

307158



PATENTE DE INVENCION.

Memoria Descriptiva
sobre

"Procedimiento para mejorar el contacto gas-sólido
a través de un lecho fluidizado"

Solicitante: ESSO RESEARCH AND ENGINEERING COMPANY, entidad nor-
teamericana, residente en Elizabeth, New Jersey, -
EE.UU. de A.

Se refiere este invento a un método per-
feccionado de llevar a cabo una operación en "lecho
o estrato fluidizado". Este invento concierne a un
método de contacto mejorado engre gas y sólidos y
5. se propone obtener un flujo de gas más uniforme a



- través de la capa o lecho. Más específicamente, esta invención afecta a un método para mejorar el contacto entre gas y sólidos y la utilización de gas y/o sólidos en las operaciones de lecho fluidizado. Se
5. obtiene la mejora añadiendo a éste, contactores de libre movimiento que poseen aproximadamente la misma densidad que el lecho fluidizado. Específicamente, - este invento se refiere a un método de mejorar el - contacto gas-sólidos y el flujo del gas a través de
10. un lecho fluidizado, el cual comprende la adición al lecho de contactores de libre movimiento que presentan aproximadamente la misma densidad que la densidad aparente de los sólidos del lecho fluidizado. Los contactores han de ser de un tamaño sensiblemente ma
15. yor que las partículas mayores del lecho.

Es conocido el sistema de poner en contacto capas de partículas sólidas con gases para fluidizar las partículas a fin de llevar a cabo reacciones de los materiales gaseosos y/o reacciones de las partículas sólidas, o ambas cosas. Hasta el presente, -

20. los procedimientos de contacto entre sólidos fluidos y gases se han venido llevando a efecto a escala comercial con partículas de pequeño tamaño, así como - con sólidos de gran tamaño. Aun cuando pueden mantenerse zonas de reacción en el lecho fluidizado y lle

25. varse a efecto las reacciones, se ha comprobado la existencia de contactos ineficaces entre gas y sólidos y una utilización ineficaz entre gas y/o sólidos, incluso manteniendo las condiciones de lecho fluido.

30. Esto ha disminuido la eficacia de la reacción, hacienu

30 7158



- do en muchos casos que el procedimiento fuera antieco-
nómico. El contacto ineficaz entre gas y sólidos es
ocasionado por el paso de grandes burbujas de gas a
través del lecho fluído. Este fenómeno se conoce por
5. el nombre de "aislamiento". La derivación de gases de
bida a este aislamiento y el efecto de Gulf Stream -
que se registra sobre el flujo de sólidos en el lecho,
dan como resultado un ineficaz contacto entre gas y -
sólidos. Hasta cierto punto, las operaciones mejora -
10. das de lecho fluído se han llevado a efecto regulando
la distribución dimensional de partícula y fluidizan-
do solamente aquellas partículas que presentaban un -
tamaño reducido uniforme. Sin embargo, resulta muy di-
ficil obtener todos los materiales distribuídos en -
15. partículas reducidas y mantener esta distribución en
partículas pequeñas en una determinada zona de reac -
ción. Esto varía, naturalmente, según el sistema par-
ticular de que se trate. Por ejemplo, en el "cracking"
o destilación destructiva, de tipo catalítico, pueden
20. obtenerse catalizadores de partícula reducida y mante-
nerse entre ciertos límites dimensionales. No obstan-
te, al reducir los óxidos metálicos a metal en un pro-
ceso reductivo, se observa que los óxidos metálicos -
tienden a formar grandes cantidades de pequeñas partí-
culas, con lo que se interrumpe toda distribución por
25. tamaño de partículas previamente planeada.

Los procedimientos de lecho fluído son bien
conocidos. En una operación de lecho fluído la veloci-
dad del gas guarda relación con las dimensiones de la

30. partícula y con la densidad del material sólido, de -

30 : 158



- modo que se mantienen los sólidos finamente divididos en un estado denso y turbulento similar al de un líquido en ebullición. Los sólidos finamente divididos experimentan amplios movimientos verticales y horizontales y asumen un nivel pseudo líquido. La velocidad del gas fluidizante determinada para cada operación depende de la densidad y estado de subdivisión de los sólidos particulares a fluidizar. El solicitante ha descubierto inesperadamente que la adición de contactores de movimiento libre a un lecho fluido proporciona una mejora sensible en la eficacia del contacto entre el gas y los sólidos y que reduce notablemente la fluctuación en la caída de presión a través del lecho.
- 5.
- 10.
15. Con arreglo al presente invento, se agregan al lecho contactores de movimiento libre relativamente grandes, de una densidad aproximadamente igual a la densidad del lecho fluido de los sólidos fluidizados, es decir, la densidad aparente del lecho fluidizado de sólidos bajo condiciones normales en la función del lecho fluido, para mejorar el contacto gas-sólidos. Los contactores pueden ser de un diseño aerodinámicamente inestable para inducir turbulencia en el lecho fluido al moverse libremente en la suspensión. El tamaño de los contactores y su número dependerán del grado de contacto deseado en un sistema particular en el que hayan de utilizarse. El uso de contactores de movimiento libre ha dado como resultado notables mejoras en las características de fluidización de los lechos fluidizados de sólidos. Los contac
- 20.
- 25.
- 30.

30 7158



tores se mueven libremente dentro del lecho.

- El "aislamiento" es ocasionado por la presencia de grandes burbujas de gas que atraviesan un lecho fluido de sólidos, las cuales son causa de
5. una variación considerable en la caída de presión a través del lecho y de un contacto ineficaz entre el gas y los sólidos. Uno de los resultados más sorprendentes de la adición de los contactores de movimiento libre objeto de la presente a un lecho fluidizado es el de que tienden a romper las grandes burbujas impidiendo el aislamiento y produciendo un flujo más uniforme de gas fluidizante a través del lecho. Por ejemplo, si se añaden al lecho fluidizado sólo un volumen aproximado de 9 por ciento de
 10. contactores, puede verse a simple vista que los contactores atraviesan las burbujas tendiendo a romperlas, y con un volumen aproximado de 39 por ciento de los contactores, las grandes burbujas de gas han desaparecido completamente. El volumen (volumen masa) comprende el volumen real de sólidos desplazados por el contactor más todo espacio vacío existente en el contador. Por otra parte, los contactores que hayan sido seleccionados adecuadamente en cuanto a densidad y dimensiones y se hayan añadido a un
 15. lecho flúido pueden verse a simple vista moverse hacia arriba y hacia abajo en el lecho a lo largo de las paredes. Este movimiento libre de los contactores en el lecho flúido indica que han roto el sistema de circulación de sólidos tipo Gulf Stream normalmente presente en un gran lecho flúido. Es de la
 - 20.
 - 25.
 - 30.

30 7158



mayor importancia la selección de contactores de densidad apropiada. Los contactores elegidos para una mejor función tendrán de preferencia una densidad comprendida dentro de la densidad de libre sedimentación del lecho de partículas y aproximadamente un 90 % de la densidad del lecho fluidizado, esto es la densidad aparente.

Las partículas fluidizadas con arreglo al presente invento pueden ser de distribución dimensional reducida o amplia y pueden determinarse los grosores de las partículas para el sistema de que se trate de modo que puedan fluidizarse convenientemente. Los nuevos contactores del solicitante pueden emplearse en cualquier sistema de sólidos que puedan fluidizarse. Pueden igualmente utilizarse en sistemas que hasta el presente no podían mantener su estado fluido pero que pueden mantenerse en un estado fluido mediante adición de tales contactores de libre movimiento. La velocidad del gas fluidizante utilizado es suficiente para fluidizar los sólidos del lecho. El gas puede ser un gas fluidizante inerte o un gas reactante o bien mezclas de ambos. La densidad de los contactores se elige de manera que cuando el lecho de sólidos se fluidiza los contactores se mueven libremente de arriba a bajo y en torno del lecho. Es este movimiento libre de los contactores en el lecho lo que rompe las grandes burbujas gaseosas (burbujas que causan el aislamiento) y que interrumpen asimismo el efecto de movimiento tipo Gulf Stream de los sólidos del lecho. Los contactores son por lo general dos veces mayores,



- por lo menos que la partícula mayor del lecho y la dimensión y el número de los contactores, así como su forma se determinan según el sistema particular de que se trate. Se añade, pues, una cantidad suficiente de contactores al lecho flúido para romper las grandes burbujas de gas y obtener una caída de presión sensiblemente reducida en todo el lecho. Los materiales con los que se realizan los contactores han de ser tales que posean la densidad apropiada y, por lo general son no reactivos, aun cuando pueden comprender material catalíticamente activo o químicamente reactivo.
- 5.
- 10.

- El uso de los contactores de movimiento libre del solicitante puede presentar ventajas en muchas operaciones conocidas de lecho flúido. Una de tales aplicaciones es el "cracking" catalítico de lecho flúido. Toda mejora, por ligera que sea en la efectividad del contacto entre gas y sólidos en un "cracker" catalítico flúido conseguido mediante utilización de los nuevos contactores de movimiento libre del solicitante dará como resultado una sensible mejora económica del proceso. Uno de los problemas básicos en el "cracking" catalítico desde el punto de vista comercial ha venido siendo el no poderse hallar un medio efectivo de reducir el diámetro de las burbujas de gas fluidizante y la velocidad de las mismas a través del catalizador "cracker" catalítico, lo que ha ocasionado una operación menos eficaz que la que hubiera podido obtenerse al eliminar las grandes burbujas en el lecho flúido. Utilizando los contactores
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

30 7158



de libre movimiento del solicitante, que tengan la -
adecuada densidad y sean cuando menos dos veces mayo-
res que las partículas catalíticas del "cracker" cata-
lítico, se rompen las burbujas gaseosas y se realiza
5. un contacto mejorado entre gas y sólidos en el lecho
catalítico.

Otro proceso en el que pueden utilizarse -
igualmente los nuevos contactores del solicitante es
el proceso catalítico hidroformante. En tales reac -
10. ciones, son de importancia tanto el contacto catalíti-
co como la preparación gaseosa. La limitación de esta
última ha obligado en la práctica a llevar a cabo el
proceso mediante operación en el lecho fijo. La adi -
ción de los contactores del solicitante con arreglo -
15. al método descrito en esta solicitud permitirá efec -
tuar la hidroformación en una zona de reacción de le-
cho flúido, lo cual será ventajoso debido a las exi -
gencias térmicas del proceso. Los contactores de li -
bre movimiento impedirán mezclas indebidas al inte -
20. rrumpirse el efecto de Gulf Stream en el lecho fluidi-
zado.

Otro proceso bien conocido en el que tiene
aplicación este invento es el de la reducción de nú -
cleos de óxido metálico a metal libre. Un ejemplo de
25. tal proceso es la reducción directa de los óxidos de
hierro a hierro metálico por el contacto directo en
un lecho flúido con gases reductores consistentes en
hidrógeno y/o gas monóxido de carbono. Cuando se tra-
ta de llevar a efecto la reducción comercial del mine-
30. ral de hierro mediante método de reducción directa en



- lechos flúidos, surgen varios problemas. La utiliza -
ción ineficaz de los gases reductores ha sido uno de
los mayores problemas que han impedido la comercializa -
ción en gran escala de esta técnica. La utilización -
5. ineficaz del gas puede ser ocasionada por el aisla -
miento y el paso en falso del gas por el lecho flúido
de mineral de hierro. La utilización ineficaz del gas,
particularmente en el proceso de reducción del mine -
ral de hierro, se manifiesta por graves fluctuaciones
10. en la presión a través del lecho flúido.

La figura del plano es una ilustración gráfi -
ca del perfeccionamiento en la fluctuación de aisla -
miento y caída de presión a través de un lecho flúido
de mineral de hierro.

15. Las principales ventajas que se obtienen en
la utilización del nuevo sistema de contacto gas-sólido
del solicitante en la forma descrita en la solici -
tud son que los contactores de libre movimiento rom -
pen las grandes burbujas de gas, impiden el paso en -
20. falso del gas, e interrumpen el efecto de Gulf Stream.
Esto da como resultado un contacto más eficaz entre -
gas y sólidos y una mejor utilización de la operación
llevada a cabo en el lecho flúido, elimina el aisla -
miento y reduce al mínimo la fluctuación de la caída
25. de presión a través del lecho.

- El presente invento puede utilizarse en -
cualquier procedimiento de contacto entre gas y sólido -
dos, en que los sólidos tanto de pequeñas como de -
grandes partículas entren en contacto con un gas flui -
30. zante. La utilización de los contactores de movimiento

30 7158



libre objeto de la presente da como resultado ventajas importantes en las operaciones con lecho flúido donde la distribución de las partículas, en orden a su tamaño, del material a fluidizar y/o bajo reacción tiende

5. a cambiar en el curso del proceso debido a reacción química, desgaste o aglomeración de las partículas.

Pueden utilizarse cualesquiera sólidos fluidizables en conjunción con los contactores del solicitante.

10. Los sólidos fluidizados pueden pertenecer al grupo de los óxidos metálicos, materiales de cok, absorbentes sólidos, tales como absorbentes moleculares de tamiz -bien conocidos-, catalizados, tales como catalizadores de "cracking" catalítico e hidroformantes, y partículas portadores de calor, siendo utilizados - los sólidos para transferir calor. Los óxidos metálicos específicos serán los óxidos metálicos procedentes de sus minerales reaccionados con gases reductores para producir metales metálicos.

15. Los sólidos pueden presentar distribución en partículas anchas o estrechas, o presentar una distribución en la que las partículas tengan todas aproximadamente el mismo tamaño. La distribución puede presentar diversidad de dimensiones de partícula con un porcentaje aproximadamente uniforme de cada dimensión en los límites dimensionales existentes dentro de la composición, o bien puede ser la partícula de un tipo de composición tal que presente una baja concentración de partículas del tamaño medio y una fuerte concentración en cada extremo de la distribución. O bien la distribu
20. Los sólidos pueden presentar distribución en partículas anchas o estrechas, o presentar una distribución en la que las partículas tengan todas aproximadamente el mismo tamaño. La distribución puede presentar diversidad de dimensiones de partícula con un porcentaje aproximadamente uniforme de cada dimensión en los límites dimensionales existentes dentro de la composición, o bien puede ser la partícula de un tipo de composición tal que presente una baja concentración de partículas del tamaño medio y una fuerte concentración en cada extremo de la distribución. O bien la distribu
25. Los sólidos pueden presentar distribución en partículas anchas o estrechas, o presentar una distribución en la que las partículas tengan todas aproximadamente el mismo tamaño. La distribución puede presentar diversidad de dimensiones de partícula con un porcentaje aproximadamente uniforme de cada dimensión en los límites dimensionales existentes dentro de la composición, o bien puede ser la partícula de un tipo de composición tal que presente una baja concentración de partículas del tamaño medio y una fuerte concentración en cada extremo de la distribución. O bien la distribu
30. Los sólidos pueden presentar distribución en partículas anchas o estrechas, o presentar una distribución en la que las partículas tengan todas aproximadamente el mismo tamaño. La distribución puede presentar diversidad de dimensiones de partícula con un porcentaje aproximadamente uniforme de cada dimensión en los límites dimensionales existentes dentro de la composición, o bien puede ser la partícula de un tipo de composición tal que presente una baja concentración de partículas del tamaño medio y una fuerte concentración en cada extremo de la distribución. O bien la distribu

307158



5. ción dimensional de las partículas puede ser tal que se concentre en un extremo, con muy pocas partículas en el resto. Toda distribución dimensional de partículas que pueda fluidizarse mediante contacto con un gas fluidizante, y/o que pueda fluidizarse mediante la adición de contactores, se considera dentro del alcance de la presente invención.
10. La dimensión de partículas de los sólidos - tratados puede variar generalmente entre 5 micrones y 10.000 micrones, o entre unos 10 micrones y 7500 micrones, y entre unos 40 y unos 5.000 micrones.
15. La velocidad lineal superficial del gas - fluidizante en el lecho flúido es suficiente para obtener un lecho flúido de las partículas sólidas bajo tratamiento. La velocidad del gas fluidizante es tal que es suficiente para levantar y hacer frotar las - partículas sólidas y las partículas del contactor de tal modo que se fluidizan y las partículas fluidizantes presentan las características de un líquido. Los
20. contactores se mantienen en libre movimiento en todo el lecho de sólidos fluidizados.
25. La presión a la cual se realiza la operación del lecho fluidizante, aparte de las consideraciones - de equilibrio químico, no es crítica. La temperatura a la cual ha de llevarse a cabo la operación se determinará por la reacción particular que se desee en el lecho flúido. Los gases que se pueden utilizar son gases fluidizantes inertes como N_2 , un reactante gaseoso como una corriente química vaporizada, o un hidrocarbano
30. líquido que se vaporice al contacto con los sólidos -

30 - 158



- calientes, o hidrocarburos vaporizados que se destruyen y reaccionan con los sólidos, y similares. Otro gas que puede emplearse es un gas reductor utilizado para efectuar la reducción de los óxidos metálicos a metal, consistente esencialmente en hidrógeno y/o monóxido de carbono. Otras corrientes gaseosas que pueden entrar en contacto con los sólidos pueden ser corrientes determinadas de las cuales pueda ser deseable extraer un hidrocarburo particular por medio de los sólidos del estrato. Por otra parte, las corrientes gaseosas que se desee enfriar o calentar pueden ponerse en contacto con los lechos fluidizantes de sólidos.
- 5.
- 10.

- La invención del solicitante consiste en añadir a un lecho fluido de sólidos los contactores de movimiento libre a que esta solicitud se refiere, de una dimensión, forma y densidad seleccionadas de manera que floten libremente en el lecho fluidizado de sólidos, a fin de obtener un contacto gas-sólidos más eficaz en el lecho o estrato y reducir notablemente la fluctuación de presión a través del mismo. La velocidad del gas fluidizante se determina de forma que fluya los sólidos del lecho y, según sean los gases y sólidos que hayan de establecer contacto, esta velocidad lineal puede ser de 0,1524 a 3,048 metros por segundo o, más generalmente de 0,3048 a 1,5240 metros por segundo.
- 15.
- 20.
- 25.

- La selección de los contactores a utilizar en un sistema particular de lecho fluido es crítica. Los contactores han de poseer la densidad adecuada para que puedan moverse libremente en el sistema de
- 30.



lecho flúido particular de que se trate. Los materiales con los que pueden confeccionarse los contactores serán por lo general materiales que no tomen parte en la reacción del lecho flúido. No obstante, pueden emplearse contactores catalíticos y químicamente reactivos. La densidad de los contactores se determina de manera que los mismos floten libremente en el lecho flúido. La densidad de los contactores puede ser más o menos del 20 % en peso de la densidad fluidizada de las partículas, es decir, la densidad aparente de las partículas, y en general, más o menos el 10 % de la densidad aparente de las partículas fluidizadas. De preferencia los contactores pueden tener más o menos el 5 % en peso de la densidad aparente del lecho flúido. Los contactores pueden estar conformados de modo que sean aerodinámicamente inestables para mejorar e inducir la turbulencia en el lecho flúido al moverse libremente de un lado a otro en suspensión.

20. El tamaño de los contactores estará determinado por el de las partículas del lecho y la distribución dimensional de las partículas. Pueden ser de hasta una pequeñez de 6,35 mm. y de hasta 304,8 mm. de grande, por el contrario, lo que dependerá del grado de contacto que se desee. Por otra parte, pueden incluirse en un lecho fluidizado contactores de distintas dimensiones, formas o densidades. Por lo general, sin embargo, se empleará un contactor de una sola dimensión uniforme y de una sola forma y densidad, en cada zona de reacción de un lecho flúido. Según sean -



las partículas sometidas a fluidización, los contactores pueden presentar de 1 a 200 veces el diámetro de la partícula mayor del lecho, generalmente de 2 a 20 veces, y de preferencia, de 3 a 10 veces el diámetro de dicha partícula máxima. La dimensión de los contactores será tal que sobrepase sensiblemente el tamaño en promedio de las partículas del lecho flúido. Las partículas pueden presentar la forma de esferas, anillos "raschig", "donuts", arandelas, cuadrados, rec-
5. tángulos, eslabones de cadena, relojes de arena, etc. En ciertos sistemas se prefieren los contactores de una densidad de bajo volumen, como los anillos "ras-
10. chig" o "donuts", o los anillos similares a los eslabones de una cadena. Estos tendrán una densidad de ba-
15. jo volumen debido a los orificios existentes en los anillos. Pueden formarse contactores a partir de un cok de baja reactividad, de metales, de tipos particu-
lares de madera, refractarios espumosos tales como óxido de aluminio espumado hasta la densidad apropiada que se desee, material catalítico utilizado como
20. contactor y que tiene también función catalítica, y similares. En ciertos sistemas, pueden utilizarse con-
tactores plásticos moldeados. En otros, contactores conformados de aluminio. El escoger un tipo particu-
25. lar de material dependerá del servicio a que se desti-
ne, su densidad en volumen, densidad de masa, y resis-
tencia o contribución a la reactividad en el lecho.

La cantidad de contactores añadidos a un le-
cho particular es cosa que dependerá del sistema de
30. que se trate. Se añade un número suficiente de contac



- tores al lecho flúido para impedir la lentitud por -
aislamiento y para reducir al mínimo la fluctuación -
en la caída de presión a través del lecho e interrumpir el efecto de Gulf Stream de los sólidos del le -
cho. Los contactores pueden añadirse en una cantidad
5. de 5 a 90 % en volumen de masa del total de sólidos -
del lecho, o más generalmente de 10 a 60 % en volumen
de masa de los sólidos del lecho, y específicamente -
en una proporción de aproximadamente 15 a 40 % del vo -
lumen de sólidos del lecho. El volumen real de los -
10. contactores cuando se usan contactores de alto volu -
men de vacío, por ejemplo con 50-80 % de vacío, puede
ser de 3 a 25 % en volumen sobre el volumen total de
sólidos, generalmente del 5 al 20 % y más generalmen -
te del 5 al 15 %.

15. Cuando el objeto básico es el de reducir el
aislamiento, se añade de un 5 a un 50 % de volumen ma -
sa en contactores. Si lo fundamental es remezclar, se
prefiere añadir un 20 a un 90 % en volumen de contac -
tores.

20. La densidad masa de un contactor particular
se determina por el peso de los contactores que se -
precisan para llenar un envase cuando se vierte en -
tal recipiente de un volumen conocido, en forma irre -
gular para formar un lecho o capa sedimentado de con -
25. tactores, de consistencia floja. La densidad de masa
varía con la forma del contactor; por ejemplo, los -
anillos ovales pueden llenar un 80 % de espacio vacío,
y las esferas aproximadamente un 40 %. Un lecho flui -
30. dizado con un contenido de sólidos finos, que compren

30 7158



8 DIC. 1954

- da, por ejemplo un 100 % en volumen masa de esferas, contendrá aproximadamente un 60 % en peso de esferas y un 40 % en peso de sólidos menudos. El volumen masa de contactores añadidos a un lecho fluidizado de sólidos se calcula dividiendo el peso real de los contactores por la densidad de masa de los mismos.
5. Puede emplearse cualquier tipo de recipiente de contacto, bajo el presente invento, recipiente que podrá mantener los sólidos que se trate de fluidizar y que estará adaptado para hacer pasar el gas a través de los sólidos del recipiente en tal forma que los sólidos del recipiente sean fluidizados. Los recipientes estarán hechos en materiales adecuados que resistan a la temperatura y a la presión a las que se deba llevar a cabo la reacción deseada. Los recipientes deberán disponer de medios para la introducción de los contactores en el lecho y para la regulación de la concentración de los contactores en dicho lecho. Los contactores podrán extraerse con los sólidos en los que se hayan fluidizado o podrán separarse de los sólidos por tamizado mientras se hallen en el reactor, antes de sacar los sólidos del lecho. Si se desea, puede instalarse el aparato de tal modo que el movimiento de los contactores se restrinja a un recipiente en un proceso de recipiente múltiples, o se limite a una sección de un recipiente en un proceso de un solo recipiente, mediante el uso de rejillas y/o deflectores, para mejorar el contacto y/o el desarrollo en etapas de un recipiente particular. En ciertos sistemas, puede resultar deseable dejar los contactores de movimien
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



- to libre en los sólidos, como sucede en una operación de quemador de línea de transferencia, calentando los sólidos y los contactores en el quemador y devolviendo los sólidos y el contactor al lecho fluido. En una
5. reacción catalítica, los contactores pueden ser extraídos con los catalizadores y devueltos al reactor con el catalizador regenerado. Se pretende que la presente memoria abarque diversas alternativas que serán de toda evidencia para los expertos del ramo. El aparato y los métodos de construirlo y de relacionar las diferentes partes del mismo para llevar a efecto el propósito deseado por el solicitante son diáfanos para los expertos en este ramo y no precisan una descripción más detallada.
- 10.
15. Los siguientes ejemplos ilustrarán mejor la invención y sus ventajas.

EJEMPLO 1.

- En una estructura preferente del presente invento, se reduce el mineral de óxido de hierro a hierro metálico. Sólo se tratará en detalle la fase de reducción ferrosa, en la que se reduce el FeO a Fe , ya que ésta es la fase en la que la lentitud de reacción debida al aislamiento y la fluctuación de la caída de presión en el lecho resulta más crítica y tiene el más grave efecto en la utilización del gas reductor y en la eficacia de reducción del óxido de hierro a hierro. En este ejemplo, un gas reductor consiste esencialmente en un volumen de un 40 % de N_2 y un 60 % en volumen de hidrógeno, y de 0 a 60 % en volumen de monóxido de carbono, basado en nitrógeno e hi-
- 20.
- 25.
- 30.



drógeno, entra directamente en contacto con el mine -
 ral de hierro parcialmente reducido, consistente esen -
 cialmente en FeO y Fe. La reducción se lleva a efecto
 a una temperatura de 693,33 a 760°C. a una presión de
 5. 0,35 a 1,41 Kg/cm². Analizando la alimentación a la
 zona reductora FeO/Fe se halla una distribución dimen -
 sional de partícula según la siguiente Tabla I.

TABLA I.

DISTRIBUCION DIMENSIONAL DE PARTICULA EN LA ALIMENTACION

10.	<u>Grado tamiz</u>	<u>% sólidos en tamiz</u>
	Malla 4 (4699 micrones)	--
	" 14 (1168 ")	21
	" 28 (589 ")	16
	" 48 (295 ")	14
15.	" 100 (147 ")	14
	" 200 (74 ")	13
	" 325 (44 ")	12
	Malla superior	10

Los límites de dimensión de partícula en la
 20. alimentación son de grado 4 a grado 325 como mínimos
 con un 90 % en peso de las partículas situado entre 4
 y 325. El promedio de dimensión de partícula de la ca -
 pa o lecho es de aproximadamente 48 a 65. Estas partí -
 25. culas de mineral de hierro pasan a un lecho de un diá -
 metro de 6,096 a 7,620 m. y de una altura de 4,572 a
 7,620 m. y la altura en cuestión se mantiene alimen -
 30. tando en el lecho continuamente mineral de hierro par -
 cialmente reducido y retirando continuamente una can -
 tidad equivalente de hierro metalizado al 85 %. El le -
 cho fluído se halla a una temperatura de 693,33 -



- 760°C. Se mantiene el lecho en un estado fluidizado - mediante alimentación del gas reductor al mismo a una velocidad lineal superficial de aproximadamente de - 0,610 a 1,0665 metros/seg. Se extrae del lecho un producto metalizado aproximadamente al 85 %, al ritmo de 907 Kgr. diarios. Se ha observado que el lecho presenta una notable fluctuación de caída de presión a través del lecho, incluso cuando éste se halla fluidizado. Se produce, sin embargo, un aislamiento importante y un arrastre de finos por el gas fluidizante, debido a la presencia de grandes burbujas de gas a través del lecho. La densidad aparente del lecho fluidizado de hierro metálico parcialmente reducido es de unas 1,781 Kg/dm³. Se añade a este lecho un 33 % aproximadamente de volumen masa de partículas de carbono de configuración esférica y de baja reactividad, con una densidad de desplazamiento de unas 1,717 Kg/dm³. Se ha comprobado que añadiendo los contactores de carbono, se suaviza la fluidación del lecho, decrece la lentitud de la reacción debida al aislamiento de modo notable, y la fluctuación de la caída de presión en el lecho se hace uniforme a un valor notablemente más bajo. Se ha comprobado que la utilización del gas y la eficacia de contacto entre gas y sólidos mejoran notablemente por adición de los contactores al lecho. Los contactores de carbono de baja reactividad tienen diversas ventajas, en el sentido de que no reaccionan fácilmente con el hierro mineral o metálico y el hierro metálico no se adhiere a los contactores.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

30 7158



1964

EJEMPLO 2.

En otro proceso, se tomaron extrusichados de carbono sólido de baja reactividad a razón de 38,10 a 25,40 mm. de longitud y aproximadamente 15,88 mm de diámetro, con una densidad de desplazamiento de 1,376 Kg/dm³ y se añadieron a un lecho flúido de mineral de hierro que tenía una densidad aparente de 1,457 Kg/dm³ y una temperatura de unos 426,67°C. Se fluidizó el lecho con nitrógeno a una velocidad lineal superficial del gas de aproximadamente 0,305 m/seg. Se añadió aproximadamente un 3 % en volumen de contactores. Los contactores de carbono sólido del lecho flúido se podían distinguir a simple vista moviéndose libremente a través del lecho y aparecían periódicamente en la parte superior del mismo. La observación visual de los contactores ilustra claramente el libre movimiento de éstos por el lecho flúido.

EJEMPLO 3.

En otro experimento, se utilizó un lecho de mineral de hierro fluidizado que tenía 0,305 m. de diámetro y 1,219 metros de altura, conteniendo 158,76 Kgr. de mineral de hierro parcialmente reducido. El gas fluidizante tenía una velocidad lineal superficial de aproximadamente 0,914 m/seg. Antes de la reducción, se había molido el mineral en forma ordinaria para dar una distribución dimensional de partícula fluidizable para la fase de reducción inicial. La trituración normal del mineral, añadida a la decrepitación y desgaste en el proceso normal, dieron como resultado una distribución dimensional de partícula que resultaba difícil



de fluidizar. El problema se agravó además por la alta densidad del mineral de hierro. La distribución dimensional de partícula del mineral de hierro parcialmente reducido alimentado al lecho fluidizado es la que aparece en la Tabla II.

TAELA II.

PRODUCTO DE MINERAL DE HIERRO UTILIZADO EN ESTUDIOS - DE FLUIDIZACION.

(PRODUCTO FIOR)

10.	<u>Peso por ciento, acumulativo</u>	
	Tamiz 14	17,7
	" 28	33,9
	" 48	47,9
	" 100	62,7
15.	" 200	76,7
	" 325	84,8
	Superior	15,2
	Total Fe, Peso %	91,92
	Razón peso Fe/O	11,3/1

20. La densidad aparente del lecho fluidizado de mineral de hierro parcialmente reducido fue de aproximadamente 1,781 Kg/dm³. Antes de efectuar la adición de los contactores, se midió la fluctuación de la caída de presión en el lecho flúido y se halló que era de 0,281 a 0,316 Kgr/cm² (véase la figura del esquema). Esto dió como resultado una notable lentitud por aislamiento y el arrastre de finas partículas en el gas fluidizante y, en general, un lecho flúido relativamente pesado.

30. El lecho fluidizado tenía 304,80 mm de diáme

30 7 158



tro y unos 1,219 m. de altura. A este lecho flúido el solicitante añadió contactores anulares "raschig" de carbono. Los anillos eran de un diámetro externo de 31,71 mm por un diámetro interno de 22,23 mm y una altura de 31,71 mm. La densidad de desplazamiento en líquido de los contactores anulares era de 1,717 Kg/dm³. La densidad masa de los anillos era de aproximadamente 0,502 Kgr/dm³ (se agruparon dando aproximadamente un 70 % de volumen en vacío). Se realizaron otros cuatro procesos. En el primero, no había contactores, y en el segundo había 9 % en volumen masa; el tercero presentaba 21 % en volumen masa, y el último 39 % en volumen masa. El efecto de añadir contactores con arreglo al presente invento fué muy pronunciado. Se eliminó el aislamiento y se redujo notablemente la fluctuación de la caída de presión, a través del lecho flúido, según se refleja en la siguiente Tabla III.

TABLA III.

20.	Vol.% (Masa) (1) de lecho ocupado por anillos de carbono "raschig"	Volumen de lecho (real) ocupado - por anillos "raschig"	Fluctuaciones ΔP a través del lecho flúido Kg/cm ² .
	0	0	0,281 a 0,316
25.	9	3	0,141 - 0,211
	21	6	0,0352- 0,070
	39	12	0,007 - 0,0281

(1) Basado en densidad masa de los anillos "raschig" del 70 % de volumen en vacío.

30. Sólo añadiendo un 9 % de volumen masa de con -



1984

- tactores, estos podían verse en movimiento a través -
de las grandes burbujas de gas. Con un 39 % de volu -
men masa, las grandes burbujas desaparecieron. Podían
igualmente verse los contactores moviéndose arriba y
5. abajo a lo largo de las paredes verticales del lecho
fluido. Esto indica que habían interrumpido la circu -
lación de sólidos en "Gulf Stream" normalmente presen -
te en los lechos fluidos. El recipiente de fluidiza -
ción empleado en este caso fué un recipiente plástico
10. transparente; el gas fluidizante era aire, y el con -
tacto se realizó aproximadamente a temperatura ambien -
te, para permitir estas observaciones visuales.

- Los datos obtenidos en los experimentos se
han representado en la figura del plano. Puede verse -
15. en el dibujo que tanto la frecuencia como la amplitud
de la variación en la caída de presión a través del -
lecho fluido decreció según aumentó la cantidad de -
anillos "raschig". La adición de un 39 por 100 en vo -
lumen masa de contactores redujo la amplitud de la va -
20. riación de presión de aproximadamente 0,281 K/cm² has -
ta aproximadamente 0,0281.

EJEMPLO IV.

- En otro experimento se llenó una columna de -
vidrio de un diámetro interno de 76,20 mm. con mine -
25. ral de hierro parcialmente reducido, de una razón Fe/O
en peso de aproximadamente 11,2 a 1, hasta una altura
de 304,8 mm. Se usó aire como gas fluidizante y se in -
rodujo el mismo a una velocidad lineal superficial -
de 0,305 a 0,762 m/seg. Se midieron las fluctuaciones
30. en la caída de presión a través del lecho debidas a

30 7158



1964

las perturbaciones por aislamiento. Se añadieron contactores de carbono en anillo "raschig" de 31,75 mm. de diámetro exterior, 22,23 mm. de diámetro interno y 31,75 mm. de longitud. Se calcularon los anillos

5. "raschig" con densidad masa de 0,502 K/dm³. y una densidad de desplazamiento de unas 1,717 Kgr/dm³. La fluidización se llevó a término con velocidades de gas de 0,305 a 0,762 m/seg. y con adición de 0 a 50 % de volumen masa de contactores. Se indican los resultados en la siguiente Tabla IV.

10.

TABLA IV.

PRUEBA DE FLUIDIZACION MINERAL DE HIERRO FLUIDIZADO - CON AIRE.

15.	<u>anillos "raschig"</u>	<u>Vol. masa %</u>			
		<u>Pulg.</u>	<u>Hg.</u>	<u>Variación en Delta-P</u>	
	0	0,2	0,6	1,4	1,4
	25	0,2	0,6	0,8	0,8
	50	0,1	0,4	0,5	0,9
20.	<u>Veloc/gas fluidizante</u> <u>pies/seg.</u>	1,0	1,5	2,0	2,5

Como se ve, se obtuvo una considerable mejora en la fluidización mediante adición de los contactores. La adición de un 25 % en volumen produjo una mejora a velocidades más altas, cuando la lentitud por aislamiento era mayor. La adición de 50 % en volumen produjo una mejora de todas las condiciones, con excepción de la alta velocidad. Esto se debió probablemente al hecho de que los contactores de 31,75 mm eran relativamente grandes para la columna de vidrio de

25.

30. 7612 mm de d.i. a esta velocidad de gas.

30 7158



EJEMPLO 5.

Uno de los procesos más utilizados en los que se emplea la técnica de lecho fluidizado es el "cracking" catalítico en flúido. La aplicación del presente invento a dicho proceso aporta un aumento relativamente ligero en la eficacia del contacto flúido-sólidos, pero una mejora sustancial en la economía del procedimiento. Es bien sabido que la efectividad del contacto gas-catalizador en un proceso de "cracking" (destilación destructiva) catalítico está limitada por la velocidad y el diámetro de las burbujas de gas en el lecho catalizador de "cracking" catalítico fluidizado. Un medio conducente a reducir las burbujas o a hacerlas desaparecer y cualquier medio para interrumpir el flujo característico tipo Gulf Stream de sólidos en partículas a través del lecho, mejorarán grandemente la eficacia del proceso de "cracking" catalítico. Con arreglo a este procedimiento, se usa un "cracker" catalítico-flúido de 9,144 m. de diámetro y 7,620 m. de altura. El catalizador consiste esencialmente en sílice-alúmina y contiene alrededor de un 25 % de Al_2O_3 . Es éste un catalizador de "cracking" catalítico ordinario, de un tamaño relativamente uniforme. La distribución dimensional de partículas de este catalizador es la que figura en la siguiente Tabla V.

TABLA V.

<u>Diámetro de partícula, micrones</u>	<u>Porc %</u>
0-20	6
20-40	27
40-60	47



60-80

18

804

2

- Este catalizador tiene una densidad masa débil, de 50 lbs./pie cúbico y una densidad aparente -
5. de 0,81 Kg/dm³. a su velocidad de fluidización mínima. Se fluidiza el lecho mediante los productos destilados por "cracking" de un hidrocarbano alimentado en estado hirviente a 204,55/534,78°C. El "cracking" y la vaporización del hidrocarbano alimentado produce
 10. un gas fluidizante de una velocidad lineal superficial de aproximadamente 0,610 m/seg. Se escoge un contactor de 76,2 mm de diámetro y una densidad de desplazamiento de 0,631 Kg/dm³. El contactor está constituido de alúmina expandida de grado elevado y conformado como una sección de tubo de 76,20 mm. de diámetro, es decir de 63,50 mm. de diámetro interior y 76,20 mm. de largo. El "cracker" o destilador catalítico opera a una temperatura de 482,22 - 515,56°C. Los contactores objeto de la presente invención se van añadiendo
 20. continuamente al lecho y la fluctuación de la caída de presión a través del lecho se mide continuamente. Se ha hallado que después de añadir aproximadamente de 20 a 40 % en volumen masa de contactores al lecho catalizador fluidizado, la fluctuación de presión en el lecho
 25. mejora notablemente y la eficacia del contacto gas-sólidos mejora en aproximadamente un 20 %.

La técnica del presente invento consiste primordialmente en añadir contactores que posean densidad y conformación apropiadas respecto a un lecho de partículas sometidas a fluidización. Se añade al lecho una

- 30.



- cantidad suficiente de contactores para eliminar sensiblemente la lentitud debida a falta de contacto y para reducir a un mínimo la fluctuación de la caída de presión en el lecho. Esto da como resultado una
5. fluidización más eficaz, un contacto más eficaz entre gas y sólidos y una mejor utilización del gas y del catalizador. Esta técnica puede emplearse en todo contacto entre cualesquiera sólidos con cualesquiera gases y presenta particular aplicación en las operaciones
 10. de lecho fluidizado en las que la distribución dimensional de partículas de los sólidos fluidizados es difícil de regular. Midiendo las fluctuaciones de la caída de presión a través del lecho, puede cambiarse la cantidad de contactores necesaria, periódicamente,
 15. mediante adición de contactores o extracción de contactores, para mantener la fluctuación de la caída de presión a través del lecho en un valor mínimo. Puede utilizarse esta técnica con partículas tanto de distribución dimensional reducida como amplia.
 20. La técnica del solicitante de añadir contactores a las operaciones de lecho fluidizado puede conducir a un contacto mejorado y a una graduación o escalonamiento de los sólidos en cuanto a los procesos de adsorción y desorción. Pueden también realizarse contactores con materiales catalíticos y suspenderse en
 25. un lecho fluidizado inerte de densidad apropiada para obtenerse un contacto más eficaz en el lecho. Pueden también realizarse operaciones de proceso general, tales como tratamiento térmico o secado de material conformado excedente, incluyendo el material en un lecho
 - 30.

307158



fluido de densidad adecuada.

En la utilización de los contactores del solicitante para suavizar la operación de leche fluidizado, se ha previsto la posibilidad de fluidizar y

5. utilizar en conjunción con los contactores de movimiento libre objeto de la presente, un catalizador de "cracking" (destilación destructiva) más grueso que los que ha sido posible emplear hasta el presente. Hasta ahora era necesario usar un catalizador de "cracking" de muy reducida distribución dimensional de partículas. Se evitaban por lo general catalizadores más gruesos de un diámetro de 100 a 1000 micrones, debido a sus características de fluidización débil.

10.

En un proceso de hidrodésulfurización llevado a cabo en condiciones en que la alimentación se haga en fase vapor, existen dos alternativas a seguir. Puede usarse un catalizador fluidizado y un contactor o formar un catalizador soportado, dentro de un contactor y emplear un material fino, más denso, en un

15.

20.

leche fluidizado para soportar el contactor catalizador. Es posible, por medio de una adecuada selección de técnicas de preparación del soporte y/o por impregnación del catalizador, hacer catalíticos tanto el contactor como los finos más densos.

En una aplicación de hidro-cracking (hidrodestilación destructiva) de presente invento, el contactor catalítico puede ser predominantemente un catalizador de hidrogenación, y los materiales finos más densos pueden ser predominantemente un catalizador de "cracking". En tal sistema puede regularse el corres-

25.

30.

30 7158



1964

5. pondiente "cracking" conducente a la hidrogenación independientemente, regulando la cantidad relativa y/o los grados de circulación de cada uno de los materiales catalíticos. Ambos procedimientos requieren una buena regulación de temperatura, que puede obtenerse en una operación de lecho fluidizado.

10. Es obvio que pueden introducirse muchas variaciones y modificaciones en el invento tal como aquí queda expuesto, sin apartarse de su espíritu y de su alcance. Por consiguiente, sólo se impone como limitación el contenido de las reivindicaciones anexas.

N O T A

15. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle, en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en EE.UU. de A. con fecha 16 de diciembre de 1.963 bajo el nº 330.869 acogándose, por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor y siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años, en España "Procedimiento para mejorar el contacto gas-sólido a través de un lecho fluidizado", caracterizándose por lo siguiente:

30. 1ª.- Procedimiento para mejorar el contacto gas-sólido a través de un lecho fluidizado" caracterizado porque comprende la adición a un lecho o estrato

30 7158



fluidizado de partículas contactores de movimiento li-
bre consistentes en un material que posee aproximada-
mente la misma densidad que la densidad aparente de
los sólidos bajo condiciones normales de fluidización,
5. en el cual tales contactores se añaden en una cantidad
suficiente para reducir de manera apreciable la fluc-
tuación de la caída de presión en el lecho fluidizado.

2ª.- Procedimiento según reivindicación 1ª, ca-
racterizado porque la densidad de dichos contactores se
10. encuentra entre la densidad de sedimentación de los
sólidos y aproximadamente un 90 % en peso de la densi-
dad aparente de los sólidos fluidizados bajo las condi-
ciones de función normal del lecho flúido, preferente-
mente una densidad de, más o menos, 20 % en peso de la
15. densidad aparente del lecho fluidizado de sólidos, ba-
jo las condiciones normales de la función del lecho -
flúido.

3ª.- Procedimiento según reivindicación 1ª, -
caracterizado porque los contactores son por lo menos
20. diez veces mayores que el promedio de las partículas -
del lecho.

4ª.- Procedimiento según reivindicación 1ª, -
caracterizado porque los contactores son de un tamaño
por lo menos doble que el de la partícula mayor del
25. lecho.

5ª.- Procedimiento según reivindicación 2ª, -
caracterizado porque se añaden los indicados contacto-
res en una cantidad de 5 a 90 % en volumen masa, basa-
do en el volumen fluidizado de dichos sólidos y dichos
30. contactores.



6ª.- Procedimiento según reivindicación 1ª pa
ra reducción directa de mineral de hierro en un lecho
fluidizado de sólidos de mineral de hierro, caracteri
zado porque la mejora que comprende la adición de con
5. tactores de movimiento libre que poseen una densidad
de 20% en peso, más o menos, de la densidad aparente-
de los sólidos fluidizados, bajo las condiciones de
función del lecho flúido, siendo tales contactores -
por lo menos dos veces mayores que las partículas de
10. mineral de hierro, añadiéndose una cantidad suficien-
te de contactores para reducir notablemente la fluc-
tuación de la caída de presión a través del lecho.

7ª.- Procedimiento según reivindicación 6ª, -
caracterizado porque se añade del 5 al 90% en volumen
15. masa de contactores, basado en el volumen total del -
lecho fluidizado de sólidos y contactores.

8ª.- Procedimiento según reivindicación 6ª, -
caracterizado porque el mineral de hierro es esencial
mente una mezcla de Fe y de FeO y en el que el 80 % en
20. peso de los sólidos queda dentro de los límites de un
grado de tamiz del 4 al 325.

9ª.- Procedimiento según reivindicación 6ª ca
racterizado porque los contactores son de 2 a 20 veces
mayores que la partícula mayor de los sólidos que se
25. están fluidizando.

10ª.- Procedimiento según reivindicación 6ª -
caracterizado porque se añaden los contactores en una
cantidad de 3 a 25 % en volumen, basado en el volumen
total de los sólidos fluidizados y los contactores.

30. 11ª.- Procedimiento según reivindicación 1ª, -



- caracterizado porque en el proceso de "cracking" o des-
tilación destructiva, catalítica, de hidrocarbano, en
el que éste se vaporiza y se somete a "cracking", el
perfeccionamiento que comprende la adición al lecho ca-
talizador fluidizado de contactores de movimiento li-
bre que poseen una densidad de, más o menos, 20 % en -
peso sobre la densidad aparente del catalizador fluidi-
zado, bajo condiciones normales de la función del le -
cho de flúido, siendo por lo menos los indicados con -
tadores dos veces mayores que el promedio de las par-
tículas catalizadoras y añadiéndose en cantidad sufi-
ciente para mejorar de manera apreciable la eficacia -
del contacto catalizador-vapor y reducir la fluctua -
ción de la caída de presión a través del lecho.
5. 12ª.- Procedimiento según reivindicación 11ª,
caracterizado porque la dimensión de las partículas -
del catalizador es de 100 a 2000 micrones y en el que
la dimensión del 90 % en peso de las partículas del ca-
talizador es de 20 a 80 micrones.
10. 13ª.- Procedimiento según reivindicación 11ª,
caracterizado porque se añaden los contactores en una
cantidad de entre 5 y 90 por ciento en volumen masa, -
basado en el volumen total del lecho fluidizado de só-
lidos y contactores.
15. 14ª.- " Procedimiento para mejorar el contac-
to gas-sólido a través de un lecho fluidizado"; tal y
como queda substancialmente descrito en la presente -
Memoria e ilustrado en los adjuntos dibujos.
20. 15. 25.



Esta memoria consta de treinta y tres hojas escritas a máquina por una sola cara.

16 DIC. 1934

Madrid,

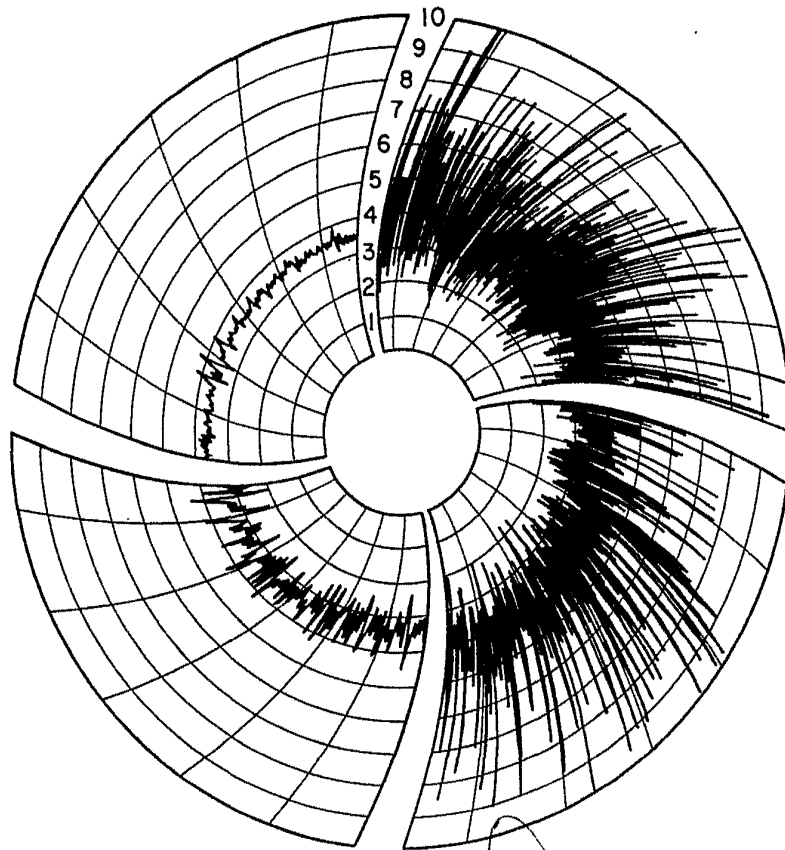
ESSO RESEARCH AND
ENGINEERING COMPANY,

J. GÓMEZ ACEBO Y C^{DA}

307158

ESCALA 307158
VARIABLE

3



A large, stylized handwritten signature or scribble, possibly reading 'K. G. 1957', located below the circular plot.

K. G. 1957