

20 SET. 1978

ES

11

NUMERO

467320

A3

21

22

FECHA DE PRESENTACION

20 SET. 1978

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.



ESPAÑA

PATENTE DE INTRODUCCION

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL E 02 D
54 TITULO DE LA INVENCIÓN "Método de consolidar suelos para cimentaciones"	
59 PATENTE EXTRANJERA U OTRA FUENTE DE INFORMACION Patente británica 1410 132, de fecha 19 Junio 1973	
71 SOLICITANTE (S) TECHNIQUES LOUIS MENARD	
DOMICILIO DEL SOLICITANTE 54, Avenue de la Motte-Picquet, 75015 Paris, Francia	
72 INVENTOR (ES) - - -	
73 TITULAR (ES)	
74 REPRESENTANTE M. Curell Suñol	

329 907

EX-FR

UNE A. 4 MOD 3108

UTILICESE COMO PRIMERA PAGINA DE LA MEMORIA

POOR
QUALITY

PATENTE DE INTRODUCCION

por DIEZ años

5. solicitada en España a favor de TECHNIQUES LOUIS MENARD,
de nacionalidad francesa, domiciliada en 54, Avenue de la
Motte-Picquet, 75015 París, Francia, por "Método de consoli-
lidar suelos para cimentaciones". - - - - -

MEMORIA DESCRIPTIVA

10. La invención se refiere a la consolidación del sue-
lo a gran profundidad de modo que puede utilizarse como te-
rreno firme o para cimentaciones. - - - - -

15. Una finalidad de la invención es proporcionar un
método para aumentar muy considerablemente la densidad y
carga admisible de un terreno firme, siendo particularmen-
te aplicable el método a la consolidación de suelos que,
se cree, son imposibles de compactar, por ejemplo, arcilla
o arcilla y arena o sedimentos, realizándose la consolida-
ción a gran profundidad, que es particularmente importante
para suelos vírgenes y terraplenos subterráneos. - - - -

Quando el suelo es blando, suelen construirse los

cimientos sobre pilares, teniendo en cuenta las cargas su-
perpuestas debidas a fricción negativa (la acción del te-
rraplén sobre el fuste del pilar). Estos métodos son rela-
tivamente costosos para estructuras relativamente ligeras
5. (edificios inferiores a una altura de cinco pisos) o estruc-
turas muy distribuidas tales como fábricas. También son di-
fíciles (por ejemplo la unión entre estructuras sobre pila-
res y cualesquier losas llevadas por el terraplén). - - -

En muchos casos, el terraplén está constituido por
10. materiales dotados de buenas propiedades intrínsecas (por
ejemplo piedra rota, arena, etc.) y su comportamiento des-
favorable (por ejemplo, elevada compresibilidad y baja car-
ga admisible) se debe principalmente a una falta de densi-
dad y a la presencia de huecos. - - - - -

15. Puede mejorarse la calidad de un terraplén existen-
te de manera conocida moviendo sobre el terraplén rodillos
de compactación estáticos o vibratorios o maquinaria de re-
noción de tierras pesada. Desgraciadamente, debido al bajo
peso del rodillo (de 10 a 30 toneladas) la compactación es
20. insignificante más allá de una profundidad de 50 a 90 cm,
y, para obtener resultados apropiados, se ha de excavar com-
pletamente el terraplén y volverse a montar en capas de 30
a 90 cm, cada una de las cuales se compacta sucesivamente,
método utilizado en la construcción de carreteras o embál-
25. ses de tierra. Este método no es apropiado para terraplén
existentes o para terraplén en proceso de construcción

por vertido en el agua (por ejemplo, el relleno de una cantera de arena después de su explotación o diques de contención para ríos y más particularmente para mares). - - - -

5. Según la presente invención, un método de consolidar los suelos para cimentaciones incluye al menos una fase de compactación en la que se aplica un impacto al suelo que ejerce una fuerza máxima de al menos 500 a 10.000 toneladas. - - - - -

10. Así en su forma más amplia la invención implica la utilización de fuerzas superiores en de uno a varios órdenes de magnitud a las fuerzas que se han utilizado corrientemente hasta ahora. Ello de por sí aumenta enormemente el volumen de suelo afectado. - - - - -

15. Per ejemplo, en una realización típica del método según la invención, se somete la superficie del suelo a compactar a presiones dinámicas o impulsos del orden de 3 a 40 bares, o sea, corrientemente de varias decenas de bares, sobre una superficie de al menos 1 a 10 m² a fin de producir esfuerzos dinámicos de varios bares, por ejemplo, 20. de al menos 2 a 5 bares, a gran profundidad (de 3 a 10 metros) sobre grandes superficies (de 10 a 40 m²) y un gran volumen (de 100 a 1.000 m³). Ello corresponde a impactos de 500 a 10.000 toneladas. - - - - -

En general en una fase de compactación se aplica

una serie de dos o más impactos al suelo en el mismo punto, ejerciendo cada uno una fuerza máxima de al menos 500 a 10.000 toneladas. - - - - -

5. Así, en una forma particularmente ventajosa de la invención, un método de consolidación de suelos húmedos para cimentaciones incluye al menos dos ciclos sucesivos que comprenden cada uno una fase de compactación en la que se aplican uno o más impactos al suelo, ejerciendo cada impacto una fuerza máxima de al menos 500 a 10.000 toneladas, seguidas de una fase de reposo durante la cual el agua intersticial se escapa y se reestructura el suelo. - - - -

15. La invención no depende de ninguna teoría determinada de operación sino que se cree que en su forma preferida funciona como sigue. Inicialmente el suelo tiene cierta estructura mecánica debida a contacto entre sus partículas sólidas, dejando huecos que están ocupados parcialmente por líquido (agua) y parcialmente por gas (principalmente aire o metano). - - - - -

20. El impacto, o serie de impactos, de apisonamiento de acuerdo con la invención consolida el suelo, comprimiendo el gas en los huecos y produciendo un asentamiento inmediato del nivel de superficie. Al mismo tiempo rompe la estructura inicial de las partículas sólidas, reduciendo su resistencia así como formando fisuras a través de las cuales pueda drenarse subsiguientemente el líquido. - - - - -

25.

Así durante la fase de reposo, a continuación de la aplicación de un impacto o series de impactos, la presión del gas comprimido en los huecos tenderá a expulsar el líquido y ello se facilita por las fisuras citadas. - -

5. Después de una fase de reposo, tal vez de una semana o dos, para esta descarga del líquido, puede aplicarse otro impacto o series de impactos, y debido a la eliminación de agua producirá otro asentamiento del suelo con una nueva compresión del gas y rotura de la estructura de partículas sólidas a un estado aún más compacto. - - - - -

15. Durante cada fase de reposo, y particularmente después de la última serie de impactos, la estructura de partículas sólidas gradualmente ganará en resistencia a medida que se expulsa el agua y posteriormente debido a la acción tixotrópica, y mientras la resistencia queda inicialmente reducida considerablemente por el efecto de los impactos, se recupera subsiguientemente y últimamente queda substancialmente aumentada. - - - - -

20. Preferiblemente el número y fuerza de los impactos en cada ciclo son tales como para hacer que el suelo sea substancialmente incapaz de comprimirse más por fuerzas impulsivas. - - - - -

Tal como se ha indicado arriba, se comprime el suelo por un impacto, pero debido a la fricción interna o hig

- térisis no se comporta como un cuerpo elástico para volver a su posición inicial después del impacto. Así se compactará progresivamente el suelo por impactos subsiguientes. De esta forma se puede obtener un nivel dado de compactación con un equipo mucho más ligero que sería necesario si se utilizara sólo un impacto único. No obstante, se alcanzará una fase en la que los huecos están substancialmente llenos de líquido y por lo tanto el suelo es substancialmente incompresible por fuerzas impulsivas. Así, impulsos posteriores, aplicados sin dejar primeramente una fase de reposo, serían a lo sumo un desperdicio de energía. - - -
- 5.
- 10.

- Se fluidiza un suelo cuando se destruye su estructura sólida de tal manera que el material se comporta como una suspensión de partículas en una fase líquida (agua). Hasta ahora, este fenómeno ha resultado de causas naturales accidentales (por ejemplo terremotos) o causas artificiales (por ejemplo operaciones de construcción de edificios) y se ha considerado completamente indeseable como resultado de que el suelo se abandonaría y se consideraría inapropiado para cualquier uso subsiguiente como terreno firme para cimentaciones. - - - - -
- 10.
- 15.

- Después de una investigación y ensayo sistemáticos, se ha descubierto ahora, por el contrario, que la fluidización, si se realiza eficazmente y de manera controlada, puede proporcionar un método muy efectivo de consolidar el suelo, más particularmente la arcilla, arcilla y
- 20.

arena, o sedimento y arena. - - - - -

El método puede producir mucho más rápidamente un asentamiento que es al menos igual al asentamiento obtenido durante un largo período bajo una carga superpuesta estática de varios bares. - - - - -

5.

En cada caso, el técnico determinará la cantidad de presión y las áreas implicadas, según las características del suelo antes y durante la elaboración y según los resultados deseados. - - - - -

A este efecto, puede utilizarse un dispositivo que se describirá a continuación y que también forma parte de la invención. - - - - -

10.

El método, o sea, básicamente la producción de presiones dinámicas de fluidización, puede realizarse por cualquier medios apropiados, por ejemplo, dejando caer pesos sobre el suelo o por medio de explosivos. - - - - -

15.

En el primer caso, los pesos pueden ser por ejemplo de 6 a 50 toneladas y pueden dejarse caer desde alturas de 6 a 20 metros. - - - - -

En estas condiciones, el espesor del material que puede compactarse en una sola capa alcanza de 10 a 20 me-

20.

tros, que es muy superior a los métodos conocidos, que están limitados a una fracción de un metro o a lo sumo a dos metros si se utilizan las máquinas estáticas o vibratorias mayores existentes. - - - - -

- 5. En algunos casos los métodos pueden hacerse más eficaces (o sea más rápidos y de mejores resultados) si el metro superior de suelo es de material de alta calidad, o sea un material de drenaje con un elevado ángulo de fricción interna, antes del primer ciclo o durante los ciclos.
- 10. Puede utilizarse el suelo original o puede añadirse material. - - - - -

Ahora se describirá una realización específica del método a título de ejemplo con referencia a los planos anexos en los que: - - - - -

- 15. Las Figuras 1 y 2 son gráficas que ilustran los cambios de material sometido a un ciclo según el método (en la Figura 1 las letras tienen la siguiente significación A = energía en toneladas/m³; ES = energía de saturación; T = tiempo en días; VV = variación en volumen (%); D = presión de licuefacción (pi)_c. En la Figura 2 las letras tienen la siguiente significación F = sección transversal o perfil; G = módulo de deformación E; H = presión limitada (pl/po); - - - - -
- 20.

La Figura 3 es una gráfica que ilustra cambios en

un suelo sometido a un número de ciclos según el método (en esta Figura las letras tienen la siguiente significación I = energía en toneladas/m²; T = tiempo; K = % grado de licuofacción; L = presión de licuofacción; M = carga admisible en bares); y - - - - -

5.

la Figura 4 es un esquema de un dispositivo que facilita el procedimiento según la invención. - - - - -

Tal como se ilustra en la Figura 1 el método comprende uno o más ciclos que, o cada uno de los cuales, incluye una fase de compactación y reposo. Durante la fase de compactación, se aplica cierto número de fuertes impactos al suelo a consolidar, bien por medio de explosivos, o dejando caer un peso de entre 6 y 50 toneladas desde una altura de 6 a 20 metros. La fuerza máxima real ejercida sobre el suelo puede determinarse naturalmente de la magnitud y deceleración del peso. La Figura 1 ilustra ocho de tales impactos, distribuidos sobre parte de un día. Esta fase tiene el efecto de cerrar los huacos hasta que el suelo está saturado de agua (después de cinco impactos en el ejemplo ilustrado) y fluidizada o licuada por ello. - - - - -

10.

15.

20.

A continuación, la fase de reposo, que puede durar varios días o semanas, (por ejemplo dos semanas), proporciona una oportunidad para que el agua escape, permitiendo la reestructuración y consolidación del suelo. - - - - -

25. Durante la fluidización, se rompe la estructura

del material; todos los esfuerzos intergranulares están asumidos por el líquido intersticial, cuya presión se hace igual al peso del suelo por encima, que suele ser más de dos veces el valor hidroestático. - - - - -

5. La fluidización tiene lugar simultáneamente con un asentamiento instantáneo, que depende de la granulometría del suelo y su relación inicial de huecos, pero que raras veces es inferior a un 3% del espesor total de la capa comprimible. El asentamiento es particularmente espectacular en las turbas y en suelos sedimentosos que contienen un porcentaje apreciable de material orgánico. La explicación es bastante sencilla: el suelo siempre contiene algún gas (aire, metano, etc.) y consiguientemente se comporta como un complejo de sólido-líquido-gas o una pila de "capacidades hidroneumáticas". El impacto reduce el volumen de la fase gaseosa, produciendo un asentamiento total instantáneo y muy apreciable. - - - - -
- 10.
- 15.

20. El agua intersticial, cuando se somete repetidamente a un gradiente considerable de presión, no tiene dificultad para abrir la estructura formada por las partículas sólidas y previamente fluidizada por las ondas de choque, dando como resultado una rotura interna y una red de drenaje de ramales múltiples. - - - - -

25. A medida que la presión intersticial se disipa, la red de esfuerzos intergranulares se forma de nuevo y se

reestructura el material; la resistencia mecánica aumenta rápidamente durante todo el período de disipación de la presión de agua y luego aumenta más lentamente bajo el efecto de los fenómenos tixotrópicos subsiguientes. - - - - -

5. La energía utilizada por m^3 y la reducción correspondiente de volumen se ilustran por las curvas 1 y 2 respectivamente; la presión intersticial, como porcentaje de la presión de fluidización, y la carga admisible (por ejemplo la presión limitadora medida por el manómetro) se ilustran en las curvas 3 y 4. Tal como se puede ver, por lo tanto, la reducción de volumen aumenta substancialmente de manera proporcional a la energía aplicada, mientras la presión intersticial permanezca por debajo de la presión de fluidización, de modo que se puede definir de esta manera la energía de saturación; subsiguientemente, la presión intersticial disminuye rápidamente con el tiempo, desde el nivel máximo alcanzado durante la aplicación de la presión dinámica. La carga admisible, que está caracterizada por un valor inicial $(P1)_0$, se hace muy baja durante la fase de fluidización y luego aumenta rápidamente durante la disipación de la presión intersticial y alcanza un valor final $(P1)_{00}$ considerablemente por encima del valor inicial.
- 10.
- 15.
- 20.

25. Puede aplicarse la energía en un solo ciclo en suelo seco o muy permeable. En otros casos es más corriente tener un número de ciclos, cuyos resultados se ilustran en la Figura 3. Un segundo ciclo no comienza hasta la disipación

de la presión intersticial producida durante el ciclo anterior; de modo que, por ejemplo, en el caso de un suelo sedimentoso saturado el procedimiento puede durar durante un total de varios meses. - - - - -

9. Evidentemente, el número requerido de ciclos aumenta a medida que el material se hace menos permeable, lo que limita la utilidad práctica del método en el caso de capas arcillosas muy impermeables. - - - - -

10. Para obtener los mejores resultados, según la invención, las dimensiones y formas del peso de apisonamiento se escogen según las características del suelo que se trata. La eficacia óptima se obtiene cuando penetra el apisonador en un 10 a un 20% de su diámetro o dimensión equivalente en cada golpe. - - - - -

15. El peso también debería ser ligeramente troncocónico a fin de reducir la fricción lateral y succión cuando se retira del suelo. - - - - -

20. Con respecto a la distribución plana de energía, puede ser ventajoso, según el resultado deseado, acabar el apisonamiento en un solo lugar antes de pasar al próximo lugar, o, por el contrario, apisonar cada punto en el cuadrado elemental de suelo (por ejemplo 4 x 4) al menos una vez antes de la segunda o tercera serie de operaciones de apisonamiento. - - - - -

El método también es muy ventajoso en el caso de rocas gruesas subterráneas o secas, diques de mar o río o presas, arena y grava, arena gruesa seca o subacuática, tierra morrénica, o arena "Fontainebleu" fina (seca). - - - -

5. Es relativamente ventajosa en el caso de sedimentos que contienen una pequeña proporción de agua, loes y arcilla arenosa relativamente seca. - - - - -

10. El método según la invención puede facilitarse utilizando un dispositivo adaptador para simular la operación de fluidización sobre una muestra de suelo y así determinar la energía de saturación (umbral de fluidización), el tiempo que tarda la presión intersticial en disiparse, y el aumento de asentamiento según la energía aplicada. Se ilustra un tal aparato en la Figura 4. - - - - -

15. I. Descripción del aparato de ensayo.

20. El aparato de ensayo comprende una cámara cerrada 1, por ejemplo un depósito cilíndrico con una capacidad de unos 30 litros, que tiene paredes laterales deformables de, por ejemplo, caucho o elastómero sintético reforzado y por una camisa exterior rígida 15 de modo que pueden medirse las presiones laterales durante las diferentes operaciones. La cámara está cerrada en su parte superior por un pistón que tiene la forma de una placa 2 para aplicar presión estática o dinámica al contenido de la cámara, y un disco 3

está dispuesto entre la placa 2 y el contenido 4 de la cámara para secar el contenido. El pistón tiene una sección transversal horizontal correspondiente a la sección transversal de la muestra de suelo contenido en la cámara. - - -

5. La cámara forma una camisa interior expansible, en la que la muestra de suelo está dispuesta en capas sucesivas consolidadas estáticamente a una presión que es función de la resistencia del suelo in situ. El contenido en agua introducido corresponde al contenido real en agua del material. - - - - -

El disco 3, que se utiliza para el drenaje, es, por ejemplo, de bronce poroso o, mejor, arena gruesa. - - -

15. Si se requiere, el disco puede formar también el pistón 2, utilizado para transmitir una presión estática o dinámica adecuada al material en la cámara. Se suministran las presiones por cualesquier medios apropiados, por ejemplo, por un gato 5 y un martillo 6 que golpea una sufridera 7 fijada a una barra 8 fijada al pistón 2. - - - - -

20. En el dibujo, el gato actúa sobre el pistón 2 a través de un yugo 9 que empuja hacia abajo mientras que la barra 8 se extiende a través del yugo 9. - - - - -

El aparato comprende dispositivos medidores, que incluyen un detector 10 (o manómetro) para medir la presión

5. ejercida por el contenido de la cámara sobre la pared lateral deformable, un detector 11 conectado al extremo inferior 12 de la cámara para medir la presión intersticial, o sea, el grado de fluidización del material en la cámara durante las diferentes etapas de la operación, y comparadores o indicadores de esfera 13 para medir el cambio de volumen de la muestra en la cámara, en función de la profundidad a que se hince la placa 2 de pistón. - - - - -

10. Ahora se describirá un ejemplo del uso del dispositivo. - - - - -

II. Parámetros de medición.

Altura inicial de la muestra: - - - - -

$h_0 \sim 20$ a 50 cm

Variación de altura de la muestra: Δh

15. Volumen inicial de la muestra:

$V_0 \sim 1000$ a 3000 cm³

Presión estática mantenida en la cabeza de la muestra: - - - - -

P_{v_0} ($\approx 0,5$ bar para prueba standard)

20. Energía transmitida a la muestra en metros/tonelada/m³

Presión lateral ejercida por la muestra sobre p_a

red del molde en la base de la muestra: P_h

Presión intersticial en la base de la muestra, u_g
nos la altura de agua mantenida en el depósito (dado que se
realiza el ensayo bajo saturación): P_i

5. III. Realización del ensayo.

A. Preparación de la muestra: - - - - -

10. Se retira la muestra de una sonda, cuidando de evi
tar cualquier cambio en el contenido en agua. Se coloca en
el depósito en capas de 10 cm, cada una de las cuales se
mantiene a una presión p igual a la presión limitadora me-
dida in situ (con el manómetro). - - - - -

15. Se coloca una capa de drenaje de arena gruesa y el
pistón en la parte superior de la muestra. Debe mantenerse
constante la siguiente carga estática recomendada durante
todo el ensayo: - - - - -

$$P_{v_0} = (\gamma - 1)(h - h_1) + h_1 \gamma$$

h = profundidad de la parte media de la capa a compactar,

h_1 = profundidad del nivel hidrostático,

γ = densidad del suelo en saturación.

Normalmente el valor medio: - - - - -

$P_{v_0} = 0,5$ bar se utiliza en el cálculo. - - - - -

Puede ser deseable realizar un primer ensayo de contensión lateral en esta etapa de preparación y medir el módulo de consolidación del suelo antes de compactación.

- 5. En todos los casos, la fase dinámica de consolidación no empieza hasta que la presión intersticial producida por la carga estática sea disipada y sea reducida a la altura de agua en el aparato, ($p_i = h_0$). - - - - -

B. Ensayo dinámico de consolidación: - - - - -

- 10. Se aplica energía a la muestra dejando caer el martillo sobre la sufridera, colocada en la parte superior del aparato. Se aplica la energía en fracciones de 3 metros/tonelada/m³ (3 metros/tonelada/m³ de energía de partida que puede modificarse de distintas maneras según los problemas que se estudien). - - - - -
- 15.

Primera fase: - - - - -

Energía total aplicada: (3) (3+3) (3+3+4)

Medición de Δh - - -

Medición de p_h - - -

20. Medición de p_i - - -

Segunda fase: - - - - -

Fase de reposo: - - - - -

Se miden Δh , ph , pi hasta que las condiciones de presión intersticial hayan vuelto substancialmente a su valor inicial o al menos hasta que: - - - - -

$$pi < 2 h_0$$

5. Fases tercera y cuarta: - - - - -

Energía aplicada durante fase: } 3+3 (3+3+4)

Energía total aplicada desde el comienzo del ensayo: 13 16 20 metros/toneladas/
m³

10. Medición de Δh , ph , pi etc., en función de la energía conocida en la fase inicial, y el tiempo durante la fase de reposo. - - - - -

Fases quinta y sexta: - - - - -

15. Idénticas a las anteriores. Al final del ensayo, se realiza un segundo ensayo de contención lateral, doblando el número de niveles y utilizando las mismas variaciones de presión. - - - - -

C. Uso de los resultados: - - - - -

Determinación de la energía de saturación: - - -

Esta es la energía correspondiente a la fluidización total del suelo. Cualquier aplicación posterior de energía produce muy poco asentamiento y el aumento de compactación es insignificante. - - - - -

5. Determinación de la curva de asentamiento en función de la energía aplicada: - - - - -

a) curva de asentamiento inicial para cada fase:-

Δh_1 = variación instantánea en altura de muestra después de aplicación de energía durante las fases 1, 3, 5.

10. Se traza la curva de $\Sigma \Delta h$ en función de la energía total aplicada a la muestra (o sea, 3, 3+3 ó 3+3+3 metros/tonelada/m³). - - - - -

b) curva de asentamiento total: - - - - -

15. Esta es la variación en la altura de la muestra, medida al final de la fase 2, 4 y 6 y calculada en función de la energía total aplicada. En el caso de un suelo de drenaje, la curva de asentamiento total es idéntica a la curva de asentamiento inicial. - - - - -

D. Aplicación a trabajos de apisonamiento. - - - - -

20. Los resultados de laboratorio pueden utilizarse para determinar las características de la consolidación di

námica que se ha de realizar in situ. Las características más importantes son: - - - - -

5. el tiempo de disipación,
la energía de saturación,
el asentamiento.

Los tiempos T que se han de permitir entre cada fase in situ deben ser proporcionales al tiempo de disipación t medido en el laboratorio, al menos si se ignora la rotura del suelo producida por la presión intersticial: - - -

10.
$$\frac{\text{tiempo entre fases (in situ)}}{\text{tiempo de disipación (en laboratorio)}} = \frac{T}{t} = \left(\frac{H_0}{h_0} \right)^2$$

H_0 = la mitad del espesor de la capa compresible que se ha de compactar. El valor dado arriba es de hecho un límite superior de T. - - - - -

15. La energía para cada fase no debe ser en caso alguno superior a la energía de saturación medida en el laboratorio. - - - - -

El asentamiento ΔH del suelo es substancialmente proporcional a la variación en el volumen de la muestra para cada etapa de compactación. - - - - -

$$\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{\Delta V}{V_0}$$

5. Cuando se proyecta una operación de consolidación, el primer valor a estimar es el asentamiento mínimo requerido. Puede estimarse en función de la resistencia medida del suelo antes de apisonamiento, y en función de la resistencia requerida. - - - - -

Como una primera aproximación, cada doblado de la resistencia inicial del suelo debe corresponder a un aumento $\frac{\Delta(ds)}{ds}$ de 4 a 5% en la densidad ds del mismo suelo. - - -

10. Así, si la carga máxima medida con el manómetro es de $p_1=3$ bares y se requiere obtener 10-12 bares al final de la operación, la densidad del material debe aumentarse al menos en 8 a 10% durante la operación de compactación: - -

Cuando el aumento de densidad - - - - -

$$\left[\frac{\Delta(ds)}{ds} \quad \frac{\Delta h}{h_0} \right]$$

15. se ha determinado, es necesario decidir sobre el procedimiento de compactación más económico para obtener el aumento deseado dentro de un tiempo aceptable. Preferiblemente la energía escogida es la energía de saturación y se anotan los asentamientos correspondientes producidos en la muestra.

$$\frac{\Delta h_1}{h_0} \quad \frac{\Delta h_2}{h_0} \quad \dots \quad \frac{\Delta h_n}{h_0}$$

El número n de fases se determina por la relación:

$$\frac{\Delta h_1}{h_0} + \frac{\Delta h_2}{h_0} + \dots + \frac{\Delta h_n}{h_0} > \frac{\Delta h}{h_0}$$

O SEA

$$\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_n > \Delta h$$

El tiempo máximo T_1 entre fases in situ se da automáticamente por el tiempo de disipación en laboratorio: - -

$$T_1 = t_1 \left(\frac{H_0}{h_0} \right)^2$$

5.

Consiguientemente la duración total de operación

es: - - - - -

$$T = t_1 + t_2 + \dots + t_n$$

$$T = \left(\frac{H_0}{h_0} \right)^2 (t_1 + t_2 + \dots + t_n)$$

10.

Ventajosamente para economizar energía, el número de fases puede hacerse mayor que el que se da en la ecuación anterior, dado que el efecto sobre la eficacia puede ser sólo favorable, si bien la duración total de la operación aumenta. Lo mismo es de aplicación si se aumentan los tiempos T_1 , T_2 entre fases. - - - - -

Si, por otra parte, el tiempo es la consideración más importante en el proyecto, puede reducirse el número de fases o el tiempo entre fases, si bien substancialmente aumenta la energía requerida para la compactación. - - - - -

5. La Figura 4 ilustra un dispositivo en el que la cámara y el gato que controla la presión estática están soportados por un soporte único 14; se comprenderá, no obstante, que ello no es esencial. - - - - -

10. A título de ejemplo, la figura 2 de los planos anexos ilustra un "perfil o sección transversal de presión" para un suelo de sedimentos arcillosos. Las curvas de la izquierda corresponden al módulo de deformación y las de la derecha corresponden a las presiones limitadoras calculadas en función de la profundidad en metros, indicadas en ordenadas. - - - - -

15. Las curvas de líneas de trazos ilustran valores medidos antes de compactación, las curvas de puntos y trazos ilustran los resultados obtenidos después de compactación después de que la presión intersticial se ha disipado y las curvas continuas ilustran los resultados medidos después de 9 meses. - - - - -

20. A los efectos consiguientes se declaran de novedad y propiedad para España, sus territorios y plazas de soberanía, las reivindicaciones que siguen. - - - - -

5.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se utilizan materiales de drenaje para formar la capa superior del suelo durante la fase de compactación. - - - - -

5.

6.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se producen los impactos dejando caer un peso de 6 a 50 toneladas desde una altura de 2 a 20 metros sobre el suelo. - - - - -

10.

7.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se aplican los impulsos por un pistón que es hincado en 10 a 20% de su diámetro equivalente en cada impacto. - - - - -

15.

8.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque se obtienen los impactos por el uso de explosivos. - - - - -

20.

9.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incluye simular la operación de fluidización sobre una muestra de suelo para determinar el valor de los impactos que se han de aplicar, la duración de la fase de reposo y el grado de asentamiento.-

10.- Método según la reivindicación 9, caracterizado porque se utiliza un dispositivo que incluye una cámara expansible que contiene una muestra del suelo bajo estu

5. dio, medios para aplicar presión estática al contenido de la cámara, medios para aplicar impactos al contenido de la cámara, medios para retirar el agua del contenido de la cámara, medios para medir el grado en que se fluidiza el contenido de la cámara, y medios para medir la variación del volumen del contenido de la cámara. - - - - -

10. 11.- Método según la reivindicación 10, caracterizado porque el dispositivo incluye medios para medir la presión ejercida sobre la pared lateral de la cámara por su contenido. - - - - -

12.- Método según la reivindicación 10 y 11, caracterizado porque la cámara tiene una pared lateral elásticamente deformable. - - - - -

15. 13.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado porque la cámara es cilíndrica y está cerrada por un extremo por un pistón que tiene una sección transversal igual a la de la muestra de suelo contenida en la cámara. - - - - -

20. 14.- Método según la reivindicación 13, caracterizado porque hay unos medios de drenaje interpuestos entre el pistón y el contenido de la cámara, para sacar el contenido. - - - - -

15.- Método según la reivindicación 13 ó 14, caract

terizado porque la cámara está cerrada por su extremo alejado del pistón. - - - - -

5. 16.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, caracterizado porque los medios para aplicar una presión estática al pistón incluyen un gato. - - - - -

17.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, caracterizado porque los medios para aplicar los impactos comprenden un martillo adaptado para golpear una sufridera fijada al pistón. - - - - -

10. 18.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 17, caracterizado porque los medios para medir el grado en que se fluidiza el contenido de la cámara comprenden un detector de presión intersticial conectado al extremo de la cámara alejado del pistón. - - - - -

15. 19.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 18, caracterizado porque los medios para medir la variación del volumen del contenido de la cámara comprenden un comparador para medir la profundidad a que se hince el pistón en la cámara. - - - - -

20. 20.- "MÉTODO DE CONSOLIDAR FUELOS PARA CIMENTACIONES". - - - - -

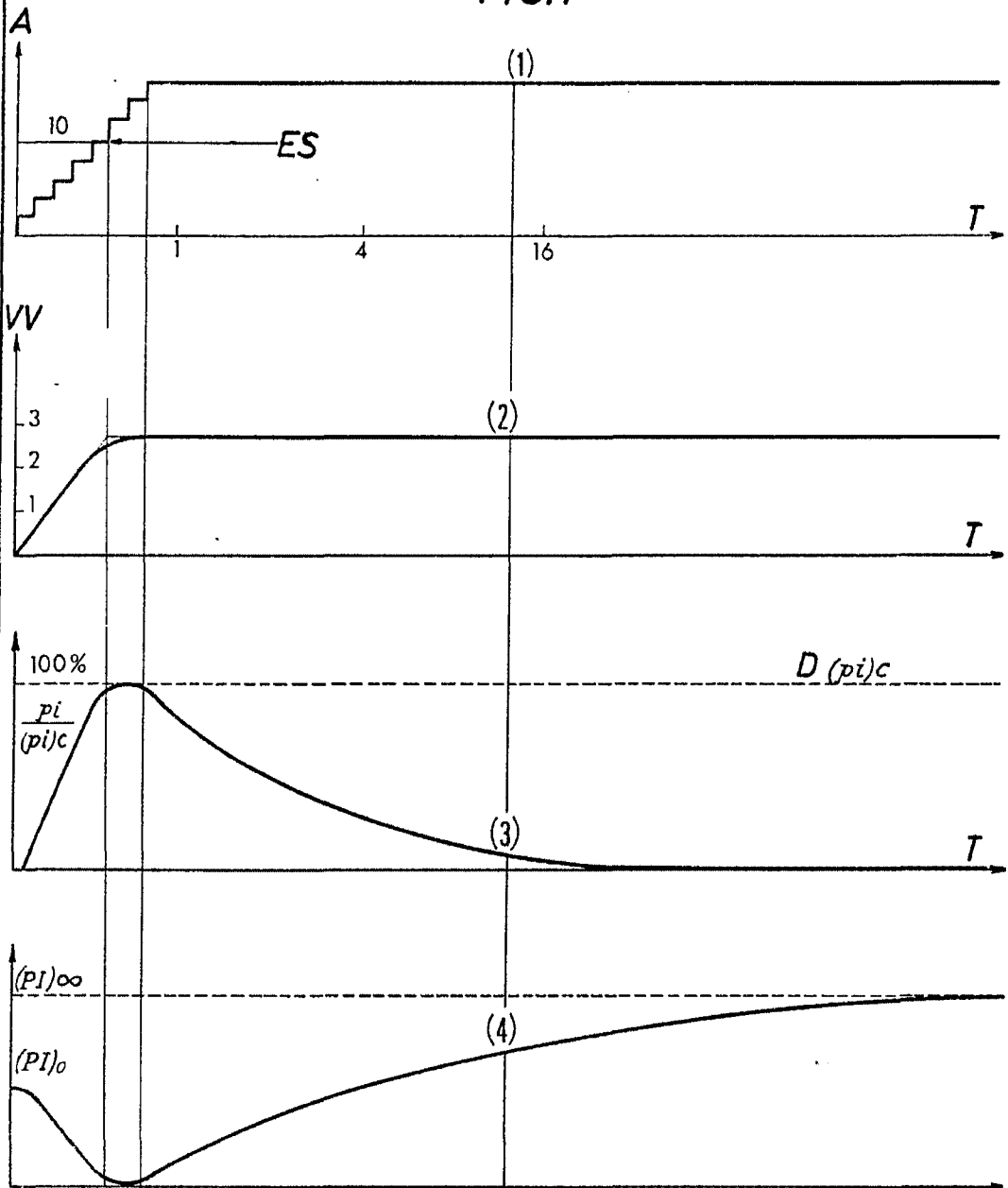
Todo ello conforme se describe y reivindica en la

presente memoria que consta de veintiocho hojas foliadas y mecanografiadas por una sola de sus caras y de cuatro láminas de dibujos que la ilustran.

MADRID 25 FEB 1978
P. A. M. CURELL SUÑOZ

Curell

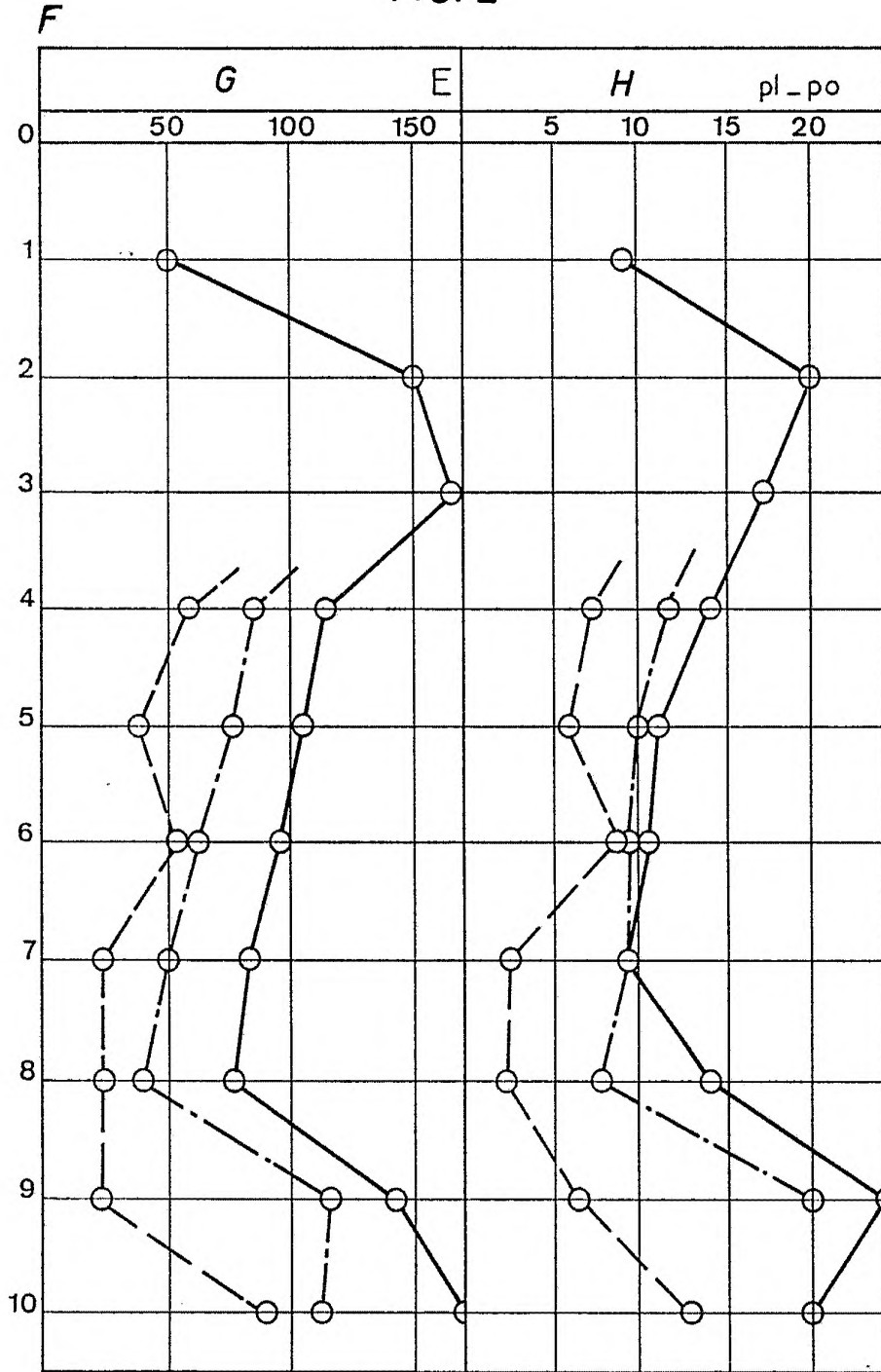
FIG.1



ENCUENTRO 2 - 13. 1973
P.A. M. CURELL SUÑOL

Durey

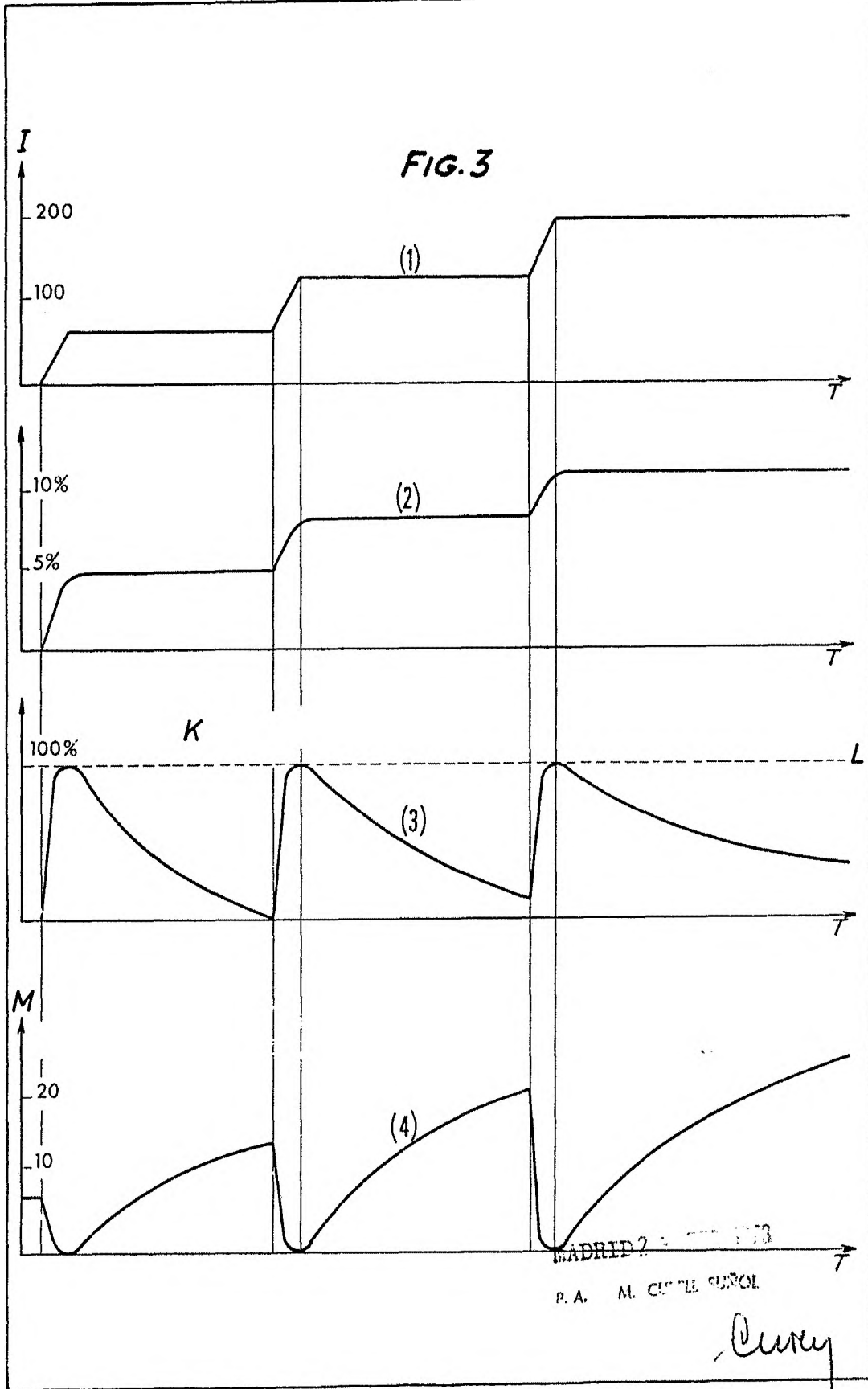
FIG. 2

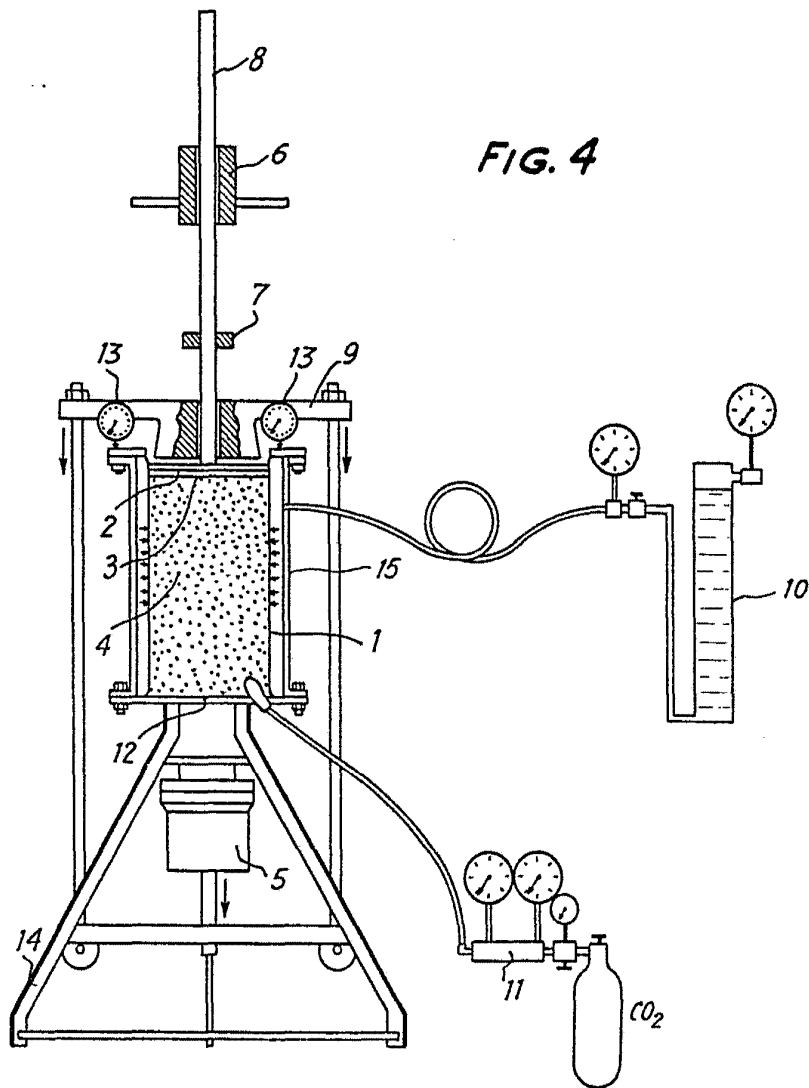


SEÑAL

P. A. M. CUELL SUÑOL

Cuey





MADRID 2

1911

Barcel