

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

**Transporte de Sedimentos a lo Largo de la Parte Interna
de una Barra, en el Complejo de las Lagunas
Superior e Inferior de Oaxaca, México**

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE BAJA CALIFORNIA



ESCUELA SUPERIOR DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA

T E S I S
QUE PARA OPTAR AL TITULO DE
O C E A N O L O G O
P R E S E N T A
LUIS ANTONIO SANCHEZ BARREDA

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, 1972.

A MIS PADRES Y HERMANA
POR SU CARINO Y SACRIFICIOS

A MI QUERIDO COLEGIO MADRID
Y ESCUELA SUPERIOR DE
CIENCIAS MARINAS.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero hacer patente mis agradecimientos al Sr. Ing. César Obregón, Director de Tesis, al igual que al Dr. Nicolás Grijalva. Dr. Joseph R. Curray y Dr. John E. Cromwell, de la Institución Scripps de Oceanografía, por sus importantes contribuciones. Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas por haber facilitado el tiempo de su dibujante Sr. Ocean. René Islas C., así como a Ma. Antonieta Pérez Garduño, por haber efectuado el trabajo escrito, y a todos aquellos que contribuyeron desinteresadamente para que este trabajo se llevara a cabo.

INDICE GENERAL.

INTRODUCCION:

A).- Objetivo.	Página 1
B).- Antecedentes.	Página 1

LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA:

A).- Geología Regional.	Página 7
B).- Hidrografía.	Página 10

EQUIPO DE CAMPO:	Página 12
------------------	-----------

METODOS DE CAMPO:

Sitio E	Página 14
Sitio A	Página 15

METODOS DE LABORATORIO:

A).- Técnica de Conteo.	Página 16
B).- Análisis del tamaño de los granos	Página 16
C).- Representación Gráfica.	Página 17
D).- Parámetros estadísticos usados	Página 18
a).- Diámetro medio	Página 19
b).- Desviación Gráfica Standard.	Página 19
c).- Medición de Simetría.	Página 20

CONCLUSIONES:	Página 22
---------------	-----------

BIBLIOGRAFIA:	Página 24
---------------	-----------

INDICE DE FIGURAS.

Localización del área.	Fig. número 1
Localización del área de estudio.	Fig. número 2
Batimetría de la zona estudiada.	Fig. número 3
Geología de la Región.	Fig. número 4
Forma de la dispersión de los granos.	
Sitio E, estación 1.	Fig. número 5
Sitio E, estación 2.	Fig. número 6
Sitio A, estación 1.	Fig. número 7
Sitio A, estación 2.	Fig. número 8

INDICE DE GRAFICAS.

Curva acumulativa del análisis granulométrico
antes y despues del teñido.

Gráfica núm 1

Curvas acumulativas de las muestras:

Sitio E, Estación 1 B1.
B3.
B6.

Gráfica núm 2

Gráfica núm 3

Gráfica núm 4

Sitio E, estación 2 C1.
C3.
C6.

Gráfica núm 5

Gráfica núm 6

Gráfica núm 7

Sitio A, estación 1 C1.
C3.
C6.

Gráfica núm 8

Gráfica núm 9

Gráfica núm 10

Sitio A, estación 2 E1.
E3.
E6.

Gráfica núm 11

Gráfica núm 13

Gráfica núm 13

Resultados de la granulometría.

Gráfica núm 14

INDICE DE TABLAS.

Conteo y porcentaje de los granos teñidos.

Tablas 1, 2, 3,
4, 5 y 6.

Porcentaje acumulativo.

Tablas 7 y 8.

INTRODUCCION.

A.- OBJETIVO.

El propósito de este estudio, es el de aplicar las técnicas desarrolladas por el Dr. Douglas Inman en una laguna costera.

Por medio de estos procedimientos se podrá conocer y cuantificar el transporte de los sedimentos, la interacción de los procesos dinámicos y sedimentarios en la formación y modificación de la barra y por último, se establecerá si estos procesos son similares a los -- existentes en las costas.

El lugar donde se llevará a cabo este -- estudio, es una barra interna con características singulares, que forma parte del complejo de las lagunas superior e interior en el Estado de Oaxaca, Mexico.

B.- ANTECEDENTES.

Grandes sumas de dinero se han invertido en obras costeras que están expuestas a los procesos litorales y que muchas veces han sobrepasado el costo de la reparación al de construcción, debido a la carencia

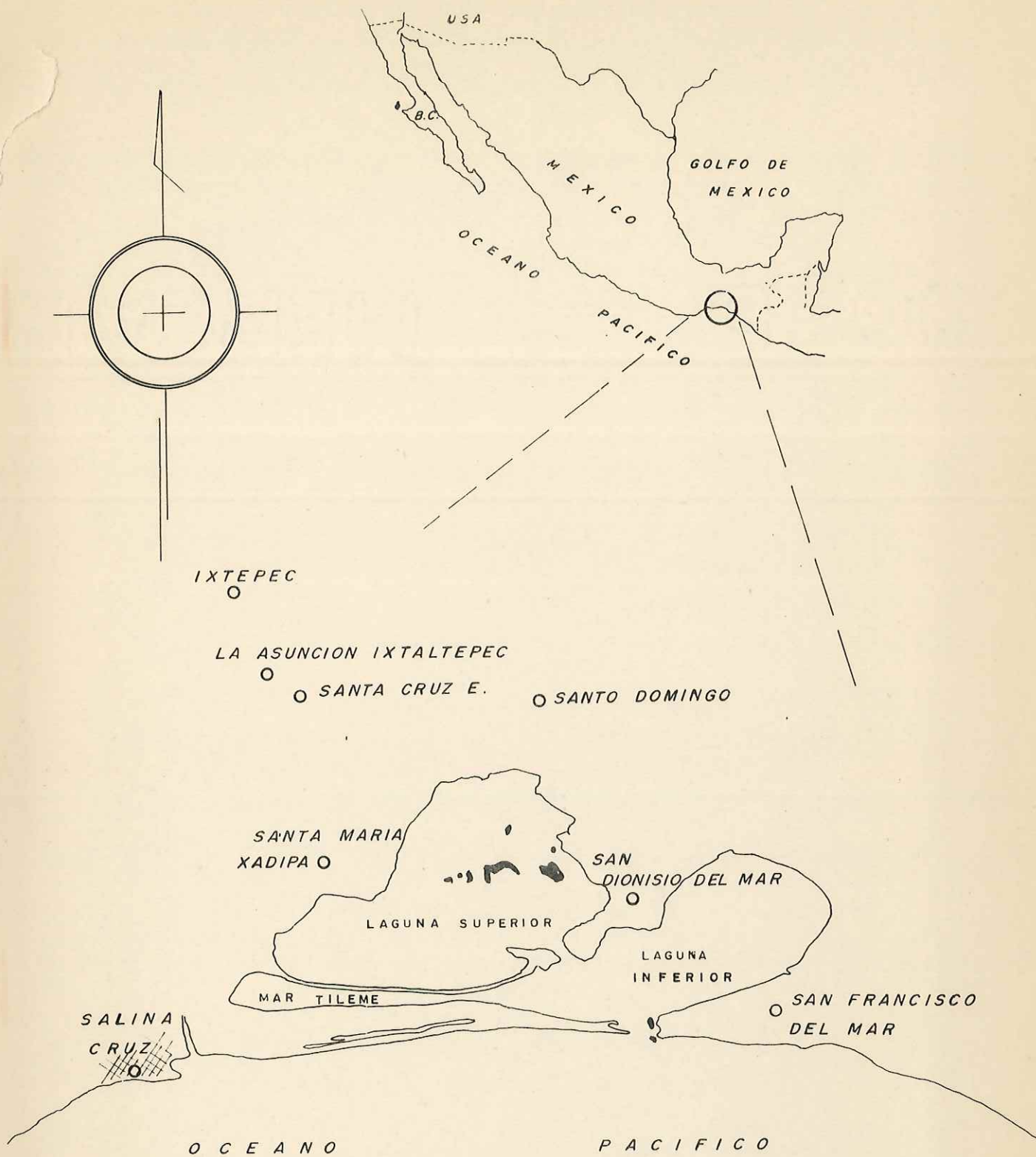


FIGURA No 1



de estudios adecuados. Durante los últimos años, varios investigadores han considerado al transporte de sedimentos, como un factor de importancia en el conocimiento del medio ambiente costero y, su influencia en la ingeniería de Costas.

A partir del año de 1950, surgió un gran interés por el estudio del movimiento de arena a lo largo de las costas. Como resultado surgieron técnicas para determinar su dirección e influencia. Estos estudios de transporte litoral se han llevado a cabo en laboratorios y en el campo. En laboratorios, modelos matemáticos han sido utilizados para determinar y predecir la dirección y el promedio del transporte de arena. En el campo el rastreo de particulas identificadas ha sido utilizado para lograr estudiar la mecánica del transporte litoral.

Varios métodos se han basado en investigaciones de laboratorio. En los últimos 25 años se ha tratado de representar los procesos de playa, en modelos de laboratorio. El primer trabajo importante fué hecho por Krumbein (1944). Más tarde Saville (1950) utilizó un modelo para relacionar el transporte litoral con la acción de las olas.

En 1960 Roussell en su laboratorio, utilizó cantos cubiertos por una película fluorescente a los cuales les seguiría el rastro en una playa, también de cantos

para calcular el promedio de transporte. Aplicando posteriormente sus resultados del modelo en tres playas diferentes, donde la erosión y depositación eran conocidas; la comparación entre los resultados teóricos y prácticos, defirió en un 60 por ciento.

A principios del año de 1966, Noda admitió:

" Es casi imposible verificar las características cuantitativas en un modelo experimental" .

Los métodos basados en las investigaciones de campo, han intentado determinar el transporte de sedimentos cualitativa y cuantitativamente. Los estudios cuantitativos más aceptables, son aquellos donde gran cantidad de material es atrapado por barreras naturales o artificiales y es medido. Los estudios cualitativos incluyen el rastreo de sedimentos radiactivos, minerales pesados y el de aquellas partículas de sedimentos cubiertas por una película fluorescente.

Desde el año de 1957, Japón y la Gran Bretaña empezaron a utilizar material radiactivo, con el fin de estudiar el transporte litoral. En 1959, Inman y Chamberlain los utilizaron en las playas de California, más tarde, esta técnica fué comparada con otras encontrándosele un gran número de desventajas.

Hace aproximadamente 40 años, que los geólogos utilizan las técnicas de rastreo, por medio de minera-

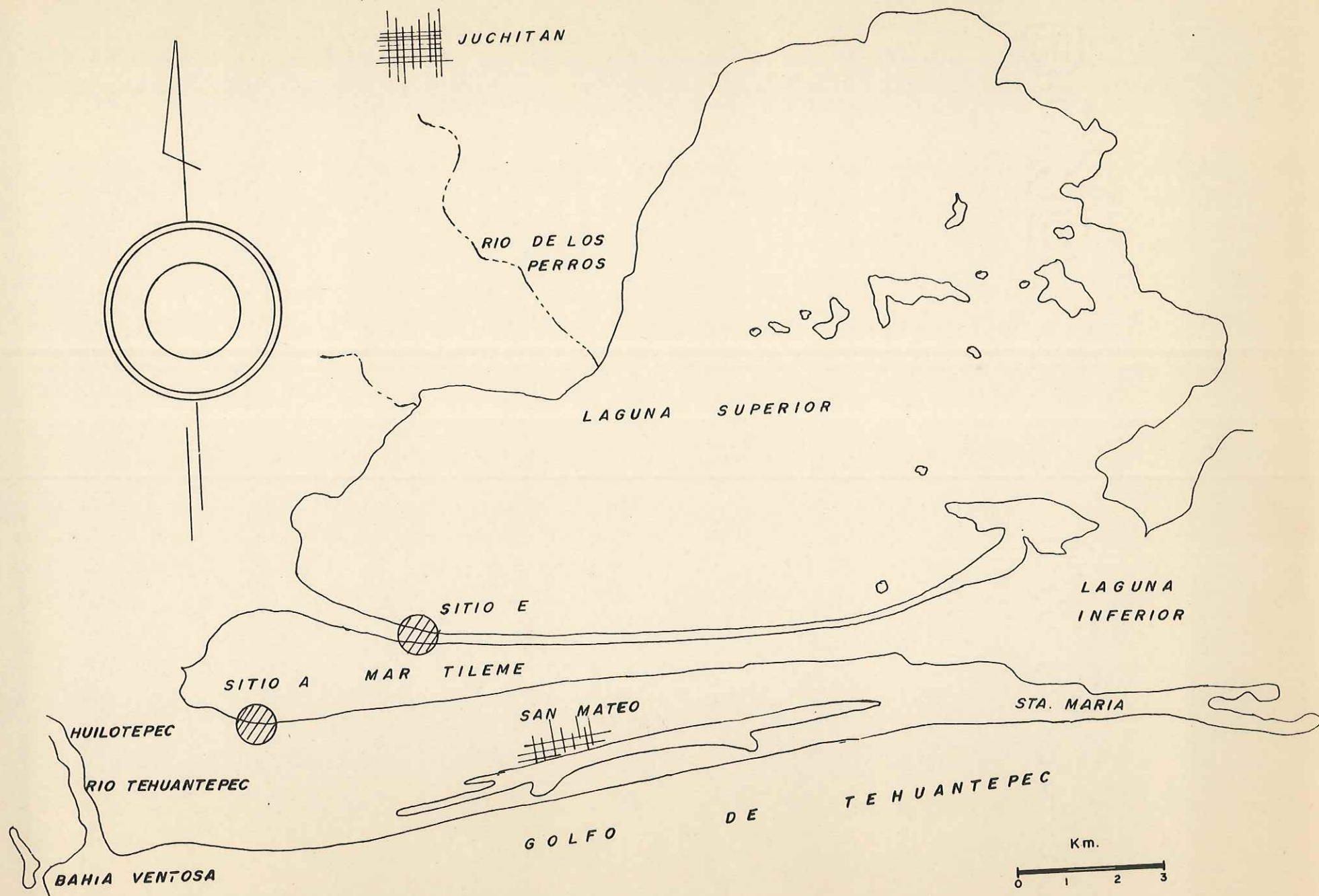


FIGURA No. 2

les pesados, con el fin de localizar las fuentes de depósitos sedimentarios. Estos minerales naturales, poseen ciertas propiedades, tales como una gran densidad, color, características magnéticas o radiactivas y cierta tendencia de permanecer en la zona de rompientes, por lo que son utilizados para determinar la dirección del transporte, después de varios años que este se ha llevado a cabo. Varios investigadores en esta rama, no se encuentran de acuerdo con este método, tal es Galvin (1964), que explica:

" Por su diferente distribución de tamaños y densidades, y raramente referidos a una única fuente, estos minerales naturales son los menos apropiados mientras que los radiactivos artificialmente y los fluorescentes, son los más convincentes para dichos estudios " .

Por otra parte tenemos la opinión de Byrne y Kulm (1967), que establecieron:

" Las arenas radiactivas y fluorescentes son extremadamente valiosas como indicadores del movimiento de sedimentos a corto plazo. Sin embargo, para el transporte a largo período, los indicadores naturales son los mejores por su exacta interpretación " .

Con respecto a las técnicas seguidas para la utilización de arenas fluorescentes, Teleki (1966) las define:

" Son partículas clásticas cubiertas con sustancias orgánicas o inorgánicas, las cuales al ser expuestas a la luz ultravioleta (2,537A ó 3,650A de longitud de onda), emiten fluorescencia, con una longitud de onda e intensidad variable en la región visible del espectro " .

Los primeros intentos para teñir arenas, fueron llevados a cabo en el año de 1938 por Alemania, pero -- fué hasta el año de 1956, cuando la Unión Soviética presentó la primer publicación. Más tarde Gran Bretaña, Alemania, India y los Estados Unidos siguieron con esta técnica, que comparada con el método radiactivo tuvo grandes ventajas. -- El procedimiento de los teñidos presenta un manejo de equipo reducido, no afecta la salud de quienes lo trabajan, no -- produce trastornos en la flora y fauna y es económicamente -- más barato.

A partir de 1959, Ingle estableció la posibilidad de utilizar arenas teñidas para determinar la dirección del movimiento litoral en la zona de la anteplaya. Inició tres años más tarde un programa sobre la investigación del transporte en 5 playas diferentes, a lo largo de la costa en la parte Sur del Estado de California, E.U.

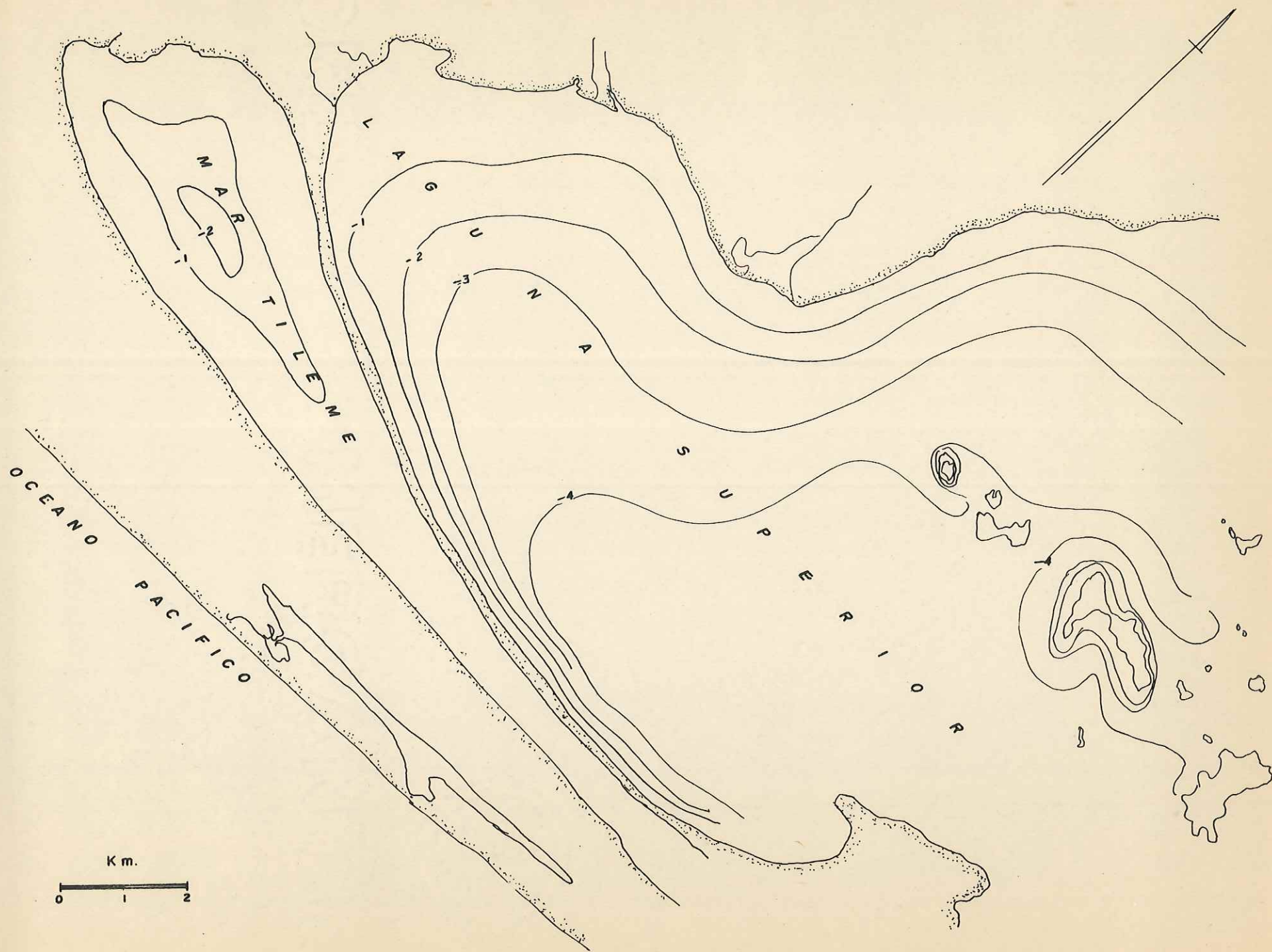


FIGURA No 3

Para el año de 1962, es Wright quien hace estudios sobre el desarrollo y aplicación de las técnicas a base de arenas teñidas para detectar los movimientos de arena en las playas.

Yasso (1964), fué quién por medio de esta técnica determinó el transporte de sedimentos en la zona de la ante-playa .

Inman y Komar (1966), obtuvieron mediciones - cuantitativas del transporte de arena a lo largo de la costa, recubriendo las partículas de muestras tomadas en la playa, con pintura fluorescente con la inyección de 90 K en la parte anterior de la berma (playa El Moreno, B. Calif., México). El movimiento de arena fué determinado colectando 2 y 4 horas más tarde, 200 muestras en un área de 450 metros sobre la playa por 60 metros mar adentro. Más tarde las muestras colectadas, fueron llevadas al laboratorio donde se procedió al análisis cuantitativo. Concluyendo finalmente que en el transporte de sedimentos suspendidos, el tamaño de las partículas es una variable importante por sus diferentes velocidades de asentamiento, donde el transporte por suspensión es menos importante que el existente cerca del fondo.

LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA.-

En el complejo de las Lagunas Superior e Inferior, integrado por el Mar Tileme, las Lagunas Oriental y Occidental y las propias Lagunas Superior e Inferior, en la zona del Istmo del mismo nombre, dentro del Estado de Oaxaca, México. Con una extensión total de 68,950 Ha.

Se comunica al Golfo de Tehuantepec mediante la boca de San Francisco, situada a los $16^{\circ} 13'$ de latitud Norte y $94^{\circ} 46'$ de longitud Oeste.

En general el clima de la región es Tórrido y Tropical, excepto en las partes de mayor altura. Prácticamente no hay variación de temperatura en todo el año, la época de lluvias es corta, con un promedio anual de 700 a 1,200 mm (Tamayo, 1949).

La vegetación en los alrededores de las lagunas se caracteriza por la abundancia de manglares, Avecinnia nítida, fanerógamas del tipo Salicornia y Batis, también se encuentran algunos ejemplares de Thypha angustifolia y Phragmites communis.

A.- GEOLOGIA REGIONAL.

El basamento rocoso de esta área representa la parte más antigua de la región y consiste en gneisses y esquitos introsionados por granito del Cretácico. Sobrepuestos a las rocas cristalinas que previamente fueron truncadas

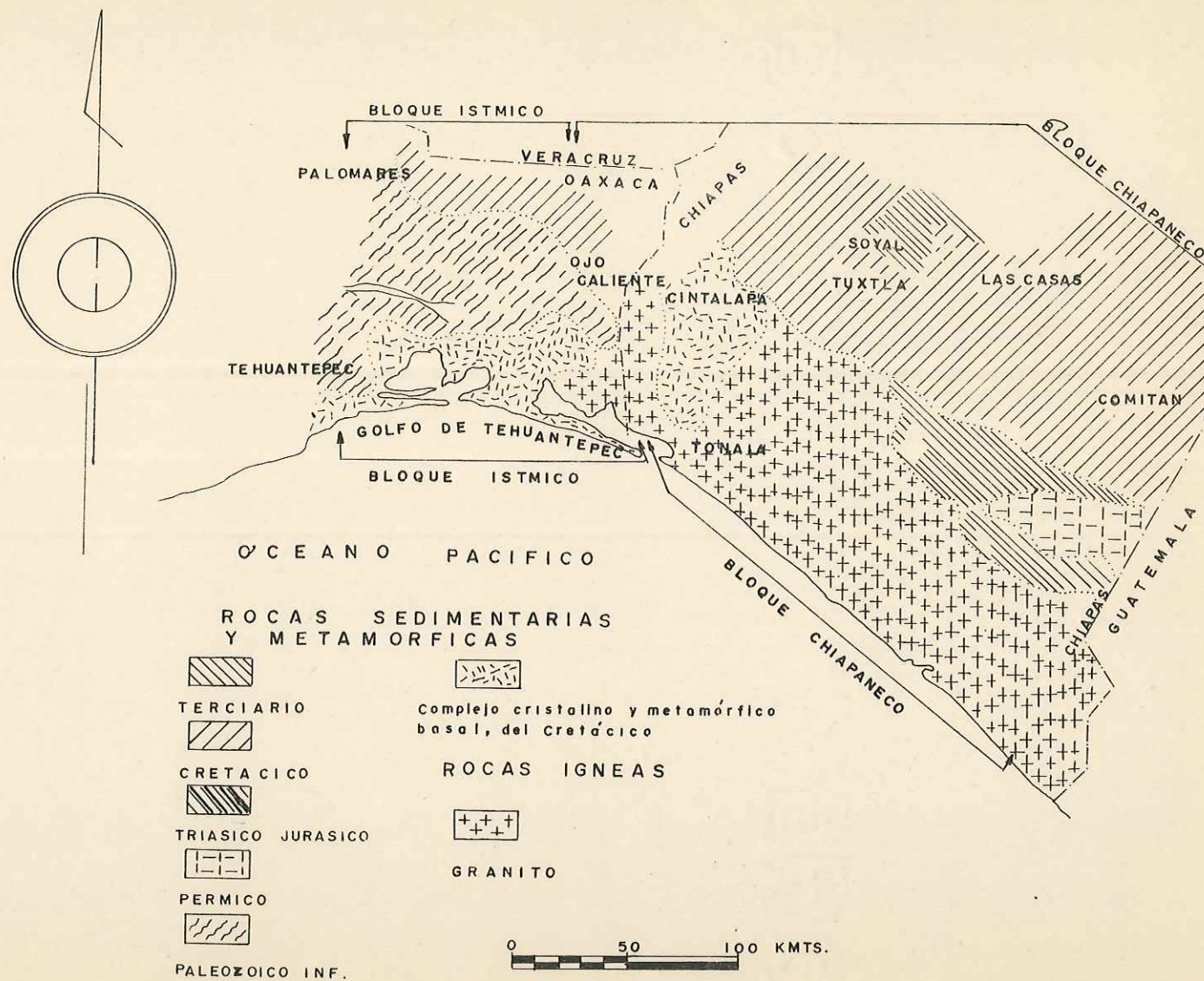


FIGURA No 4

por acción erosiva, se observa una serie de metasedimentos considerada tentativamente como del Paleozoico Inferior y -- constituida por cuarcita con un conglomerado basal, filita, argilita y caliza marmorizada.

Sobre la superficie erosionada de las rocas metasedimentarias existen afloramientos aislados de una arkosa rojiza que se ha correlacionado tentativamente con los mantos conglomeráticos rojos de Cintalapa. Se observa que -- tambien las rocas metasedimentarias están intrusionadas por rocas básicas que no penetran a las rocas más jóvenes.

El complejo cristalino muestra evidencias de una orogenia muy antigua y existen discordancias dentro de -- los metasedimentos, sugiriendo que algún diastrofismo ocurrió durante su largo período de depósito. La predominancia de filita y argilita en estos últimos indica que la cuenca sedimentaria se llenó en su mayor parte con clásticos finos. La presencia de calizas intercaladas indican que dicha cuenca -- debió tener una profundidad moderada.

En el área de estudio se encuentran dos bloques estructurales; el bloque itzmico y el bloque chiapaneco. El bloque itzmico se vió sujeto a los efectos tectónicos de la Revolución Herciniana, la cual está puesta en evidencia por manifestaciones de orogenia que consisten en plegamientos y fallas. Pueden identificarse de las rocas metasedimentarias dos plegamientos muy erosionados; un anticlinal en argilita

localizado al Sur-Oeste de Tehuantepec y un sinclinal en filita, muy comprimido, que se encuentra en los cerros de Chimalpa. Estos plegamientos son aproximadamente paralelos, con un rumbo promedio de sus ejes de $N 60^{\circ} E$ y son también casi paralelos a un grupo de fallas cuyo promedio de rumbos es de $N 65^{\circ} E$, lo cual sugiere ruptura por tensión normal a los ejes de los plegamientos.

Existe, además, un grupo secundario de fallas, de menor importancia estructural que tienen un rumbo promedio $N 75^{\circ} W$ y que forman un ángulo interior de 40° con el grupo de fallas principal. Probablemente este grupo debe su origen a un esfuerzo cortante, debido a una compresión normal a los ejes de plegamiento y a los ejes de afallamiento por tensión. Las fuerzas de compresión actuaron aproximadamente con dirección $N 25^{\circ} W$ a $S 25^{\circ} E$.

Una consecuencia de la orogenia Cascadiana es una fosa de forma más o menos triangular, con base un poco fuera de la costa del Golfo de Tehuantepec y vértice hacia el interior del Istmo, limitada aproximadamente por fallas ubicadas cerca de las localidades de Nejapa y Ojo Caliente. Esta fosa comprende la mayor parte de las llanuras al sur de Palomares y ha descendido 500 metros con relación al bloque chiapaneco adyacente. Como referencia para obtener esta medida se utilizó la superficie más o menos plana constituida por la base de las capas rojas pre-Cascádicas. El hundimien-

to tectónico de la fosa estuvo acompañado por algo de inclinación hacia el Sur, de tal manera que su porción meridional se hundió bajo el nivel del mar y también hay evidencias de que su movimiento obtuvo una componente lateral. La mayor parte de las fallas del bloque ístmico que podemos reconocer como Cascádicas son paralelas a la fosa.

La edad de esta orogenea se deduce por las relaciones que muestra la falla de Ojo Caliente, la cual es -- una de las fallas principales que limitan la fosa. La mayor parte del movimiento fué posterior a la formación de las tobas conocidas como Rosario que son las rocas más antiguas del área estudiada, probablemente miocénicas. El movimiento continuó durante el período de vulcanismo y las rocas volcánicas posteriores, principalmente lavas dacíticas, fueron sometidas a un afallamiento, aunque su desplazamiento fué solo más o -- menos 30 por ciento del desplazamiento de las tobas Rosario. Por lo tanto, el movimiento principal ocurrió en un tiempo -- acaecido entre el depósito de las rocas volcánicas más antiguas y el de las más recientes. La orogenea Cascádica alcanzó su máximo en el bloque ístmico un poco antes que el bloque chiapaneco, probablemente en el Mioceno (Webber B. N. y Ojeda R. J.) .

B.- HIDROGRAFIA.

La planicie costera de las Lagunas Superior e Inferior, es alimentada por una serie de rios que desembocan en diversas partes y Lagunas del complejo.

A la Laguna Superior llegan, el Rio de los Perros, el Arroyo Estacudo, el Rio Chicapa y el Arroyo de San José. A la Laguna Inferior el Rio Niltépec y a la Laguna Oriental y Occidental el Rio Ostuta.

El mayor aporte de agua proviene del Golfo de Tehuantepec y se efectua por medio de la boca de San Francisco, la cual llegó a cerrarse durante el año de -- 1968 obstaculizando el paso de camarón hacia el Golfo, -- descendiendo la producción pesquera notablemente. En el -- año de 1969 las fuertes precipitaciones pluviales ocasionaron abrirse la boca nuevamente. Sin embargo, el proceso litoral continua y si no se toman medidas adecuadas se -- presentarán las mismas condiciones de 1968.

EQUIPO DE CAMPO.

El equipo y material que fué usado en el trabajo que se describe, es sumamente sencillo.

a.- Para la medición del viento, se utilizó un — anemómetro el cual nos proporcionó dirección y velocidad.

b.- En lo correspondiente a medición de olas, los datos fueron obtenidos mediante una estaca graduada, introducida en la arena, a unos cuantos metros de la rompiente. Su observación fué directa.

c.- Con el fin de conocer el rumbo de la playa y la orientación de las secciones transversales, se utilizó una — brújula Brunton.

d.- Una cinta métrica nos proporcionó la distancia entre una estación y otra.

e.- Para la obtención de las muestras, se utilizaron en bases especiales de plástico de 10 ml.

f.- Se utilizó un tamiz, que dejaría pasar partículas menores de 16 mm (-4 ϕ).

g.- Dos litros de acetona.

h.- Dos litros de pintura. Sherwing Willians-Glo - color cometa número 8600.

i.- Una cubeta de plástico para efectuar el teñido de arenas.

j.- Para observar la velocidad y dirección de la corriente, en la zona de rompiente, se utilizó un tinte fluorescente en polvo.

MÉTODOS DE TRABAJO EN EL CAMPO.

Se realizó el experimento en dos playas diferentes, el primero se llevó a cabo en la parte Norte de la barra interna (Sitio E), el segundo sobre la parte Norte de la barra principal (Sitio A).

Cada experimento consistió en la inyección de nueve litros de arena, previamente teñida con pintura fluorescente diluida con acetona uno a uno.

Las muestras de arena utilizadas para el experimento, fueron obtenidas en la parte de la berma, pues era demasiado el tiempo que se llevarían secando las que se necesitaban de la zona de rompientes. Se tomó en consideración que las propiedades hidrodinámicas no serían iguales, pero cubiertas por una película de pintura fluorescente las propiedades se asemejarían. *Figura Grafia a 1*

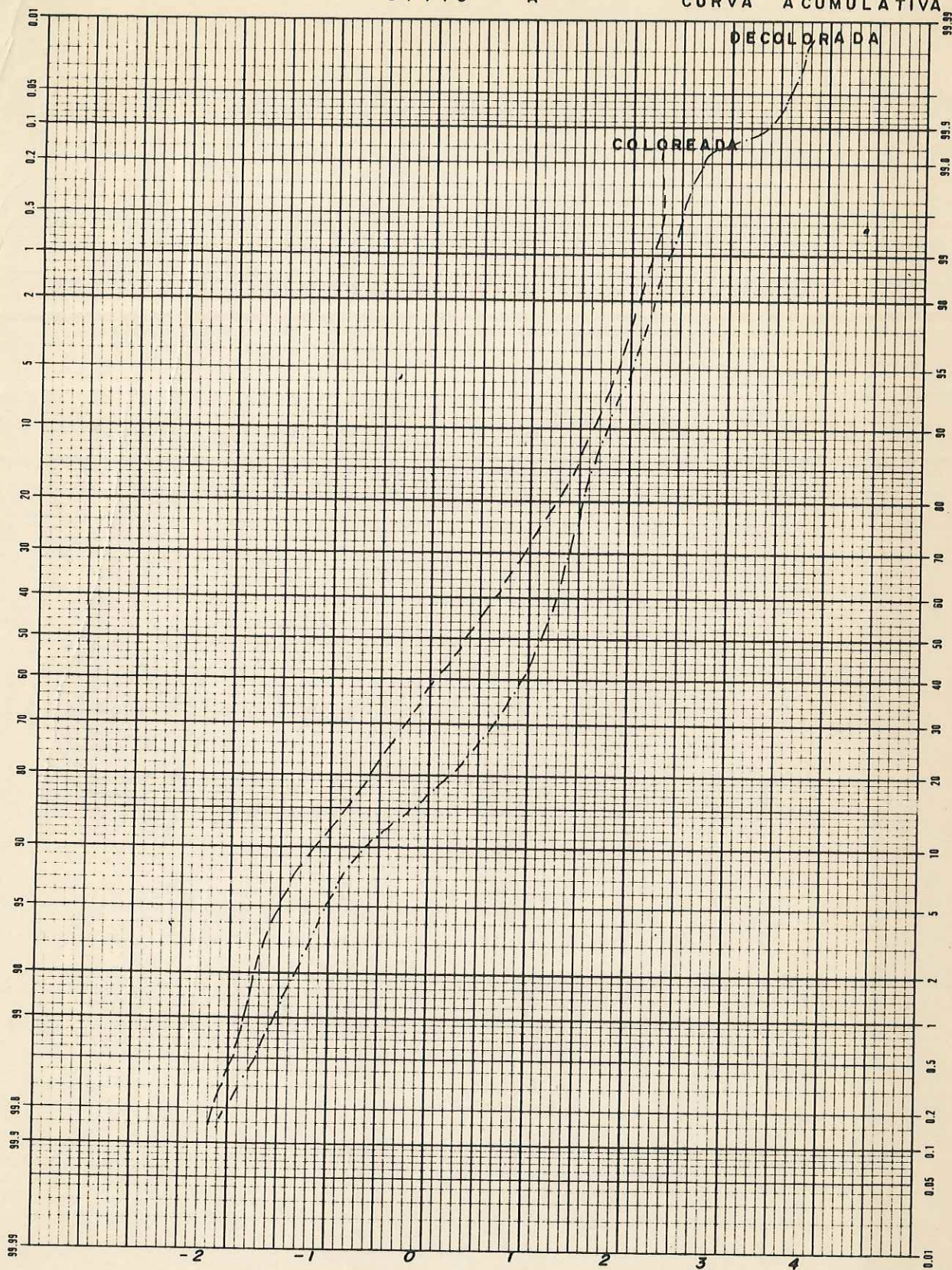
La arena fué colocada dentro de una cubeta, donde se le añadió la pintura diluida con acetona. Por último, se dejaron al sol y ya secas se tamizaron con el fin de no tener partículas mayores de -4ϕ en el experimento.

La durabilidad de la pintura sobre las partículas, no fué de ningún modo considerada, debido al poco tiempo que duró el experimento.

Las playas fueron escogidas, en dichas barras por ser las más accesibles y con suficiente área de trabajo para nuestro propósito.

SITIO A

CURVA ACUMULATIVA



GRAFICA No 1

SITIO E.

El primer experimento se llevó a cabo el 16 de noviembre de 1971; las observaciones antes de hacer la inyección resultaron de la siguiente manera:

Rumbo de la playa	N 67° W
Rumbo de las Secciones Transversales	N 23° E
Viento: velocidad	15 Km/h.
dirección	N 10° E
Olas : Altura	18 cm.

La dirección de la corriente litoral fué paralela a las secciones transversales, con una velocidad de 8 m/min.

14:15 hrs., se inicia la inyección de los nueve litros de arena teñida, en el punto 4 de la sección transversal C.

15:15 hrs., comienza el primer muestreo, con un número total de 42 estaciones. En este momento, la velocidad del viento ha disminuido, ahora de 12 Km/h., y la altura de las olas se reduce a 10 cm.

17:15 hrs., Se procede al segundo muestreo, habiendo el viento variado en su dirección, siendo ahora N 5° E, y velocidad de 20 Km/h.

17:32 hrs., Finaliza el muestreo con un resultado total de 84 muestras, que más tarde serán analizadas en el laboratorio.

SITIO A.

22 de Noviembre de 1971; se lleva a cabo el segundo experimento relacionado al estudio de transporte de sedimentos, los datos observados antes de hacer la inyección -- fueron de la manera siguiente:

Rumbo de la playa	N 60° W
Rumbo de las Secciones Transversales	N 30° E
Viento: Velocidad	30 Km/h.
dirección	N 15° E
Olas: Altura	20 cm.

La dirección de la corriente litoral se desplazó - hacia el Oeste muy notablemente.

14:00 hrs., Se procede a inyectar nueve litros de arena teñida, entre los puntos 3 y 4 de la sección transversal B.

15.00 hrs., empieza la serie del primer muestreo, con un número de estaciones menor que el que se llevó a cabo - el pasado día 16, siendo aquí solo 39 estaciones. El viento y las olas continúan con la misma intensidad.

17.00 hrs., Se procede a la segunda fase y el - viento ha disminuido totalmente, la superficie del agua dificilmente presenta ondulaciones.

El resultado final de estos dos experimentos - fué de 162 muestras.

Sitio E

Estación 1	No. Gr.	No. tef.	%
A ₁	975	0	0
A ₂	643	0	0
A ₃	1221	0	0
A ₄	685	0	0
A ₅	724	0	0
A ₆	987	0	0
B ₁	754	0	0
B ₂	621	0	0
B ₃	800	0	0
B ₄	980	4	4
B ₅	1130	0	0
B ₆	1230	0	0
C ₁	937	0	0
C ₂	1114	24	2.1
C ₃	796	37	4.7
C ₄	945	175	18.0
C ₅	1070	9	.3
C ₆	1120	0	0
D ₁	1020	0	0
D ₂	1170	0	0
D ₃	907	0	0
D ₄	1000	0	0
D ₅	947	0	0
D ₆	628	0	0
E ₁	1226	0	0
E ₂	646	0	0
E ₃	721	0	0
E ₄	625	0	0
E ₅	936	0	0
E ₆	1120	0	0

Sitio E

Estación 1	No. Gr.	No. teñ.	%
F ₁	740	0	0
F ₂	990	0	0
F ₃	897	0	0
F ₄	964	0	0
F ₅	1123	0	0
F ₆	870	0	0
G ₁	935	0	0
G ₂	770	0	0
G ₃	620	0	0
G ₄	690	0	0
G ₅	1070	0	0
G ₆	986	0	0

Estación 2	No. Gr.	No. teñ.	%
A ₁	1125	0	0
A ₂	1050	0	0
A ₃	792	0	0
A ₄	893	0	0
A ₅	975	0	0
A ₆	1127	0	0
B ₁	534	0	0
B ₂	728	6	.8
B ₃	970	6	.6
B ₄	945	24	2.3
B ₅	1243	0	0
B ₆	787	0	0
C ₁	932	43	4.6
C ₂	1274	86	6.7
C ₃	985	34	3.4
C ₄	1115	51	4.5
C ₅	987	6	.6
C ₆	1234	0	0

Estación 2	No. Gr.	No. teñ.	%
D ₁	643	0	0
D ₂	554	0	0
D ₃	989	0	0
D ₄	937	0	0
D ₅	712	0	0
D ₆	1248	0	0
E ₁	412	0	0
E ₂	724	0	0
E ₃	1017	0	0
E ₄	984	0	0
E ₅	1125	0	0
E ₆	1270	0	0
F ₁	488	0	0
F ₂	680	0	0
F ₃	648	0	0
F ₄	973	0	0
F ₅	825	0	0
F ₆	1247	0	0
G ₁	1214	0	0
G ₂	687	0	0
G ₃	780	0	0
G ₄	730	0	0
G ₅	490	0	0
G ₆	1300	0	0

Sitio A

Estación 1	No. Gr.	No. test.	%
A ₁	1200	0	0
A ₂	974	7	.7
A ₃	780	0	0
A ₄	987	4	.4
A ₅	1300	7	.5
A ₆	874	0	0
B ₁	920	4	.4
B ₂	785	6	.8
B ₃	643	3	.4
B ₄	790	10	1.2
B ₅	947	60	6.0
B ₆	1530	91	5.8
C ₁	825	221	26.7
C ₂	1384	302	21.8
C ₃	1039	134	11.5
C ₄	1290	149	10.3
C ₅	743	0	0
C ₆	980	0	0
D ₁	1120	480	42.8
D ₂	1130	307	27.1
D ₃	830	107	12.8
D ₄	740	79	10.0
D ₅	890	9	1.0
D ₆	790	0	0
E ₁	970	62	6.3
E ₂	890	276	31.0
E ₃	640	112	14.5
E ₄	510	93	18.2
E ₅	800	20	2.5
E ₆	650	0	0

Sitio A

Estación 1	No. Gr.	No. teñ.	%
F ₁	590	26	4.4
F ₂	650	33	5.0
F ₃	940	82	8.7
F ₄	890	53	5.9
F ₅	1100	49	4.4
F ₆	890	4	0
G ₁	970	15	1.5
G ₂	640	35	5.4
G ₃	970	19	1.9

Estación 2

	No. Gr.	No. teñ.	%
A ₁	978	0	0
A ₂	730	0	0
A ₃	1270	0	0
A ₄	1350	0	0
A ₅	1080	0	0
A ₆	1130	0	0
B ₁	1300	0	0
B ₂	750	0	0
B ₃	980	19	1.9
B ₄	1050	85	8.0
B ₅	990	1	0
B ₆	780	0	0
C ₁	940	81	8.0
C ₂	680	40	5.8
C ₃	830	23	2.6
C ₄	1200	147	12.0
C ₅	950	75	7.9
C ₆	730	0	0
D ₁	1070	211	19.7
D ₂	890	136	15.2
D ₃	1200	137	11.4

Sitio A.

Estación 2

	No. Gr.	No. Teñ.	%
D ₄	1340	217	16.2
D ₅	920	24	2.6
D ₆	680	0	0
E ₁	940	85	9.0
E ₂	1110	130	11.8
E ₃	890	47	5.2
E ₄	1230	184	14.9
E ₅	720	29	4.0
E ₆	1010	8	.7
F ₁	670	12	1.8
F ₂	980	32	3.1
F ₃	720	62	8.6
F ₄	1290	150	11.6
F ₅	812	30	3.6
F ₆	527	3	0
G ₁	1150	5	.4
G ₂	980	43	4.3
G ₃	795	38	4.8

SITIO E ESTACION No 1

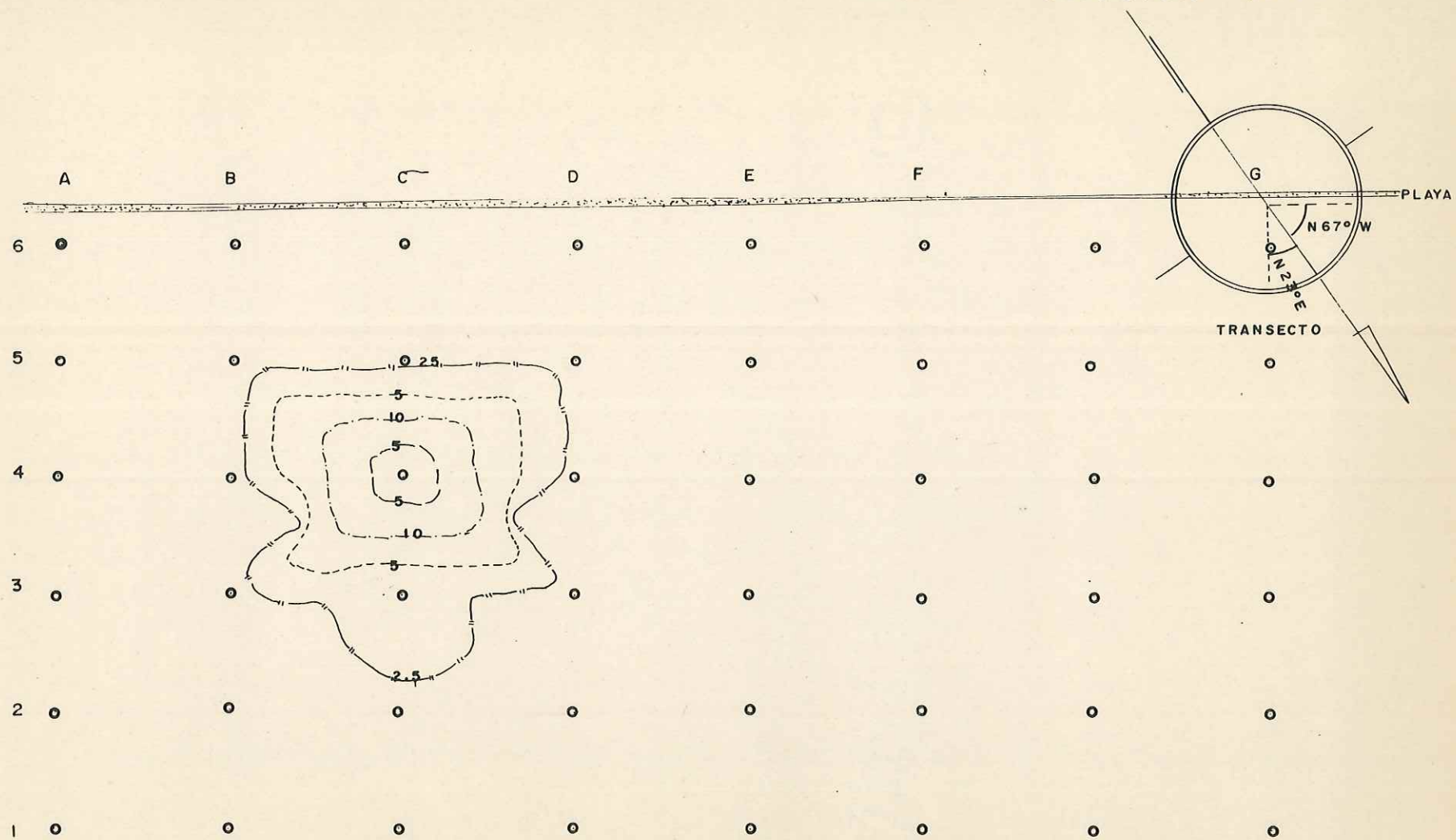


FIGURA No 5

SITIO E ESTACION No 2

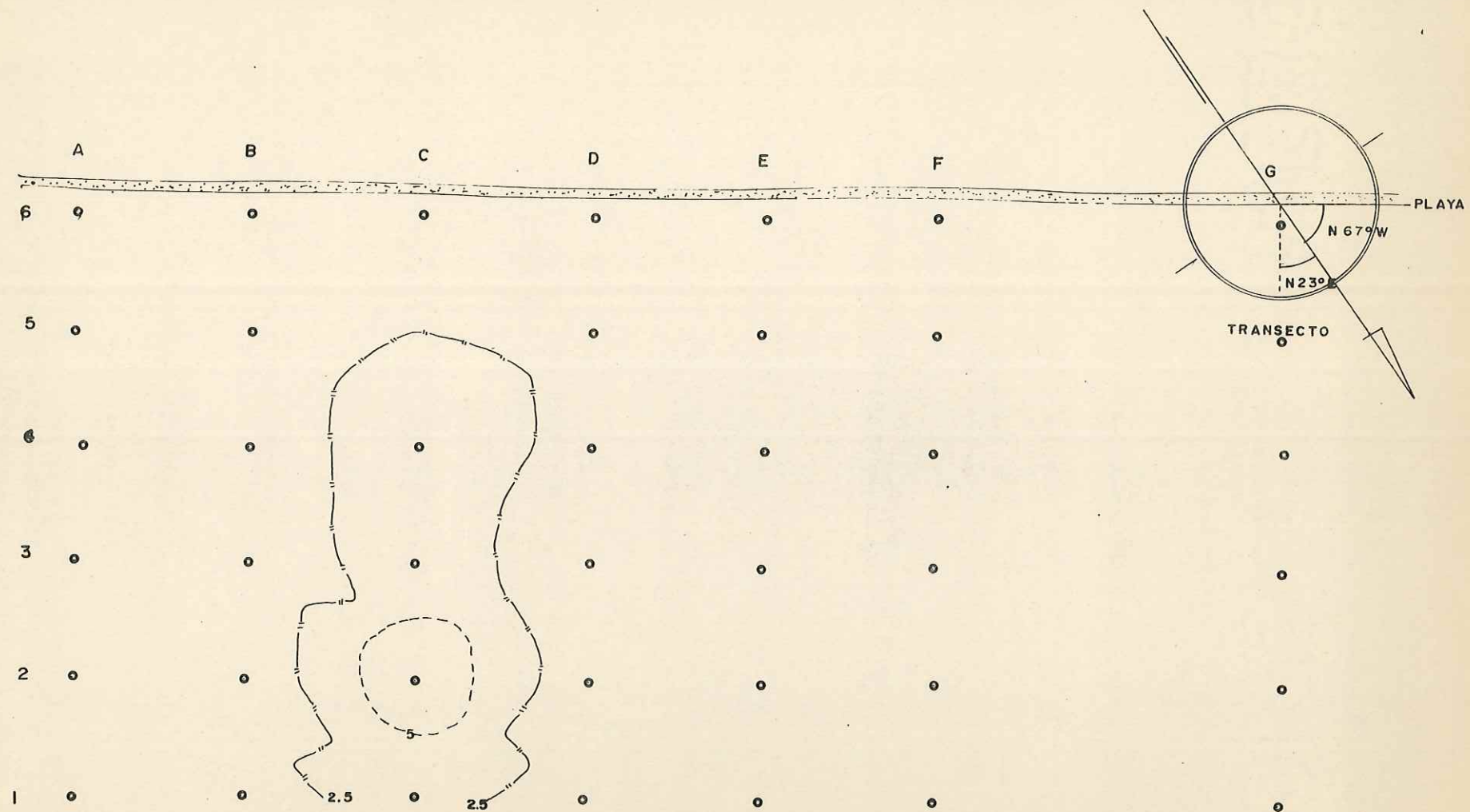


FIGURA No 6

SITIO A ESTACION No. 1

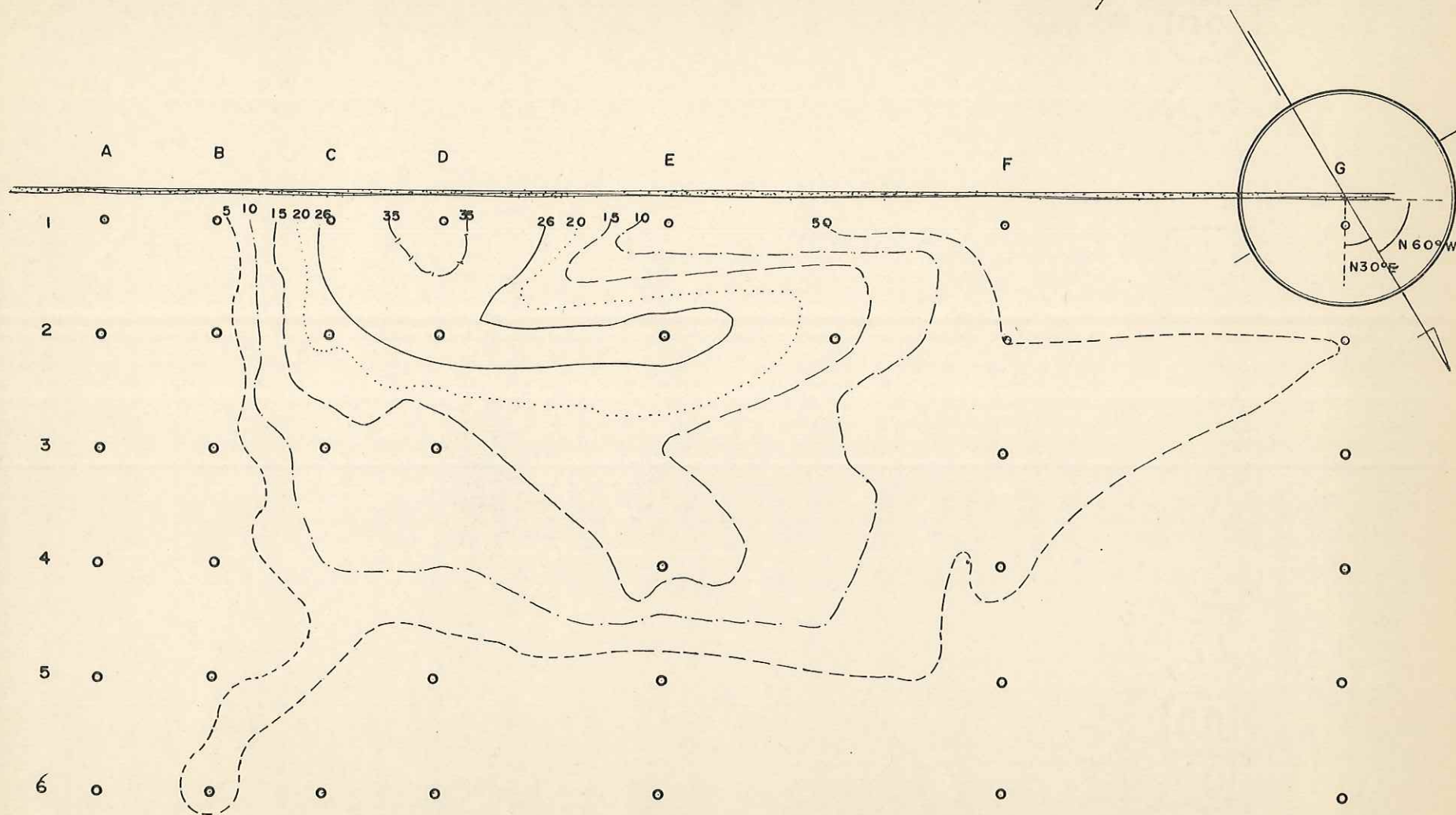


FIGURA No 7

1 m.
ESCALA

SITIO A ESTACION No. 2

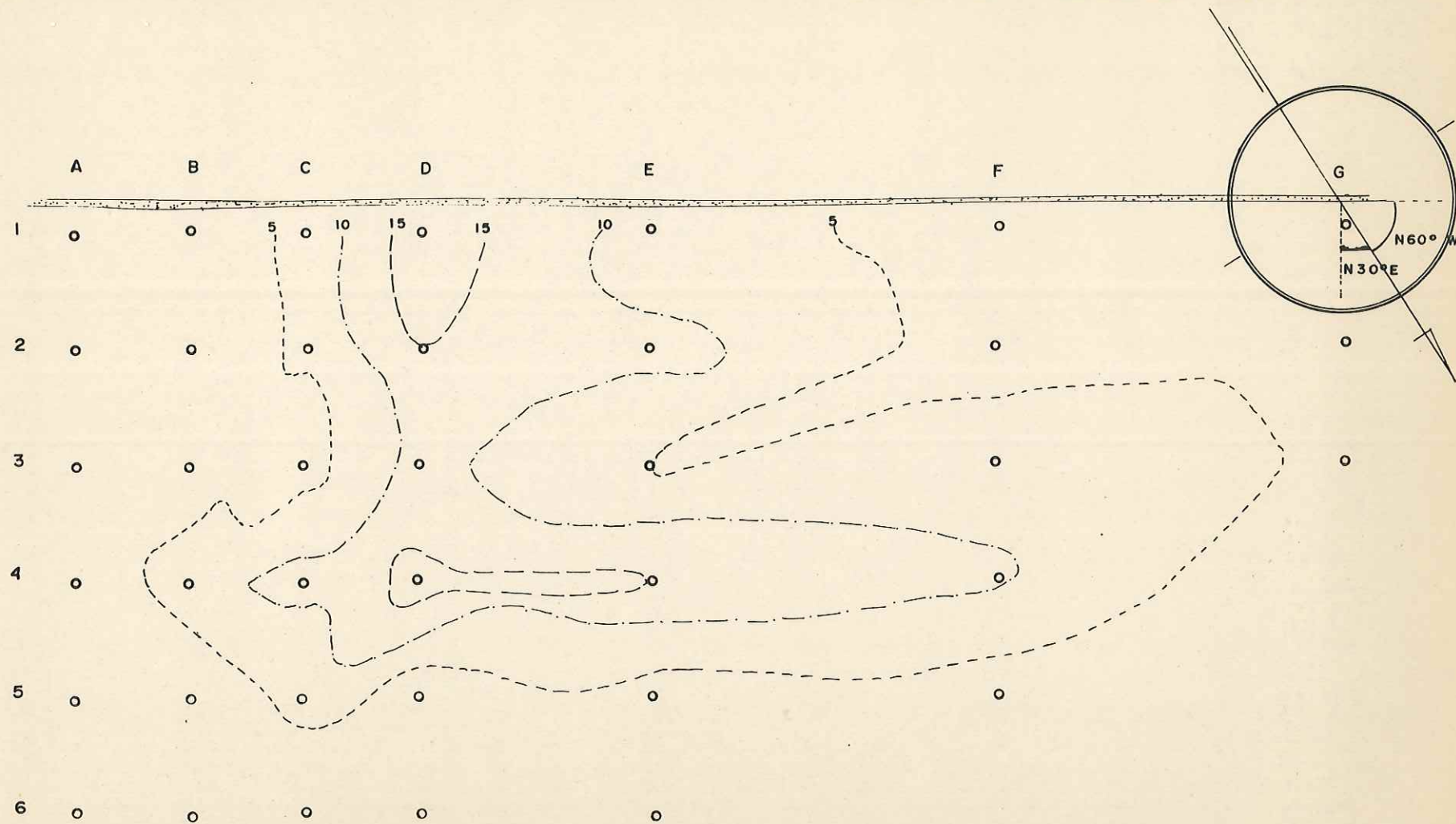


FIGURA No 8

MÉTODOS DE LABORATORIO.

A.- TÉCNICA DE CONTEO.

Para determinar la cantidad de granos concentrados en cada punto de las estaciones, fué necesario trazarse - una rutina de trabajo aplicable a las 162 muestras obtenidas en el campo:

a.- Se retiraron las muestras del refrigerador y se dispusieron en envases especiales para entrar al secado.

b.- Para el secado, fué necesario colocar las muestras - por 24 horas dentro de las muflas, a una temperatura constante de 60°C.

c.- Ya deshidratadas, se tomaron muestras representativas de 500 a 1000 granos para iniciar el conteo.

d.- Por medio de un microscopio estereoscópico, se cuantifican los granos en total, y por medio de aplicar luz ultravioleta se anotan los teñidos o fluorescentes.

Ya obtenido el número de granos teñidos en cada estación, (Tablas), se procede a hacer la gráfica de los datos, figuras 5, 6, 7 y 8.

B.- ANÁLISIS DE TAMAÑO DE LOS GRANOS.

El procedimiento seguido para el análisis granulométrico, fué mecánico, es decir, cada muestra fué tamizada por un lapso total de 60 min. en el agitador. Los tamices

utilizados corresponden a la numeración de la U. S. Standar Sieve Mesh #, y entre paréntesis su valor correspondiente a la escala en ϕ .

Con rectícula de alambre y sin número (-4 ϕ)

5 (-2 ϕ)	45 (1.5 ϕ)
10 (-1 ϕ)	60 (2 ϕ)
18 (0 ϕ)	80 (2.5 ϕ)
25 (.5 ϕ)	120 (3 ϕ)
35 (1 ϕ)	230 (4 ϕ)

C.- REPRESENTACION GRAFICA.

Para obtener representaciones gráficas que -- facilitaran la comparación y el estudio de los datos obtenidos en el análisis del tamaño de las partículas de los sedimentos, se obtuvieron curvas granulométricas de por cientos -- acumulativos, colocando los valores de los distintos grados -- límites de los tamaños de las partículas en papel de probabilidad, colocando en el eje de las abscisas las unidades ϕ y -- en el eje de las ordenadas la escala de 0 a 100 por ciento.

La escala más comunmente usada para determinar el tamaño de las partículas de un sedimento, es la escala de Wentworth, propuesta por Udden (1898). Esta escala forma una -- escala geométrica en la que cada grado límite es sucesivamente la mitad del tamaño subsecuente o el doble del tamaño anterior.

Se puede expresar: $E = 2^{-\phi}$

en la que E es el diámetro en mm y ϕ es un exponente tal, que para cualquier valor de E, tiene un correspondiente valor negativo. El signo negativo se adoptó por conveniencia, para - que los valores de E menores de la unidad sean positivos.

Ahora bien, si se toma el logaritmo de la base 2 de la expresión anterior, tenemos que:

$$\phi = -\log_2 E.$$

Que es la ecuación fundamental de la escala ϕ . Esta escala ϕ , fué ideada por Krumbein y es mucho más conveniente para representar los datos cuando están expresados en milímetros. Por esto, en el desarrollo de este trabajo, se - ha empleado únicamente la escala ϕ tanto en la representación gráfica de los datos como en la obtención de los parámetros estadísticos.

Las muestras analizadas normalmente forman una curva en forma de "S". Las ventajas que presentan estas curvas son: Que todos los parámetros estadísticos pueden leerse exactamente en dicha gráfica. Además, se pueden comparar las muestras cuantitativamente con la determinación de los parámetros estadísticos. Otra ventaja es que la forma de la curva es independiente de los tamices usados, y además, es el método más comunmente usado en la actualidad para la representación gráfica de los datos obtenidos en el análisis de los sedimentos.

D.- PARAMETROS ESTADISTICOS USADOS.

Los sedimentos han sido clasificados de acuerdo con los valores obtenidos, de los siguientes parámetros estadísticos tomados directamente de Inman y Chamberlain (1955).

a.- Diámetro medio (Md).- Es el diámetro de las partículas correspondientes a la marca del 50 por ciento de la curva granulométrica y su valor puede ser expresado en milímetros ó en unidades ϕ . Es el parámetro estadístico más comunmente usado y el más facil de determinar. El valor del diámetro medio no es afectado por los extremos de la curva, por lo cual, no expresa todos los tamaños del sedimento; sin embargo, es un dato de gran valor al obtener el grado de simetría y algunas propiedades físicas de un sedimento, tales como esfericidad, redondez, etc.

b.- Grado de clasificación ($\sigma\phi$) conocido también como desviación gráfica standard (Folk, 1959).- Se obtiene a partir de dos valores de la curva granulométrica, abarcando la porción medida del 68 por ciento de la parte central de la curva comprendida entre los diámetros percentiles 84 y 16, determinándose su valor de la siguiente relación:

$$\phi = 1/2 (\phi_{84} - \phi_{16})$$

Hay que hacer notar que esta relación nos da una medida, de la uniforme distribución en unidades ϕ del tamaño de las partículas, por lo que, el signo ϕ debe estar -

siempre sumado a los valores del grado de clasificación de se
dimento.

Para un gran número de muestras, Folk (1959) -
ha sugerido la siguiente clasificación práctica:

Sedimentos muy bien clasificados para valores menores de
0.35 ϕ .

Sedimentos bien clasificados de 0.35 ϕ a 0.50 ϕ .

Sedimentos moderadamente bien clasificados de 0.50 ϕ a -
0.51 ϕ .

Sedimentos moderadamente clasificados de 0.71 ϕ a 1.00 ϕ .

Sedimentos pobremente clasificados de 1.00 ϕ a 2.00 ϕ .

Sedimentos muy pobremente clasificados de 2.00 ϕ a --
4.00 ϕ .

Sedimentos extremadamente mal clasificados, para valores
mayores de 4.00 ϕ .

La mejor clasificación obtenida por un sedimento natural
se localiza entre 0.20 ϕ a 0.25 ϕ

c.- Mediciones de simetría ó Skewness (Sk_q). - Las curvas
pueden ser similares en el promedio de los tamaños y clasifica
ción, pero una puede ser simétrica y otra asimétrica. El cuar
til Skewness (Sk_q ϕ), nos da el grado de simetría de la curva
así como el signo positivo o negativo, para saber cuanto una
curva tiene cola simétrica a la izquierda o a la derecha. El -
signo positivo indica que es o existe en el sedimento un exce
so de material fino (la curva de por ciento acumulativo nos -

mostrará una cola hacia la derecha); el signo negativo indica un exceso de material grueso (la curva mostrará una curva hacia la izquierda).

Este cuartil es calculado a partir de la siguiente expresión:

$$Skq = \frac{M \phi - Md \phi}{\sigma \phi}$$

En donde $M \phi$ es igual $1/2 (\phi 84 + \phi 16)$, es un valor del diámetro de los granos.

Los siguientes límites son sugeridos en la siguiente forma:

Bastante finos de + 1.00 a + 0.30

finos de + 0.30 a + 0.10

Simétricos de + 0.10 a - 0.10

Gruesos de - 0.10 a - 0.30

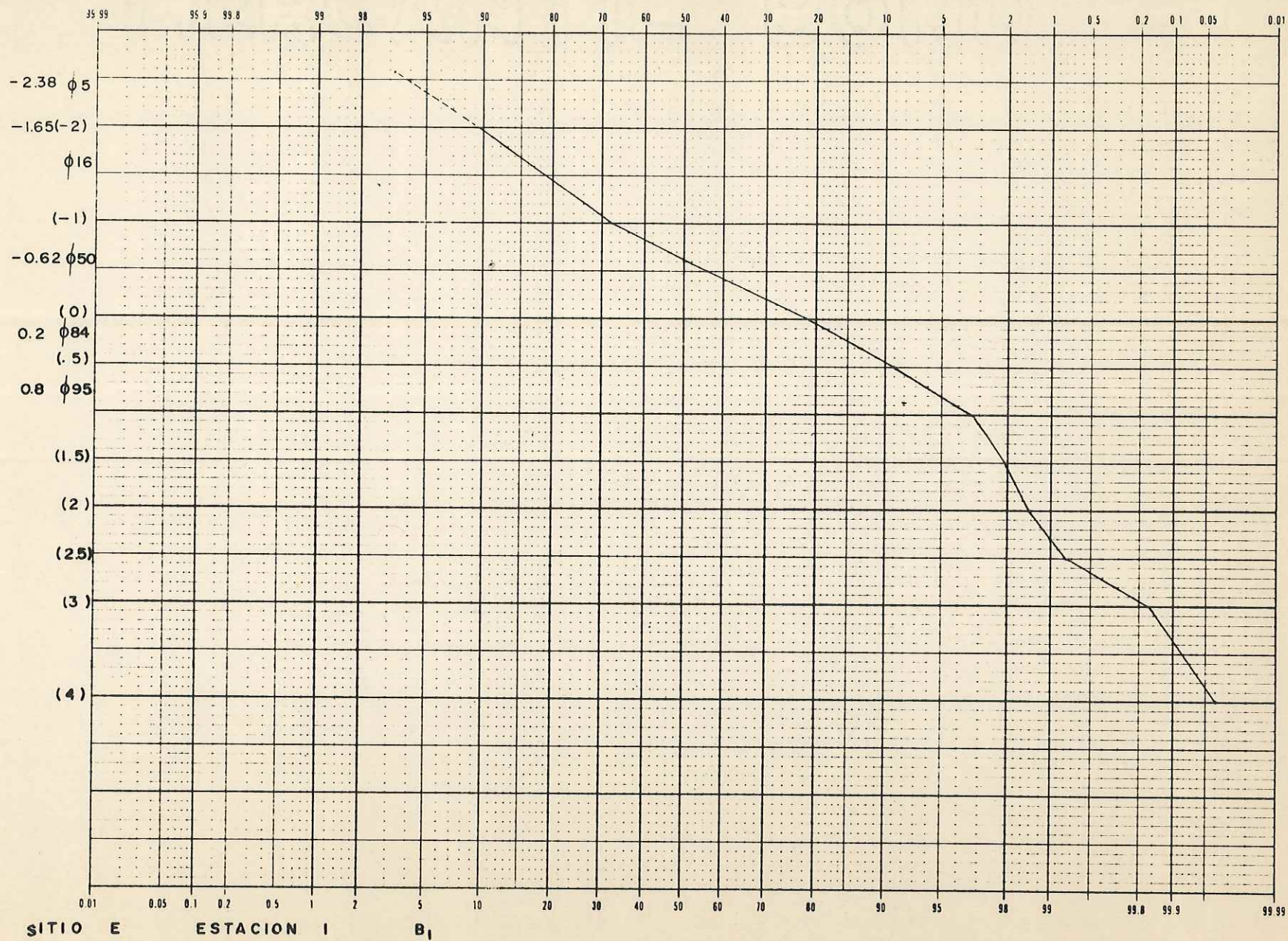
Bastante gruesos de - 0.30 a - 1.00

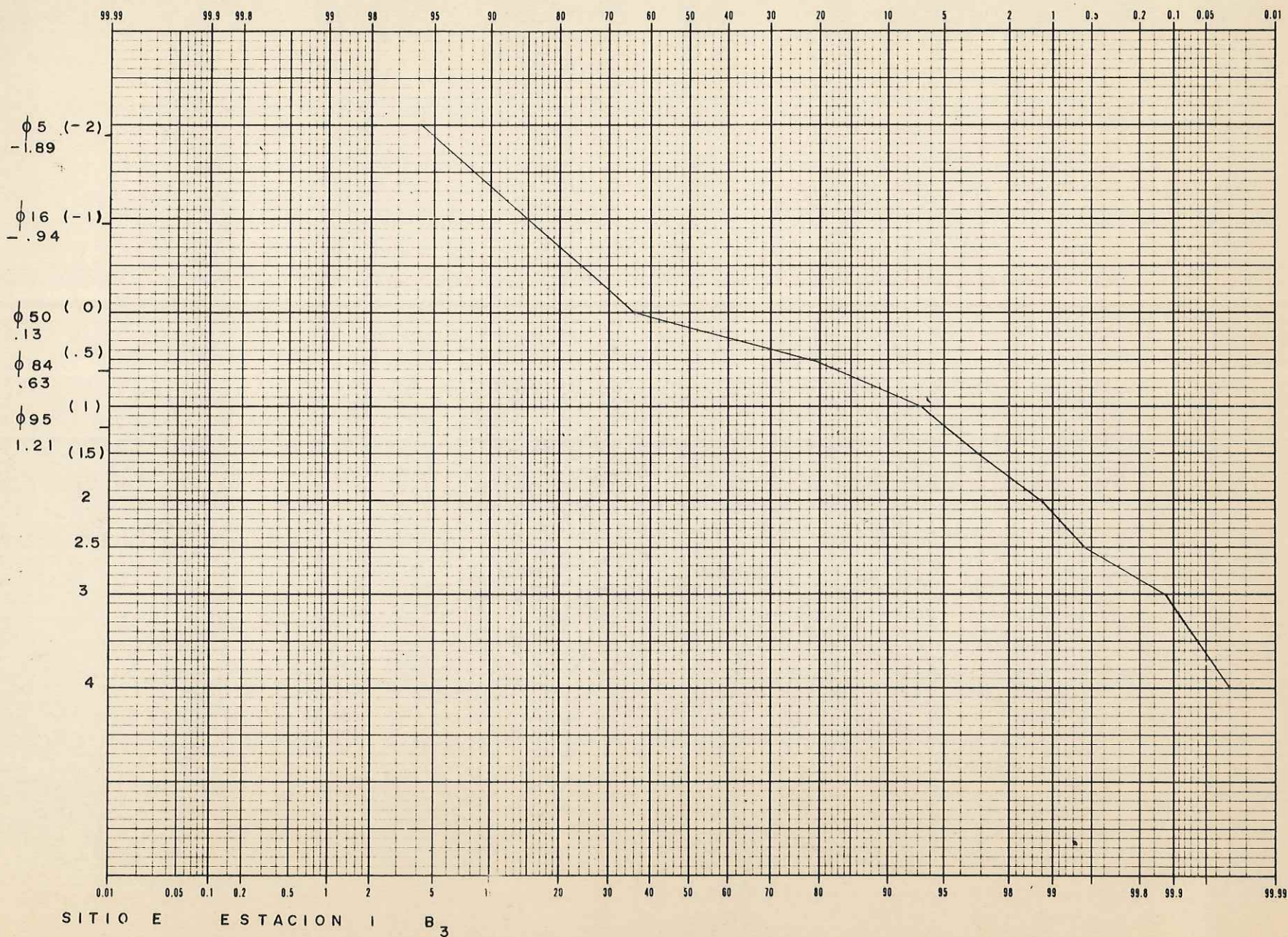
Sitio E	Est. 1	B ₁	%	%	B ₃	%	%	B ₆	%	%
	-2 Ø	3.66	9.23	9.23	1.77	4.12	4.12	1.12	3.15	3.15
	-1	8.65	21.82	31.05	2.62	6.10	10.22	.24	0.67	3.82
	0	18.81	47.45	78.50	11.35	26.43	36.65	.42	1.18	5.00
	.5	5.30	13.37	91.87	18.10	42.15	78.80	2.46	6.93	11.93
	1	1.96	4.94	96.81	6.18	14.39	93.19	3.28	9.24	21.17
	1.5	.43	1.09	97.90	1.60	3.72	96.91	3.77	10.62	31.79
	2	.25	0.63	98.53	.80	1.86	98.77	5.25	14.79	46.58
	2.5	.27	0.68	99.21	.29	0.67	99.44	7.65	21.56	68.14
	3	.25	0.63	99.84	.19	0.44	99.88	11.17	31.48	99.62
	4	.06	0.12	99.96	.04	.09	99.97	0.12	0.30	99.92
TOTAL:		<u>39.64</u>			<u>42.94</u>			<u>35.48</u>		

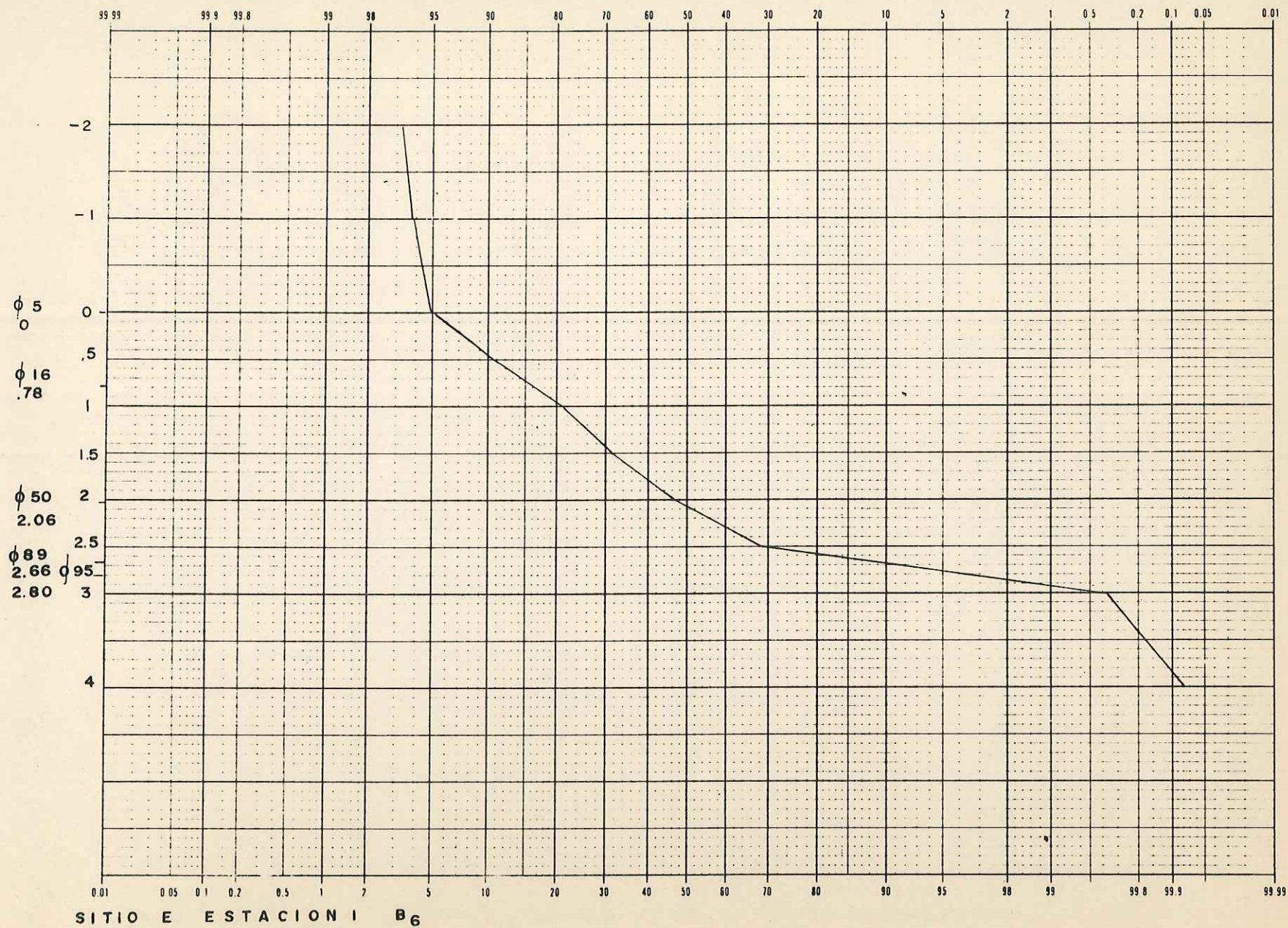
	Est. 2	C ₁	%	%	C ₃	%	%	C ₆	%	%
	-2 Ø	2.48	6.18	6.18	1.20	2.79	2.79	1.02	2.74	2.74
	-1	3.07	7.65	13.83	1.95	4.54	7.33	.45	1.21	3.95
	0	10.25	25.54	39.37	9.36	21.80	29.13	2.39	6.43	10.38
	.5	14.32	35.69	75.06	16.23	37.80	66.93	5.90	15.89	26.27
	1	7.18	17.89	92.95	9.90	23.06	89.99	4.83	13.00	39.27
	1.5	2.02	5.03	97.98	2.27	5.28	95.27	4.49	12.09	51.36
	2	.53	1.32	99.30	1.10	2.56	97.93	7.12	19.17	70.53
	2.5	.12	0.29	99.59	.63	1.46	99.29	6.72	18.09	88.62
	3	.08	0.19	99.78	.24	0.55	99.84	4.19	11.28	99.90
	4	.07	0.17	99.95	.05	0.11	99.95	.02	0.53	100.43
TOTAL:		<u>40.12</u>			<u>42.93</u>			<u>37.13</u>		

Sitio A	Est. 1	C ₁	%	%	C ₃	%	%	C ₆	%	%
	-2				2.62	7.12	7.12	1.92	4.67	4.67
	-1	3.07	7.68	7.68	6.50	17.68	24.80	6.45	15.70	20.37
	0	15.84	39.65	47.33	6.57	17.87	42.67	14.26	34.72	55.09
	.5				6.85	18.63	61.30	12.65	30.80	85.89
	1	10.66	26.69	74.02	5.41	22.87	84.17	3.24	7.88	93.77
	1.5	5.80	14.52	88.54	4.52	12.29	96.46			
	2	4.35	10.89	99.43	1.08	2.93	99.39	2.12	5.16	98.93
	2.5	.12	0.30	99.73	.13	0.35	99.74	.22	0.53	99.46
	3	.03	0.07	99.80	.03	0.08	99.82	.11	0.26	99.72
	4	.07	0.17	99.97	.05	0.13	99.95	.10	0.24	99.96
TOTAL:		<u>39.94</u>			<u>36.76</u>			<u>41.07</u>		

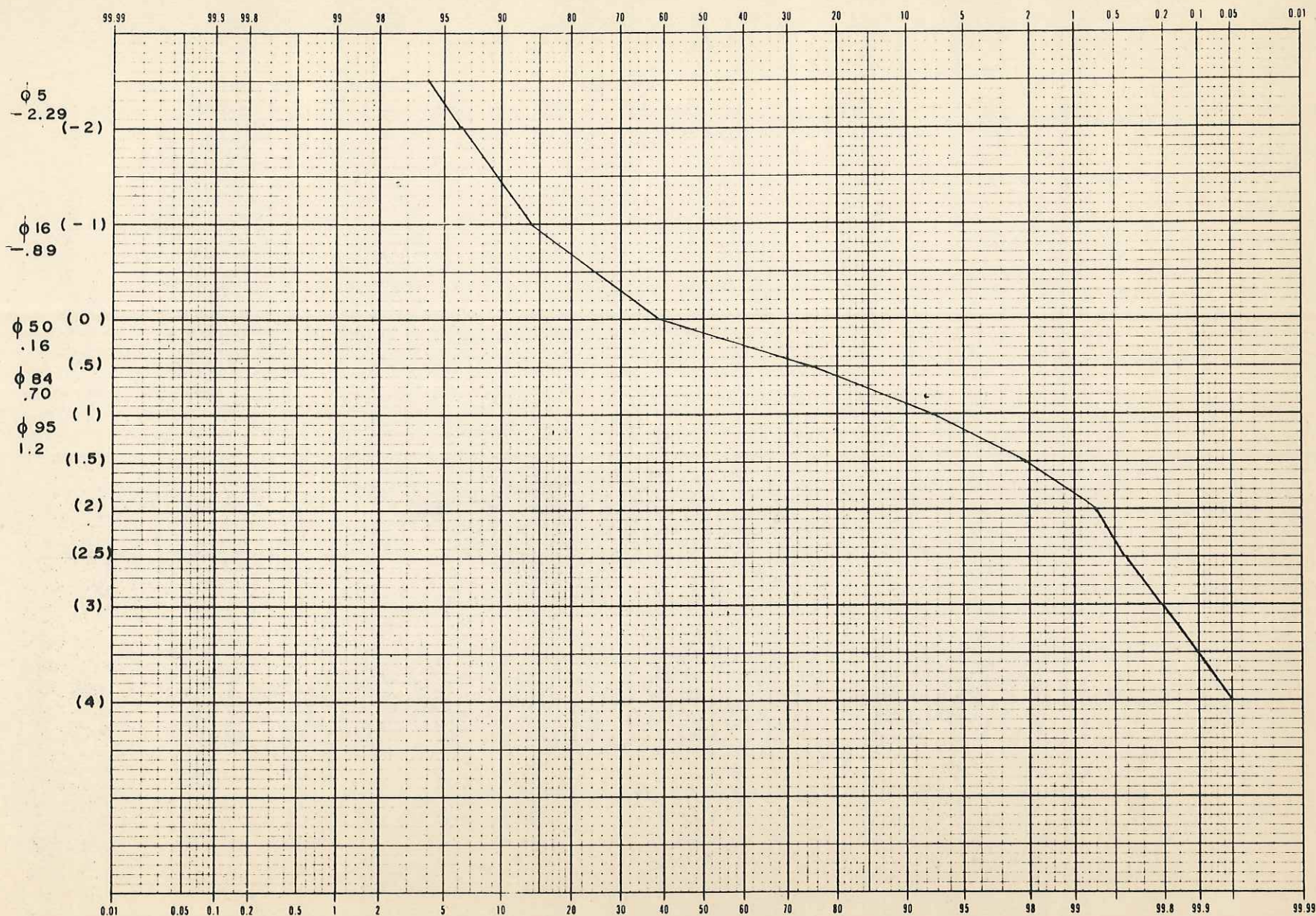
Est. 2	E ₁	%	%	E ₃	%	%	E ₆	%	%
-2	.99	2.55	2.55	1.16	2.79	2.79	1.34	3.20	3.20
-1	4.90	12.66	15.21	3.68	8.35	11.64	3.74	8.93	12.13
0	15.66	40.46	55.67	8.79	21.14	32.78	12.19	29.12	41.25
.5	4.60	11.88	67.55	7.19	17.29	50.07	15.81	37.77	79.02
1	5.45	14.08	81.63	11.76	28.28	78.35	5.96	14.24	93.26
1.5	6.28	16.22	97.85	6.86	16.50	94.85	1.68	4.01	97.27
2	.75	1.93	99.78	1.81	4.35	99.38	.79	1.88	99.15
2.5	.05	0.12	99.90	.2	0.48	99.86	.21	0.50	99.65
3	.01	0.02	99.92	.05	0.12	99.98	.09	0.21	99.86
4	.01	0.02	99.94	.07	0.16	100.14	.04	0.09	99.95
	<u>38.70</u>			<u>41.57</u>			<u>41.85</u>		



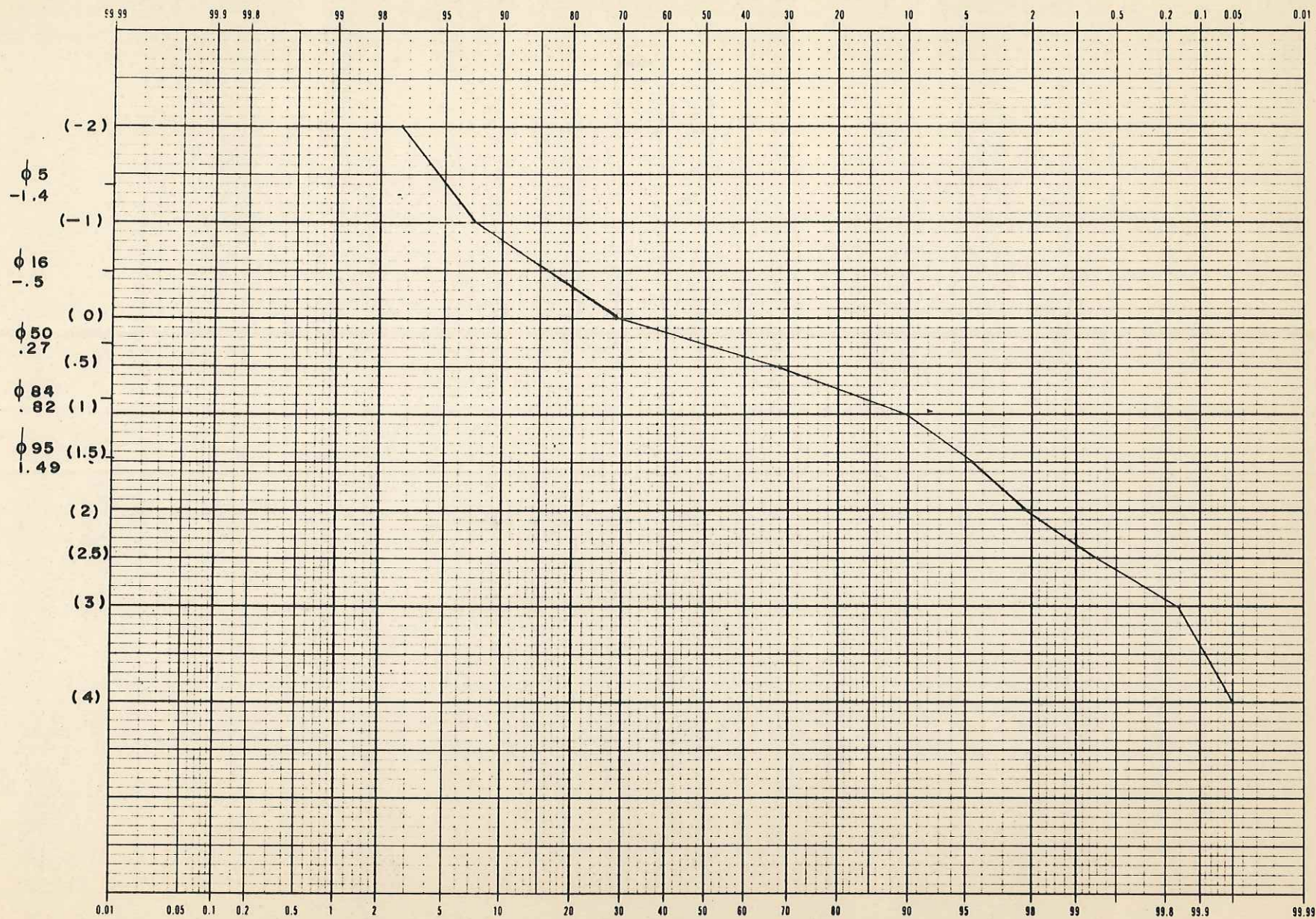




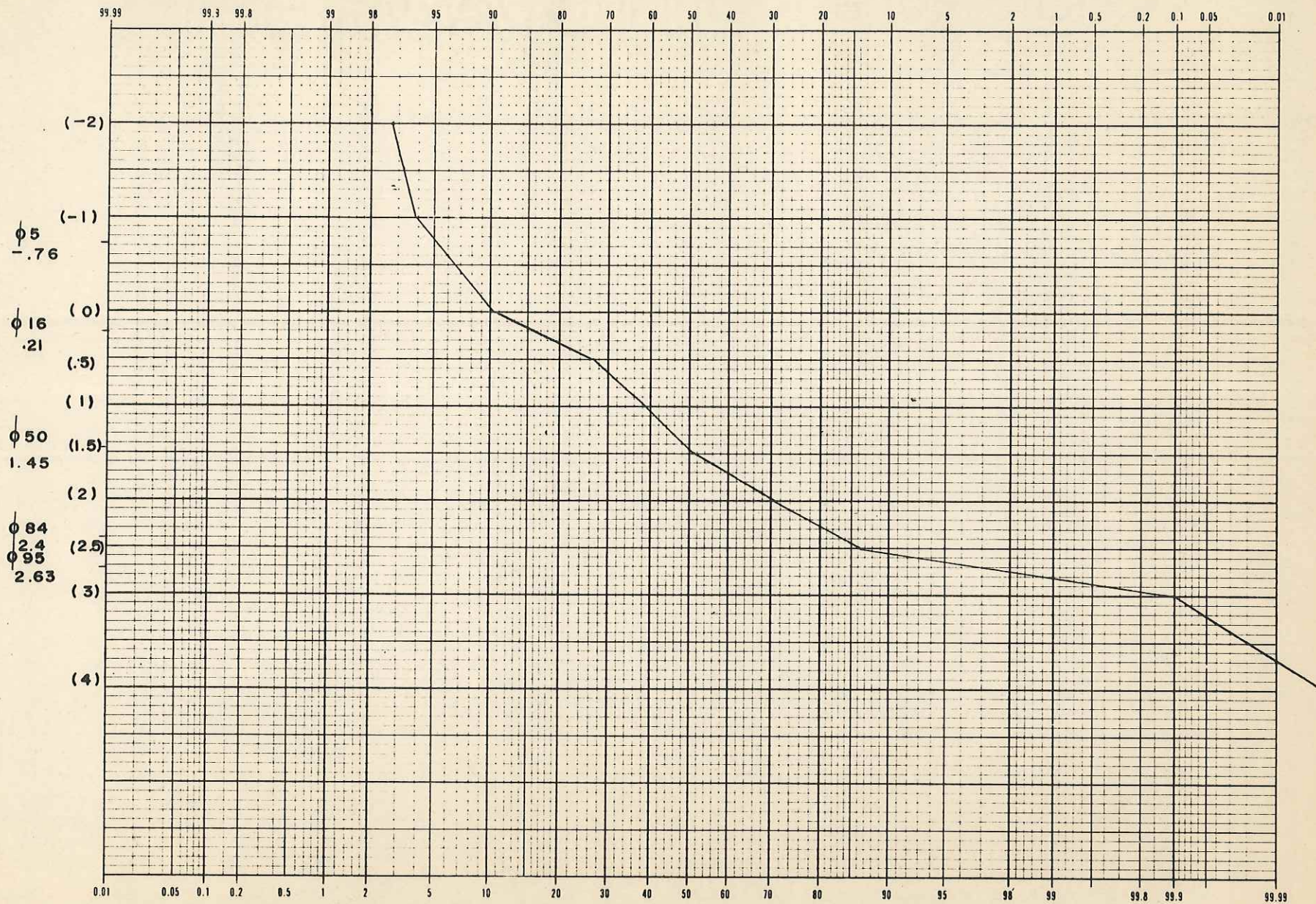
SITIO E ESTACION I B₆



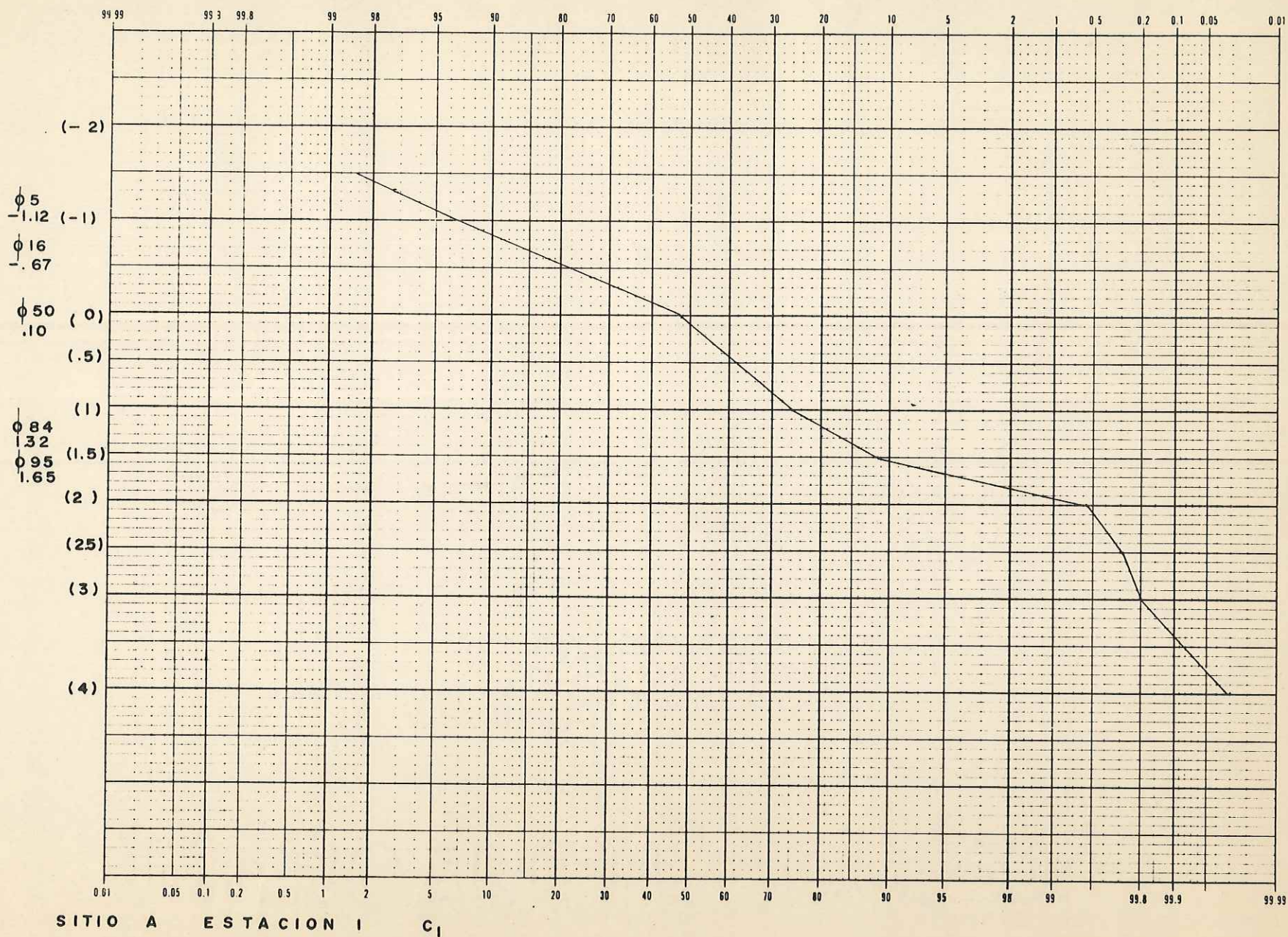
SITIO E ESTACION 2 C₁

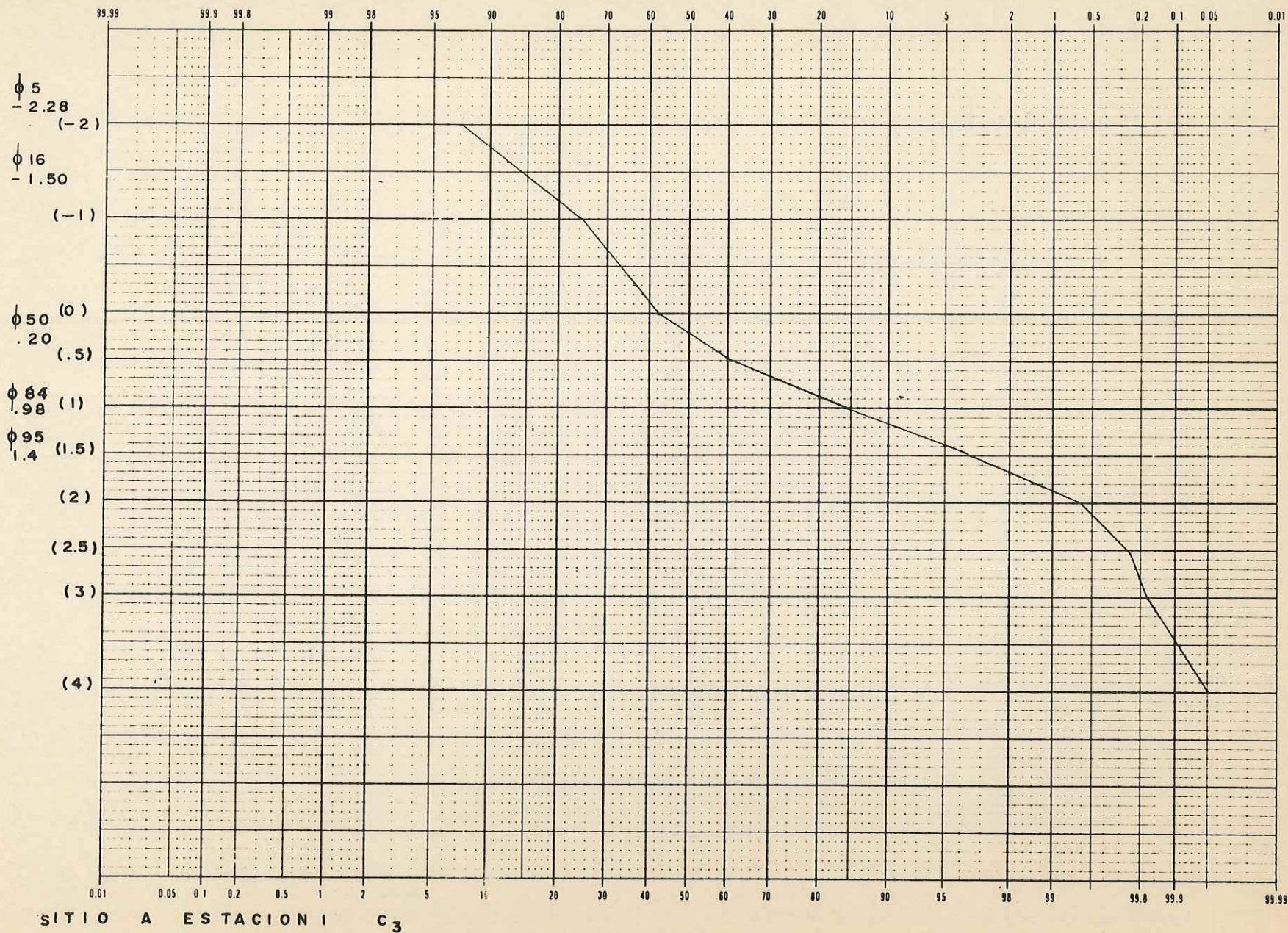


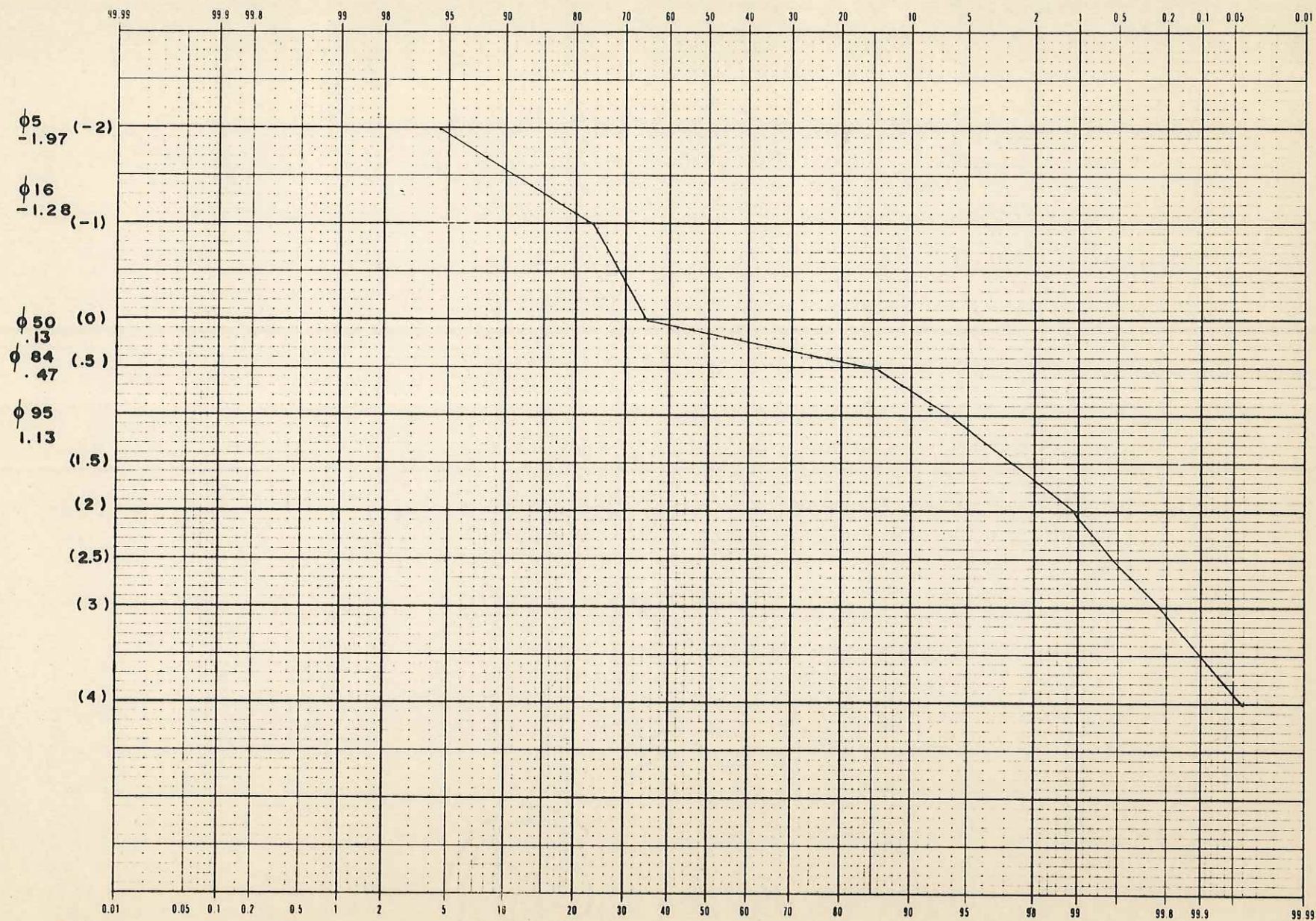
SITIO E ESTACION 2 C₃



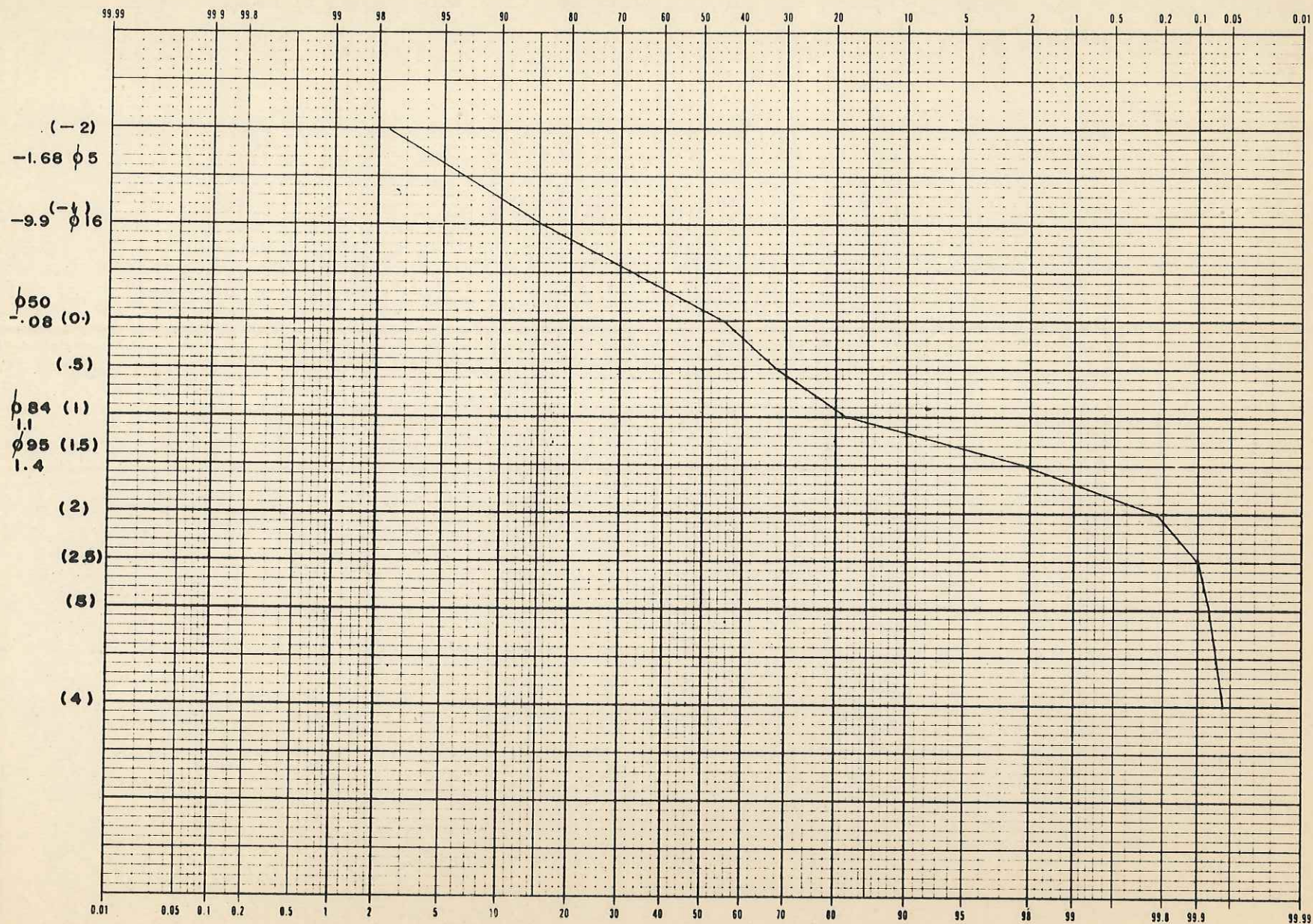
SITIO E ESTACION 2 C₆



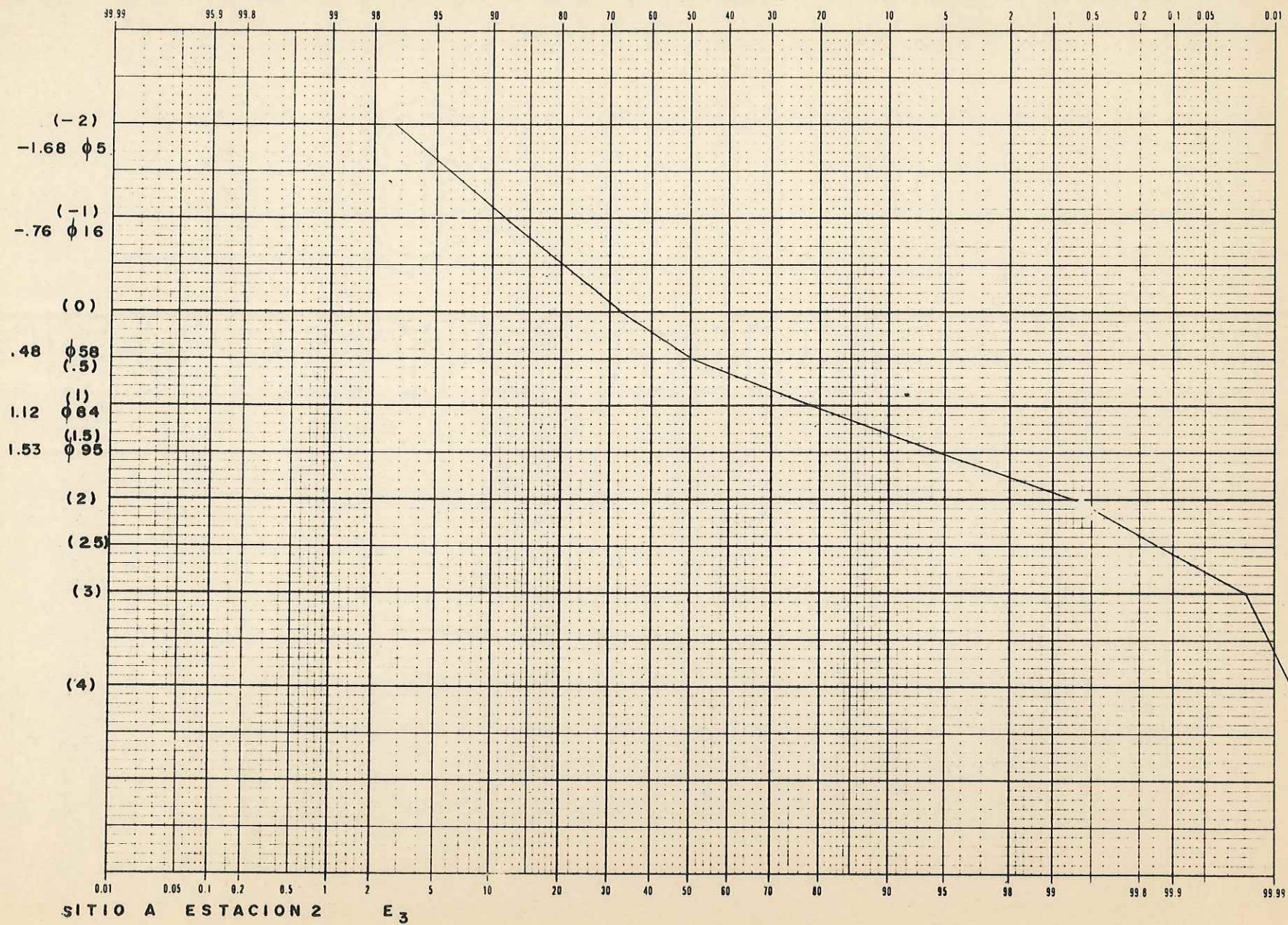


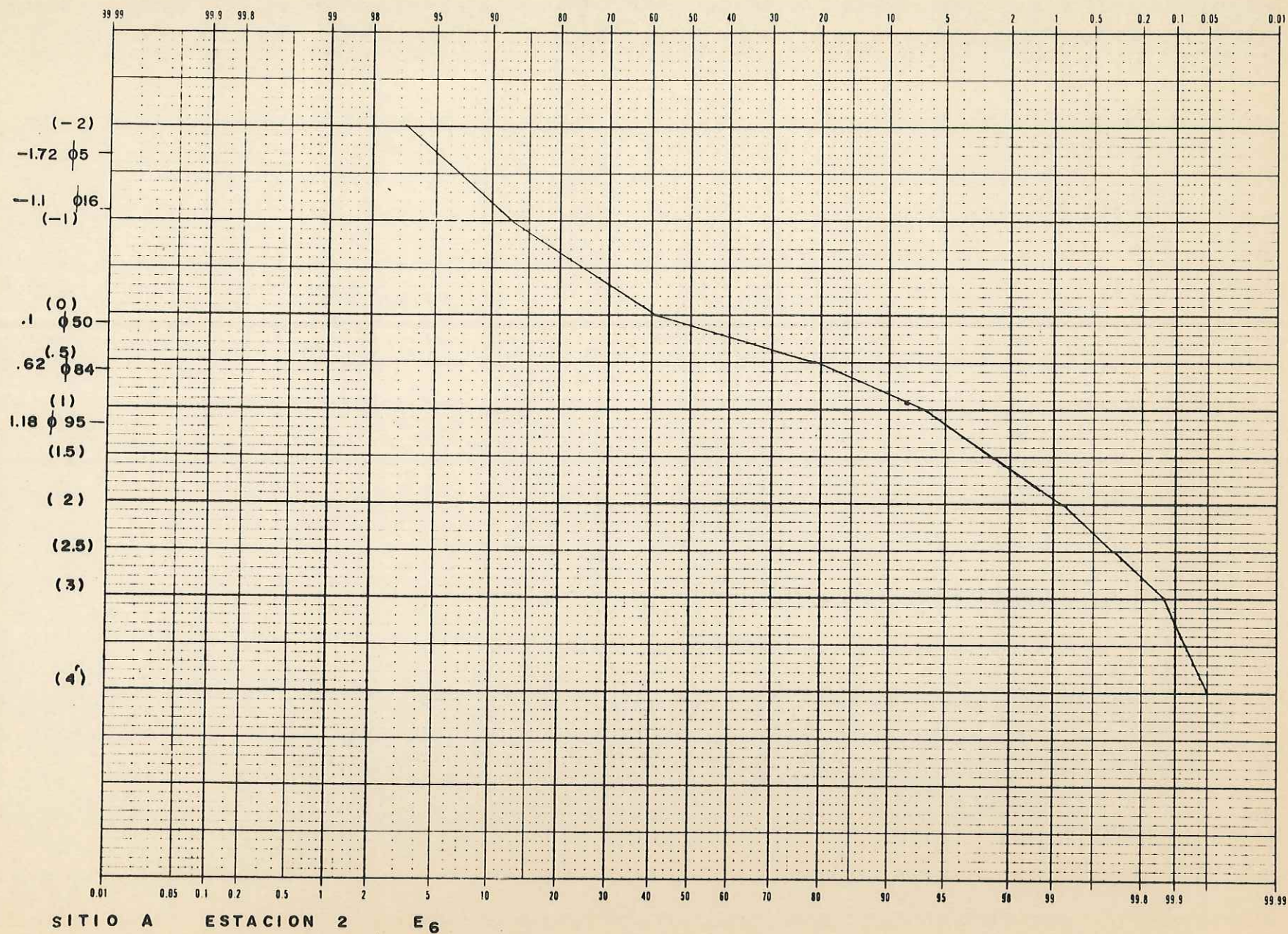


SITIO A ESTACION I C 6



SITIO A ESTACION 2 E₁





ANALISIS DE DATOS GRANULOMETRICOS:--

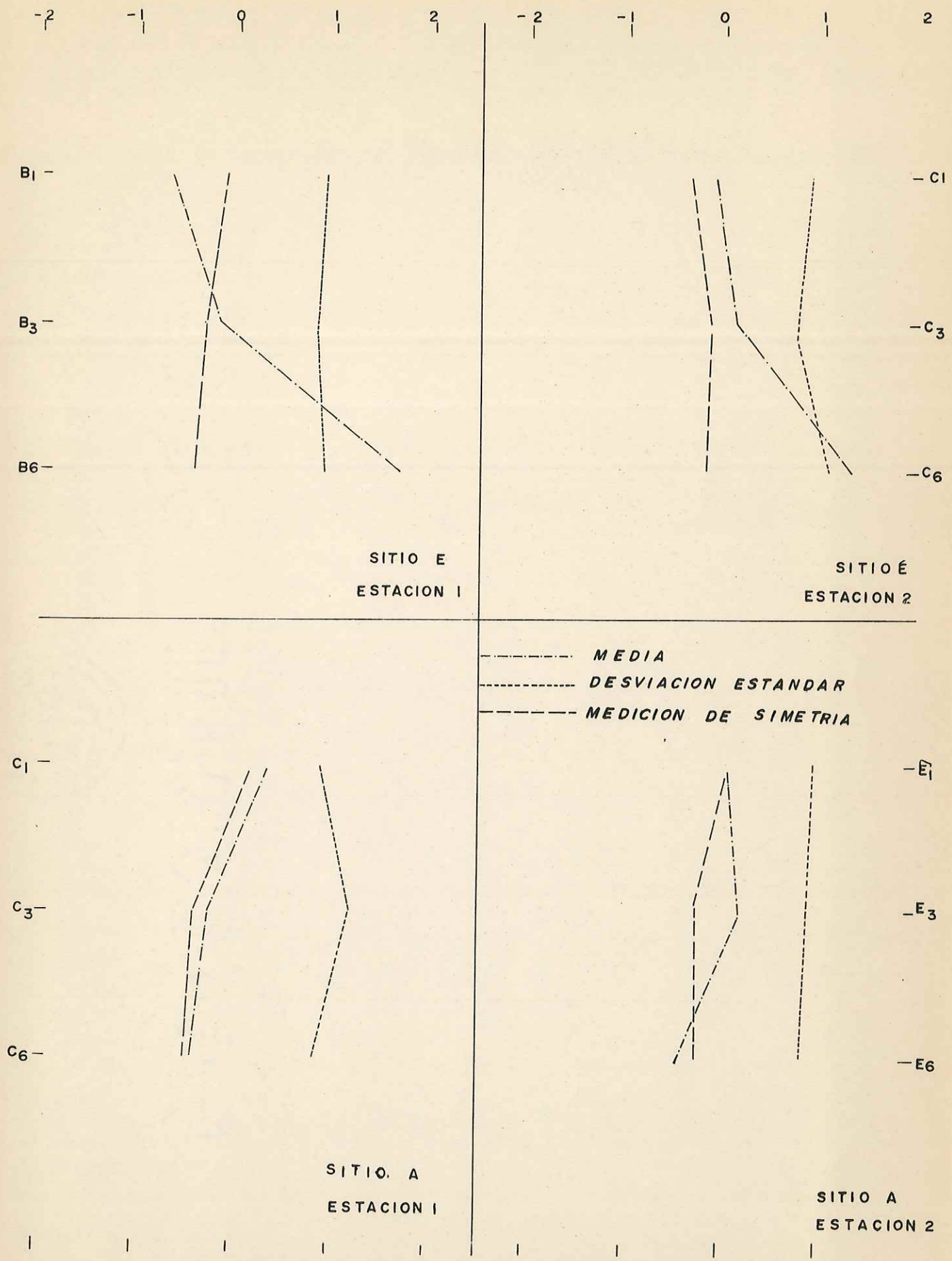
Según se muestra en la gráfica número 14, la distri
bución del material sedimentario fué de la forma siguiente:

Sitio E.--

La distribución media, indica un aumento de material fino al -
aproximarse a la zona de playa. Con respecto al grado de clasifica
ción, se encuentran moderadamente clasificados, mientras que la me
dición de simetría muestra un aumento de tamaño a medida que la --
profundidad se incrementa.

Sitio A.--

En el Mar Tileme, el material fino permanece en la parte pro
funda, su grado de clasificación es pobre mientras que la medición
de simetría no define la situación del tamaño al existir una defi
ciente clasificación.



CONCLUSIONES:

Los resultados obtenidos de los experimentos en la barra interna y externa del complejo de las Lagunas Superior e Inferior en el Estado de Oaxaca, México, utilizando una de las técnicas del Dr. Douglas Inman con el fin de medir el transporte litoral, son las siguientes:

- 1.- SITIO E.- El transporte de sedimentos es poco apreciable encontrándose la acumulación y erosión equilibradas. La causa de ello es el ángulo en que las olas llegan a la playa y de la formación de una corriente de fondo, menor intensidad y de sentido contrario la cual permite la barra posiblemente permanecer estable de acuerdo con lo observado tanto en el trabajo que se expone como en fotos aéreas.
- 2.- SITIO A.- En la barra externa el sedimento se acumula rápidamente hacia el Oeste en el Mar Tileme, resultando una depositación y como consecuencia la profundidad y superficie de esta Laguna Costera se ha reducido.
- 3.- PROCESOS DINAMICOS: El principal agente dinámico dominante es el viento, el cual en su primera etapa transporta material a lo largo de la Laguna hasta sus

márgenes y es ahí, donde genera olas y corrientes transportando el sedimento al lado opuesto.

4.- Los procesos existentes en estas barras costeras son similares a los existentes en cuerpos de agua abiertos, pero en estos últimos se encuentran variantes y condiciones complejas que afectan al transporte de sedimentos, como lo son las irregularidades topográficas y la sobreposición de trenes de olas que ocasionan trastornos en la dirección de las olas al reventar en la playa.

5.- Esta técnica ha dado resultados satisfactorios en el estudio de transporte de sedimentos en Lagunas Costeras, su aplicación en cuerpos de agua abiertos proporcionaría gran ayuda para el entendimiento de dichos procesos.

BIBLIOGRAFIA.

- Byrne, J. V., and Kulm, L. D., " Natural Indicators Of Estuarine Sediment Movement, " Journal Of Water Ways and - Harbors Division, Vol. 93, May, 1967.
- Eaton, R. O., "Littoral Processes on Sandy Coasts," Proceedings Of The First Conference On Coastal Engineering, 1950.
- Galvin, C. J., "Longshore Current Velocity: A Review Of --- Theory And Data," Reviews Of Geophysics Vol. 5 No. 3 Aug. 1967.
- Ingle, J. C., "The Movement Of Beach Sand", Elsevier Publishing Co., New York, N. Y., 1966.
- Inman, D. L. and Chamberlain, T. K., "Tracing Beach Sand Movement With Irradiated Quartz", Journal Of Geophysical Research, Vol. 64 no. 1, Jan., 1959.
- Inman, D. L. and Komar, P. D., "Longshore Transport Of Sand", Contribution from S. I. O., University of California, La Jolla, Calif.
- Inman, L. D., "Littoral Processes And The Development Of --- Shorelines", Reprint of Coastal Engineering, Santa - Barbara Conference, 1965.
- Inman, D. L., "Flume Experiments On Sand Transport by Waves and Currents", from Conference on Coastal Engineering 8th., Mexico, City, 2-10 November, 1962.
- Inman, D. L. and Komar P. D., "Longshore Sand Transport on - Beaches, Vol. 75 No. 30, Journal of Geophysical Research, October, 1970.
- King, C. A. M., Beaches and Coasts, E. Arnold, C. O., London, England, 1959.
- Komar, P. D., "The Mechanics Of Sand Transport on Beaches," - Vol. 76, No. 3, Journal of Geophysical Research, Jan. 1971.

- Krumbein, W. C., "Shore Currents and Sand Movement on a Model Beach", Technical Memo. No. 7, Beach Erosion Board, - Corps. of Engineers, U. S. Army, Sept., 1944.
- Krumbein, W.C., "Statistical Significance of Beach Sampling - Methods", Technical Memo. No. 50, Beach Erosion Board Corps. of Engineers, U. S. Army, Aug., 1954.
- Noda, Hideaki, "Model Study on the Filling-up of a Fishery - Harbor, Bay Drifting Sand", Proceedings of the Tenth Conference on Coastal Engineering, Vol. 1, 1966.
- Roussell, R. C. H., "The Use of Fluorescent Tracers for the Measurement of Littoral Drift," Proceedings of the - 7th. Conference on Coastal Engineering, Vol. 1, 1960.
- Saville, T. J., "Model Study of Sand Transport Along an Infinitely Long, Straight Beach", Transactions A. G. U., Vol. 31, No. 4, Aug., 1950.
- Shepard, F. P., "Submarine Geology", Harper & Row, New York, N. Y., 1963.
- Teleki, P. G., "Fluorescent Sand Tracers", Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 36, No. 2, Jun., 1966.
- Wright, F. F., "The Development and Application of a Fluorescent Marking Technique for Tracing Sand Movements on Beaches" Technical Report No. 2 (Project No. 388-057), Geography Branch, Office of Naval Research, U. S. Department of the Navy, Washington, D. C., 1962.
- Yasso, W. E., "Use of Fluorescent Tracers to Determine Fore-- shore Sediment Transport, Sandy Hook, New Jersey", -- Technical Report No. 6 (Project No. 388-057), Geography Branch, Office of Naval Research, U. S. Department of the Navy, Washington, D.C., 1964.
- Ayala-Castañares A. / Phleger F. B., "Lagunas Costeras, un Simposio." Universidad Nacional Autónoma de México., -- 1969.
- Folk, R. L., "Petrology of Sedimentary Rocks", Hemphill's, -- 1968.