

"Escuela de Ingenieros"

"Explotacion de minas."

Proyecto de sondaje.

Carlos P. Jiménez

Nota 17 (de un pie).
a Torrea

1906

J-R-11

2 dias de atraso

H. Torre

10-5-906

"Proyecto de sondaje."

Una serie de investigaciones y estudios geológicos, dan la certidumbre de la existencia de una cuenca carbonífera que se desea reconocer en forma más completa para señalar su importancia industrial, extensión y profundidad a que se encuentran los mantos de carbón, la calidad de este y todos los otros caracteres que hay necesidad de apreciar de antemano para posteriormente hacer una o varias lumbreras o pozos para su explotación y se pide a los Srs alumnos que sirvan indicarle para satisfacer este ejercicio:

1.º - Cual sería el plan que adoptarían en sus investigaciones, para determinar la dirección, inclinación y potencia de los mantos carboníferos; como constatarían la condición física y calidad del carbón, la naturaleza y espesor de los distintos estratos del terreno superior, para poder juzgar de su impermeabilidad y resistencia y

2.º - De que aparato harían uso, como se instalarían y funcionarían, describiendo detalladamente el mecanismo de estos aparatos y las distintas fases de una operación de esta clase.

- Los Srs alumnos deben darse las condiciones generales y demás datos que intencionalmente se omiten en lo relativo a fuerza disponible, topografía del ter-

rreros, etc, etc, para mayor facilidad, y se pide
ademas que den un presupuesto aproximado de
lo que costaria la instalacion que se supone ha-
bria de hacerse en los alrededores de Lima.

La investigación de mantos de hulla se practica hoy día casi exclusivamente por sondajes, pues es el medio mas rápido y económico, sobre todo tratándose de yacimientos situados a profundidades bastante considerables.

Para efectuar los sondajes con éxito, es necesario hacer un estudio previo de las condiciones locales, sobre todo de la geología y conocer bien los terrenos en que generalmente se encuentra el carbón. - Por esto he creído conveniente comenzar por un ligero estudio sobre los yacimientos habituales de la hulla. - Desgraciadamente en el Perú no están bien determinados estos. Parece que generalmente se presentan en terrenos posteriores al carbonífero, sobre todo en el cretáceo.

Enseguida continúo pasando a ocuparme del sondaje. Para generalizar mas el punto, he revisado las dos formas principales del sondaje por percusion: con varillas rígidas y a la cuerda. - Difícil es en efecto decidir a priori cual de estas formas es mas ventajosa, pues ello requiere ponerse en condiciones especiales que no he querido concretar.

En cuanto al sondaje diamantino, por rotacion, con varillas huecas, con agua a presión etc, no he podido tratarlo pues hubiera necesitado hacer un trabajo sumamente extenso.

Carlo P. Jiménez

"Ydeas geológicas."

Terreno carbonífero. - El terreno carbonífero debe su nombre al hecho de que la hulla predomina en los sedimentos de esta edad. En esta época, los continentes (muy extendidos, rodeados de vastas lagunas, mal defendidos contra las invasiones del mar por cordones litorales y presentando ya una superficie ondulada, estaban bien preparados para recibir aguas atmosféricas destinadas a concentrarse en las partes deprimidas del suelo, estableciendo allí lagos. - A estas circunstancias físicas es preciso unir el espesor de una atmósfera cargada de vapores, la influencia de una temperatura tropical, entonces común a todo el globo y la de un clima sometido a precipitaciones acuosas de una violencia extrema, cuya naturaleza actual no podría dar idea clara. - Todas estas circunstancias reunidas, hicieron que la vegetación que apareció en el devónico, tomase bruscamente un desarrollo, una diversidad y una exuberancia de formas, que no ha sido jamás igualada.

- El terreno carbonífero comprende una poderosa serie de depósitos, alcanzando en ciertos lugares 12 a 15000 m. de espesor, donde predominan con la hulla, gres y conglomerado, acompañado de shistes arcillosos. - Puede dividirse en 3 pisos que por orden cronológico son:
1º, rocas calcáreas, calcáreo carbonífero, calcáreo metalífero.
2º, gres cuarzosos, especie de lazo de unión entre los calcáreos inferiores y los gres y shistes hulleros. - La hulla es la ro-

ca característica de esta serie; ella se dispone por lechos continuos, cuyo espesor medio es de 0^m 60. - En general los lechos son recubiertos por una venilla pequeña de carbón, que existe a corta distancia encima. Esta venilla es muy constante y anuncia las capas explotables.

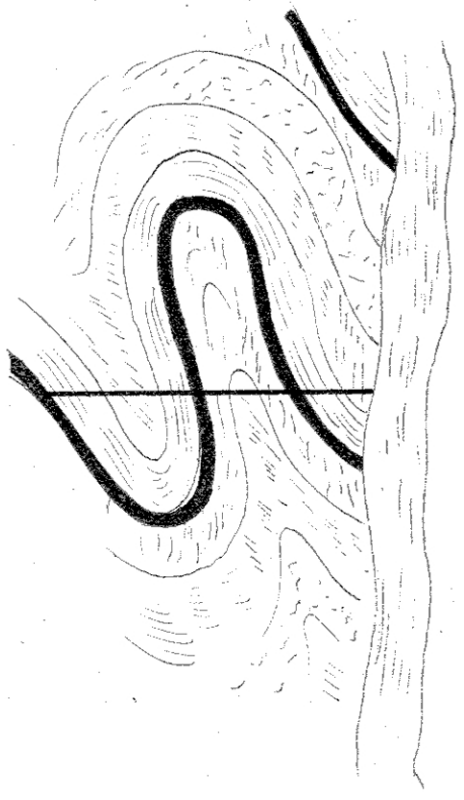
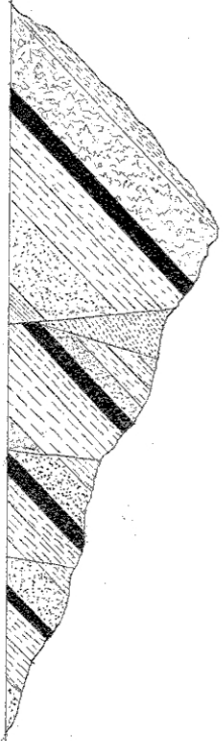
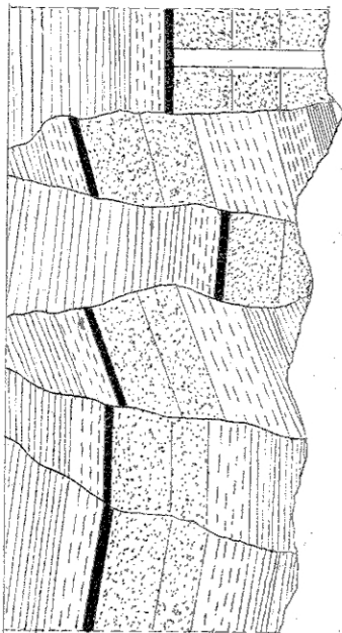
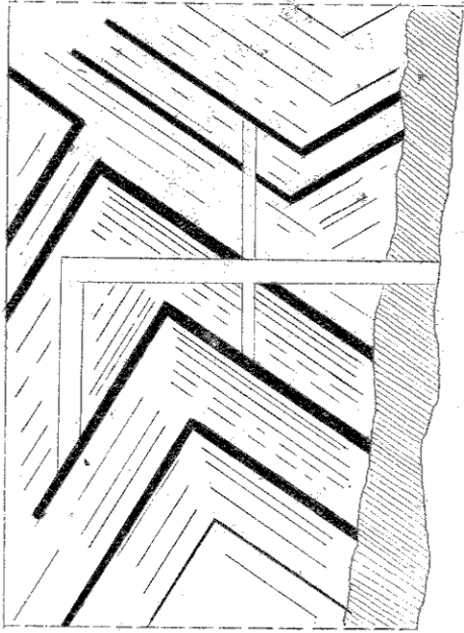
3^o Lo gris, shiestes y arcillas con capas de hulla.
- El calcareo carbonífero ocupa la base del terreno hullero; es generalmente pegajoso, muy compacto. Contiene rara vez verdaderos depósitos de combustible; está siempre impregnado de materias carbonosas y en algunos casos alterna con capas o amas de hulla. - Generalmente se abandona las investigaciones cuando se llega a esta formación, porque en el caso raro de encontrar carbón, lo beneficio de la explotación cubren difícilmente los gastos ocasionados por los trabajos de extracción.

Hecha esta ligera pintura sobre el terreno carbonífero, paso a ocuparme ahora de los yacimientos habituales de la hulla que pueden ser buscados por sondajes y que se comprende, tiene gran importancia en este proyecto.

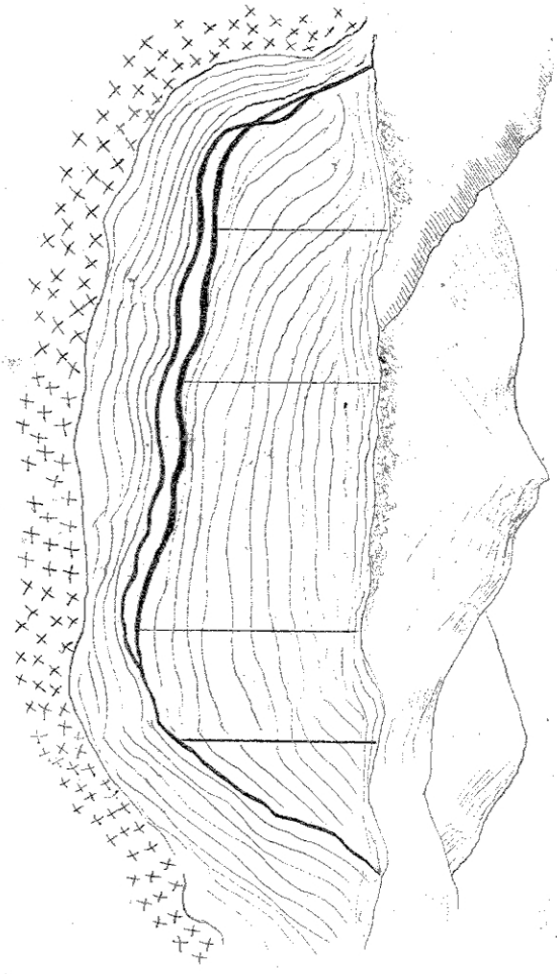
La hulla se encuentra siempre en masas, algunas veces en amas, lo mas ordinariamente en capas y rara vez en filones, en los grandes depósitos arenosos llamados gris hullero, sobre los calcareos y comienzan el período.

El gres de los depósitos hulleros está a menudo compuesto de cuarzo, feldespato y mica... los granos que lo componen son de un grueso variable... Otra cosa que acompaña a la hulla es una arcilla chistosa, poco sólida, negruzca o azulada. Esta a veces impregnada de betún y toma el nombre de chiste bituminoso. - La arcilla chistosa sirve a menudo de techo o de muro a las capas de hulla. - Estas capas son mas o menos numerosas y llegan a veces a mas de cien, de espesor variable de 5m a 1m50 llegando en algunos lugares hasta 6 y 7m.

La estratificación de los terrenos hulleros es muy pronunciada. - Presentan netamente estratificaciones periódicas, es decir que se observa siempre el mismo orden en la disposición de las capas que cubre cada vena de hulla. - Estas capas son ya casi horizontales, ya fuertemente inclinadas, pero lo mas a menudo tienen una forma que se le designa con el nombre de fondo de barco (T.A.M. I fig 13) - A menudo tambien las capas de hulla son irregulares en su sistema. Asi en algunas localidades se presentan bajo forma de pliegues en zig-zag; estos pliegues son a veces tan numerosos que un mismo sondaje puede encontrar hasta 4 veces la misma capa de hulla. - Otras veces la extensión de una capa será interrumpida por fallas o quebraduras mas o menos profundas. - Otras



5



E. Jimenez

en fin, el combustible está mezclado con materia petrosa que le sirve de techo o de muro, a tal punto que la explotación se hace imposible.

- Las capas de carbón se encuentran ordinariamente al pie de las cadenas de montañas primitivas, en las localidades que anuncian por su disposición que ellas fueron valles submarinos, golfos, etc. en la época en que la comarca estaba todavía en parte cubierta por el océano. - Se ve que estas capas siguen todas las sinuosidades de los terrenos que le sirven de base, pero jamás se les ha encontrado en el interior de las montañas. - La hulla parece estar dispuesta en toda la longitud de los valles y ramificados, aun en los valles adyacentes, de suerte que conocida la dirección de esos valles, se deduce la disposición de las capas de hulla, que forman casi siempre gran cantidad de fuentes dispuestas en la dirección del valle principal.

Investigación de yacimientos por medio de sondajes

- Una de las aplicaciones más importantes del sádel, es el reconocimiento de capas minerales que yacen a profundidades más o menos grandes. - Este reconocimiento puede hacerse en efecto por sondajes, siempre que estos se repitan en número suficiente, para que el defecto de la pequeña sección del pozo, quede compensado por la multiplicidad de su existencia.

en diversos puntos, tanto de su dirección como de su inclinación. - Es así como hoy se hacen la mayor parte de las exploraciones, y los progresos que se han alcanzado en este orden de ideas, permiten en la actualidad hacer un estudio completo de un criadero, determinando la extensión, profundidad, naturaleza, etc. de las capas, con el empleo exclusivo de la sonda y con gran economía relativamente.

Pero hay que estar prevenidos para no caer en los errores a que fatalmente nos conduciría una mala interpretación de los resultados que la sonda nos manifieste aparentemente. - Ya hemos visto en la revista geológica que precede a este capítulo, que los mantos de hulla, aunque teóricamente debían ser horizontales y continuos, no son así en realidad, pues ellos han tenido que sufrir todos los accidentes geológicos posteriores a su formación, que los han plegado y dislocado de diversos modos. Así por ej. supongamos que hiciéramos un sondaje en C (I. I. fig. 5.), el no indicaría la existencia de dos capas de carbón, que en realidad no son sino una, plegada como se ve en la figura. - Hay multitud de accidentes análogos, ocasionados por fenómenos igneos, fallas, etc. que se debe procurar constatar, en cuanto sea posible, haciendo un estudio de la región, examinando detenidamente su configuración, para prever por lo menos la exis-

tercera de ellos.

- Por último, debemos advertir que la investigación de la hulla por medio de la sonda, no debe hacerse sino cuando los mantos no tiendan a la vertical, como sucede alguna, raras veces, en cuyo caso la sonda podría descender indefinidamente entre dos capas sin encontrar alguna.

Como todas las proposiciones del proyecto, vamos a abordarlas recurriendo al sondage aplicado de diversos modos, comenzaremos por el estudio de esta operación.

"Sondage"

El sondage no es sino la operación mecánica por medio de la cual se hace un agujero cilíndrico en un terreno. No hace sino ejecutar en mayor escala, el mismo trabajo que el minero que practica un taladro, ya sea a golpes, sirviéndose de sus barrenos o por rotación empleando las barras. Lo mismo que este, el sondage puede trabajarse también por golpes o sea por percusión o por rotación. De aquí nacen dos procedimientos distintos y como consecuencia, series de aparato también distintos.

- El procedimiento por rotación alcanza cada día mayores progresos, con tendencia a predominar sobre los otros métodos, pero para las labores de reconocimiento que debemos hacer, solo emplearemos el de percusión que es mas económico.

nómico y es también el más generalizado por hoy entre nosotros.

Sondaje por percusión.

Ya hemos dicho que en este método el trabajo es análogo al del minero que emplea el barreno, esto es, que el taladro se ejecuta por la acción del peso de la herramienta, que al caer, rompe la roca y la tritura. Pero se comprende que tratándose de grandes profundidades, no se podría emplear una herramienta de una sola pieza, por lo cual esta se fracciona en varias que se van uniendo unas a las otras hasta terminar en la parte inferior en una distinta, que es la que ataca el terreno y por la parte superior en otra especial que es de donde se suspende el conjunto. A esta última se le da el nombre de cabeza de sonde, a las piezas intermedias varillas y a la terminal trépano. - Describamos detalladamente estas diversas partes.

Trépanos. - Son las herramientas que atacan directamente el terreno. - Como la naturaleza de este es muy variable, es variable también la forma y calidad de los trépanos. - En el caso más simple, son una pieza de acero que termina en su parte superior en una rosca para unirlo a las varillas y en su parte inferior en forma de cincel con un ángulo de lo plano del bisel, tanto más agudo, cuanto más blando sea el terreno que se deba atravesar. - Si este es

muy duro, conviene emplear el trépano de aleta, que tiene un cincel central mas avanzado que el otro y que puede ser de una sola pieza o en caso de que el diámetro del pozo sea mayor, constar de varios cincelillos que se ajustan por tornillo y que se pueden reemplazar a voluntad. — Si se va a atravesar terrenos plásticos como arcilla o creta o arenosos, se empleará la cuchara o la arista que actúan por rotación. — Si se encuentran fragmentos de cuarzo u otras piedrecitas duras, se usa el quebrantador que es un prisma que termina inferiormente en una pirámide invertida y que tritura a golpe los fragmentos. — Hay otro trépano, llamado "de orejas" que permite al mismo tiempo que hacer el ataque, alisar las paredes del taladro.

El trépano que se ve en la fig. 2 (TAM II) sirve para mantener el agujero recto cuando se está taladrando en tierra que tiene raíces o vetas inclinadas. Las brocas siendo largas y el cuerpo casi del tamaño entero del agujero, mantienen a las herramientas en una posición recta.

El que se ve en la fig. 1 es un taladro cortante para agujeros pequeños.

Hay muchos otros trépanos que se emplean según las circunstancias y cuya descripción sería largo hacer.

92

Varillas. - Son las piezas intermediarias que forman lo que se llama el "cuerpo de sonda" - Estas pueden ser de fierro o de madera y en algunos casos se han empleado tambien ambos materiales combinados, haciendo varillas de madera con alina de fierro.

- Las varillas de fierro tienen la desventaja de su mucho peso, de modo que cuando se llega a profundidades considerables, la mas ligera flexión que se produzca a consecuencia de las vibraciones, que no es posible evitar, producirá la rotura del sistema por el gran peso que gravita en el punto flexionado.

- Este inconveniente se ha evitado en gran parte con el empleo de varillas huecas; pero estas mas bien están reservadas al sondaje diamantino o con agua a presión, o el de las "covederas" que veremos despues.

- La longitud de las barras es generalmente de 5 a 10 m. para las de fierro y de 10 a 12 m. para las de madera. Ademas hay otras pequeñas que facilitan el trabajo, pues se van añadiendo a medida que el taladro avanza, hasta que son substituidas por una de las grandes. - El espesor es de 2 1/2 a 5 cms para las 1^{as} y de 6 a 10 cms para las 2^{as}. - Como se ve, este espesor no guarda relación con la resistencia de ambos materiales, que es 1/6 mas o menos y esto se debe a que al hacer la perforación, sea naturalmente por las filtraciones laterales o intencionalmente

por un medio cualquiera, el taladro se llena con agua que disminuye el peso de las varillas en una cantidad igual al peso del agua que desalojan, lo que compensa con larguera la aparente debilidad de la madera dando mayor solidez al conjunto. Hoy día el empleo de las varillas de madera ha decaído mucho merced a las "uniones de caída libre" que pronto describiremos.

Las varillas se unen unas con otras por empalmes asegurado con pasadores o pernos o por tornillos. En este caso cada pieza termina en una de sus extremidades en un tornillo de forma ligeramente cónica y en la otra en un ensanchamiento (enmangadura o manguilla) provisto interiormente de una rosca que sirve de tuerca. Este ensanchamiento sirve también para poder sostener el conjunto o hacerlo girar con el auxilio de las "llaves" de que nos ocuparemos en continuación.

Llaves. - Estas son las principales: "de retención", "de maniobra" y "de suspensión". La 1ª se emplea cada vez que se va a agregar una varilla para retener el conjunto, apoyado en el rebalte de la barra superior. La 2ª para hacerlo girar en cada golpe un cierto ángulo y la 3ª sirve para unir la 1ª varilla a la cadena o cable con que se saca toda la sonda. La manera de usar estas llaves la veremos con más detalle al ocuparnos de la "ejecución del sondaje".

Cabeza de sonda. - Constituye la parte superior de la sonda y sirve para sujetar la cuerda o cadena que la une al balancin que mueve el sistema. - En su forma mas simple es una pieza en forma de estribo que termina en su parte superior en una argolla y en la inferior tiene un agujero por donde pasa el tornillo de la varilla que se sujeta encima por una tuerca. - Otras veces termina en una especie de capucha con rosca interior, en donde se atornilla la varilla.

- Hay otra disposición llamada "de tornillo" que permite aumentar en cierta proporción la longitud de la sonda de modo que en el movimiento el estribo descrito anteriormente, no baje de cierto nivel, aun que vaya aumentando la profundidad del taladro.

Cuando se emplea el sondaje a la cuerda (otro método de sondaje por permeación que después veremos), la cabeza de sonda tiene una disposición especial que se conoce con el nombre de "cabeza alimentadora de cable".

- En ella el cable está sujeto entre dos piezas de forma semicilíndrica que se ajustan contra el por intermedio de otra pieza acodada provista de un tornillo de presión.

II Aparatos de caída libre. - Hemos dicho que al termi-
 nar el conjunto de varillas, se adapta el trépano. Pe-
 ro esta unión no se hace directamente sino en sonda-
 ges de muy pequeña importancia, pues en lo de al-
 guna consideración, esto daría lugar a frecuentes rotu-
 ras y desperfectos. En efecto: al caer la sonda para
 golpear el fondo del taladro, viene animada de una
 cierta fuerza viva. Esta como sabemos, es proporcional
 al peso, de modo que será enorme una vez que el
 taladro tenga gran profundidad. Ahora bien, esta
 fuerza viva, al destruirse bruscamente la velocidad, se
 transforma en trabajo, una parte del cual se apro-
 vecha en el ataque del terreno pero otra parte se diri-
 ge a hacer vibrar las varillas produciendo los acci-
 dentes de flexión y rotura, de que hemos hablado.

Este peligro, como se comprende, crece con el núme-
 ro de varillas y hace imposible la operación pasado
 cierto límites. Para remediarlo, es que se emplean
 los aparatos de caída libre o corredoras, que se inter-
 calan entre la última varilla y el trépano y que
 pasamos a describir.

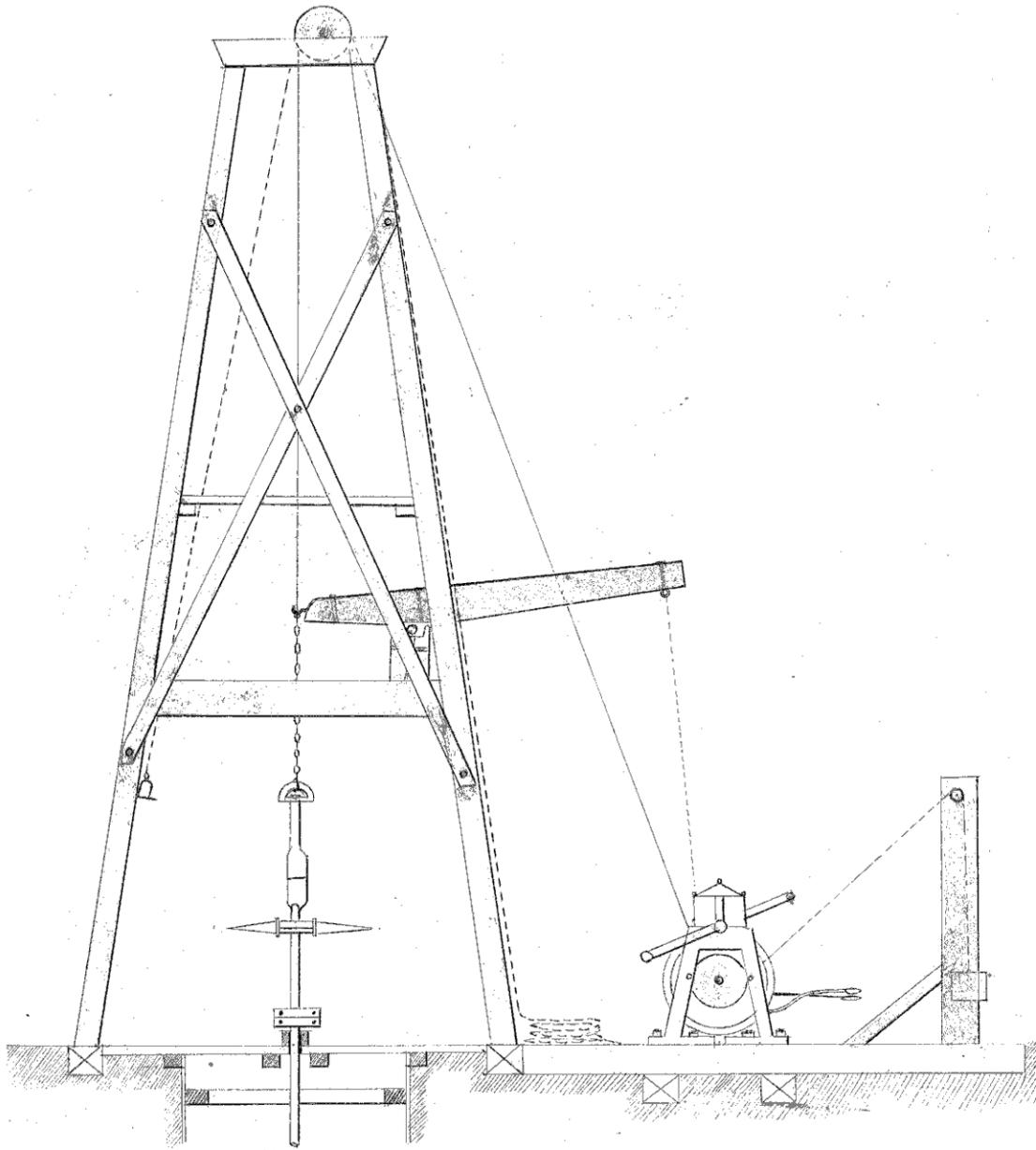
- La más antigua es la de Reymhansen que cons-
 ta de 2 piezas: una que se une a las varillas y la
 otra al trépano. Esta última penetra en la 1ª y
 puede desplazarse dentro de ella cierta longitud, ter-
 minando en un tope que le impide salir. De
 este modo, al caer la sonda, se independizan ambas

piernas, accionando el trepans solo por su peso - Las varillas pueden descender aun un poco, pero sin que vuelvan a accionar sobre el trepans, lo cual se consigue por diversos medios, uno de los cuales es el que se ve en la *Fig. III* que consiste en un contrapeso que acciona sobre el balancin en un momento dado.

Otra corredera es la llamada "de reaccion" o de elui, que como la anterior consta de 2 partes, que se unen por una pieza de forma especial denominada disparador o gatillo. Esta pieza gira alrededor de un eje, pero el agujero en que este descansa es algo elíptico, de modo que el gatillo tiene cierto desplazamiento. Por un movimiento especial que se le comunica de la superficie, el gatillo suelta a la parte que lleva el trepans, cayendo este independientemente.

Tambien se usan las correderas Kind, Hippmanns y muchas otras. En la 1ª la caída del trepans se debe al agua que presionando la parte inferior de un disco, hace que se abran 2 varas, que sostienen la pieza que lleva el trepans, por una cabeza dispuesta en la parte superior. Al subir la sonda, las varas vuelven a caer, cogen inmediatamente al trepans y lo arrastran en su movimiento ascendente.

En los sondajes la cuerda se emplea generalmente la corredera Straube, que merced a dispositivos especiales, hace caer el trepans en distintas posiciones.

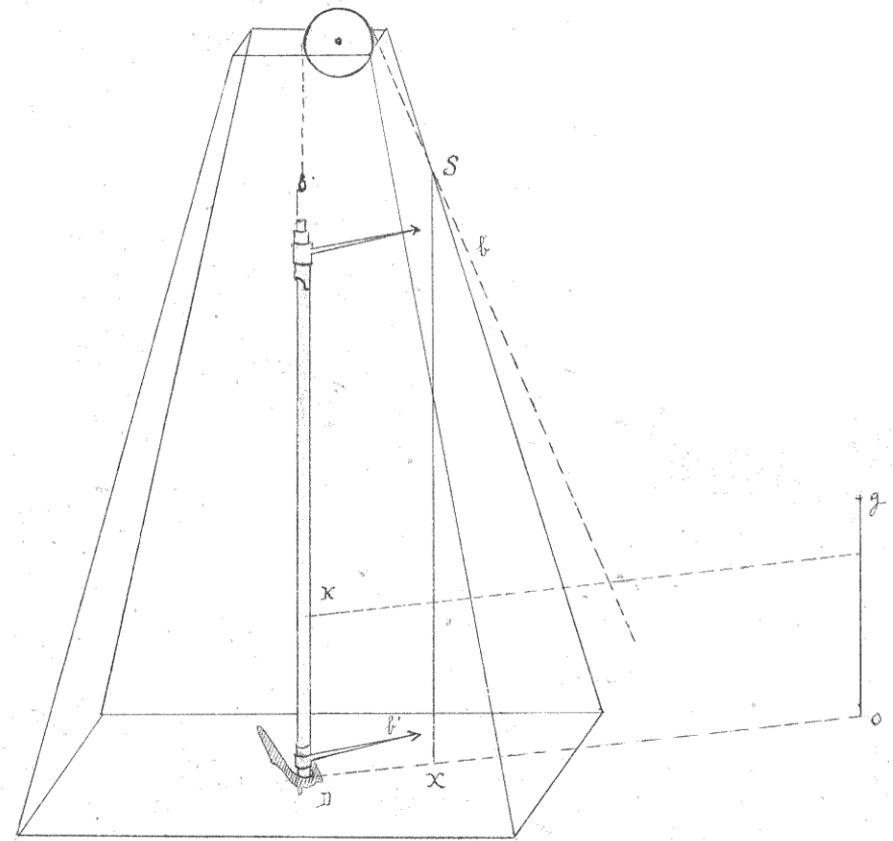
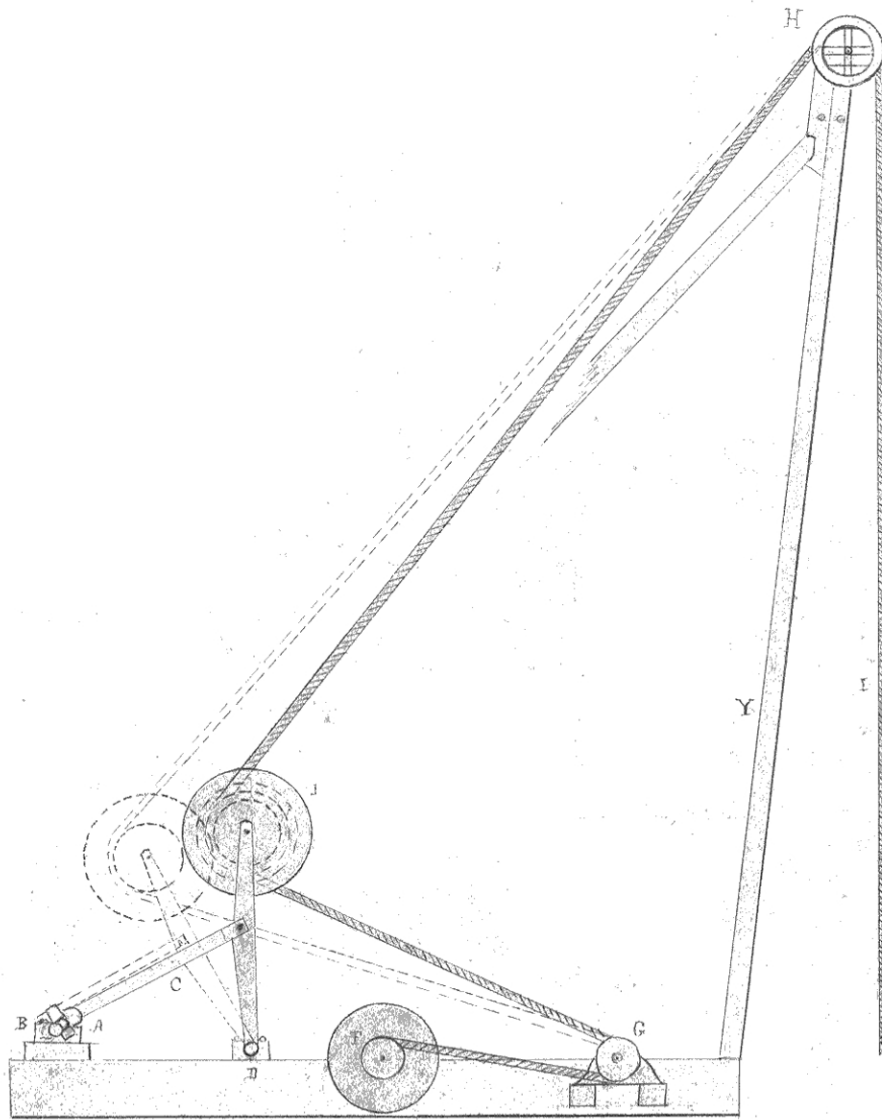


C. Jiménez

Balancin. - Es una palanca por intermedio de la cual se comunica a la sonda el movimiento de percusión. Ella recibe a su vez el movimiento de una máquina de vapor o en los casos muy simples, de fuerza animal. - Su carrera está limitada por dispositivos especiales. -

El montaje del balancin es muy variable con la importancia del sondaje y además con la diversidad de casos constructivos. Así, se le instala en castilletes mas o menos complicados, en armazones portátiles sobre ruedas, etc. - Muchas veces se combina el sondaje por varillas con el sondaje a la cunda, empleando primero este último hasta que el taladro alcance cierta profundidad. - Entonces se necesita también disposición particular. - Además estas construcciones deben permitir hacer los servicios accesorios, como sacar toda la sonda, cambiar las varillas, etc con la mayor comodidad.

La fig 1 representa una cabria del tipo hippmann, que se ha usado mucho y que puede servir para perforaciones de mas de 200 m. - En ella se ve una cadena que sirve para comenzar el sondeo. - Cuando este ha alcanzado cierta profundidad, se emplea el balancin que está en relación con un torno, movido a mano o por medio de un motor cualquiera. - Si se desea extraer la sonda, entonces se desconecta el balancin y se une aquella directamente con el cable de



C. Jiménez

extracción movido también por el motor - Este cable sirve además para bajar lo aparato de limpieza. - Cada el sondaje es de importancia, conviene tener dos motores con el fin de independizar estos servicios. Las cabrias deben tener la mayor altura posible, para que se pueda levantar la sonda en una gran longitud, disminuyendo las operaciones de armar y desarmar.

L. J. M. II

La fig. 1 representa la disposición empleada para los sondajes a la cuerda. - En B se ve el eje motor, empalmado en A con una barra C articulada que coge por su otro extremo a la varilla H. - Esta última gira alrededor del eje situado en la parte inferior y termina en una polea E de garganta profunda. El cable pasa por la rueda H situada en la parte superior de la cabria; de allí sigue hasta la polea E; pasa por la rueda G y va a enrollarse en F. Merced al mecanismo A la polea E tira y suelta el cable produciendo el movimiento de percusión.

Esta armazón descansa sobre una plataforma con ruedas, donde van instalado además el motor con su caldera depósito, servicios accesorios etc. y en ciertas máquinas como las patentadas por la casa "Star", de Estado Unidos, va también un balancín, que como hemos dicho se emplea para proseguir la operación después de cierto límites.

LAM II
fig.

Aparatos de limpieza. - A medida que avanza la perforación, se van acumulando en el fondo del taladro los detritus provenientes del ataque de las rocas por el trépano, lo que amortigua cada vez mas la acción de este último y acaba por anularla por completo. Por esto es necesario que cada cierto tiempo se haga la limpieza del taladro extrayendo todo el material desagregado, hasta dejar otra vez la roca desnuda. Esta limpieza se hace mediante la acción del agua y con el auxilio de uno aparato especiales que pueden reducirse a 3 tipos: los que actúan por estacion, los de percusión y los de succión. Entre los 1^{os} está la cuchara de que ya hemos hablado y que saca el material plástico, arcilla, lodo, etc. - Entre los 2^{os} tenemos los llamados "bombas de arena" o "sand-pumps" y que en su forma mas simple son unos cilindros que en su parte inferior llevan una válvula esférica o cónica. Estos cilindros se bajan al agujero llenos de agua y allí se dejan caer varias veces agitándolos. De este modo se remueven los detritus que presionando la válvula penetran al cilindro y al extraer este presionan la válvula en sentido inverso quedando por tanto encerrados. - En los sondajes de importancia se modifican estos aparatos dotándolos de varios compartimientos con dos o mas válvulas. - A veces tambien se los asocia con una cinta para que a la vez ataquen el terreno o

como se ve en la figura, con un dardo o aleta que ayuda a remover los detritus

Los que trabajan por succión o "vacuum-pumps" están provistos de un cilindro y de una válvula plana en su parte inferior. Accionan como una bomba aspirante.

Aparatos accesorios. - Las máquinas de sondaje vienen siempre acompañadas de gran número de aparatos auxiliares para usos diversos.

Hay unos que sirven para reparar accidentes, como rotura de varillas, caída de sujeto extraño al taladro, rotura del cable, etc. - Entre ellos tenemos los siguientes: el caracol que sirve para sacar varillas rotas y que es una pieza encorvada, con dientes en la parte interior; Esta se baja horizontalmente, se pasa por debajo de la manquilla de la barra y se le hace girar hasta que esta última queda apretada; entonces se le puede sacar con facilidad. - Como se comprende, el caracol solo se usa cuando la varilla se rompe cerca, al empuje pues de allí es de donde se le coge y si quedara algo lejos, el trozo de varilla anterior a él, podría maltratar las paredes del taladro.

La campana de tuerca es una campana que tiene interiormente una rosca de acero cortante. - Por medio de un movimiento de rotación se hace que esta rosca se atornille en el extremo de la varilla y cuando ha mordido fuertemente, se le extrae.

Para sacar pequeños objetos se puede echar arena plástica hasta que estos pueden adheridos y puedan ser sacados con la cuchara o bien emplear las pinzas que se ajustan por medio de un anillo o un resorte.

En los sondajes a la cuerda sucede que el cable se rompe y hay que extraer la parte rota o por el contrario que haya que cortarlo por haberse enredado, etc. En tales casos se usan los siguientes aparatos:

el aspón para coger el extremo del cable roto, la cuchilla de valona para cortarlo y la cuchilla de herradura para cortarlo en el extremo del porta cable o de la bomba de arena, etc. La golpeadora sirve para golpear el tubo portacable cuando las herramientas se aprietan en el pozo.

El calibrador es un aparato formado por láminas corrientes, que obra longitudinalmente y por rotación, cuando el taladro está defectuoso por un giro imperfecto del tripano, hinchamiento de algún estrato, etc.

El ensanchador sirve para aumentar el diámetro sirve para aumentar el diámetro en un punto determinado. - Consiste de dos cuiceles que merced a un mecanismo especial están plegados pudiendo abrirse en el sitio deseado.

El paracaídas y los guías son aparatos que se usan. el 1º para amortiguar la caída de la cuerda en caso de alguna rotura y el 2º para mantener las varillas en el centro del agujero.

Además de los aparatos descritos, que venden las mismas casas constructoras de máquinas de sondaje, estas traen gran número de útiles como empalmes, acileras, limas, cincelos, llaves, tenazas, etc. que pueden necesitarse en el curso de la operación.

LAM. I

figs. 3 y 4.

Aparatos tomadores de muestras. - No indispensable para la buena marcha de un sondaje, es ir constatación con frecuencia, la naturaleza, dirección e inclinación de las capas. - Mediante este conocimiento, podremos determinar de antemano las herramientas que se emplearían con mejor éxito. - Las primeras indicaciones nos las dan desde luego los detritus que se extraen con las bombas de limpieza, pero ellas son muy incompletas, pues sabiendo el material pulverizado, no nos hace conocer con exactitud la condición física en que se encuentra. - Esta verificación solo puede hacerse ve tajosamente, sacando un fragmento del terruño lo mas grande posible, para lo cual es necesario el empleo de unos aparatos especiales conocidos con el nombre de "tomadores de muestras" o "tomadores de testigo". - Hay gran diversidad de estos aparatos fundados en principios mas o menos semejantes, pero nosotros nos limitaremos a describir dos, que funcionan conjuntamente y que permitirán extraer testigo de 1 m. de largo. - Uno de ellos, el cortador (fig 3) se compone de una cabeza A terminada por 4 ramas verticales BBBB, cuyas 4 extre-

mitades perforadas por un agujero, reciben las espigas II. de 4 uncles CC. - Las 4 ramas reunidas a sus cincales por las espigas, son solidamente sujetas entre dos tubos concéntricos de palastro - Este aparato se maneja por percusión, como lo trépanos y como hemos dicho, permite extraer columnas de terrenos de casi 1 m.

Fig (4)

Formado el testigo se baja el otro útil para desprenderlo del fondo y subirlo a la superficie. - Se compone de un tubo Et, reunido en toda su altura a una horquilla ABB, una de cuyas ramas recibe por medio de ferno e.e. una banda plana CC de fierro, de la misma longitud que ella - Esta banda hace recorte. - Una cuna II en su parte superior adelgazada, lleva una cámara o cámara K, está destinada a moverse entre la banda de fierro y la rama de horquilla - Esta última está provista de 3 clavijas h. - La banda de fierro está perforada por 3 agujeros destinados a recibir, sin que ellas sean fijas, las extremidades de esas clavijas, que atraviesan así la cámara K de la cuna II a la que impiden caer. - Los o' mas recortes SR colocados sobre las paredes laterales del tubo, tienen su soporte R saliente al interior, de modo que estén en contacto con el testigo, que deben retener prisionero en el aparato. - Este útil o "lleva pieza" es bajado en el sondaje como lo indica la figura, es decir con la cuna colocada tan baja como lo permite su cámara - En el momento en que el instrumento

Llega a 10 o 15 cms del fondo del espacio anular cortado por el "cortador", se deja caer toda la onda - El cho que hace entonces entrar la cuna entre las 2 ramas, que se abren y presentan a espesor mas fuerte que el del espacio anular producido por el cortador - Se produce entonces un empuje horizontal que rechaza de lado el tubo de palastro y por consiguiente el cilindro de tierra que envuelve y que se desprende asi del fondo del taladro, quedando prisionero en el instrumento por medio de los resortes y aun del barro que lo rodea generalmente.

Pronto veremos, al ocuparnos de la direccion e inclinacion, la manera como estas se pueden determinar por el aparato descrito.

En el caso de que no se desee necesariamente un testigo del fondo del taladro, sino simplemente detritus de cualquier punto de su extension, se puede emplear un utensilio que por medio de dos cintas en forma de uñas rasca y desagrega el terreno en el punto deseado. - Esta accion se produce haciendo girar el aparato en un sentido; en sentido contrario las uñas se esconden dentro del armazon - los detritus caen en el fondo de un recipiente, que vuelva inferiormente, donde son llevado a la superficie.

Por ultimo diremos tambien que con el auxilio del trepano de ouchara se pueden obtener buenas muestras cuando el terreno es de condicion aparente, lo mismo que con la cinta.

- Ejecucion del sondaje -

Determinado el diametro que se ha de dar al pozo, se elige el sitio mas conveniente para la instalacion de los aparatos, procurando que el terreno sea lo mas consistente posible - En caso necesario se abriera un pozo ordinario hasta encontrar piso duro, revestido de madera o de mamposteria, que sirva de cimiento al castillete exterior y al tablado (que se construye en su boca) - En seguida se comienza la perforacion a mano durante unos cuantos metros con barrenos y barrajas - Hecho esto y con el objeto de guiar a la sonda en los primeros golpes, se taladra una viga de madera con un agujero algo mayor que la parte mas ancha de las barras y se la fija sobre la boca del taladro a la mayor altura posible, cuidando de mantenerla siempre rigurosamente vertical. - En el caso de que se haya abierto pozo, entonces el taladro se prolonga hasta la superficie con un tubo y se tapa su boca con una puerta que solo tenga una abertura para dejar pasar las varillas, evitándose asi la caida de objetos al taladro. - Hay que cuidar tambien de que el tubo no tenga ninguna relacion con el tablado, para que las vibraciones de este no hagan perder su verticalidad a aquel. - Abierto lo primero metros como se ha indicado, se continua la perforacion mecanicamente del siguiente modo. - Se vierte agua al taladro. En seguida se introduce la sonda, para lo cual primero se coloca

el trepans sujeto por la llave de retención que se atraviesa en la boca del agujero. - Se toma una varilla y comprobado que este bien derecha, se suspen- de por medio del cable o cadena que lleva la llave de suspensión; se atornilla al trepans, em- pleando la llave de maniobra; se quita la llave de retención de modo que todo penda del cable y se baja el conjunto hasta que el empuñe de la 2ª varilla llegue a la boca del pozo. Entonces se vuelve a atravesar la llave de retención y se atornilla una 2ª barra (del mismo modo que la 1ª, continuando así hasta que el trepans llegue al fondo del taladro. - He cuando en cuando se pueden intercalar si es necesario, las varillas que llevan los guías, paracaídas, etc. - Se adapta a la última barra la cabeza de sonda que se une a la cade- na del balancin de percusión, colocando la llave de maniobra debajo de aquella y comienza el trepans a golpear, teniendo cuidado de hacer girar a cada golpe, toda la sonda un cierto ángulo con el auxilio de la llave de maniobra colocada como hemos visto. - Esta operación del giro es muy delicada y debe hacerla un capataz experto, pues un olvido de ella en uno de los golpes o un defecto en su ejecución, hacen que el agujero se deforme quedando acunado el tre- pans, siendo muy difícil extraerlo.

Cada cierto tiempo que depende de la naturaleza del te- rreno, se limpia el taladro, para lo cual se procede del

modo siguiente: se desconecta la sonda del balancin y se coge con la llave de suspension que va unida al cable, levantandola enseguida por medio del torno, todo lo que lo permita la altura de la cabria. se asegura entonces la varilla inferior por medio de la llave de retencion, como ya hemos indicado, y se desarmar las superiores; se vuelve a levantar la sonda, continuando la operacion del mismo modo hasta sacar el trepans. - Hecho esto se procede a bajar el aparato de limpieza que se ha de emplear.

Supongamos que este sea la bomba de arenas - Se suspende entonces esta del cable especial para el objeto y se hace descender al taladro, limpiandolo como ya se ha descrito.

- Una vez limpio el pozo, se vuelve a armar la sonda, con el mismo trepans o con otro que mejor convenga, segun las indicaciones que nos den los detritus extraidos, y se continua la marcha normal indicada.

Ya hemos dicho que cuando el taladro alcanza cierta profundidad, el peso de las varillas unido a las vibraciones que se producen, puede ocasionar rotura de la sonda, por lo cual al llegar a cierto limite, hay necesidad de intercalar un aparato de caída libre.

- El giro que en cada golpe hay que hacer dar a la sonda por medio de la llave de manobra, requiere un esfuerzo cada vez mas considerable que puede provocar la rotura de las barras en sus enlaces, sino se aplica esa fuerza en el limite que lo permitira la resistencia de los enlaces.

Combes dice que el momento del esfuerzo aplicado o sea el producto de la fuerza indicada por la longitud del

brazo de palanca de la llave de maniobra, no debe exceder del doble del cubo del diámetro del tornillo de empalme, expresado en centímetros", que viene a ser como si hacer suprir a la barra un esfuerzo de torsión, cuarta parte del de rotura

Accidentes. - Por la descripción que llevamos hecha del sondaje, parece una operación sencilla capaz de ser ejecutada por cualesquier operarios. Desgraciadamente no es así, pues siempre ocurren accidentes mas o menos considerables, que quitan en simplicidad al método, haciéndolo por el contrario una operación delicada que necesita gran práctica y tino para su ejecución

Los accidentes mas comunes son: que el trípiano se ajuste, derrumbes en el taladro, pérdida de la verticalidad de este último, etc. El trípiano se ajusta ya sea por golpes muy fuertes o por mal giro de la sonda. Entonces no hay mas remedio, que tirarlo con fuerza, exponiéndose a que se quiebren las varillas y haya que emplear para sacar estas últimas, la carucola, la campana de tuerca etc. no siempre con éxito

También se puede recurrir a hacer girar bruscamente las barras o a dar fuertes golpes.

- Los derrumbes también aprisionan parte de la sonda y hay que remediarlos pacientemente sacando varilla por varilla con el auxilio de las pinzas, a la vez que se va limpiando el taladro con la campana o la anchura. - Hay que procurar prevenirse de estos accidentes, anotando cuando se llegue a un

terreno inconcistente. Entonces se debe fortificar esa parte arrojando al taladro masas de arcilla que se apisonan fuertemente, perforando después con el trípode de cuchara. Naturalmente que este medio se empleen nuestro caso de sondajes de exploración, que para pozos de importancia habrá que revestirlos con tubo de fierro.

Un taladro pierde su verticalidad por diversas causas siendo las principales: un mal manejo de la sonda, excesiva inclinación de los estratos, hinchamiento de alguno de estos, diferente resistencia que a la perforación presentan las rocas que se atraviesan, encuentro de canto suelto o de objeto caído de la superficie, etc. - Todo esto accidentes se pueden evitar en gran parte empleando gran prudencia y prolijidad en la operación. Constatar constantemente y sobre todo cada vez que se saque la sonda, la verticalidad del tubo guía; constatar de cuando en cuando el calibre del taladro con el alisador, sobre todo cuando se pasen terrenos que se hinchan como los arcillosos, triturar los cantos sueltos con el quebrantador y tener siempre cerrada la boca del pozo para que no caigan objetos extraños; son precauciones que tienden a ese fin. - Además si se notara con tiempo el defecto de verticalidad, se procurará corregirlo, rellenando la parte mala con un cemento y una vez resquebrajado se recomienza la operación.

Sondaje a la cuerda.

Este método de sondaje, llamado "método chino" por su procedencia, se aplica a perforaciones de poco diámetro. Hoy día está muy difundido y hay multitud de fábricas que construyen máquinas de diversos sistemas para el objeto. - No describiremos en detalle estas últimas pues hemos indicado los principales aparatos que se emplean. Solo vamos a ver la manera de empezar a operar con una máquina de estas, de las más completas.

Si al colocar la máquina en el lugar donde se calcula poner el pozo, se encuentra que el terreno es blando, póngase un tablón debajo de cada rueda para nivelarla. Póngase las 2 piezas de madera sobre las ruedas delanteras y debajo del marco. Se encontrarán 2 pernos largos para atraer estas piezas de madera juntamente. Esto quita el peso de sobre el eje y lo pone en las ruedas. Métese la caldera con agua, prende el fuego, hágase vapor y empiece a andar la máquina. - Métese el palo de la cabria y póngase directamente en frente de la máquina y empálmese juntamente. - Métese dos cables de alambre abrazaderos, métese uno a la derecha y el otro a la izquierda de la máquina, amárrase una punta en la cima de la cabria y la otra punta en una de las estacas de hierro, una a cada lado de la máquina a una distancia de 40 a 50 pies, cosa de que cuando se levau

te la cabria, esto evita que se caiga a un lado u
otro. - Tómese un pedazo del cable del taladro
de como 75 pies de largo, arrárrase una punta
en la cima del palo de la cabria y llévase la otra
punta sobre la barra travesaera de hierro que corre
sobre la máquina al sosten del balancin. - Llé-
vese el cable hacia atrás hasta el eje de la rueda de
la correa y afírmese en el eje con una cuerda o sogu-
ta. - Colóquese un pedazo de madera de 6 x 6"
mas o menos, en frente de las ruedas delanteras
y colóquese el extremo bajo del palo de la cabria con-
tra este pedazo de madera para evitar a que se
ceste debajo de la máquina. - Hágase andar
la máquina y vuélvase 40 o 5 vueltas de cable
en el eje, cosa que cuando se tese el cable, no
se ceeste. - Ahora hágase andar la máquina
despacio y se levantará la cabria sin dificultad
alguna. - Con el fin de levantarla, pongase
los otros cables de alambre abrazaderos en la ca-
bria, uno adelante y el otro atrás. - Antes de izar
se la cabria enajense los hierros que forman la
peldano en la cabria, pero sino están colocado ya.
Ahora colóquese el balancin y afírmese del ex-
tremo delantero de este, lo que hará el punto don-
de se debe empezar el pozo. - También afírmese
para el cable en la cabria desde el mismo pun-
to. - Asegúrese bien todos los cables abrazaderos.

poniendo todas las abrazaderas largas y - se puede tirar lo extremo de las abrazaderas hacia arriba, con el cable de la bomba de arena. - Fijese el extremo bajo, en la ladera del marco, contra la caja de la rueda cigüeña y los hierros cortos abrazan a la cabria, poniéndose el fierro adelante y esto abrazará a la cabria en cualquier lugar. En la dresa un agujero en el marco de la máquina donde llega el hierro en el extremo bajo de la abrazadera. - Estas abrazaderas evitan que se mueva la cabria al taladrar o encajar tubos.

Enseguida colóquese el cable; fómese siempre la punta de este del centro del rollo y volbáse el rollo al revez. De esta manera se evita que se tierra al colocarlo. - Fómese este extremo sobre la cabria y fijese en el eje del tambor o carretel. Ahora enróllese el cable en el tambor. - Es siempre mejor tomar una o 2 vueltas alrededor de la barra de conda, cosa que se enrolla bien el cable en el eje. - Siempre hágase andar la máquina hacia adelante, cosa de que no se enrolla el cable al revez y la máquina siempre se debe operar hacia adelante, cuando se taladra, bombea arena o al sacar las herramientas.

Enseguida colóquese el tubo portacable, por ejemplo el de Ala, que es el de los mejores y calza cualquier tamaño de cable. - Siempre caléntese este tubo

porque las alas son demasiado rígidas para ajustarse al frío - Calientése pues en el crochete donde entra el cable al rojo vivo. - Póngase en agua, hasta donde llega el cable, dejando la parte baja caliente - Córtese luego la punta del cable, colóquese entre las alas y el extremo de estas en el yunque y con la mano encájese las alas apretadas juntamente - Emprése el cubo portacable para que no queme el cable y ya está listo para poner los remaches quedando así fijo.

En seguida se atornillan juntamente las herramientas, es decir, cubo portacable, barra de sonda y broca, que estas son las que se necesitan para empezar a cortar o taladrar y para empezar a encajar los tubos.

Esta es la descripción para comenzar a maniobrar, tal como la hacen los fabricantes de las máquinas "Star", de Estados Unidos - Estas máquinas tienen una cabria (presentando la disposición indicada al tratar de los balancines) para comenzar el sondaje con cable y llevan además un balancín que se usa cuando se ha llegado a cierta profundidad - El conjunto está instalado en sólidas plataformas, con ruedas, donde están los toros, motores, etc. - La cabria es plegadiza y está armada como escalera; su altura es variable - Para levantarla hay un mecanismo especial de modo que solo 2 hombres pueden levantar cualquiera en poco tiempo.

Otros detalles de ejecución de sondajes. - Ante todo, vemos que para manejar la sonda se debe reunir las siguientes condiciones: adquirir nociones geológicas suficientes para conocer la potencia probable, el orden de superposición de las capas, así como el orden, naturaleza y disposición de los elementos que entran en su composición; saber dibujar lo suficiente para hacer un corte del sondaje ejecutado o en trabajo, hacer un croquis de una máquina o de otro útil cualquiera; saber nivelar y levantar planos para darse cuenta del punto donde debe operar en una frente hidrográfica o mineralógica; tener nociones de mecánica para establecer en equipo de sonda de un modo racional, saber aplicar como fuerza motriz una máquina a vapor o cualquier otro motor, etc.

Un buen director de sondaje debe desde la institución de los trabajos, llevar todo sus cuidados a prevenir las circunstancias favorables o desgraciadas de que podrá aprovechar o precaverse - Esta precaución ejerce un gran influjo en la marcha de los trabajos. - Un trabajo mal comenzado es muy difícil restablecerlo y conserva casi siempre esta falta original - El caballete mal colocado, perdiendo su aplomo, arrastra consigo una desviación que se comunica a todas las piezas y el mal se hace todavía más grande si el movimiento lo comunicado por una máquina a vapor, que en los

trabajo de poca importancia - ~~A~~

Para combatar en cualquier momento la verticalidad del taladro, se han ideado diversos medios; entre ellos hacer descender un vaso de diámetro algo menor que el fijo, con un poco de ácido fluorhídrico. - Este por su acción corrosiva sobre el vidrio, señala al cabo de algún tiempo una línea que da a conocer la desviación. - Otro medio es empujando puntanatas (capaces de endurecerse al cabo de algún tiempo, como la gelatina o aparatos de relojería que aprisionan a un pedicúlo en un momento dado etc.

Se debe además tener mucho tino en el personal que se emplea, escogiendo y distribuyendo bien; por ejemplo encargando a lo más inteligente del manejo de los motores, a lo más fuertes de la manivela de la sonda etc etc.

- Antes de comenzar un sondaje, el conductor se proveerá de un cuadro o cabillo, poniendo a cada casilla un número de orden - Cada vez que la sonda suba examina en la base de la herramienta el terreno removido y a cada variación coloca una o dos muestras en una de las casillas y requiriendo el orden de los números, de modo de presentar en seguida y sin examen difícil, la sucesión de terrenos atravesados. - Será bueno también marcar en cada uno de ellos la profundidad y con muestras en columna, poner la mar

ca de modo que indique al mismo tiempo cual es la parte superior. — La caja de muestras formada a medida que avanza el trabajo, servirá al fin del sondaje para establecer un corte geológico exacto y para controlar el registro diario.

— Es necesario llevar un diario minucioso y exacto, tarde y mañana, para darse cuenta de lo que se ha hecho. Allí se anotará: la hora en que se comienza la entrada de la sonda, la hora en que se empieza la perforación, la hora en que empieza la extracción de la sonda, duración de la limpieza con cuchara o bomba, avance obtenido, terrenos atravesados según muestras numeradas por orden de obtención, accidentes ocurridos con su designación y medio empleado para remediarlos, duración de esta interrupción, observaciones especiales, etc.

Con esto damos por terminado el ligero estudio sobre el sondaje y pasamos a resolver las proposiciones del proyecto en el orden siguiente:

dirección e inclinación de los mantos carboníferos, potencia, condición física y calidad del carbón, naturaleza y espesor de los estratos superiores considerando su resistencia e impermeabilidad, presupuestos de instalaciones.

1^o/₁₁ " Dirección e inclinación de los mantos " - En muchas localidades, las capas del terreno hullero son conocidas por sus afloramientos - En este caso, fácil es determinar en dirección e inclinación del siguiente modo: se dispone horizontalmente una regla sobre la pendiente del afloramiento; se coloca después la brújula en la línea N. S. de la esfera paralela a la regla, y se ve el valor del ángulo que hace la aguja con la línea N. S., lo que nos dará la dirección - Para la inclinación, que como sabemos está dada por el ángulo formado por el plano del manto con el plano horizontal, se puede emplear un clinómetro cualquiera.

Pero este método, como el comprende, no son aparentes para nuestro caso, siendo mas bien aplicables a los filones, que presentan sus elementos mejor definidos. - En efecto, a menudo el terreno hullero está cubierto, sea por aluviones, sea por formaciones regulares mas recientes y su existencia no está indicada sino por afloramiento de mediana extensión y muy alejados. - Entonces se debe procurar buscar un sitio en que un corte geológico natural o una disposición particular del terreno, puedan suministrar mejores datos o proceder directamente al empleo de la sonda como sigue:

Un medio geométrico se presenta desde luego; consiste en alcanzar por 3 sondajes no situados en línea recta, una misma roca del terreno hullero y deducir del plano que pasa por esos 3 puntos, la dirección y la

tencillo sobre la aguja de la brújula. - Sobre esta línea, en un punto cualquiera x , se levanta una vertical xS por medio de una plomada terminada por una punta que caiga justamente en x ; la otra extremidad S de la vertical, estando marcada sobre el montante de la cabria o sobre una travesa que la enplaze, se une el punto S al punto x , por un hilo de hierro fuertemente tenso.

Supongamos que en el momento en que se dejó caer la sonda para desprender el testigo, la primera manquilla de esta esté en a . Sin voltear la sonda, se fija sobre esta enmangadura una alidada de manera que la punta de su flecha toque el hilo de hierro; después se sube la sonda como de ordinario, es decir, volteándola (a derecha o a izquierda si es necesario). - Cuando la enmangadura de la varilla siguiente llega al alcance de la garrera, se vuelve a llevar la alidada ab sobre el hilo vertical y se fija una 2^a $a'b'$, en el mismo plano, sobre esta 2^a enmangadura. - Hecho esto se desentornilla la varilla subida, se desahue la alidada para adaptarla a la 3^a varilla y así sucesivamente. - La enmangadura del "lleva pieza" subirá sobre el suelo provista

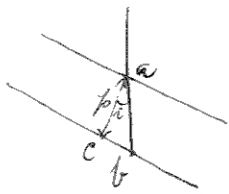
también de enalidada, cuya dirección se comparará con la de las hojas que componen el testigo. — En cuanto a la inclinación de ellas, se le encontrará exactamente en el ángulo que su línea de mayor pendiente, hace con las aristas del testigo cilíndrico.

Bien se comprende que como el manto en realidad no es uniforme, ni un plano perfecto, sino que por el contrario tiene irregularidades, repliegues y otros accidentes que ya hemos visto, no bastará una sola experiencia, sino que habrá que hacer varias en distintos puntos y tomar como resultado general el promedio de las diversas investigaciones.

Potencia. — Para determinar la potencia de los mantos es indispensable conocer ya la inclinación. Entonces la medida vertical que se haga con la sonda, será la hipotenusa de un triángulo rectángulo uno de cuyos ángulos agudos será la inclinación y el cateto adyacente la potencia

$$p = ab \cos i$$

Ahora la medida vertical se hará simplemente teniendo la precaución de observar con cuidado los detritus y muestras que se extraigan, para conocer por ellas la proximidad del ya



ciamiento. Cuando este esté próximo se disminuirá la amplitud de los golpes para determinar el momento en que se llegue al carbon. Entonces marcando la longitud de la sonda que penetra al taladro se podrá por diferencia con la que tenga cuando haya pasado el carbon, obtener la medida deseada.

- La potencia de un manto tampoco es uniforme, de modo que habrá que tomar el promedio de las determinaciones que se hagan.

3. Condicion física y calidad del carbon.

Para apreciarlas habrá que recurrir al examen de las muestras que se tomen y a su análisis. Se observará el color, brillo, fractura y demás cualidades que caracterizan los carbonos. Muchas veces por ejemplo se encuentran mezclados con sustancia pétreas que los hace inutilizables o por lo menos de tal naturaleza que no darían negocio.

El análisis se puede hacer, ya sea de un modo completo por los procedimientos que enseña la Química Analítica o simplemente de un modo rápido determinando la proporción de cenizas, dato muy útil para el empleo industrial del combustible y la proporción de materia volátiles.

4. Naturaleza y espesor de los distintos estratos del terreno superior - los taladros están expuestos a derrumbes que aprietan la sonda, aparición brusca de agua en ciertas capas, hinchamiento de algunos estratos, que puede hacer perder la verticalidad del pozo, etc. - Todo esto debe prevenirse examinando bien los terrenos que se atraviezan. - Así por ejemplo, en un terreno arcilloso no habría temor de filtraciones pues él es impermeable, pero en cambio se hincha por el agua. - En un terreno arenoso sucederá lo contrario; además es poco consistente por lo general y si fuera muy delgado, se sería prudente evitarlo por uno de los métodos ya indicados, etc.

En cuanto al espesor de los estratos se conocerá del mismo modo indicado para la potencia de los mantos de Carbon.

Por otra parte, la práctica hace conocer con bastante aproximación a los sondeadores, el momento en que cambia la naturaleza del terreno.

5. Presupuesto. - Como ejemplo de presupuesto, incluyo uno que pedí a la casa "Keystone", de Estados Unidos, cuyas máquinas, a juzgar por las referencias, son buenas y sólidas. Él se refiere a una máquina portátil, con motor de vapor y útiles accesorios, muy aparente para pozos de exploración.

Carlos P. Jiménez