado de dicho componente de otro lecho de adsorbente al extremo de descarga del lecho para desorción de dicho componente y purgar a través del extremo de entrada del lecho, represurizando el lecho purgado hasta dicha presión más alta superior a la atmosférica primera y después de esto repetir el ciclo, caracterizado por comprender por lo menos siete lechos adsorbentes; introducir simultáneamente mezcla gaseosa de alimentación a los extremos de entrada de por lo menos dos lechos adsorbentes en ciclos idénticos superpuestos secuencial

mente desde el primero al lecho de número más alto y desde este último repitiendo continuamente la secuencia hasta que durante el período inicial de un paso de adsorción en el lecho, el lecho de número inferior inmediatamente precedente esté también en su paso de adsorción y durante el último período el lecho siguiente inmediatamente de número más alto esté también en su paso de adsorción; realizar la igualación de presión con desprendimiento de gas de espacios vacíos inicial en por lo menos tres fases separadas, comprendiendo la primera igualación de presiones al lecho de adsorbente que ha completado su paso de adsorción de un componente, con un lecho diferente previamente purgado y con un número de lecho por lo menos superior en tres inicialmente a presión intermedia más baja de manera que los dos lechos estén finalmente a la primera presión de igualación; segunda igualación de presiones del lecho absorbente que contiene un componente inicialmente a dicha presión de igualación primera con un lecho también diferente purgado previamente y por lo menos con un cuarto número más alto inicialmente todavía a presión intermedia inferior de manera que los dos lechos estén finalmente a una segunda presión de igualación; tercera igualación de presiones, estando el lecho absorbente que contiene el componente a dicha segunda presión de igualación con otro lecho previamente purgado y con un número por lo menos en cinco más alto inicialmente a la presión más baja, de modo que finalmente los dos lechos estén a

1 una tercera presión de igualación.

2 Una mejora de acuerdo con la reivindicación 1,
3 caracterizada porque la relación de presión absoluta (PR)
4 de la primera presión superior a la atmosférica más eleva-
5 da del paso de adsorción a la presión más baja del procedi-
6 miento es por lo menos de 7, y el producto de PR por la re-
7 lación molar (S) de los no adsorbidos en el lecho al final
8 del paso de adsorción con el total del gas de alimentación
9 introducido durante tal paso de adsorción es de por lo me-
10 nos 6.

11 3. Una mejora de acuerdo con la reivindicación 1,
12 caracterizada porque se proveen por lo menos nueve lechos
13 adsorbentes en ciclos idénticos superpuestos de manera que
14 durante el período inicial de un paso de adsorción del le-
15 cho, los dos lechos inmediatamente precedentes de número
16 inferior también están en sus pasos de adsorción, durante
17 el período medio de un paso de adsorción, durante el perí-
18 odo medio de un paso de adsorción del lecho los lechos in-
19 mediatemente precedentes de número inferior y el inmediata-
20 mente siguiente de número superior están también en sus pa-
21 sos de adsorción, y durante el último período de un paso de
22 adsorción del lecho, los lechos inmediatamente siguientes
23 de número superior también están en sus pasos de adsorción.

24 4. Una mejora de acuerdo con la reivindicación 1,
25 caracterizada porque dichas fases separadas de desprendi-
26 miento de gas de espacios vacíos inicial desde un lecho
27 previamente en su paso de adsorción, son consecutivas.

28 5. Una mejora en un procedimiento de oscilación
29 de presión adiabática para la separación de mezclas de gas.

30 Tal y como se ha descrito en la Memoria que ante

1 cede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

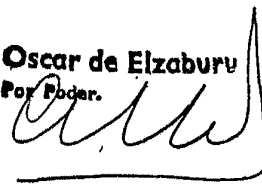
Esta Memoria consta de CUARENTA Y UNA hojas escritas a máquina por una sola cara.

5

Madrid, 10. AGO. 1977

P.A.

Oscar de Elzaburu
Por Poder.



10

15

20

25

30
05087

VAL.-

FIG. 1

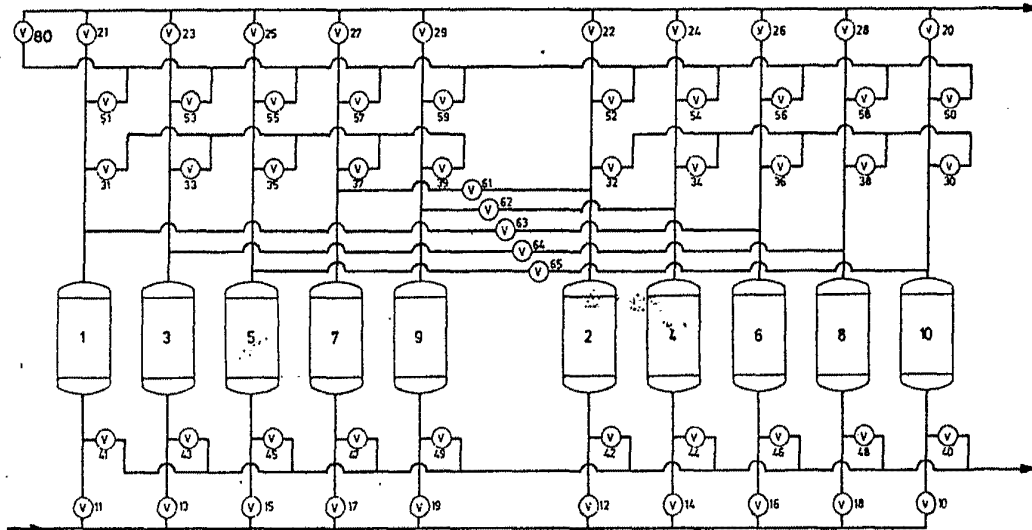


FIG. 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	A					E1D	E2D	E3D	PP			BD	P		E3R	E2R	E1R	FR				
2	E1R	FR	A					E1D	E2D	E3D	PP		BD	P				E3R	E2R			
3	E3R	E2R	E1R	FR	A					E1D	E2D	E3D	PP		BD	P						
4	P	E3R	E2R	E1R	FR	A					E1D	E2D	E3D	PP		BD	P					
5	BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A					E1D	E2D	E3D	PP						
6	PP		BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A					E1D	E2D	E3D	PP				
7	E3D	PP		BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A					E1D	E2D					
8	E1D	E2D	E3D	PP		BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A									
9	A		E1D	E2D	E3D	PP		BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A							
10	A			E1D	E2D	E3D	PP		BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A						

Oscar He. F. Z. ...
 Oscar He. F. Z. ...
 ...

↓

1	10	11	19	20	21	29	34	36	45	52	33	37	58	44
2	10	11	19	20	21	29	34	35	36	37	52	64	44	45
3	10	11	12	20	21	22	34	35	37	38	46	53	59	45
4	10	11	12	20	21	22	35	36	37	38	53	62	45	46
5	11	12	13	21	22	23	35	36	38	39	47	50	54	46
6	11	12	13	21	22	23	36	37	38	39	54	65	46	47
7	12	13	14	22	23	24	30	36	37	39	48	51	55	47
8	12	13	14	22	23	24	30	37	38	39	55	63	47	48
9	13	14	15	23	24	25	30	31	37	38	49	52	56	48
10	13	14	15	23	24	25	30	31	38	39	56	61	48	49
11	14	15	16	24	25	26	31	32	38	39	40	53	57	49
12	14	15	16	24	25	26	30	31	32	39	57	64	49	40
13	15	16	17	25	26	27	30	32	33	39	41	54	58	40
14	15	16	17	25	26	27	30	31	32	33	58	62	40	41
15	16	17	18	26	27	28	30	31	33	34	42	55	59	41
16	16	17	18	26	27	28	31	32	33	34	59	65	41	42
17	17	18	19	27	28	29	31	32	34	35	43	50	56	42
18	17	18	19	27	28	29	32	33	34	35	50	63	42	43
19	10	18	19	20	28	29	32	33	35	36	44	51	57	43
20	10	18	19	20	28	29	33	34	35	36	51	61	43	44

FIG. 3

Oscar de Elizaburu
 Por Pedar.

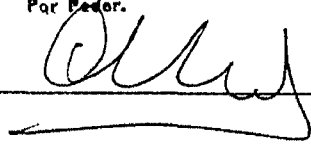


FIG. 4a

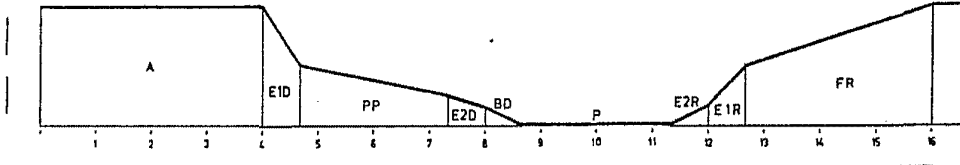


FIG. 4b

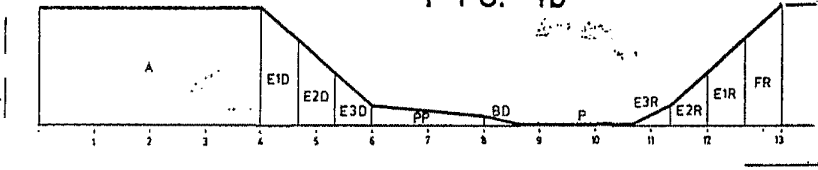
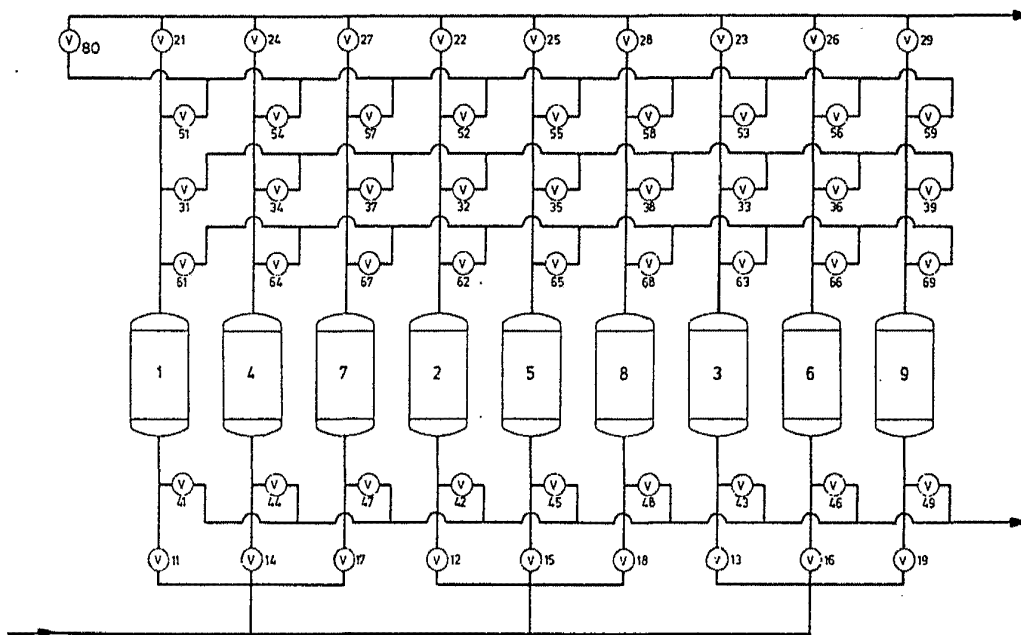


FIG. 5



Oscar de Elzaburu
Por Poder

↓

1	11	21	52	57	63	66	34	35	18	28	19	29	44
2	11	21	52	63	67	34	36	45	18	28	19	29	44
3	11	21	12	22	53	58	64	67	35	36	19	29	45
4	11	21	12	22	53	64	68	35	37	46	19	29	45
5	11	21	12	22	13	23	54	59	65	68	36	37	46
6	11	21	12	22	13	23	54	65	69	36	38	47	46
7	51	55	12	22	13	23	14	24	66	69	37	38	47
8	61	66	12	22	13	23	14	24	55	37	39	48	47
9	61	67	52	56	13	23	14	24	15	25	38	39	48
10	31	38	62	67	13	23	14	24	15	25	56	49	48
11	31	39	62	68	53	57	14	24	15	25	16	26	49
12	41	32	39	63	68	14	24	15	25	16	26	57	49
13	31	32	63	69	54	58	17	27	15	25	16	26	41
14	31	33	42	64	69	15	25	16	26	17	27	58	41
15	61	64	32	33	55	59	16	26	17	27	18	28	42
16	61	65	32	34	43	16	26	17	27	18	28	59	42
17	51	56	62	65	33	34	17	27	18	28	19	29	43
18	51	62	66	33	35	44	17	27	18	28	19	29	43

FIG. 7

Oscar de Elzaburu
Por Poder

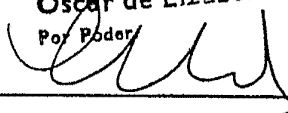


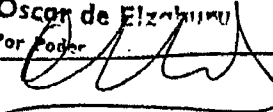
FIG. 9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	A				E1D	E2D	PP		E3D	BD	P		E3R	E2R	E1R	FR
2	E1R	FR	A				E1D	E2D	PP		E3D	BD	P		E3R	E2R
3	E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D	PP		E3D	BD	P	
4	P	E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D	PP		E3D	BD	
5	E3D	BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D	PP	
6	PP		E3D	BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D
7	E1D	E2D	PP		E3D	BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A			
8	A		E1D	E2D	PP		E3D	BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A	

FIG. 12

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	A				E1D	E2D	E3D	E4D	PP	BD	P	E4R	E3R	E2R	E1R	FR
2	E1R	FR	A				E1D	E2D	E3D	E4D	PP	BD	P	E4R	E3R	E2R
3	E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D	E3D	E4D	PP	BD	P	E4R
4	P	E4R	E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D	E3D	E4D	PP	BD
5	PP	BD	P	E4R	E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D	E3D	E4D
6	E3D	E4D	PP	BD	P	E4R	E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D
7	E1D	E2D	E3D	E4D	PP	BD	P	E4R	E3R	E2R	E1R	FR	A			
8	A		E1D	E2D	E3D	E4D	PP	BD	P	E4R	E3R	E2R	E1R	FR	A	

Oscar de Elizabeth
 Por Poder



↓

1	11	21	52	57	33	61	35	34	62	36	18	28	44
2	11	21	52	33	37	34	62	36	45	18	28	44	
3	11	21	12	22	53	58	34	62	36	35	61	37	45
4	11	21	12	22	53	34	38	35	61	37	46	45	
5	51	54	12	22	13	23	35	61	37	36	62	38	46
6	31	35	12	22	13	23	54	36	62	38	47	46	
7	31	61	37	52	55	13	23	14	24	36	62	38	47
8	31	61	37	32	36	13	23	14	24	55	48	47	
9	31	61	37	32	62	38	53	56	14	24	15	25	48
10	41	32	62	38	33	37	14	24	15	25	56	48	
11	31	61	33	32	62	38	54	57	15	25	16	26	41
12	31	61	33	42	34	38	15	25	16	26	57	41	
13	31	61	33	32	62	34	55	58	16	26	17	27	42
14	31	35	32	62	34	43	16	26	17	27	58	42	
15	51	56	32	62	34	33	61	35	17	27	18	28	43
16	51	32	36	33	61	35	44	17	27	18	28	43	

F I G. 10

Oscar de Elizaburu

Por Poder


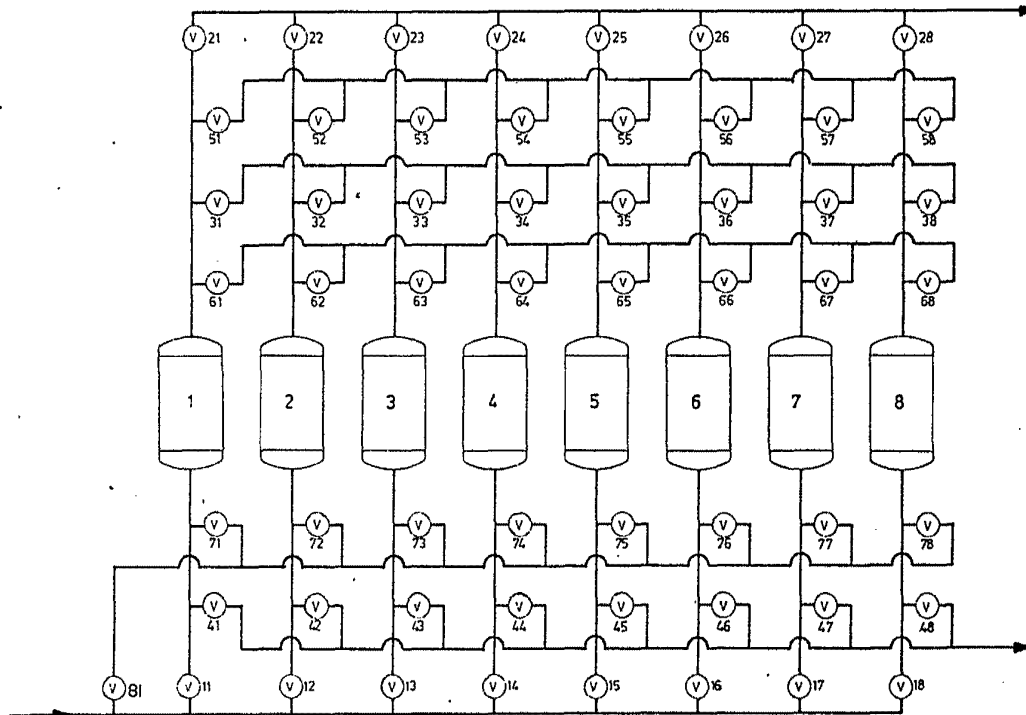


FIG. II



Oscar de Elizaburu
Por Poder.

FIG. 13

↓

1	11	21	52	57	33	36	64	65	18	28	44
2	11	21	72	33	37	64	66	45	18	28	
3	11	21	12	22	53	58	34	37	65	66	45
4	11	21	12	22	73	34	38	65	67	46	
5	51	54	12	22	13	23	35	38	66	67	46
6	31	35	12	22	13	23	74	66	68	47	
7	31	36	52	55	13	23	14	24	67	68	47
8	61	67	32	36	13	23	14	24	75	48	
9	61	68	32	37	53	56	14	24	15	25	48
10	41	62	68	33	37	14	24	15	25	76	
11	61	62	33	38	54	57	15	25	16	26	41
12	61	63	42	34	38	15	25	16	26	77	
13	31	34	62	63	55	58	16	26	17	27	42
14	31	35	62	64	43	16	26	17	27	78	
15	51	56	32	35	63	64	17	27	18	28	43
16	71	32	36	63	65	44	17	27	18	28	

Oscar de Elizaburu
Prof. Feder.

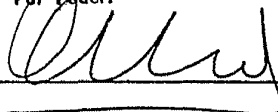


FIG. 14

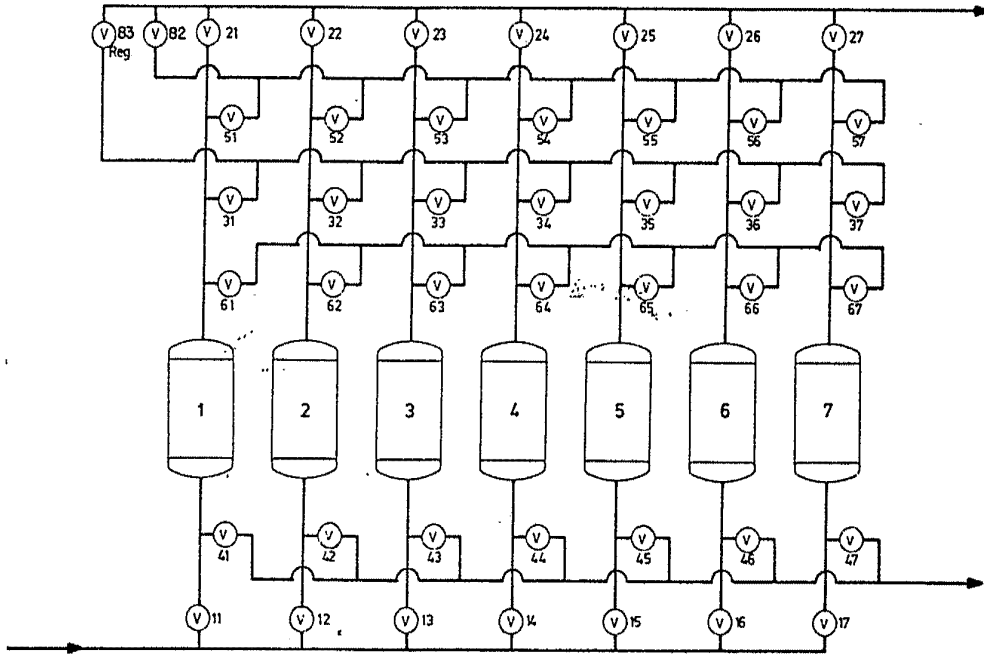
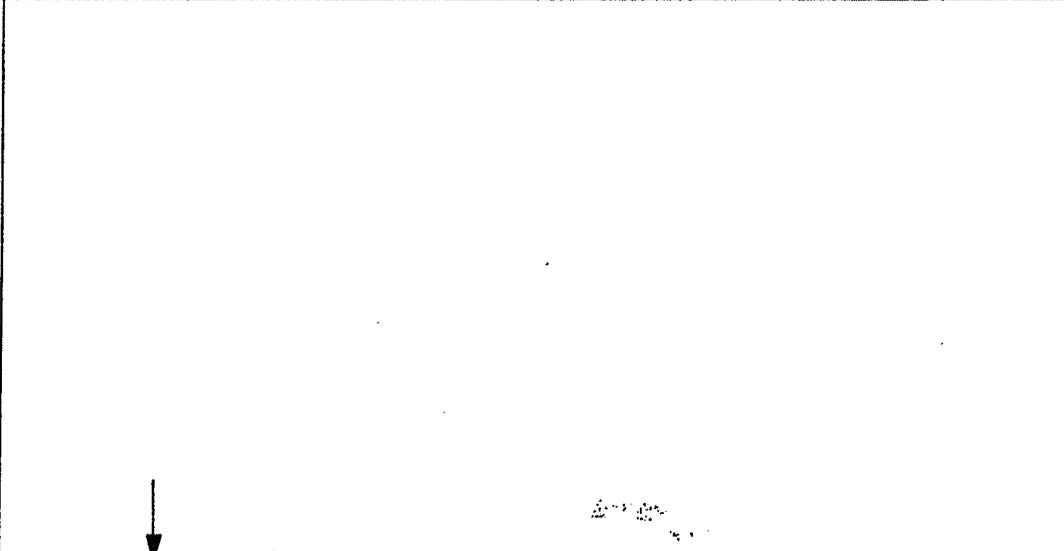


FIG. 15

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	A				E1D	E2D	E3D	BD	P			E3R	E2R	E1R	FR
2	E1R	FR	A				E1D	E2D	E3D	BD	P		E3R	E2R	
3	E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D	E3D	BD	P		
4	P		E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D	E3D	BD	
5	E3D	BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A				E1D	E2D	
6	E1D	E2D	E3D	BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A				
7	A		E1D	E2D	E3D	BD	P		E3R	E2R	E1R	FR	A		

Oscar de Alzaburu
 For...
 Oscar de Alzaburu
 For...

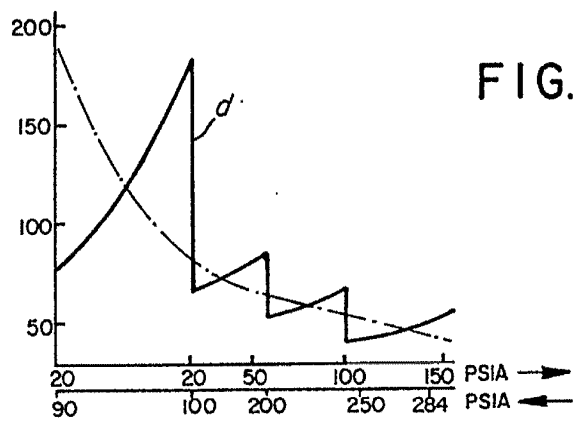
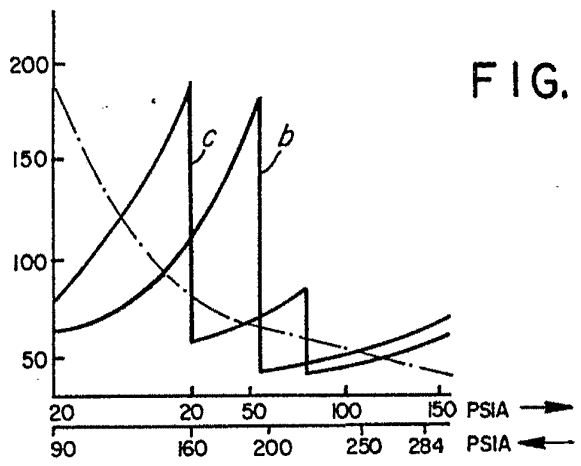
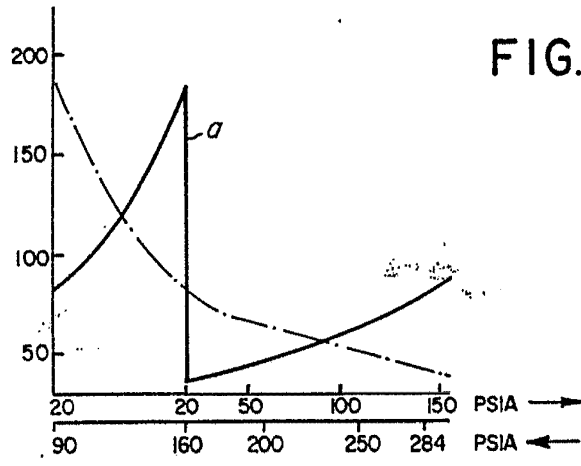


1	11	21	52	56	63	65	34	17	27	44
2	11	21	52	63	66	34	45	17	27	44
3	11	21	12	22	53	57	64	66	35	45
4	11	21	12	22	53	64	67	35	46	45
5	51	54	12	22	13	23	65	67	36	46
6	61	65	12	22	13	23	54	36	47	46
7	61	66	52	55	13	23	14	24	37	47
8	41	62	66	13	23	14	24	55	37	47
9	31	62	67	53	56	14	24	15	25	41
10	31	42	63	67	14	24	15	25	56	41
11	61	63	32	54	57	15	25	16	26	42
12	61	64	32	43	15	25	16	26	57	42
13	51	55	62	64	33	16	26	17	27	43
14	51	62	65	33	44	16	26	17	27	43

FIG. 16

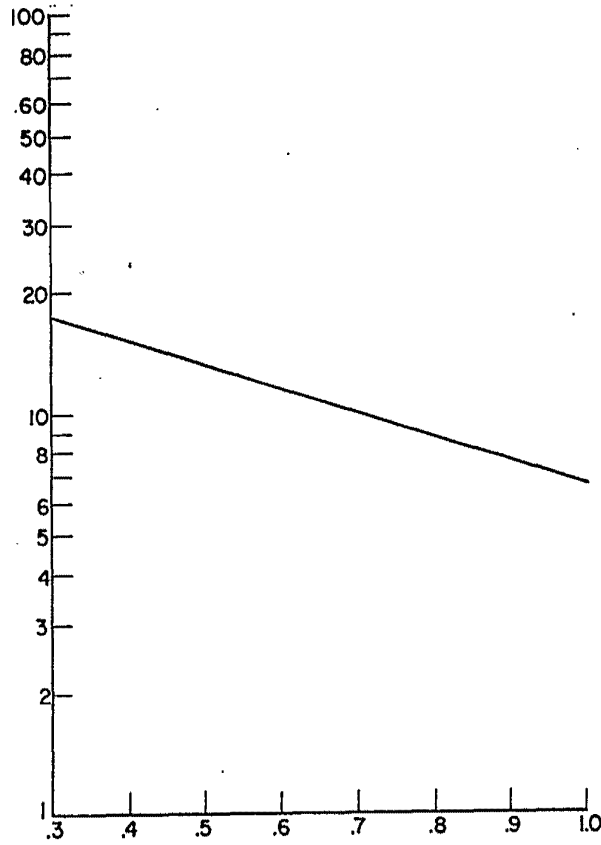
Oscar de Elizaburu
Por Poder.





Oscar de Elzaburu
Por Poder.

F I G. 18



Oscar de Elzaburu
Por Poder.