



tro del enfoque Físico-Químico, solo de este modo se tendrá una visión clara y un criterio juicioso sobre las propiedades como Cohesión, Límites Atterberg. Permeabilidad, Consolidación, Expansión, Sensibilidad, Tixotropía, etc. Las cuales pueden ser analizadas bajo este nuevo enfoque.

### 3.—INTERES DENTRO DE LA ESPECIALIDAD

Es obvio el interés que representa en la Mecánica de Suelos, disponer de un mejor conocimiento, que se acerque a la realidad sobre el esfuerzo cortante de los suelos, si se recuerda que:

3.1 Uno de los más serios problemas que hay que resolver, es la Estabilidad de las diferentes obras que se apoyan en el suelo y ello significa que toda resistencia adoptada conduce a una forma de usar el esfuerzo cortante.

3.2 La gran importancia práctica que implica determinar cuál es el esfuerzo cortante en los diseños adoptados en vías de comunicación (carreteras, canales, aeropuertos, etc.). En túneles, presas y cimentaciones.

3.3 Las inmensas posibilidades que se pueden disponer para el control, tratamiento y modificaciones que pueden hacerse en las propiedades de los suelos.

3.4 Porque muchos de los problemas en ingeniería práctica son en suelos arcillosos, y para la descripción de su comportamiento los métodos mecánicos son menos exitosos.

3.5 Las economías que significan en la investigación aplicada al resolver del modo más integral los diferentes trabajos, que se resisten aceptar los nuevos enfoques de modificar y controlar el esfuerzo cortante por la Ingeniería de Suelos.

3.6 Las posibilidades de iniciar programa de investigación, dentro de este campo tan amplio y subyugante para los estudiosos.

Todas estas razones están ampliamente justificadas, si se aprecian los esfuerzos e interés que en otras ciencias se están desarrollando, proporcionándonos un mejor criterio sobre lo que puede ser el verdadero esfuerzo cortante, más aún cuando especialistas en Mecánica de Suelos han incursionado en estos campos, cuyos trabajos, como los de SEED-MITCHELLCHAN—1960, HVORSLEV—1960, LAMBE—1960, MOUN-ROSENQVIST—1961, RESENDIZ—1965, SHERPTON—1964, INGLES—1968, MORGENSTERN—1969 y SCOTT-KO, 1969, alientan a seguir con estas investigaciones.

### 4.—ANÁLISIS DE LOS ENFOQUES Y TEORIAS DE RESISTENCIA EN LOS SUELOS.

Una de las primeras preguntas que se hace el Ingeniero dedicado a la Ingeniería de Suelos es, ¿cómo se concibió la idea de la resistencia al esfuerzo cortante?

Fue COULOMB, en 1773 quien por primera intentó describir el esfuerzo de una arcilla mediante su ecuación empírica, que tantos criterios y opiniones ha originado; tal vez enmascarando una verdad que para su tiempo no fuera conocida.

COULOMB estableció que:  $S = f(c, \phi)$

$$S = c + \sigma_n \operatorname{tg} \phi \quad \text{donde } S = r_f$$

$C =$  Cohesión,  $\phi =$  ángulo de fricción,

$\sigma_n =$  esfuerzo normal  $r_f =$  esfuerzo cortante en el plano de falla.

A partir de esta expresión, muchos investigadores han formulado hipótesis y planteado teorías basadas solamente en la interpretación muy personal, sin lograr una contribución de proyección transcendental. Así TERZAGHI—1925, hace una modificación al introducir el concepto de presión efectiva;  $\sigma' = \sigma - u$  considerando la presión de poros, ( $u$ ). Haciendo intervenir la influencia del agua contenida en el suelo, donde:

$$S = f(c, \phi, u).$$

$$S = c + \sigma' \operatorname{tg} \phi$$

TAYLOR—1947, afirma que los suelos son puramente friccionantes; es decir, que este investigador desprecia al parámetro de "cohesión",  $c = 0$ , más no la "cohesión" como fuerza y propone la ley:

$$S = \sigma_1 + \sigma' \operatorname{tg} \phi$$

Esta teoría adolece de las limitaciones de las anteriores además de existir dificultades prácticas en determinar la presión intrínseca, ( $\sigma_1$ ).

KREY-TIEDEMAN; basados en resultados experimentales proponen la ley:

$$S = \bar{P}_e \operatorname{tg} \theta_c + \sigma' \operatorname{tg} \phi$$

$\bar{P}_e =$  Presión efectiva de consolidación.

$\operatorname{tg} \theta_c =$  Constante de pre-consolidación

Se observa en la ecuación modificada de TERZAGHI y la inicial de COULOMB que se puede obtener a partir de esta:

$$C' = \bar{P}_e \operatorname{tg} \theta_c$$

En suelos pre-consolidados se obtiene diferentes valores de la resistencia al mismo valor de

( $\bar{P}_e, \sigma'$ ), dependiendo en qué curva esté.

Este hecho a pesar de no tener en cuenta circunstancias adicionales es importante, porque abandona el concepto de COULOMB en la constancia de la "Cohesión" para cada material y que

este depende marcadamente de la máxima carga de pre-consolidación, debido a su historia geológica.

HVORSLEV, 1935 y TERZAGHI posteriormente, generalizan más postulados de la resistencia del suelo en función de la relación de vacíos ( $e$ ) =  $f(w)$ , y de los esfuerzos efectivos ( $\sigma'$ ).

$$S = f(e, \sigma')$$

$$S = f(w) + \sigma' \operatorname{tg} \phi$$

A pesar de ser una de las más serias, y de haber sido parcialmente comprobadas por el propio Terzaghi y que concuerdan con la aplicación del criterio de falla de Mohr, están inspiradas en las ideas originales de Coulomb.

#### JUAREZ BADILLO 1963 a 1972.

Durante 10 años viene insistiendo sobre la necesidad de reflexionar sobre las teorías y concepto del  $\sigma_{ij} - \epsilon_{ij}$  con el comportamiento de los suelos, habiendo desarrollado nuevas teorías para explicar un enfoque filosófico, basado en las siguientes preguntas:

Cómo?..... Satisface a la Técnica  
 Por qué?... trata de contestar a la Ciencia.  
 Para qué?... reflexión para encontrar una respuesta filosófica.

Con lo que aspira encontrar una respuesta en la ciencia moderna.

Afortunadamente JUARES BADILLO, no está sólo, en esta nueva tendencia de la investigación, ya que casi todos sienten y presienten que, este planteamiento conduce a una nueva revisión de todo lo efectuado hasta el presente, que muy pocos son los que dejan de pensar en voz alta y se comprometen a dar a conocer sus apreciaciones como:

BURLAND-1965, Que afirma "El esfuerzo es un concepto filosófico, deformación es una realidad física"...

ROSCOE, 1972, Complementa... "Nosotros no podemos medir un esfuerzo sino sólo las deformaciones causadas por una fuerza"...

El profesor JUARES BADILLO 1972, compara plenamente con la respuesta de ambos para

el  $\sigma_{ij}$ , sólo discrepa parcialmente con ROSCOE en lo referente al  $\epsilon_{ij}$ , por eso revisaremos rápidamente el aporte que no ha proporcionado sobre el concepto del tensor esfuerzo como una forma de la resistencia en los suelos.

Considerando el esfuerzo normal octaédrico,

$$(1963) \sigma = \frac{\sigma_{ii}}{3} = J_1 \text{ y el esfuerzo octaédrico de corte, } r = \sqrt{\frac{2}{3} J_2} \text{ introduce un nuevo parámetro } v \text{ que le llama factor de distribución del esfuerzo cortante, cuyo valor es:}$$

$$v = \frac{J_3}{r^3}$$

Estudia la presión de poros, (1963) desarrollando su teoría en base de  $u = f(\alpha, \beta)$ , donde  $\alpha$  y  $\beta$  depende de  $v$ , e intuye que la distorsión de la estructura del suelo para un instante del  $r_f$  máximo puede medirse por  $\alpha \sigma_c$  y plantea la ecuación:

$$u = \sigma + \alpha \sigma_c \left[ \frac{r}{r_f} \right]^\beta$$

En su teoría de falla para arcilla (1969), introduce un nuevo concepto "Presión almacenada" y considera a la arcilla como un material puramente friccionante, con lo que elimina el parámetro de la "Cohesión" en la expresión del esfuerzo cortante a semejanza de TAYLOR-1948, que vista desde el punto Físico-Químico, aún persiste el concepto de "Cohesión" en su planteamiento, que al parecer le asigna el criterio filosófico por lo que vale la intención de analizar su expresión matemática.

Ecuación que propone:

$$S = (\sigma \text{ fund}) \operatorname{tg} \phi$$

donde

$$S \text{ fund} = \sigma' + \sigma_s = \sigma - u + \sigma_s$$

y  $\sigma_s$  = Esfuerzo normal almacenado como una expresión de energía retenida, (Cabe una reflexión de donde proviene esta energía, no será de las fuerzas Físico-Químicas?).

$\sigma_e \sigma_c$  = Una parte del esfuerzo cortante octaédrico libre de la estructura del suelo transferida al agua en forma de presión de poros.

$r$  = Un coeficiente que varía  $0 \leq r \leq 1$

Es decir se tiene finalmente la expresión:

$$S = (\sigma - u) + r (\sigma_e - \sigma_c) \operatorname{tg} \phi$$

Si se hace:

$$C = (\sigma - u) \operatorname{tg} \phi$$

$$\sigma = r(\sigma_e - \sigma_c).$$

Se tiene la expresión de COULOMB y sus seguidores a pesar de la interpretación dada y de haberse supuestamente eliminado la cohesión.

No cabe duda que el fondo está en la función de las fuerzas Físico-Químicas que todas las arcillas poseen y de su intervención en el esfuerzo cortante.

Dado a que hasta el momento existen lagunas conceptuadas sobre la resistencia de los suelos, se le viene considerando desde diferentes puntos de vista y criterios por lo que es saludable y juicioso una revisión de conceptos y planteamientos que llevan a un mejor conocimiento del comportamiento de las arcillas.

## 5. ANALISIS DEL ENFOQUE FISICO-QUIMICO:

Actualmente en la especialidad se está consciente de que, es obvio la existencia de fuerzas internas de características Estructurales y Físico-Químico que intervienen de algún modo en la resistencia al esfuerzo cortante, por lo que un examen cuidadoso y crítico de los conceptos es necesario, mientras tanto, no basta estar convencido, sinó debe buscarse el medio y la manera de evaluarla para su aplicación práctica y esto, parece no trascendente en nuestro medio, a pesar que la literatura especializada y en las obras modernas se incluyen capítulos sobre estos aspectos a fin de despertar la inquietud para encontrar la forma de interpretar el comportamiento de los suelos. Esta inercia es común en las ciencias, por lo que merece elogiar los trabajos, estudios e investigaciones realizados, a fin de acercarnos cada vez más a la verdad sobre el esfuerzo cortante.

HVORSLEV, 1937.

Propone una expresión de resistencia al corte:

$$r_f = C_r + \sigma'_n \text{tg}\phi_r$$

Donde  $C_r$  = Cohesión, que es independiente de la carga aplicada, y lo que es más importante considera que es causado por una cementación o una fuerza que liga las partículas.

Es decir que la expresión de COULOMB encuentra una explicación del parámetro "Cohesión" y se intuye la presencia de otras fuerzas como responsables de la resistencia al corte del suelo en las uniones, ligas y cementación de las partículas.

WINTERKORN - MOORMAN, 1941.

De sus experiencias con mezclas de minerales arcillosos encuentra una expresión del esfuerzo cortante en el contenido y en la parte más baja del rango de las mezclas como una función exponencial...

$$r = f(e^{t\alpha})$$

Este resultado es contrario al concepto de COULOMB y seguidores y muestra que  $r$  según el contenido de arcillas no es lineal.

SAMUELS, 1950.

Usando una misma arcilla (Montmorillonita) encuentra que el esfuerzo cortante incrementa en relación con el intercambio de cationes en orden ascendente para el Sodio, Calcio y Aluminio, etc.

$$r = f(\text{Fuerzas atractivas})$$

Como se puede notar queda establecido la influencia en el esfuerzo cortante por el tipo y calidad del intercambio de cationes que no es otra cosa que fuerzas atractivas del efecto Físico-Químico en la arcilla.

SKEMPTON - NORTHEY, 1952.

Encuentra que la variación en la composición de los minerales arcillosos es la causa sustancial de las diferencias en la resistencia del esfuerzo cortante en los suelos.

$$r = f(\text{tipo de mineral de arcilla})$$

Estos resultados permitieron conducir nuevas investigaciones sobre la composición, estructura etc., a fin de encontrar una expresión que pueda evaluar esta participación y conocer su incidencia para fines prácticos.

SKENPTON, 1953.

Para arcillas normalmente consolidadas y en pruebas de corte directo drenadas propone la expresión:

$$r_f = \sigma'_n \text{tg}\phi_d$$

donde:  $\phi_d$  = ángulo de la resistencia al corte (drenado)

$$C = \frac{C_r}{\sigma'_n \text{tg}\phi_d} \quad (\text{Cohesión})$$

$$1 - C = \frac{\text{tg}\phi_r}{\text{tg}\phi_d} \quad (\text{Fricción interna})$$

Este aporte a pesar de no ser expectativo es una correlación exacta que muestra como el esfuerzo cortante tiene una gran contribución en la actividad y la "Cohesión" de los minerales arcillosos.

GIBSON, 1953.

Nos proporciona las relaciones entre el ángulo de fricción interna y el índice de plasticidad los mismos que influyen en el esfuerzo cortante.

$$r = f(I_p, \phi).$$

SEED-MITCHELL - CHAN, 1960.

Encuentran que:

1. Muchos factores Físico-Químicos contribuyen en el esfuerzo cortante.
2. Las diferentes fuerzas que actúan es un defecto de las variables en los sistemas: Suelo-agua-aire-sistemas electrolitos
3. Reactualiza el concepto de "cohesión"

$$\tau = f \text{ (fuerzas internas)}$$

Deja establecido que existen muchos factores Físico-Químicos y cuyas fuerzas internas aún entre partículas y estructurales de los sistemas contribuyen al esfuerzo cortante.

HVORSLEV, 1960.

Considera que las propiedades y el esfuerzo cortante están influenciadas como una función directa de la estructura cristalina de las arcillas y el tiempo.

$$\tau = \text{(Estructura de la arcilla, } t)$$

LAMBE, 1960.

Presenta consideraciones teóricas del mecanismo de la resistencia al corte en minerales arcillosos para lo cual incluye las posibles fases significativas.

mineral	—	mineral
aire	—	mineral
agua	—	mineral
aire	—	agua

Las mismas que generan fuerzas a través de superficies potenciales de corte.

Propone la expresión:

$$\sigma = \bar{\sigma}_{am} + P_a a_a + u_{aw} + R - A.$$

discutiendo los términos de los componentes del cortante.

$c$  = cohesión

$+\Delta V$  = Dilatación

$\phi$  = Fricción

Estas fuerzas inducidas en el suelo como resultado del esfuerzo normal aplicado, es difícil de medir.

NOUN - ROSENOVIST, 1961.

Encuentra que el esfuerzo cortante es una función de las fuerzas de Van der Waal usando suelos artificiales.

Incrementa por remplazamiento de iones de Na y K.

Incrementa por remoldeo en la Illita y decrece en la Montmorillonita.

$$\tau = f \text{ (Fuerzas de Van der Waal)}$$

La hipótesis planteada no aprecia un método operacional apropiado para la evaluación de los diferentes factores variables que aplica, es inadecuado para fines cuantitativos aún en términos cualitativos es controversible por despreciar los efectos de la interrelación sólido-líquido.

WARKENTIN - YONG, 1962.

Como resultado de sus investigaciones grafican e indican las variaciones del esfuerzo cortante con:

- El tipo de arcilla... Montmorillonita, Na, Ca.
- Relación de vacíos (e).

OLSON Y MITRONOVAS, 1962.

Muestran que la doble capa difusa no ha tenido efecto esencialmente en las propiedades resistentes de la Illita.

JERBO,

OSTERMAN, 1964, en su estudio hace referencia de los resultados obtenidos por JERBO encontrando una relación entre el esfuerzo cortante y el pH.

$$\tau = f(\text{pH})$$

SKEMPTON, 1964.

Estudia las características del esfuerzo cortante en arcillas sobre consolidadas y define un nuevo parámetro, ( $S_r$ ) que llama resistencia residual, que es constante en las arcillas y depende de la naturaleza de las partículas de los minerales arcillosos que se orientan en una zona y en la dirección del corte.

$$\tau_f = C' \tau + \sigma' \text{tg} \phi$$

$$S_r = \sigma' \text{tg} \phi_r$$

RESENDIZ, 1965.

Propone un modelo teórico que permita evaluar los efectos de la interacción en las fases, resaltando la naturaleza físico-química de las arcillas.

El modelo pretende evitar las restricciones de carácter mecánico y lo justifica en términos del conocimiento del sistema agua-arcilla.

Es un planteamiento que requiere de una revisión y la prueba de comprobación que al presente no es completa.

NORGENSTERN - TCHALANKO, 1967.

Encuentra y demuestra que durante el corte directo de la caolinita se forman estructuras microscópicas.

## HENDERSON - LEFEVRE, 1967.

Evalúa las posibilidades de desarrollar suelos sintéticos a fin de utilizarlos como índices para que con una simple comparación se pueda evaluar las características del diseño ingenieril de suelos compuestos por arcillas naturales, eliminando así el uso de procedimientos arbitrarios a base de pruebas físicas.

Destaca dos grandes ventajas:

- 1º Puede conducir a establecer parámetros de diseño a todas las arcillas de cualquier parte del mundo.
- 2º Establecido el sistema de índice el problema se reduce a dos ensayos:
  - Análisis mineralógico.
  - Absorción de cationes.

Este planteamiento complementado con el de RESENDIZ puede ser el punto de partida a nuevos resultados.

## OVCHARENK - COLABORADORES, 1968.

Presentan un estudio completo de la Atapulcita que es un modelo sobre la influencia y determinaciones en:

- Físico-Químico
- Cristal-Química
- Composición Química y Cristalográfica
- Propiedades Físicas y Químicas.

Determinando cuantitativamente las propiedades

- Estructurales en la malla atómica
- Hidrofiliabilidad
- Propiedades de absorción
- Capacidad de cambio iónico.

y lo que es más importante, establece los fundamentos Físico-Químicos de los sistemas dispersos encontrando:

- 1º La dependencia de estabilidad plástica.
- 2º El esfuerzo cortante con la concentración de la suspensión de la arcilla.

Este estudio puede ser un modelo que de introducirse en los planteamientos de RESENDIZ y HENDERSON-LEFEVRE, conduzcan a lograr un resultado de la más reciente actualidad de la interacción Físico-Química y el esfuerzo cortante de los suelos.

A no dudar en el último Congreso Mundial en Rusia se harán nuevas contribuciones que esperamos sean oportunamente analizadas y discutidas en nuestro medio en beneficio de la Mecánica de Suelos Nacional del Perú.

## 6. CONCLUSIONES:

- 6.1 La resistencia al esfuerzo cortante, en los suelos está en vía de ser comprendida, controlada y modificada en el comportamiento de los suelos por la ingerencia Microscópica en la Ingeniería de Suelos.
- 6.2 El enfoque Físico-Químico ha iniciado una nueva corriente para resolver diferentes problemas que no tenían explicación así como invitan a una nueva revisión de las teorías tradicionales y criterios que en un futuro darán logros que se supone de mucho beneficio en la práctica como en la investigación.
- 6.3 A pesar de haberse planteado modelos teóricos para la valuación, como aporte de esta corriente, dista mucho de que se logre una expresión exacta y completa del esfuerzo cortante por lo complejo que resulta el suelo y sobre todo a la falla de integración e interacción de los resultados obtenidos.
- 6.4 La Universidad Nacional de Ingeniería está obligada a incentivar el estudio, divulgación e investigación de la Físico-Química de las arcillas, proporcionando el equipo adecuado como es el Microscopio Electrónico, Termodiferencial que completado con el existen de Rayos X, puedan mantener el prestigio en la Mecánica de Suelos Moderna.

## 7. BIBLIOGRAFIA.

- JUARES BADILLO.— Estado actual del Conocimiento, 3 Ideas Teóricas Involucradas, Simposio de Terraplenes sobre suelos blandos. México - 1971.
- DE PABLO.— Apuntes de clases sobre Físico-Química de las arcillas y comportamiento en los suelos. UNAM. D.E.S. México - 1971.
- MORGENSTERN N. R.— Structural and Physico-Chemical Effects on the properties of clay Specialty. Sessions VII. Cong. Int. M.S.F. México - 1969.
- SCOTT-KO.— Stress-Deformation and Strength Characteristics, State of The Art report. VII Int. Cong. S.M.F. México - 1969.
- JUARES BADILLO.— Failure theory for clays VII. Cong. Int. M.S.F. México - 1969.
- INGLES.— Soil Mechanics-Selected Topics, By Lee Buherworth. - 1968.

# Marcona utiliza naves Peruanas para transportar hierro

Cuando en la Navidad de 1972 se hizo el primer embarque de mineral de hierro en un buque de bandera peruana con destino a Estados Unidos, se concretaba una antigua aspiración de Marcona Mining Company para instaurar una nueva forma de colaboración con el desarrollo del Perú.

En efecto, la citada empresa minera desde años atrás estaba ofreciendo carga de mineral de hierro para transportarlo al exterior en buques nacionales, pero las limitaciones de naves peruanas para tonelajes considerables en graneleros no permitía realizar esta operación.

"La verdad es que todo comenzó a posibilitarse desde el 3 de Marzo de 1970, cuando se dictó el Decreto Ley N° 18161 que eliminó una serie de impuestos que gravaban la actividad naviera. Este dispositivo está permitiendo a las empresas marítimas nacionales aumentar su flota mercante. Tanto es así que en un año y medio se adquirieron 80 mil toneladas de buques", nos informó sobre el particular Fernando Harten B., Presidente de la Asociación de Armadores del Perú.

El primer embarque de mineral de hierro en un buque peruano se realizó en el "Capirona", de veinte mil toneladas; luego en el "Huandoy", de 17 mil toneladas, y después en el "Salcantay", de 27 mil toneladas.

Hasta el mes de julio del año en curso, las toneladas transportadas en naves peruanas y en buques extranjeros fletados por armadores peruanos suman 701,229. Conviene señalar que, por

efecto de lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 016-70-TS, se autoriza a los navieros peruanos a fletar buques extranjeros para cubrir el déficit de bodegas. Estos buques son considerados como naves de bandera peruana para el efecto de su acceso a la carga reservada a favor de los buques de bandera nacional.

Es importante destacar que la utilización de buques peruanos para transportar el hierro a Estados Unidos y México (que son los países a los que por ahora se exporta ese mineral en naves de bandera peruana o en naves fletadas por armadores peruanos), significa una demostración de confianza en los armadores y tripulantes nacionales, y que, naturalmente, es una decidida contribución al desarrollo de la flota mercante del Perú.

Conviene puntualizar que debido a la falta de buques graneleros peruanos de un desplazamiento de 50 a 80 mil toneladas, el mineral de hierro que Marcona Mining Company exporta al Japón y Europa todavía es transportado en naves de otras banderas. Esto porque resultaría antieconómico para los armadores peruanos si trataran de cubrir esas distancias tan grandes en buques de pequeño tonelaje.

La Marina Mercante nacional está recibiendo un importante ayopo de la empresa minera Marcona, por los grandes tonelajes de mineral de hierro peruano que lleva al extranjero. En estrecha colaboración ya se está expresando en un positivo impulso para el país, considerando que hasta la fecha representa, aproximadamente, tres millones de dólares por concepto de fletes.

---

HENDERSON-LEFEVRE.— Physico-Chemical Phenomena of Soil Materials. Memorias III Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones. Caracas - 1967. Vol. I, 1 - 13.

YONG-WARKENTIN.— Introduction to Soil Behavior. Macmillan. 1966, cap. 3, 10.

RESENDIZ.— Estudio sobre el mecanismo de Resistencia de los suelos arcillosos. Tesis Doctoral U.N.A.M. - 1965.

SHEMPTON.— Long-Term Stability of Clay Slopes Geotechnique. Vol. XIV - 1964.

OSTERMAN.— Studies on the properties and formations of Quick Clays and mineral Clay. 1964.

WARKENTIN-YONG.— Shear Strength of Montmorillonite and Kaolite related to inter particle forces.

MOUM-ROSENQVIST.— The Mechanical Properties of Montmorillonitic and Illite. Related to the electrolytes of the pure water. V-Cong. Int. M.S.F. París 1961.

HVORSLEV.— Physical Components of the Shear Strength of saturated Clays research Conf. on Shear Strength of cohesive soil. U. de Colorado - 1960.

SEE-MITCHELL-CHAN.— The strength of compacted cohesive soils research conf. of Shear Strength of cohesive soils. - 1960.

LAMBE.— A Mechanistic picture of Shear Strength in Clay research conf. of Compacted cohesive soils. - 1960.

OVCHARENK-COLABORADORES.— The colloid Chemistry of polygorskite Academy of Sciences of the Ukrcinian S.S.R. — Traducción del Ruso.