

551.4701
A679
C.2

ESTUDIO DE CORRIENTES
EN LA DESEMBOCADURA DEL RIO
ESMERALDAS

INGENIERIA DE AGUAS
ORDEN D-1852

Por

Edgar Gualberto Arellano Moncayo

INVENTARIADO 16 MAR 1981
RESPONSABLE: 

Director de Tesis

José R. Cañon

M.S. en Oceanografía Biológica

INVENTARIADO 27 MAR 1982
LE: 

TESIS DE GRADO

Para obtener el título de:

LICENCIADO EN OCEANOGRAFIA FISICA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

1975



BIBLIOTECA

ESTUDIO DE CORRIENTES
EN LA DESEMBOCADURA DEL RIO
ESMERALDAS

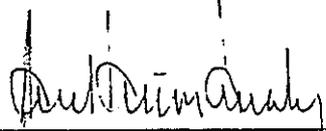
TESIS

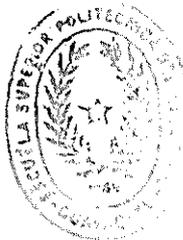
APROBADA POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MARITIMA Y
CIENCIAS DEL MAR Y POR EL HONORABLE CONSEJO
ACADEMICO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL

Firma del Autor


Edgar Gualberto Arellano Moncayo

Director de Tesis


José R. Cañón
M.S. en Oceanografía Biológica



La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tesis corresponden exclusivamente al Autor.

El patrimonio intelectual de la presente Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, en la especialidad de OCEANOGRAFIA FISICA).

A MIS PADRES

Gualberto y Loly

A G R A D E C I M I E N T O

Al Dr. José R. Cañón, por su especial colaboración y orientación en la presente Tesis.

Agradezco al Instituto Oceanográfico de la Armada, quien me brindó las facilidades necesarias para realizar esta investigación, a mis compañeros de la División de Oceanografía Física.

Mis agradecimientos en forma particular a la Srta. Patricia Jiménez, por su dedicación y presentación en el trabajo mecanográfico de esta Tesis.

C O N T E N I D O

Página

Título

Presentación

Declaración expresa

Dedicatoria

Agradecimiento

Contenido

Lista de Figuras

1. INTRODUCCION	1
1.1 Conceptos generales sobre corrientes	3
1.2 Métodos de mediciones de corrientes	6
2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	10
3. MATERIALES Y METODOS	14
3.1 Generalidades	14
3.2 Mediciones de corrientes superficiales con correntómetro.	16
3.3 Mediciones de corrientes subsuperficiales con veletas.	18
3.4 Cálculo de Corrientes de Mareas.	35
3.5 Medicion de dirección de la corriente con colorante.	35
3.6 Temperatura, Salinidad y Sigma-t.	36

C O N T E N I D O

	Página
4. RESULTADOS	38
4.1 Velocidades de Corrientes superficiales	38
4.2 Velocidades de Corrientes Subsuperficiales	40
4.3 Velocidades de Corrientes de Marea	46
4.4 Dirección de la corriente superficial	47
4.5 Salinidad, Temperatura y Sigma-t	53
4.6 Análisis de Correlación	58
5. CONCLUSIONES	62
APENDICE 1	72
APENDICE 2	76
APENDICE 3	79
APENDICE 4	84
APENDICE 5	90
APENDICE 6	92
BIBLIOGRAFIA	94

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Sitio de medición de las Estaciones.	12
2	Método de fondeo de correntómetro	15
3	Veleta empleada para la medición de corrientes	19
4	Diagrama de fuerzas en la veleta sumergida.	21
5	Relación de $\tan\theta$ versus V^2 de las diferentes combinaciones de pesos y veletas, para su calibración.	20
6	Velocidad de corriente superficial y de marea en función del tiempo.	41
7	a) Perfiles de corrientes para la estación 1.	43
	b) Perfiles de corrientes para la estación 2.	44
	c) Perfiles de corrientes para la estación 3.	45
8	La curva de mareas	47
9	Dirección de colorante lanzada en la estación 1.	49
10	Dirección de colorante lanzada en la estación 3.	50

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
11	a) Perfiles de Salinidad, Velocidad y Sigma-t para la estación 1.	55
	b) Perfiles de Salinidad, Velocidad y Sigma-t para la estación 2.	56
	c) Perfiles de Salinidad, Velocidad y Sigma-t para la estación 3.	57
12	a) Modelos de corrientes superficiales en la desembocadura del río Esmeraldas en estoa de alta.	63
	b) Modelos de corrientes superficiales en la desembocadura del río Esmeraldas en estoa de baja.	64
13	a) Modelos de corrientes superficiales en la desembocadura del río Esmeraldas en flujo.	65
	b) Modelos de corrientes superficiales en la desembocadura del río Esmeraldas en reflujo.	66
14	Especificaciones técnicas para la construcción de veletas.	88

ESTUDIO DE CORRIENTES EN LA DESEMBOCADURA
DEL RIO ESMERALDAS

1.- INTRODUCCION

El uso intenso que el hombre hace de las regiones estuarinas reflejado en el incremento de construcciones portuarias, en la construcción de efluentes de desperdicios industriales y municipales, particularmente desde los centros de gran población contiguos a las zonas estuarinas han creado la necesidad de tener un conocimiento más cabal acerca de los procesos físicos estuarinos y especialmente de las corrientes ya sea en el estuario mismo como en la región oceánica adyacente.

Previo a cualquier intervención humana en el ecosistema estuarino tienen que realizarse los estudios que suministren - informaciones necesarias para conocer las influencias de la acción humana en el comportamiento de los océanos en las regiones estuarinas. Estos estudios son a menudo conducidos durante periodos cortos de tiempo y en condiciones normales. Por ello los datos frecuentemente no nos suministran una satisfactoria y completa descripción del área de estudio que refleje variaciones estacionales de tiempo o eventos anormales. Sin embargo en áreas poco estudiadas esta información aunque preliminar puede ser de mucha utilidad en trabajos

aplicados en los cuales se necesita un conocimiento primario para realizar una evaluación previa de si es conveniente seguir adelante con la empresa o abandonarla.

La Autoridad Portuaria de Esmeraldas (APE) y el Municipio de Esmeraldas se vieron enfrentados hace algún tiempo atrás a dos problemas diversos, pero que tenían en común el hecho de que exigían un estudio de corrientes en la zona costera de la Prov. de Esmeraldas, especialmente en la desembocadura del Río Esmeraldas.

Por una parte la APE quería saber el régimen de corrientes en la zona cercana al puerto para labores de maniobras de los barcos y por otra parte el Municipio en conjunto con el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) necesitaban saber el destino final que iban a tener la descarga de los servicios urbanos de los nuevos colectores de aguas servidas actualmente en instalación.

Con estos antecedentes el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) a través de un grupo de trabajo de la División de Oceanografía Física, en el cual participó el autor, realizó un completo estudio oceanográfico de la región del 11 al 16 de Mayo de 1975.

El autor ha utilizado en esta tesis, la información recolec-

tada concerniente a la parte de corrientes para realizar una descripción del sistema de corrientes imperante en la desembocadura del Río Esmeraldas.

Previo al tratamiento mismo de la información se ha considerado conveniente hacer una breve reseña sobre los conceptos generales de corrientes, métodos de medición de corrientes, y base teórica en la cual descansan estas mediciones, como un antecedente útil para ayudar a seleccionar los métodos mas adecuados en futuros trabajos de corrientes en el país.

1.1.- CONCEPTOS GENERALES SOBRE CORRIENTES

Según Sverdrup, Johnson y Fleming (1942) las corrientes del Océano pueden ser divididas en tres grupos:

- 1.- Corrientes que están relacionadas con la distribución de la densidad del mar.
- 2.- Corrientes que son causadas por la acción que ejerce el viento en la superficie del mar, y;
- 3.- Corrientes de marea y corrientes asociadas con ondas internas.

Al primer grupo pertenecen las corrientes de gran escala tales como la corriente del Golfo, la Corriente del Perú, etc., estas corrientes transportan una gran cantidad de agua y abarcan una gran extensión.

La explicación de la naturaleza de las corrientes de densidad o las originadas por diferencia de densidad se basan en algunas leyes físicas bien conocidas.

La ley de aceleración de masa establece que si un cuerpo se mueve a una velocidad uniforme las fuerzas que actúan en este cuerpo se balancean entre sí. Otra ley física señala que si dentro de un fluido se ejerce una fuerza en la dirección en la cual la presión de este fluido decrece, esta es incrementada en la dirección de la gradiente de presión.

En los océanos la presión aumenta a medida que se desciende en profundidad y la gradiente de presión que es dirigida - contra esta fuerza tiene entonces una dirección contraria al balance que estas dos fuerzas producen.

La superficie del mar puede ser considerada casi siempre como una superficie isobárica, o sea una superficie imaginaria en la cual la presión del líquido permanece constante y la pendiente de la superficie del mar relativa a una superficie isobárica a cualquier profundidad puede ser determinada por la distribución de densidad.

Del estudio de las pendientes se pueden calcular corrientes relativas y por medio de computaciones dinámicas utilizando metros dinámicos, que representan el trabajo requerido para

eleyar la unidad de masa un metro, se pueden obtener cartas de la topografía dinámica de superficies isobáricas.

Estas cartas dan una indicación aproximada de la corriente. Sin embargo estas tienen una serie de limitaciones especialmente desde el punto de vista metodológico.

El otro tipo de corrientes importantes que tenemos son las corrientes generadas por la acción del viento en el océano que en la mayoría de los casos se superpone a las corrientes por densidad; los vientos producen movimientos cuyos efectos son mayores en la capa superficial del mar pero este movimiento es transferido también a las capas más profundas. Eckman (1901) ha estudiado teóricamente la desviación que sufren las corrientes derivadas del viento en superficie y en profundidad estableciendo que estas corrientes se desvían 45° a la derecha de la dirección del viento en el Hemisferio Norte y a la izquierda en el Hemisferio Sur, cuya magnitud de velocidad promedio es de 0.2% la velocidad del viento y el transporte neto de agua a 90° a la derecha de la dirección del viento en el Hemisferio Norte, y a la izquierda en el Hemisferio Sur.

El efecto de las corrientes generadas por el viento es importante en aquellas regiones del océano en las cuales el viento sopla en la misma dirección y velocidad en áreas bastante extensas por tiempo bastante largo.

El efecto del viento en la costa se expresa mayormente por el efecto de que al llegar éste a la costa da forma a una barrera produciéndose procesos físicos que alteran la distribución de la densidad por lo tanto, dando origen a corrientes costeras.

En contraste con los dos tipos de corrientes anteriores el tercer tipo de corriente distinguida por Sverdrup et al - (1942), no considera un transporte de agua sobre distancias grandes sobre el océano sino sobre áreas pequeñas predominantemente costeras. Las corrientes de marea, teóricamente dependen del carácter de la marea y de la profundidad y configuración de la costa, pero en cada localidad se repiten regularmente al igual que las mareas a las cuales están relacionadas. Las corrientes de mareas son mantenidas por las pendientes en las superficies isobáricas.

Fleming (1938) ha estudiado en detalle el efecto de las corrientes de marea en zonas costeras relacionadas a problemas de ingeniería.

1.2.- MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CORRIENTES

Existen dos filosofías básicas en la medición de corrientes: métodos directos y métodos indirectos. Dentro de los métodos directos, de acuerdo al tipo de medición, tene-

mos dos grupos de métodos: a) método Euleriano en el cual la velocidad de flujo que pasa por un punto fijo es medido con función de la profundidad y tiempo; b) método Lagrangeano : en el cual se sigue la trayectoria de las partículas marcadas o tintas trazadoras a diversas profundidades en el agua, que son luego ploteadas con respecto al tiempo.

Los métodos indirectos de mayor uso en corrientes de gran escala, son aquellos en que la velocidad y dirección de la corriente son deducidas de algún otro parámetro. Los principales métodos indirectos son: el método Geostrófico y el Electromagnético.

Entre los métodos indirectos, es decir aquellos en que la velocidad y dirección de la corriente es deducida de algún otro parámetro tenemos:

- a) Método Geostrófico utilizado mayormente en el estudio de corrientes de gran escala, en el cual la distribución de densidad observada en el mar es estimada por la componente horizontal de un campo de presión, considerando la rotación de la tierra, mediante la siguiente ecuación:

$$c_g = \frac{g}{f} \left(\frac{\Delta D}{\Delta X} \right)$$

c_g = Velocidad de corriente

f = Parámetro de Corioles igual a $2W \text{ sen } \phi$ donde W velocidad angular de la tierra.

ΔD = Diferencias de alturas dinámicas.

ΔX = Distancia entre las estaciones.

ϕ = Latitud del lugar considerado.

g = Aceleración de la gravedad.

b) Método electromagnético, en el cual el gradiente del potencial eléctrico en el mar es asociado con el movimiento del agua a través del campo magnético de la tierra, la ecuación que las asocia es:

$$\nabla \phi = (C \times H) - Pi$$

donde:

C es el vector de velocidad

H es el vector del campo magnético

P = La resistividad eléctrica

i = Densidad de corriente eléctrica.

De los métodos directos de tipo Euleriano debemos decir que son mediciones mecánicas o dinámicas de flujo que pasan por un punto fijo. Esto es bastante difícil de obtener en océano abierto por los problemas derivados del posicionamiento y mantención de un instrumento en un punto fijo, pero sí es más fácil en trabajos costeros donde se pueden realizar el

anclaje de estos instrumentos usados en éste método.

El flujo de agua que pasa por un instrumento de este tipo llamado correntómetro, puede ser medido ya sea contando el tiempo de rotación de una hélice libre: ejemplo, Correntómetro de Pelton, de Savonius, y de Rauselbach, o midiendo la presión ejercida por el agua en una membrana: Correntómetro de Pitón, o bien midiendo el ángulo de cable soportando una veleta.

En el otro tipo de método directo, el Lagrangeano, se usan comúnmente botellas de deriva, utilizado en estudios costeros, en la cual una simple botella con indicación en su interior del lugar que fue lanzada y el tiempo sirve para que al recorrerse se conozca la dirección y la velocidad relativa de la corriente. Una técnica similar es el uso de tarjetas de deriva, en plástico sellado. Un sistema más sofisticado emplea boyas flotantes de diversos materiales y forma, e incluso algunas equipadas con radios. (Von Arx, 1967).

2.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la desembocadura del Río Esmeraldas y en la región adyacente al fondeadero del puerto de Esmeraldas (Fig. 1).

El río Esmeraldas es uno de los sistemas fluviales más importantes de la región del Pacífico Sur y es uno de los sistemas que tiene mayor aporte sedimentario por lo que ha dado lugar a muchos problemas de carácter portuario. Este río recibe el aporte de los ríos Guayllabamba, Toachi y Quinindé, y sus afluentes respectivos, siendo los dos primeros originarios de los Andes Ecuatorianos mientras que el Quinindé nace en las cordilleras costeras. Estos ríos reúnen en forma global un caudal de agua igual a 300 metros cúbicos por segundo, medidos en el curso medio del río Esmeraldas (Ayón, 1973).

El promedio de la descarga sedimentaria ha sido calculado por este mismo autor en 13.000 toneladas por día.

Con anterioridad a este trabajo se había realizado en la misma región un estudio de corrientes pero circunscrito a la dársena y a la salida de ésta (Enfield, 1973).

El mapa del área de estudio está basado en una Carta del Instituto Oceanográfico de la Armada a escala 1:10.000 (Carta : IOA N° 1-73) y en ésta se han señalado los sitios en que se han efectuado las mediciones de corrientes (Fig. 1.). Las experiencias con colorantes adicionales al estudio efectuado con correntómetro y veleta se llevaron a cabo en las estaciones 1 y 3 señalados en la misma figura.

Al área de estudio corresponden entonces tres zonas no estudiadas previamente:

- 1.- La zona de descarga provisional de aguas servidas del sector de Las Palmas (estación 1), con una profundidad de 20 metros y ubicada con las siguientes coordenadas:

Latitud $00^{\circ} 59' 37''$ N

Longitud $79^{\circ} 38' 36''$ W

- 2.- La entrada a la dársena, futuro sitio de maniobras de remolque (estación 2) con una profundidad de 30 metros ubicada en las siguientes coordenadas:

Latitud $00^{\circ} 59' 45''$ N

Longitud $79^{\circ} 38' 36''$ W; y

- 3.- La descarga definitiva de aguas servidas (Estación 3), con una profundidad de 45 metros, ubicada con las siguientes coordenadas:

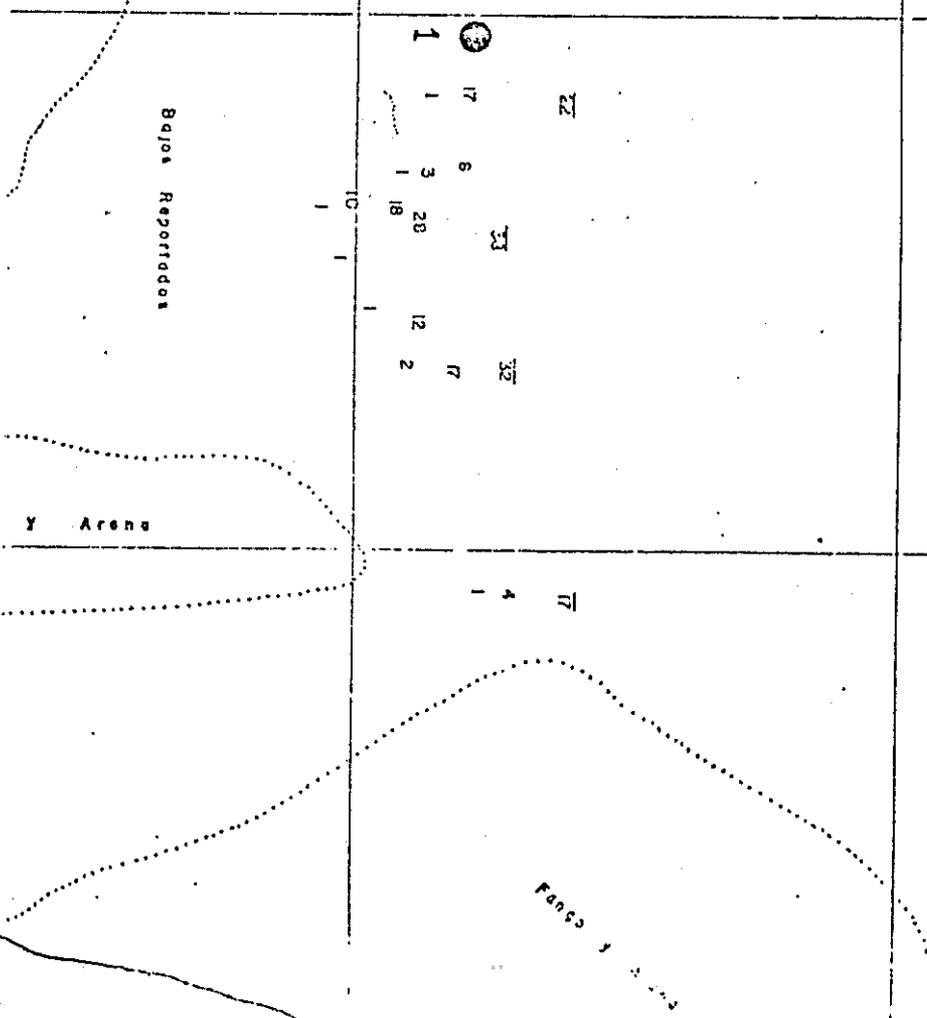
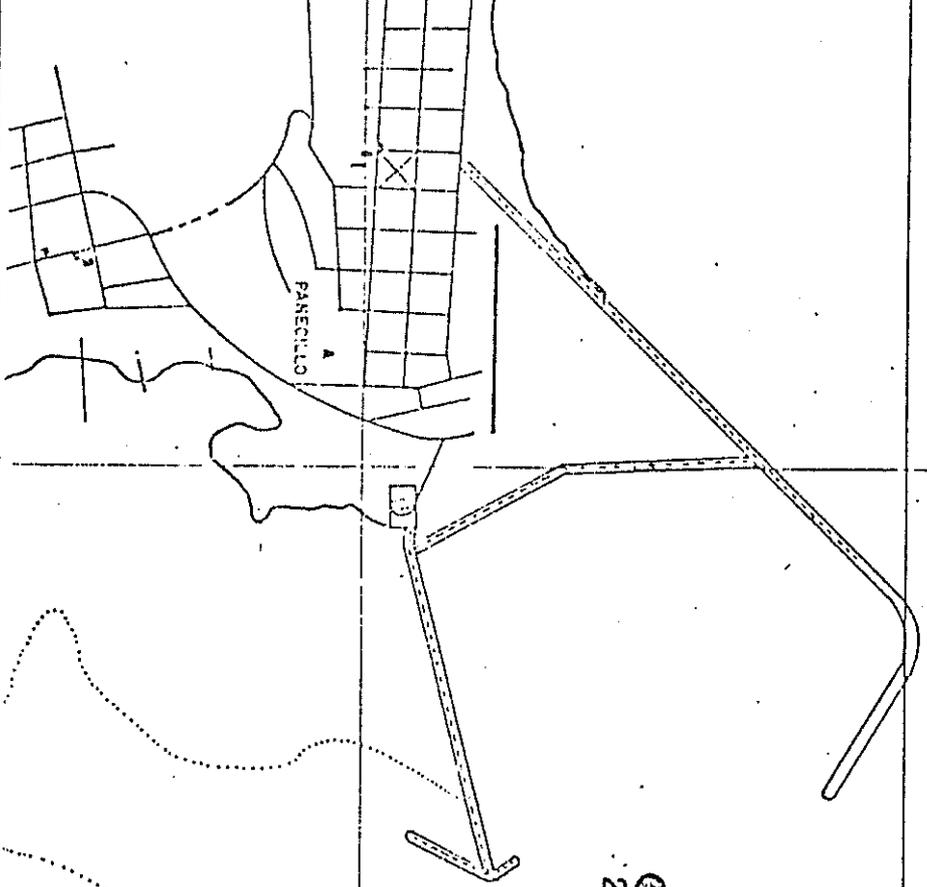
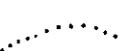
SONDAJES EN METROS

ESCALA: 1:100000

ITIO DE MEDICIONES DE

ESTACIONES

ESTACIONES



Latitud 01° 00' 13" N

Longitud 79° 38' 39" W

3.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- GENERALIDADES

Para nuestro estudio y debida consideración al tipo de trabajo que se iniciaba se encontró necesario utilizar una metodología combinada que nos diese una visión lo más precisa del régimen de la corriente en la zona.

Con este objeto se utilizó entonces el método directo de tipo Euleriano ya descrito, vale decir se realizaron mediciones con correntómetros y veletas sumergidas simultáneamente. Cuando se quiso estudiar el transporte de desperdicios, se consideró además conveniente utilizar un método directo de tipo Lagrangeano: dispersión de colorante (azul a la grasa).

Para este estudio la Autoridad Portuaria de Esmeraldas suministró un remolcador, el "B/R Marimba" el cual fue utilizado para el fondeo de los instrumentos en las diversas estaciones.

Para el fondeo se utilizaron muertos de concreto armado con un peso de 500 libras en las estaciones 1 y 2, y de 700 libras en la estación 3. Estos muertos sirvieron para asegurar la embarcación y los instrumentos. El método utilizado y el sistema de fondeo se señala en la figura 2.

METODO DE FONDEO DE CORRENTOMETRO

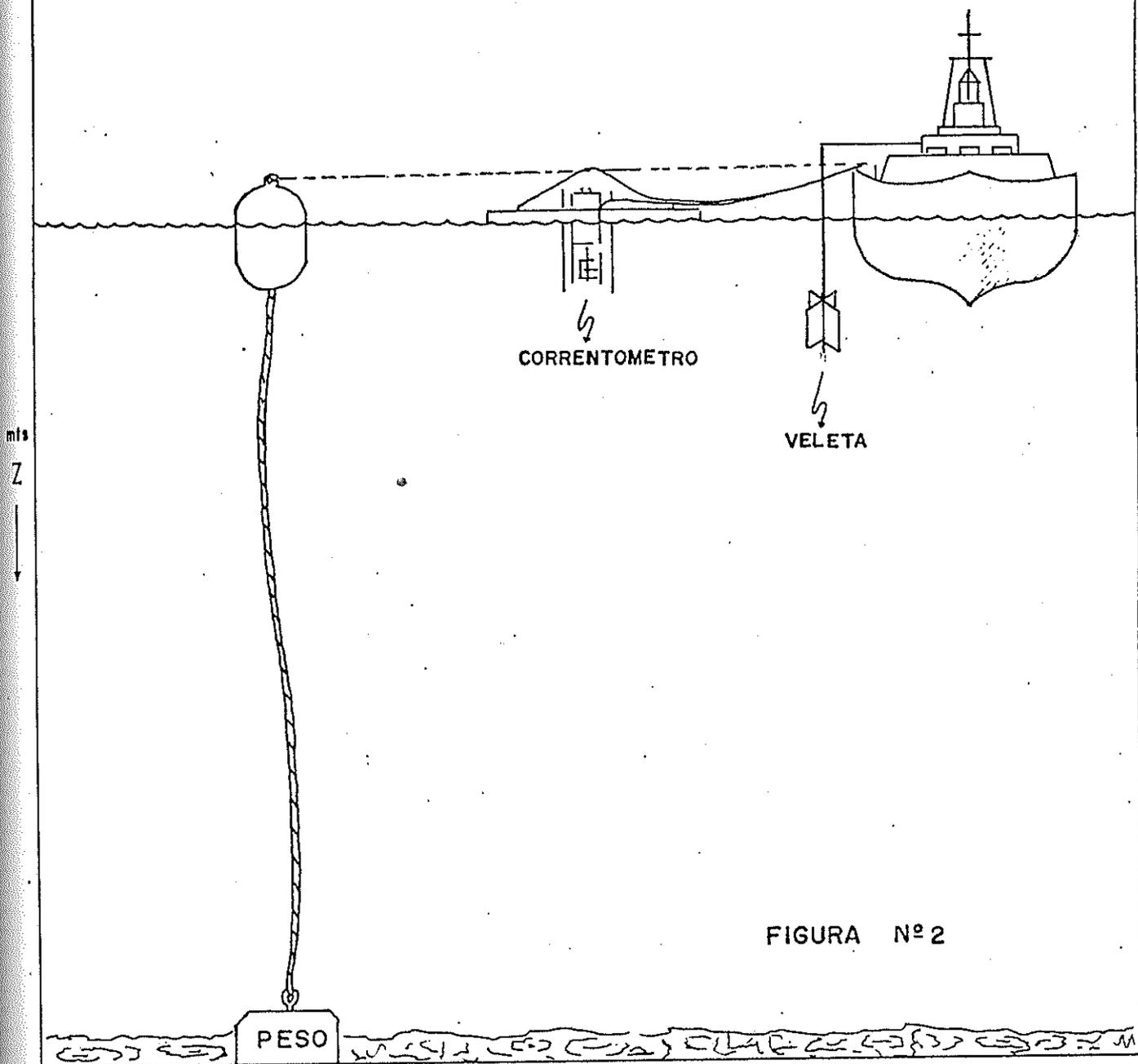


FIGURA Nº 2

3.2.- MEDICIONES DE CORRIENTES SUPERFICIALES CON CORRENTOMETRO.

Para las mediciones de corrientes superficiales se utilizó un correntómetro manufacturado por Hydro-Product modelo HP 460. El correntómetro consta de dos unidades acopladas al mismo sistema, un medidor de velocidad y un medidor de dirección de la corriente. El sistema de medición de velocidad de corrientes consta de un módulo de lectura con circuito integrado. El sistema es alimentado por la corriente de una batería de mercurio de 5.4 volts.

El modelo usado, el 460, tiene un sensor de velocidad que es un rotor de tipo Savonius, confeccionado de polistyreno de alto impacto, balanceado a presión y montado en rodamientos especiales. El agua en movimiento pasa por el sensor y hace girar el rotor Savonius a una razón angular proporcional a la velocidad del flujo de agua. El rotor gira a una razón angular de 83.5 revoluciones por nudo; la salida del sensor es una cadena de pulsos cuya razón es proporcional a la tasa angular del rotor y por lo tanto a la velocidad de la corriente.

El correntómetro es básicamente entonces, un contador de pulsos que convierte el cuadrado de los impulsos de salida de las ondas del sensor a un nivel de corriente continua que es

proporcional a la tasa de los pulsos de entrada. El nivel de corriente es reflejado en un módulo medidor y como en nuestro caso, además el valor es inscrito en un registrador de cartas Rustrak modelo 88.

El sistema de medición de dirección de la corriente consiste también de dos sistemas separados: un sensor de dirección y un módulo de lectura. El sensor de dirección consiste de un alerón de plástico con giro libre, que está acoplado magnéticamente a un potenciómetro de microtorque y lleva instalado un mecanismo de compás en su base. La base es de acero inoxidable lo que impide la corrosión por agua de mar. El sensor está lleno con aceite y compensado para la presión si es usado en profundidad. El sensor es sumergido a una profundidad deseada y conectado por un cable al módulo de lectura que provee una visión directa de la dirección del flujo con respecto al norte magnético. Entrega además por una salida eléctrica la información para el registrador.

El módulo de lectura indica la posición del alerón al norte magnético en una escala marcada en unidades de cinco grados y que van desde 0 a 360°, el sistema funciona con una batería de mercurio de 5,4 voltios.

Este correntómetro fue montado en una balsa de fibra de vidrio de un metro cuadrado que tenía una perforación en su par

te central para dar cabida al sensor del instrumento (figura 2.)

Las lecturas se efectuaron continuamente mediante el uso del registrador incorporado. Además con el objeto de chequear el buen funcionamiento del sistema se anotaron lecturas visuales obtenidas en los indicadores de la caja registradora.

Estos datos sirvieron también para la calibración posterior de las veletas utilizadas en el estudio de las corrientes sub superficiales.

3.3.- MEDICIONES DE CORRIENTES SUBSUPERFICIALES CON VELETAS.

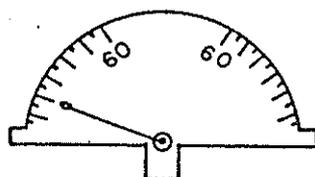
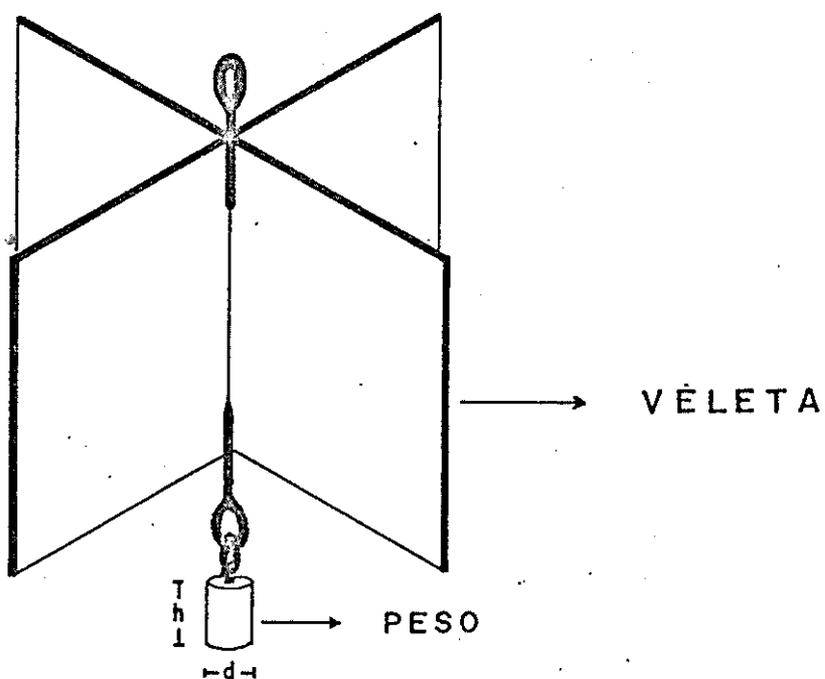
De acuerdo a la intensidad de la corriente en un momento dado se utilizaron veletas de diferentes pesos y tamaños. Las veletas empleadas fueron confeccionadas en INOCAR utilizando hojalata galvanizada de acuerdo al diseño señalado en la figura 3.

El sistema de medición de corrientes por veletas se basa en que el ángulo de deflexión producido por la acción de la co rriente está relacionado con la velocidad de la corriente.

La teoría se basa en el hecho de que el movimiento del agua posee energía y esta producirá una fuerza de resistencia al

VELETA EMPLEADA PARA LA MEDICION DE CORRIENTES

FIGURA N° 3



MEDIDOR DE ANGULO

avance en cualesquier objeto sumergido. Una descripción matemática rigurosa es difícil, pero es necesario comprenderla para una mejor interpretación y evaluación de los resultados finales. (O'Brien, M.P. and R.G. Folsom, 1948).

Si consideramos una veleta sumergida como un péndulo en el agua (Figura 4), el flujo de agua que pase sobre ésta, resultará en una fuerza cuya magnitud está dada por la expresión.

Donde:
$$F_D = 1/2 C_D \rho A V^2$$

F_D = Fuerza de resistencia al avance

C_D = Coeficiente de arrastre

A = Area de sección transversal del cuerpo tomado en la dirección perpendicular a la dirección del flujo.

ρ = Densidad de fluido

V = Velocidad de fluido.

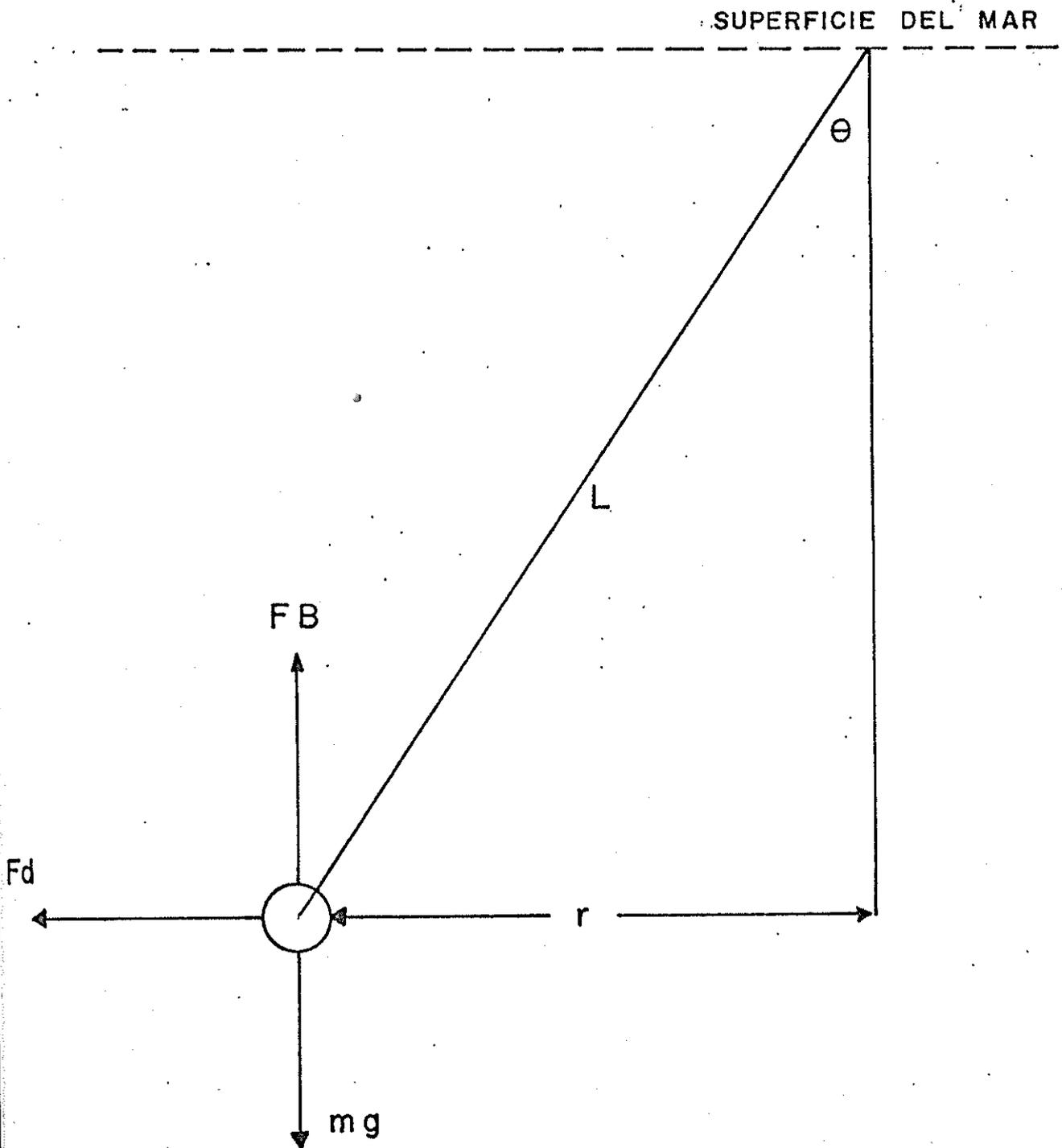
Esta fuerza causará en el cuerpo un balanceo en dirección del flujo hasta que un vector alcanza un balance entre esta fuerza y la fuerza restauradora de la gravedad.

De la figura 4 se deduce que la tangente del ángulo puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$\tan \theta = \frac{F_D}{mg} = \frac{C_D A \rho V^2}{2mg} \quad (2)$$

FIGURA N° 4

DIAGRAMA DE FUERZAS EN LA VELETA SUMERGIDA



donde:

M = La masa de cuerpo.

G = Aceleración de la gravedad.

Esto también puede ser explicado diciendo que la resistencia al avance horizontal y la fuerza restauradora son mayores en comparación a la fuerza de gravedad, y si consideramos que la inercia puede despreciarse, el balance de las ecuaciones puede ser simplificado.

Así la resistencia al avance horizontal es igual a la fuerza restauradora horizontal.

$$\frac{1}{2} \rho C_D A V^2 = F_B \frac{r}{L} = F_D \quad (3)$$

donde: F_B igual fuerza de boyantes.

El desplazamiento es en la misma dirección del vector velocidad, la ecuación (3) puede ser escrita de la siguiente manera:

$$r = K V^2 \quad (4)$$

$$K = \frac{1}{2} \rho C_D A \frac{L}{F_B}$$

Consideremos en el momento inicial, es decir cuando $r = r_0$.

en el tiempo $t = 0$, la velocidad de paso de flujo es dr/dt y de la ecuación (4) tenemos:

$$r = K \left(\frac{dr}{dt} \right)^2$$

$$dr/dt = -K^{-1/2} R^{1/2}$$

El signo negativo es escogido por cuanto el movimiento es tal que r decrece. La ecuación r no es lineal, pero se resuelve fácilmente dando:

$$r = \frac{1}{4K} (t_0 - t)^2$$

Es una constante de integración cuando tenemos $t = 0$, y $r = r_0$

$$r_0 = \frac{1}{4K} t_0^2$$

La velocidad inicial es:

$$V_0 = \left| \frac{dr}{dt} \right|_{t=0}$$

$$V_0 = \frac{t_0}{2K}$$

Si definimos a: $\tau = 1/2 t_0$ tenemos:

$$r_0 = K V_0^2 = V_0 \tau$$

$$r_0 = \tau V_0$$

La constante $R V_0$ no solo especifica la magnitud del desplazamiento para dar una velocidad V_0 sino también el típico tiempo requerido para producirse desplazamientos (Myres, J; C.Hom, and Mc. Allister, 1969).

En este estudio hemos establecido ecuaciones de corrientes más sencillas y prácticas en las cuales obteniendo la velocidad v_0 de la ecuación (2) tenemos:

$$V_0 = \sqrt{2 \text{ mg/CD} \ A \ \rho} \ \sqrt{\tan \theta}$$

$$V_0 = K \sqrt{\tan \theta}$$

Así tenemos la velocidad del fluido es proporcional a la raíz cuadrada de la tangente del ángulo y el factor de proporcionalidad K dado por:

$$K = \sqrt{2 \text{ mg/CD} \ A \ \rho} \quad (5)$$

Este valor puede ser computador fácilmente para una veleta en particular, con tal que el coeficiente CD sea conocido.

El coeficiente CD de la veleta (K) es función del número de Reynolds (R) y de la forma del cuerpo sumergido. Este valor es determinado experimentalmente para una gran variedad de formas de cuerpos. Para todos los cuerpos CD decrece rápidamente con el incremento de R .

Cerca de valores altos hay una caída bien marcada en CD con incremento de R, debido a un cambio en el carácter de la turbulencia superficial.

En el caso de una planch plana o de un cuerpo compuesto de cuerpos planos, como es el caso de la veleta, CD llega a ser independiente de R para valores de $R \gg 10^3$.

En la práctica la veleta se ha demostrado como un método válido para la medición de corrientes subsuperficiales.

La validez de esta medida depende principalmente de tres factores:

- 1) La fuerza ejercida por la corriente en la veleta debe ser mayor comparada con la fuerza ejercida por ésta misma en el cable.
- 2) El cable debe pertenecer casi siempre en línea recta, y
- 3) El coeficiente K de la veleta debe ser perfectamente conocido.

La técnica es usada principalmente en corrientes superficiales donde el efecto del largo del cable es menor.

El cómputo de las velocidades se hace difícil en rango inferiores a 3 grados y superiores a 45.

Desde la embarcación se bajó la veleta a diferentes profundidades utilizando para esta maniobra un winche Hydro-product, modelo HR25V con cable de 5/32", de acero inoxidable

El winche funciona a base de gasolina y es un modelo portátil por lo que fue instalado en el "B/R Marimba" para este objeto. Para conocer el largo de cable afilado se utilizó una pateca contámetro.

Para determinar la profundidad a la que se deseaba colocar la veleta, se sumerge una veleta provisional en el terreno basándose solamente en el ángulo del cable.

El cálculo posterior en el laboratorio sirvió para determinar la profundidad exacta a la cual la veleta operó durante las mediciones. Para este cálculo se midió el ángulo formado entre el cable de la veleta y la vertical, el cálculo se hizo aplicando la siguiente ecuación:

$$Z = L \cos \theta - h$$

Donde: Z = profundidad real

L = cable filado

h = altura de la medida desde la borda a la superficie del agua.

Para determinar la velocidad de la corriente se utilizó es-

te mismo ángulo dado, que como he explicado la velocidad es una función del ángulo observado. Como se señaló anteriormente, el principio de esta medición se fundamenta en efecto de la fuerza de arrastre hidrodinámico (FD) que es proporcional al área frontal (A) y al cuadrado de la velocidad (V^2). Esto está señalado en la ecuación:

$$FD = 1/2 CD \rho A V^2$$

Si dividimos para P ambos miembros tenemos:

$$\frac{FD}{P} = 1/2 CD \rho \frac{A}{P} V^2$$

donde: P = peso de la veleta.

Bajo ciertas circunstancias ideales $\frac{1}{2} CD \rho \frac{A}{P}$ es constante con un valor casi unitario por lo que podemos definir el coeficiente K de la siguiente manera:

$$K = 1/2 \rho CD \frac{A}{P} = \tan \theta / V^2$$

Sin embargo esto puede verse modificado por el arrastre sobre el peso, cable y otros factores, por lo cual es conveniente redefinir el coeficiente K.

En esta definición de K, se ha determinado por una comparación del tangente del ángulo formado por la veleta, contra el cuadrado de la velocidad medida por el correntómetro en la superficie.

la superficie.

Los gráficos de $\tan \theta$, versus V^2 para las diferentes combinaciones de pesos y veletas empleado en el estudio se dan en las figuras 5a, b, c.

Para cada veleta se ha determinado el valor de K mediante un análisis de correlación lineal, para lo cual previamente se han calculado los valores promedios de V^2 y $\tan \theta$ mediante la siguiente relación: (Paul, G.H. 1960).

$$\bar{V}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^2$$

$$\bar{\tan \theta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tan \theta_i$$

Y así obtenemos el centro de gravedad de los datos obtenidos; para conocer la pendiente que va a tener la curva que para este caso va a ser una recta, nos valemos de la siguiente ecuación:

$$K = \left[\frac{n \sum x \sum y - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \right] \quad \left[\begin{array}{l} \text{donde: } V^2 = x \\ \tan \theta = y \end{array} \right] \quad K = b$$

También hemos determinado la desviación standar de las respectivas rectas obtenidas.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum x^2 - \bar{x}^2}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum y^2 - \bar{y}^2}$$

el error estandar de la pendiente (b)

$$Se_b = \frac{\sigma_y}{\sqrt{n}} \sigma_x$$

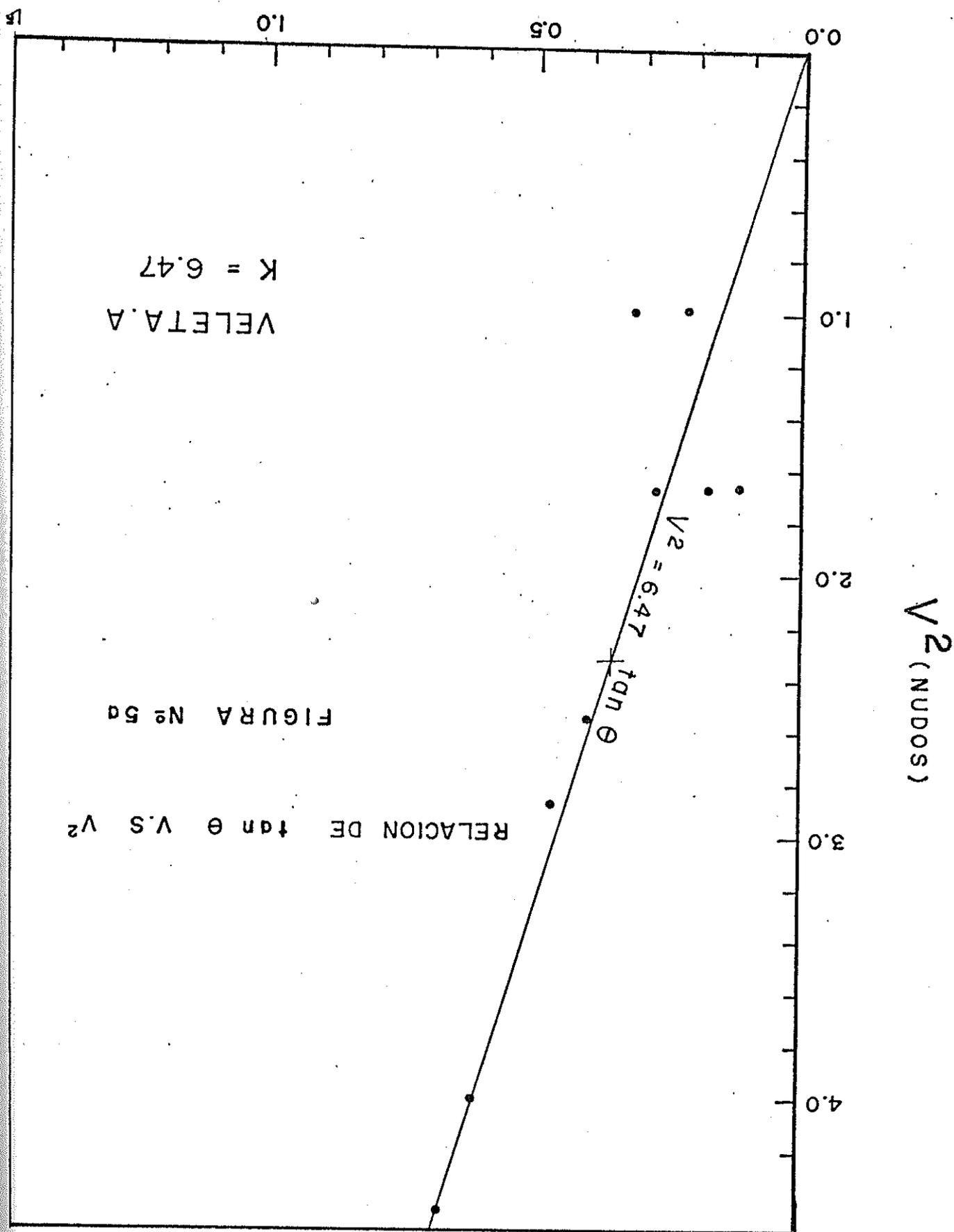
y por último la correlación

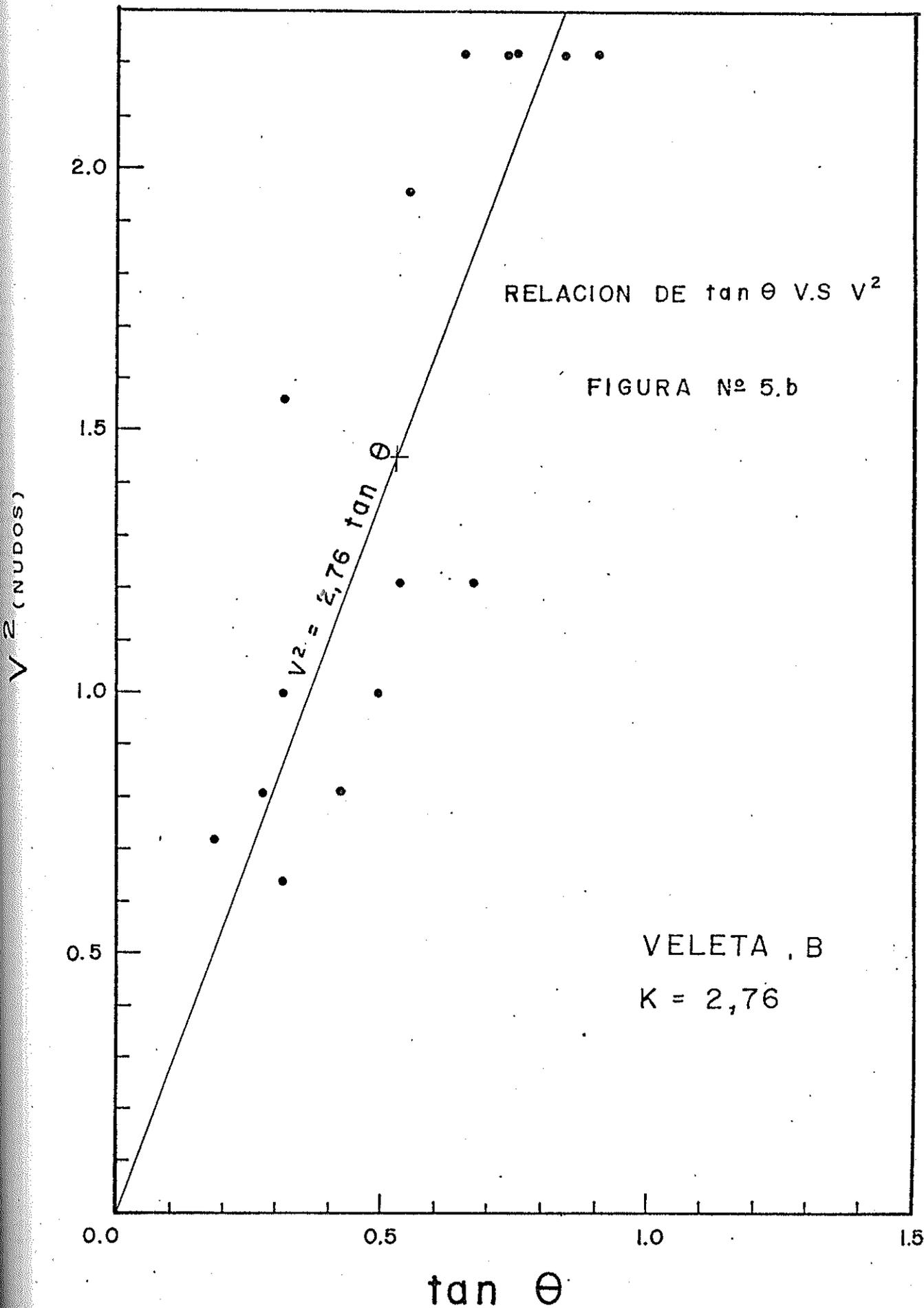
$$r_{x,y} = b / \sqrt{n} \quad (Se_b)$$

Las características de las veletas usadas se encuentran en la Tabla 1.

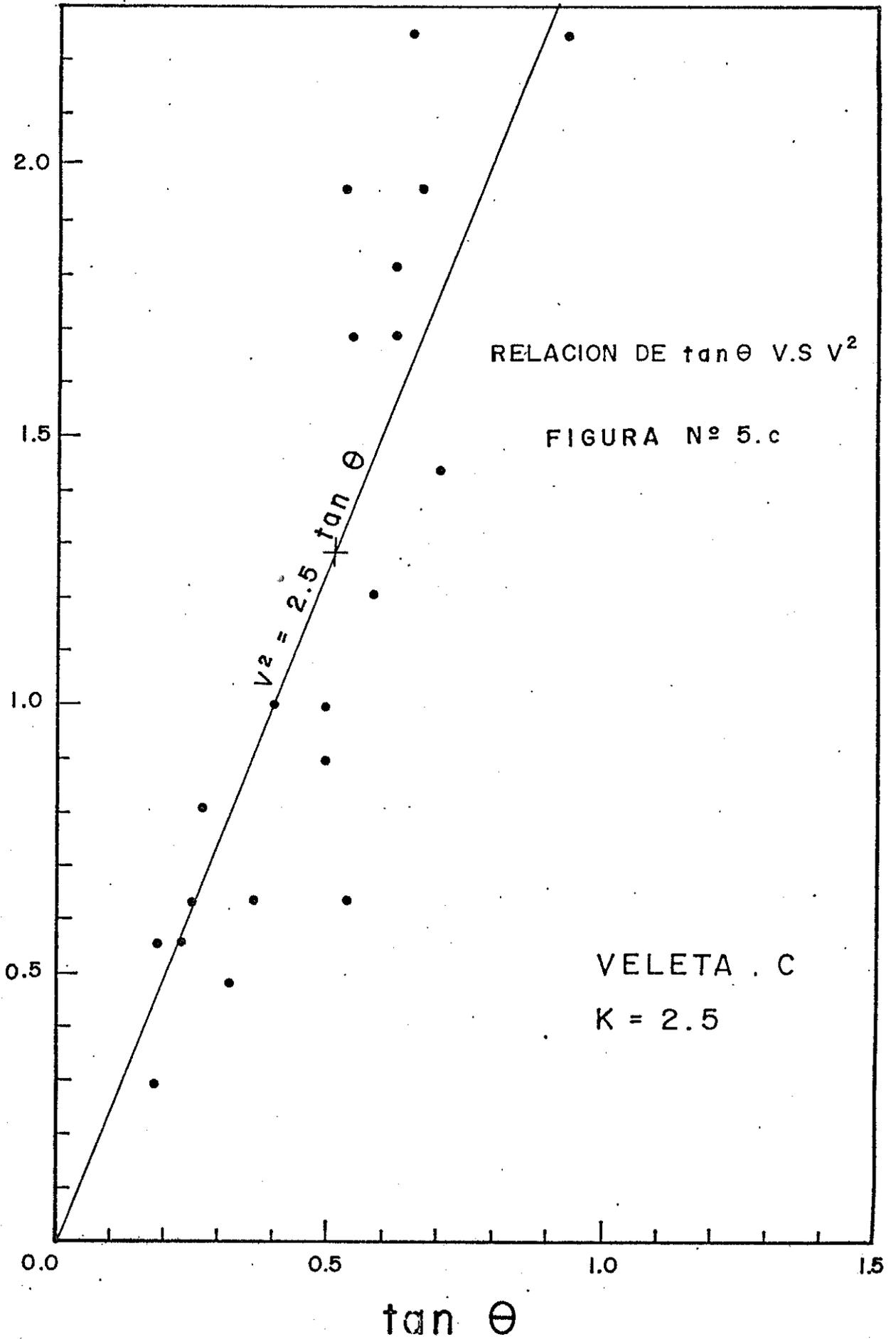
Con estas veletas se realizaron las mediciones de las cuales se calculaba los perfiles de velocidad para cada estación.

El perfil de velocidad es un promedio de las velocidades observadas en cada nivel. Con el objeto de demostrar graficamente la velocidad de las corrientes superficiales en función de la marea, los datos se plotearon en función del tiempo.





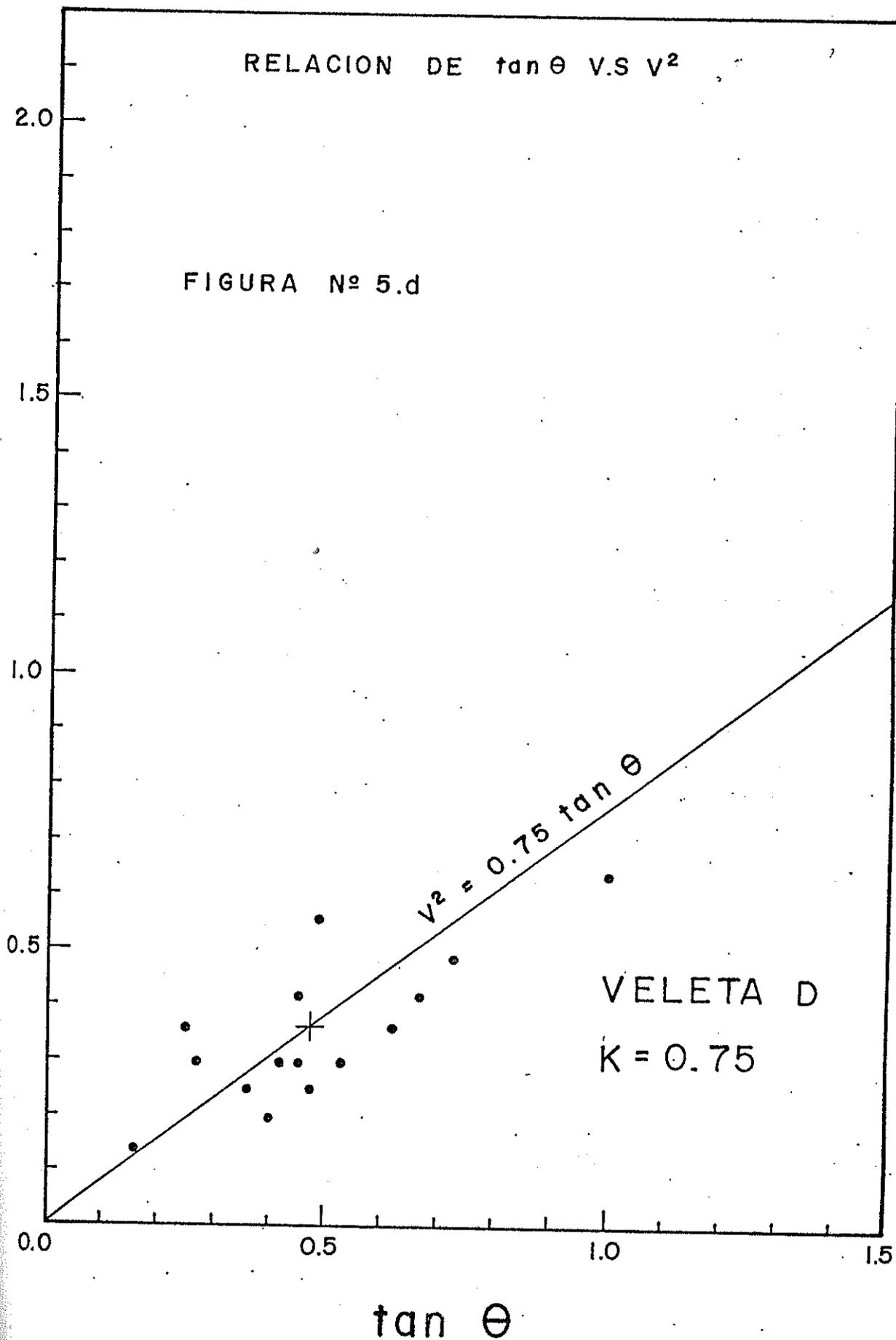
V² (NUDOS)



RELACION DE $\tan \theta$ V.S V^2

FIGURA Nº 5.d

V = (NUDOS)



T A B L A 1CARACTERISTICAS DE LAS VELETAS

VELETA	PESO lb (aire)	MEDIDAS
Grande	15	56 x 45 cm.
Pequeña	9	45 x 30 cm.

PESO	lb (aire)	DIMENSIONES	
		Altura (h)	Diámetro (d)
Grande	30	18 cm.	9 cm.
Pequeño	13.40	12 cm.	7.5 cm.
Cadena	4.4	---	---

COMBINACION DE VELETAS Y PESOS

VELETA	K	COMBINACION USADA
A	6.47	Veleta Pequeña + Peso grande
B	2.76	Veleta Pequeña + Peso pequeño
C	2.50	Veleta Pequeña + Peso cadena
D	0.75	Veleta grande sin peso

3.4.- CALCULO DE CORRIENTES DE MAREAS

Se realizaron también mediciones de corrientes de mareas para ver qué influencia tienen éstas en las corrientes producidas por el Río Esmeraldas. Según Leipper (1955) cerca de la costa en los ríos y puertos las corrientes de marea dependen de las características de las mareas, la profundidad del agua y la topografía de la costa.

Fleming (1938) deriva una ecuación para el cálculo de corriente de marea como una función de la amplitud de la marea, la distancia de la costa, la profundidad del agua y el tiempo de observación; la velocidad U es dada por:

$$U = \frac{Z}{D} \operatorname{sen} \sqrt{t} \int_0^x A \, dx$$

donde: $\mathcal{C} = \frac{2\pi}{T}$ siendo T el período de la marea.

D = profundidad del agua

t = tiempo de observación

A = amplitud de la marea

x = la distancia de la costa al punto considerado.

3.5.- MEDICION DE DIRECCION DE LA CORRIENTE CON COLORANTE

El experimento con colorante, se realizó como un si-

mulacro de descargas de aguas servidas, para lo cual en las estaciones 1 y 3 se arrojó colorante azul soluble en aceite (azul a la grasa).

Para el efecto se empleó una bomba a gasolina de 4HP con acople de Manguera de 20 metros.

El desplazamiento del colorante fue seguido con binóculos y estimada su dirección con un compás hasta cuando fue posible la observación. La mancha fue seguida por una canoa para una mejor visualización desde el sitio de su lanzamiento.

3.6.- TEMPERATURA, SALINIDAD Y SIGMA-T

Paralelamente al estudio de corriente se realizaron mediciones de temperatura y salinidad en el agua de mar; para las mediciones de temperatura se usaron termómetros de mercurio para las superficiales y termómetros de mercurio de inversión en botella toma muestra de agua de tipo Niskin para niveles subsuperficiales.

De la botella se extrajo una muestra de agua y se determinó la salinidad por el método inductivo.

La información de temperatura y salinidad sirvió para deter-

minar el sigma-t, el cual es definido como $\sigma_t = (d-1) 10^3$
donde la densidad es función de salinidad y temperatura a
presión atmosférica. Panzarini, R.N., 1967)

4.- RESULTADOS

Los resultados obtenidos en las mediciones de terreno se presentan desglosados en: velocidad de corrientes superficiales, velocidad de corrientes subsuperficiales, y finalmente en dirección de la corriente, con el objeto de hacer la presentación más clara.

4.1.- VELOCIDADES DE CORRIENTES SUPERFICIALES

Con respecto a las velocidades superficiales tomadas con el correntómetro, se encontraron que las mayores velocidades de corriente fueron en la zona de descarga definitiva (estación 3) el día 14 de Mayo en reflujó, con una velocidad de 2.5 nudos; y en la zona de descarga provisional (estación 1) el día 16 de Mayo también en reflujó, con una velocidad de 2.3 nudos;

Los datos obtenidos se presentan en la TABLA 2.

Así también se encontró que las menores velocidades de corriente encontradas, se presentaban a la entrada a la dársena (estación 2) el día 12 de Mayo en flujo, con una velocidad de 0.37 nudos, y en la estación 1 el día 15 de Mayo en estoa con una velocidad de 0.35 nudos.

T A B L A 2

VELOCIDADES MAXIMAS Y MINIMAS (NUDOS) OBSER-
VADAS EN LA SUPERFICIE PARA CADA ESTACION

<u>Estación</u>	<u>Día</u>	<u>Hora</u>	<u>Fase de</u> <u>Marea</u>	<u>Maximo</u> <u>Nudos (M/S)</u>	<u>Hora</u>	<u>Fase de</u> <u>Marea</u>	<u>Minima</u> <u>Nudos (M/S)</u>
2	11	18:35	Reflujo	1.5 (.77)	14:00	Estoa de alta	.50 (.26)
2	12	08:15	Reflujo	1.0 (.52)	12:20	Flujo	.37 (.19)
3	13	12:30	Flujo	1.5 (.77)	15:45	Estoa de alta	.45 (.23)
3	14	09:15	Reflujo	2.5 (1.29)	14:00	Flujo	.90 (.46)
1	15	09:50	Reflujo	1.4 (.72)	12:00	Estoa de baja	.35 (.18)
1	16	09:00	Reflujo	2.3 (1.18)	12:35	Estoa de baja	.75 (.39)

PROMEDIO DE VELOCIDADES EN CADA ESTACION

<u>Estación</u>	<u>Máximo (M/S)</u>	<u>Minimo (M/S)</u>
2	1.16 (.60)	0.46 (.24)
3	1.46 (.75)	0.48 (.25)
1	1.32 (.68)	0.51 (.26)

Obtuvimos además un promedio de las velocidades superficiales para cada estación tomando como criterio para las velocidades máximas de 1.0 nudos en adelante y mínimas en el rango de 0.3 a 0.8 nudos y esto dió como resultado que el promedio máximo se encontró en la estación 3 con una velocidad de 1.46 nudos, y como promedio mínimo en la estación 2, con una velocidad de 0.46 nudos.

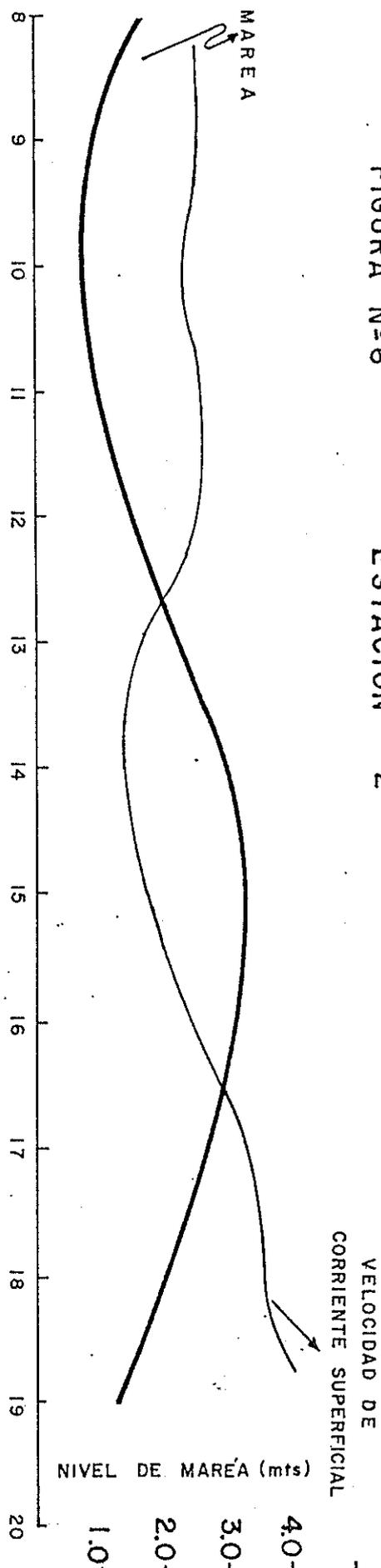
En el gráfico de velocidades de corrientes superficiales y marea en función del tiempo (figura 6) se muestra el comportamiento de la velocidad superficial con relación a la marea, en donde se aprecia que las mayores velocidades de corriente ocurrían cuando el estado de marea era de pleamar a bajamar (reflujo) puesto que así ofrecía menos resistencia al caudal del río y por lo tanto la corriente se veía incrementada.

4.2.- VELOCIDADES DE CORRIENTES SUBSUPERFICIALES

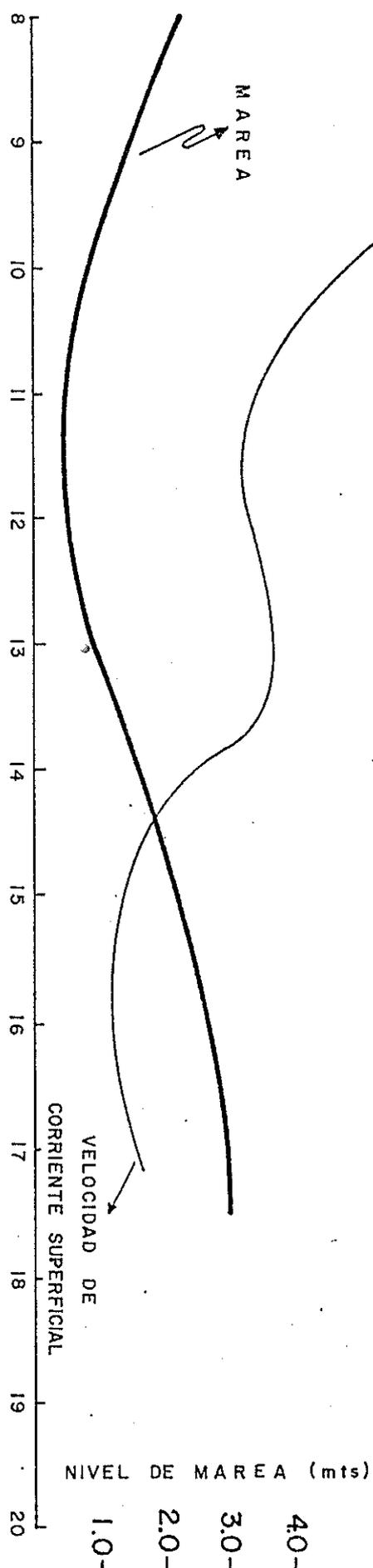
En la medición de corrientes subsuperficiales realizadas por medio de las veletas, se encontró que la velocidad de corrientes subsuperficiales para la estación 1 en determinados momentos fue mayor que en la corriente superficial con un valor máximo hallado de diferencia de +0.56 nudos el día 16 de Mayo a las 09.20 en el inicio del reflujo.

FIGURA Nº 6

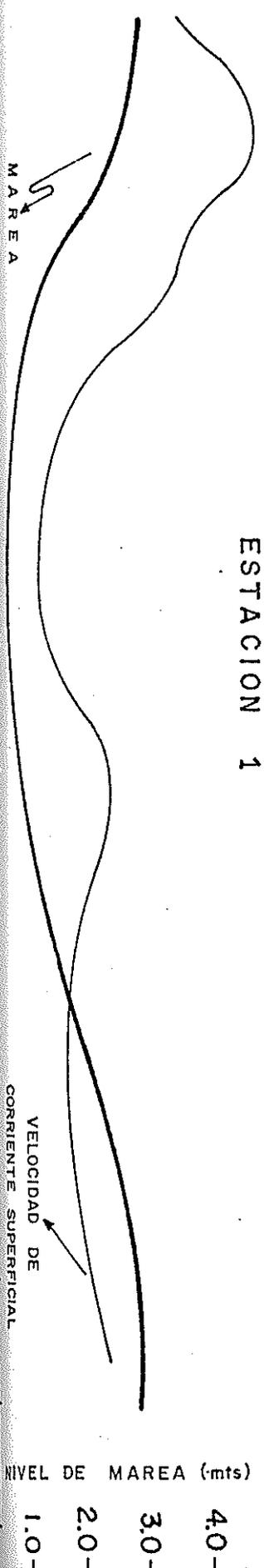
ESTACION 2



ESTACION 3



ESTACION 1



También se encontró que en la estación 2 el día 11 de Mayo a las 17:25, la velocidad de la corriente subsuperficial también era mayor que la corriente superficial con una diferencia de +0.49 nudos en el inicio del reflujo, y en la estación 3, igual cosa el día 13 de Mayo a las 15:50 con una diferencia de +0.30 nudos en al estoa.

Se graficaron además los perfiles de velocidad para las 3 estaciones tanto para el flujo como el reflujo, esto se muestra en las figuras 7 a, b, c en donde el perfil de velocidad es un promedio de las velocidades para cada nivel.

Aquí se comprueba que las mayores velocidades de corrientes superficiales y subsuperficiales ocurren en el reflujo.

En todos los casos las velocidades disminuyen en profundidad para todas las estaciones tanto en flujo como en reflujo, pero en reflujo para la estación 2 y 3 actuaba a una profundidad menor que en el flujo, situación que es diametralmente opuesta en la estación 1.

Sin embargo por las restricciones del método de medición de corrientes por veletas, los perfiles cuando llegan a cero no denotan realmente de que no existe corriente, sino más bien que como hemos dicho anteriormente la veleta no es sensible a velocidades menores de 0.2 nudos; por tanto debemos suponer

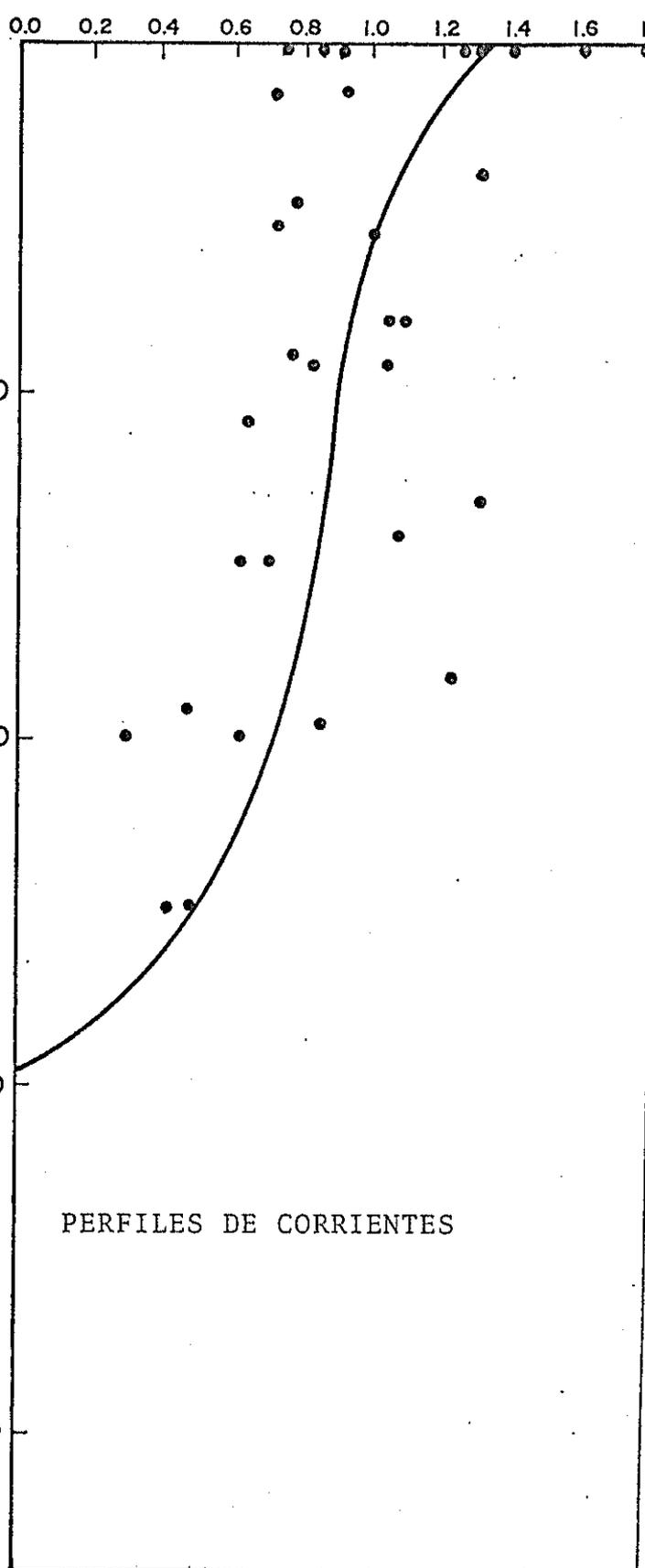
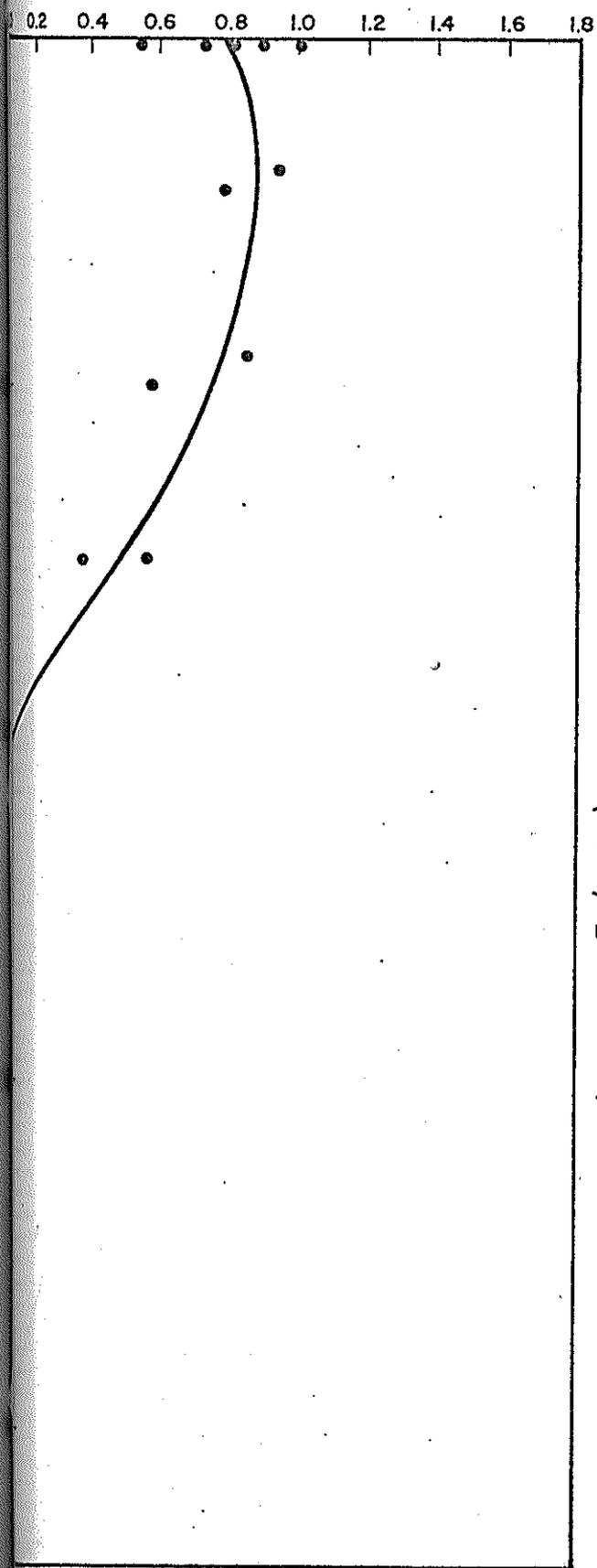
FLUJO

- FIGURA 7 a

REFLUJO

-V (nudos) →

-V (nudos) →



PERFILES DE CORRIENTES

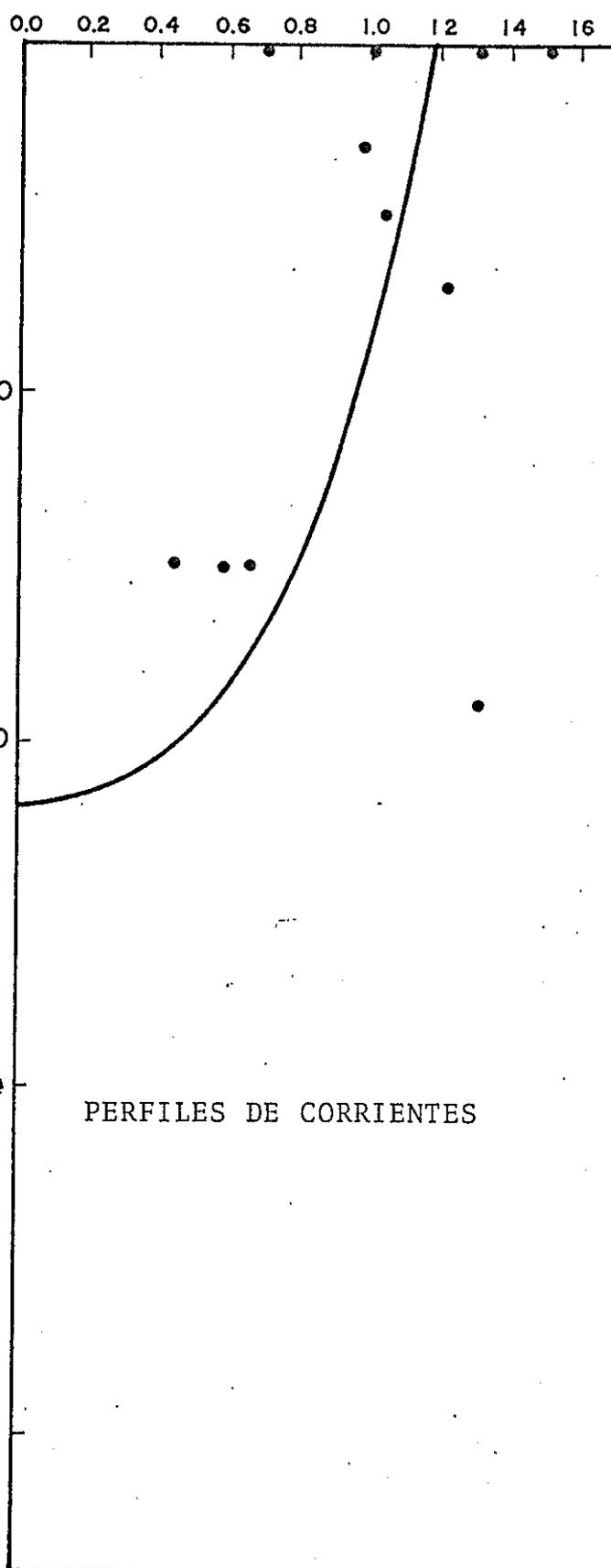
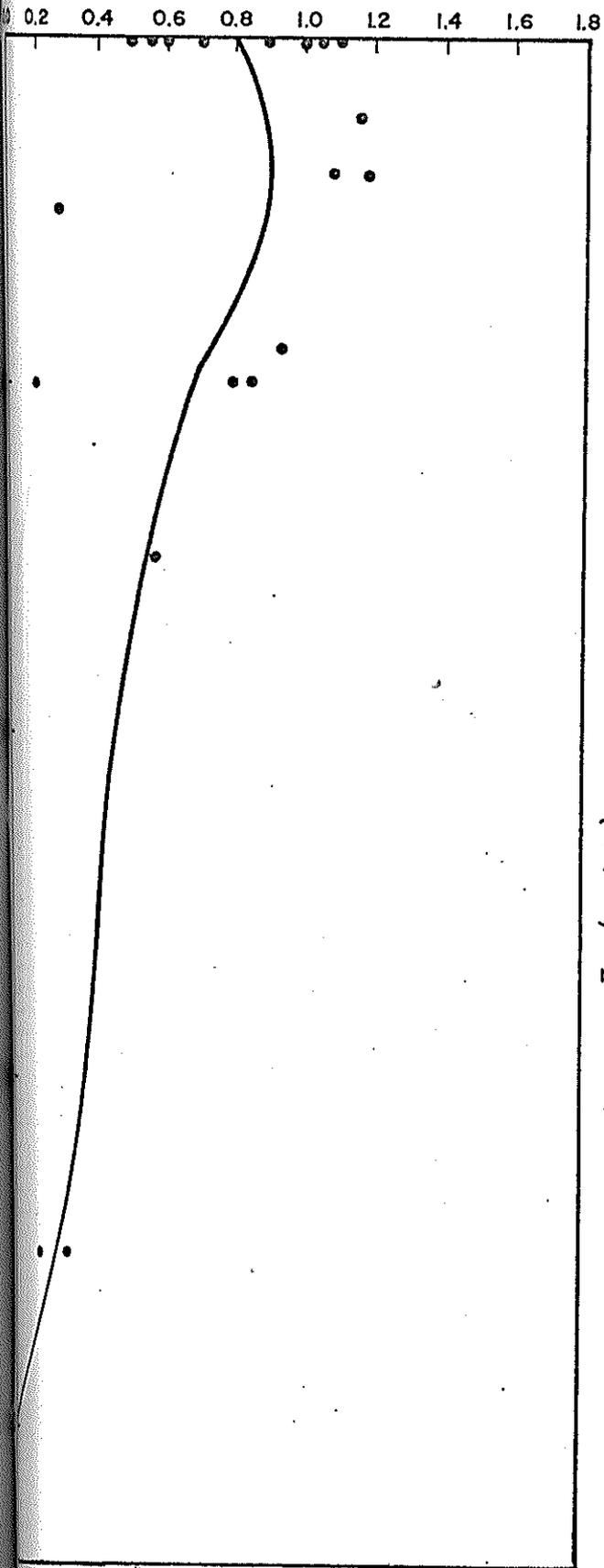
FLUJO

FIGURA 7 b

REFLUJO

- V (nudos) →

- V (nudos) →



PERFILES DE CORRIENTES

FLUJO

ESTACION 5

REFLUJO

45

FIGURA 7c

-V (nudos) →

→ -V (nudos)

0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8

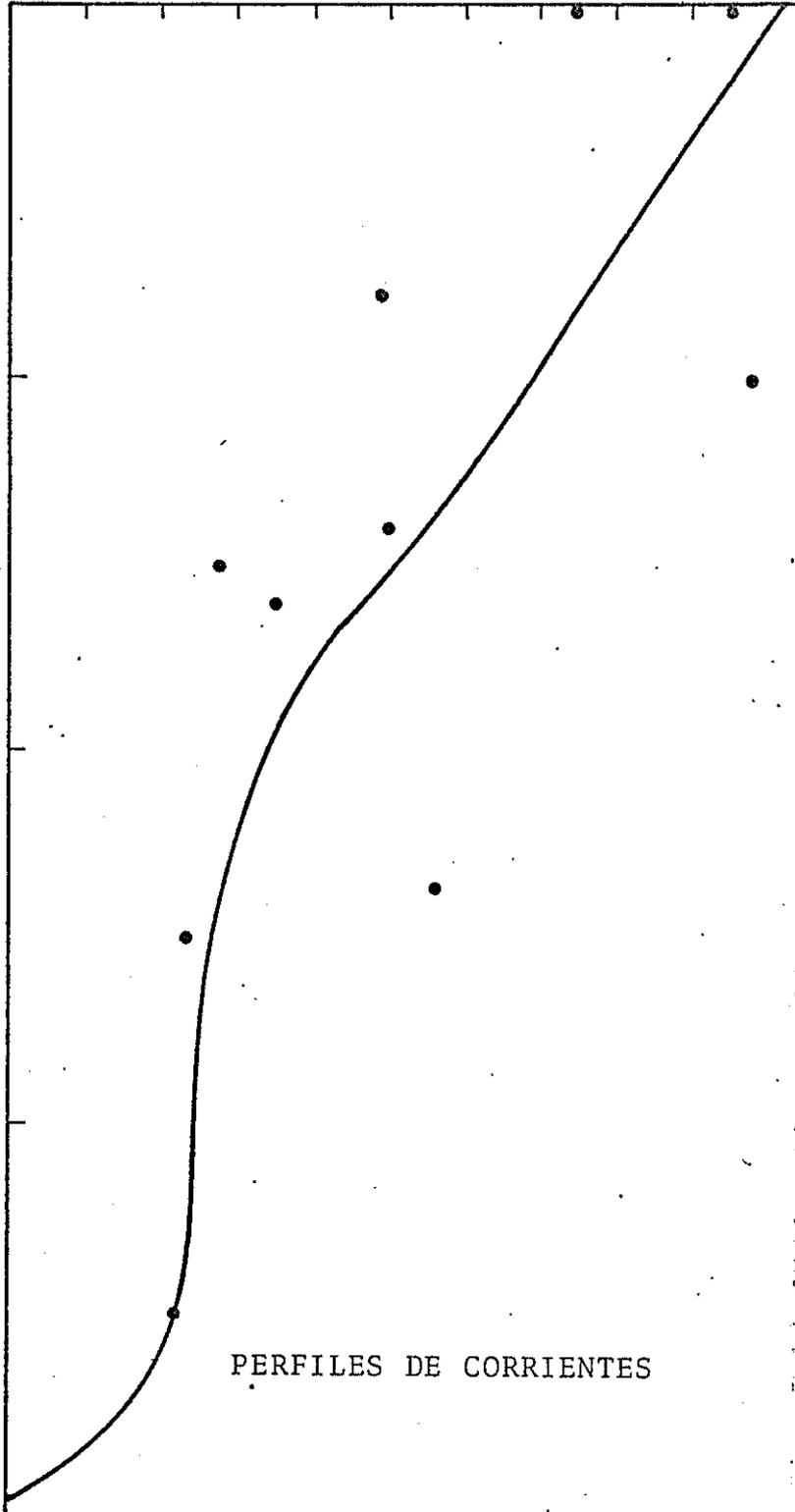
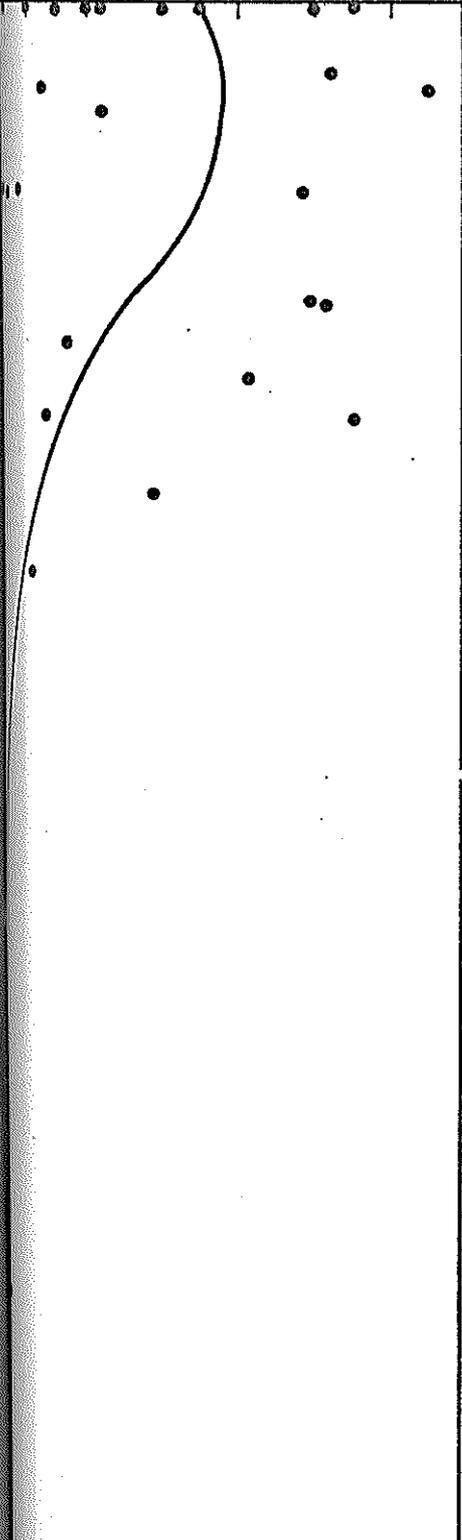
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0

z (mts)

30

4.0

PERFILES DE CORRIENTES



entonces que sí existen corrientes hasta el fondo pero de muy poca intensidad (menores a 0.20)

4.3.- VELOCIDADES DE CORRIENTE DE MAREA

Con el objeto de ver la influencia que tienen las corrientes de marea en la desembocadura del río Esmeraldas, calculamos la corriente de marea para las 3 estaciones de estudio tomando como mayor velocidad de corriente cuando $\text{SEN } \sqrt{t}=1$ y obtenemos los siguientes valores:

$$\text{Estación 1} \quad U_{\text{max}} = 1,88 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \quad (0.04 \text{ nudos})$$

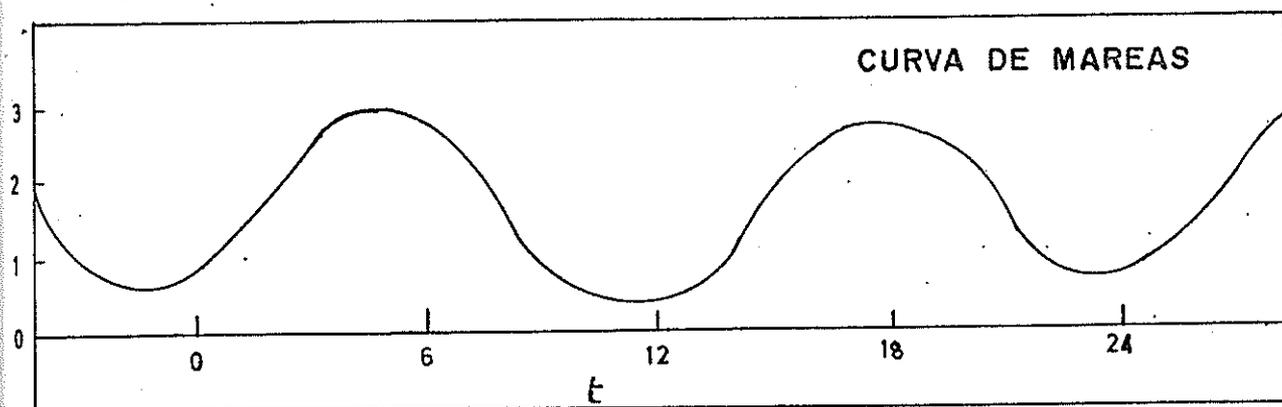
$$\text{Estación 2} \quad U_{\text{max}} = 1,12 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \quad (0.02 \text{ nudos})$$

$$\text{Estación 3} \quad U_{\text{max}} = 1,30 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \quad (0.03 \text{ nudos})$$

Estas velocidades son insignificantes comparadas con las velocidades medidas por el correntómetro y las calculadas por las veletas y es por eso que su influencia en nuestro estudio es insignificante, pero esta ecuación $\text{Sen } \sqrt{t}=1.0$ nos dice en qué momento existía la máxima corriente de marea y esto es función de la duración de la marea, el rango de marea, y la fracción de periodos de marea transcurrido en el tiempo de observación (Figura 8).

La corriente máxima ocurre en la mitad entre la baja y alta marea puesto que analizando según el tiempo t en la curva de marea computado el valor de $\text{sen } \sigma t$.

F I G U R A 8



$t = 0$	$\text{sen } \sigma t = 0$	$t = 3,5$	$\text{sen } \sigma t = 1.00$
$t = 1$	$\text{sen } \sigma t = 0.48$	$t = 6.00$	$\text{sen } \sigma t = 0.13$
$t = 3$	$\text{sen } \sigma t = 1.00$	$t = 6.30$	$\text{sen } \sigma t = 0.13$

4.4.- DIRECCION DE LA CORRIENTE SUPERFICIAL

Se tomaron posiciones de la localización del colorante luego que éste afloró a la superficie después de transcurrido un tiempo de 3 minutos; los resultados obtenidos se dan en las Tablas 5 y 6 para los días 16 y 17 de Mayo, tanto para la estación de descarga definitiva como para la estación de descarga provisional de aguas servidas.

Del análisis de estos valores se desprende que la dirección

de la corriente observada por el colorante, en la mañana tenía siempre una dirección Norte, mientras que en la tarde la dirección de la corriente cambiaba al Noreste; esto se explica por la acción del viento predominante en la tarde, proveniente del Oeste.

En las figuras 9 y 10, en donde se indica en un recuadro el estado de la marea cuando se realizó el experimento, se apreciaba muy claramente el efecto del cambio de dirección de la corriente entre el período de la mañana y el período de tarde. El colorante lanzado en la mañana en la estación 1, presenta una deriva claramente hacia el norte. El colorante fue lanzado en el inicio de esta de baja y los vientos en la mañana eran débiles.

El colorante lanzado en la tarde en la misma estación se desvía notablemente en dirección noreste. Este colorante fue lanzado cuando la marea estaba en flujo, y en ese momento los vientos soplaban con mayor intensidad. Además de la acción del viento, es posible que exista un efecto producido por la acción de la marea, puesto que en ese momento se encontraba en pleno flujo, es decir contrario a la acción de la corriente del río y por eso se producía un esfuerzo de corte que trataba de frenar el flujo producido por el río.

SONDAJES EN METROS

ESCALA 1:10000

FIGURA Nº 9

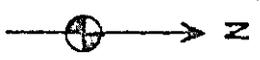
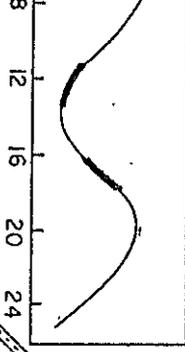
RECCION DE COLORANTE

MAÑANA

TARDE

16 - V - 75

AREA



3

2

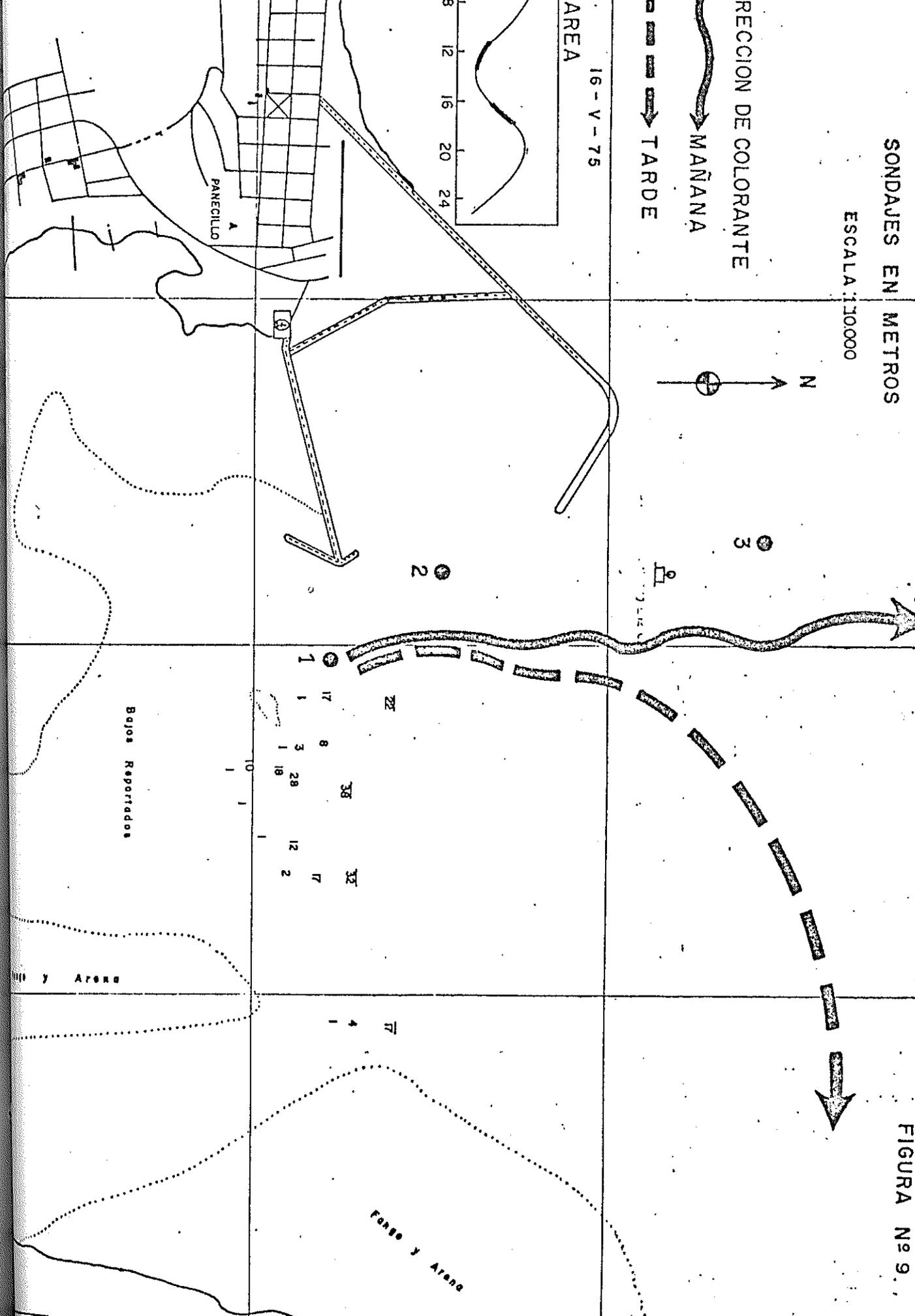
1

17	8	38	32
1	3	28	17
1	18	12	2
10	1		

Bajos Reportados

Y Arena

Fango y Arena



SONDAJES EN METROS

ESCALA: 1:10000

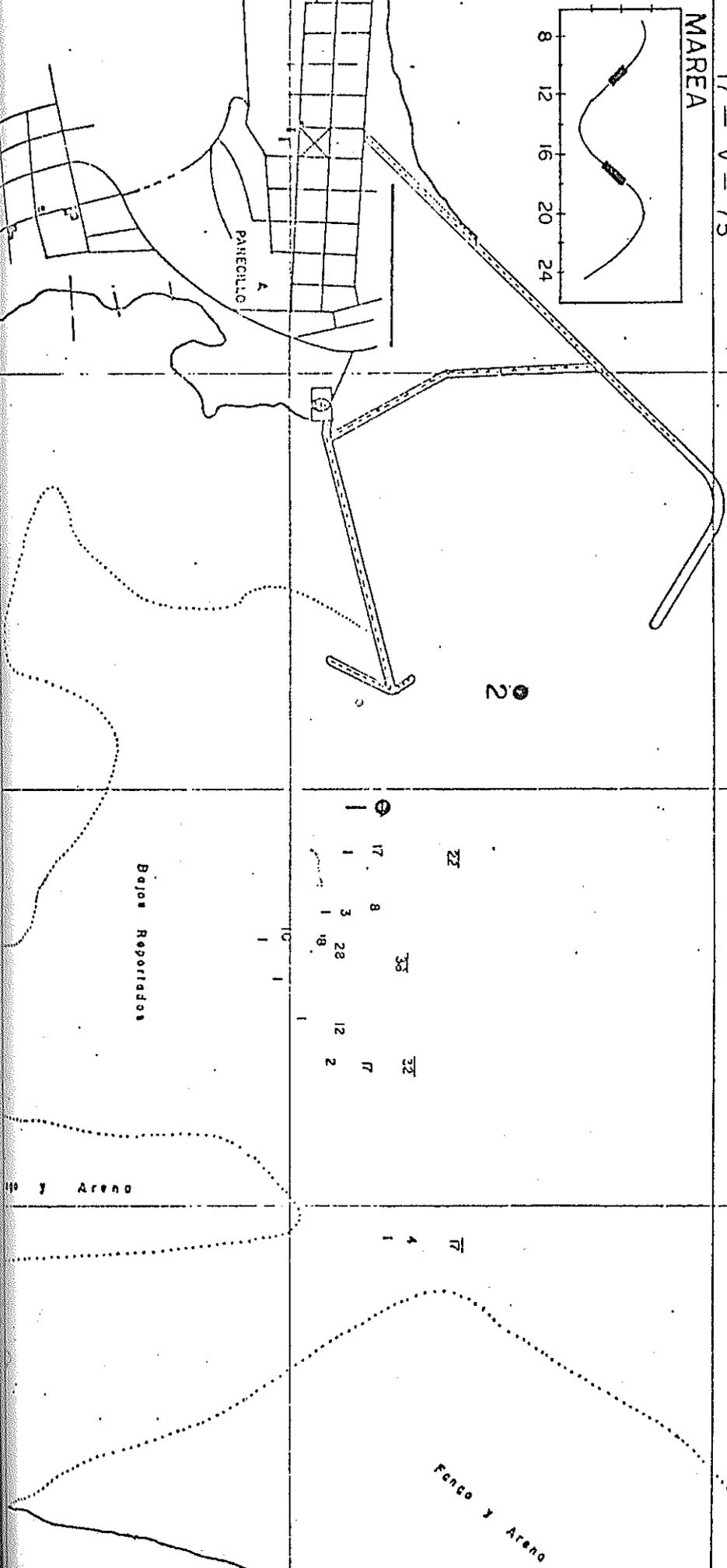
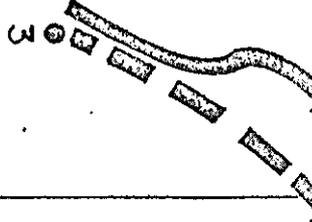
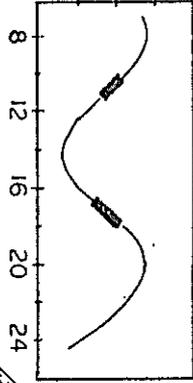
DIRECCION DE COLORANTE

MAÑANA

TARDE

17 - V - 75

MAREA



2

27

8

17

1

3

18

33

28

12

2

32

7

7

4

1

Bajas Reporridas

llo y Arena

Fango y Arena

T A B L A 5

POSICIONES DEL COLORANTE

Fecha: Mayo 16/75 Estación 3

HORA	DIRECCION	HORA	DIRECCION
11:20	50°	13:05	22°
11:25	40°	13:10	24°
11:30	24°	13:15	26°
11:35	20°	13:20	26°
11:40	12°	13:25	28°
11:45	12°	16:45	36°
11:50	0°	16:50	38°
11:55	2°	16:55	39°
12:00	358°	17:00	36°
12:05	2°	17:05	33°
12:10	6°	17:10	33°
12:15	8°	17:15	33°
12:20	8°	17:20	34°
12:25	6°	17:25	32°
12:30	6°	17:30	32°
12:35	12°	17:35	34°
12:40	8°	17:40	34°
12:45	14°	17:45	34°
12:50	14°	17:50	36°
12:55	20°	17:55	36°
13:00	20°	18:00	36°

T A B L A 6POSICIONES DEL COLORANTE

Fecha: Mayo 17/75 Estación 1

<u>HORA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>HORA</u>	<u>DIRECCION</u>
10:10	354°	10:55	357°
10:15	0°	11:00	0°
10:20	0°	17:00	350°
10:25	0°	17:10	0°
10:30	352°	17:15	20°
10:35	354°	17:20	30°
10:40	0°	17:25	60°
10:45	356°	17:30	60°
10:50	355°	18:00	60°

La trayectoria del colorante lanzado en la estación 3 no es tan clara respecto a señalar una diferencia entre la dirección observada durante la mañana y la tarde como en el caso anterior. En efecto en la figura 9 se aprecia que el colorante lanzado en la mañana en reflujó sufre una desviación en la dirección nor-noreste menor que la desviación que sufre el colorante lanzado en la tarde en flujo en que la dirección es más bien noreste.

4.5.- SALINIDAD, TEMPERATURA Y SIGMA-T

Los resultados de las observaciones de salinidades, temperaturas y valores calculados de sigma-t obtenidos en las tres estaciones en diferentes estados de marea y en diferentes días, se muestran en la tabla 7. Estos valores han sido graficados además en las figuras 11 a, 11 b y 11 c.

Estos valores han servido para conocer la profundidad de la capa de mezcla superficial.

El espesor de la capa superficial del río es variable y es función del tiempo en que efectúa la medición, encontrándose una capa superficial delgada en la estación 2 (muestra II) y una capa superficial extensa de 2.2 metros en la estación 1 (muestra V). La determinación del espesor de la

capa superficial se realizó para observar hasta que profundidad actuaba el flujo del río.

En la Tabla 8 se señala las diferentes profundidades que alcanza la capa superficial en diferentes días y períodos de marea.

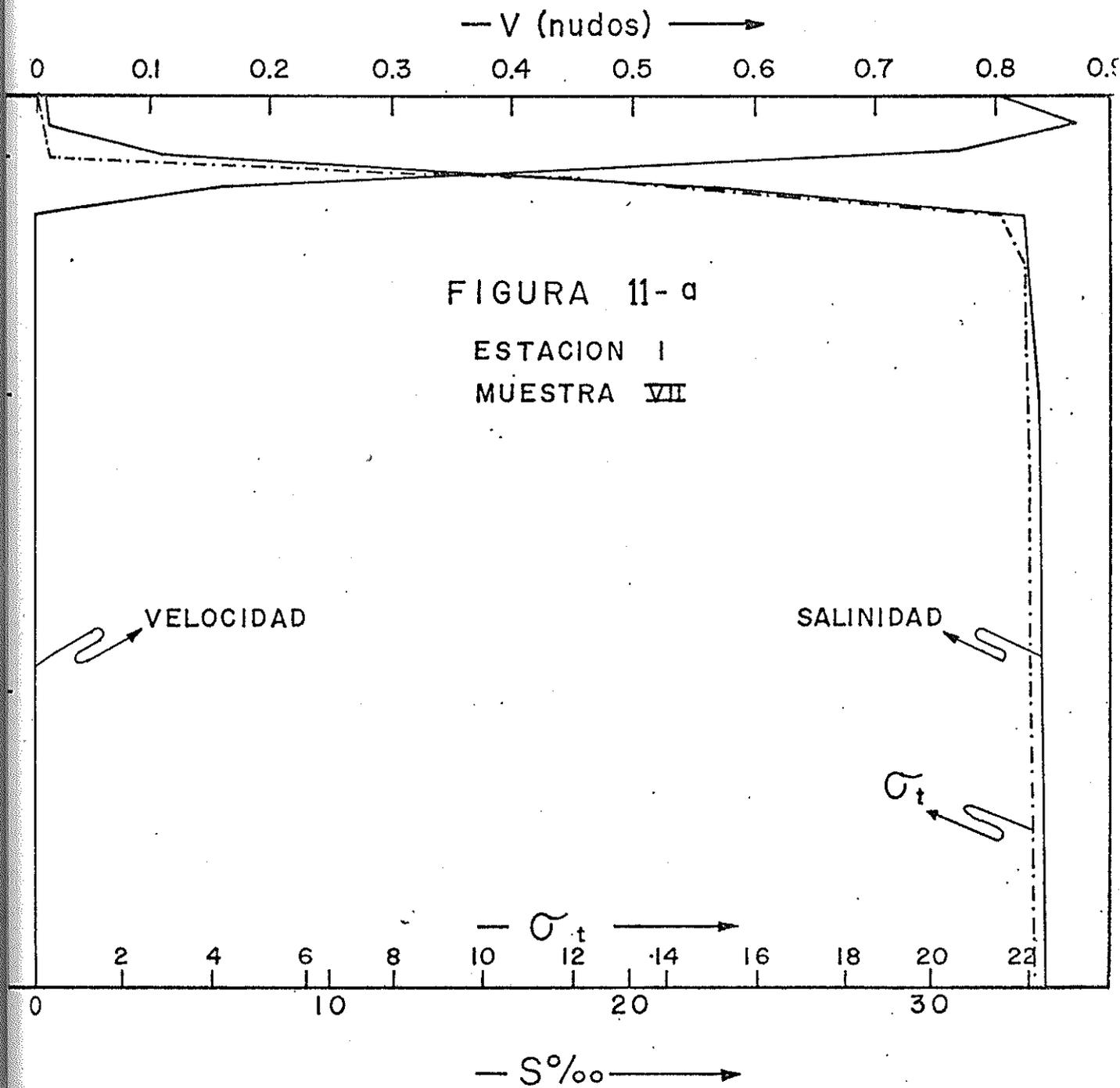
Los valores de sigma-t fueron computados utilizando las Tablas Hidrográficas de Knudsen (1901) y graficados para ciertas estaciones en las figuras 11 a, b, c.

Se observa que existe una zona de fuerte gradiente de sigma-t (picnoclina) que coincide con una fuerte gradiente de velocidad.

Las salinidades fluctúan entre 0.24 en la estación 2 en la superficie hasta un máximo de 34,87 partes por mil a una profundidad de 40 metros en la estación 3. Los bajos valores de salinidad de la capa superficial se deben al aporte del río y por lo tanto esas aguas están caracterizadas por una alta turbidez. Su color es café y se diferencian del agua de mayor salinidad, oceánica, de color verde.

La penetración del río produce un frente de color cuya posición fluctúa en el curso del día. Enfield (1974) ha co-

PERFILES DE SALINIDAD VELOCIDAD Y SIGMA-T



PERFILES DE SALINIDAD VELOCIDAD Y SIGMA-T

— V (nudos) —→

0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7

FIGURA 11- b
ESTACION 2
MUESTRA I

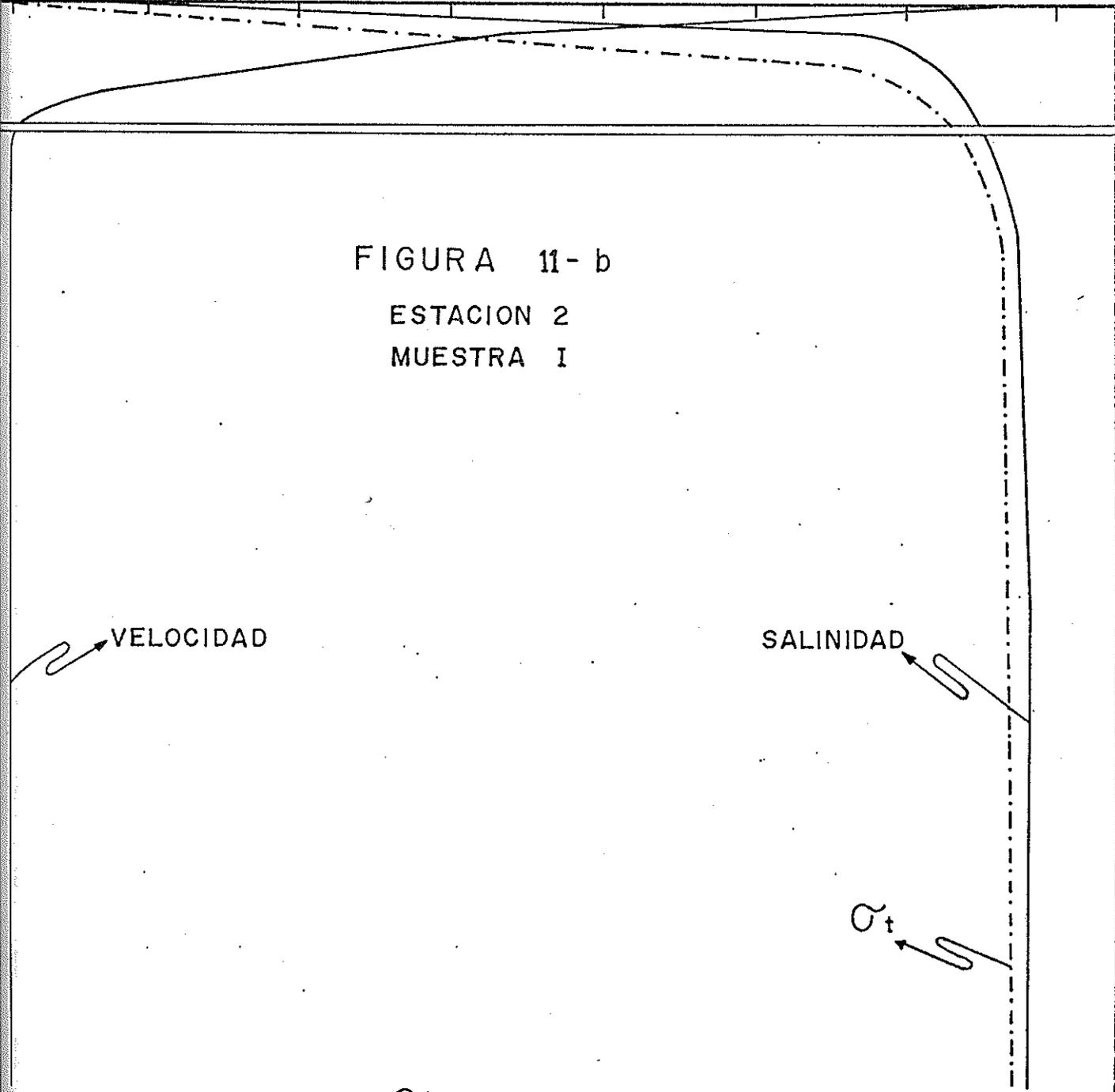
VELOCIDAD

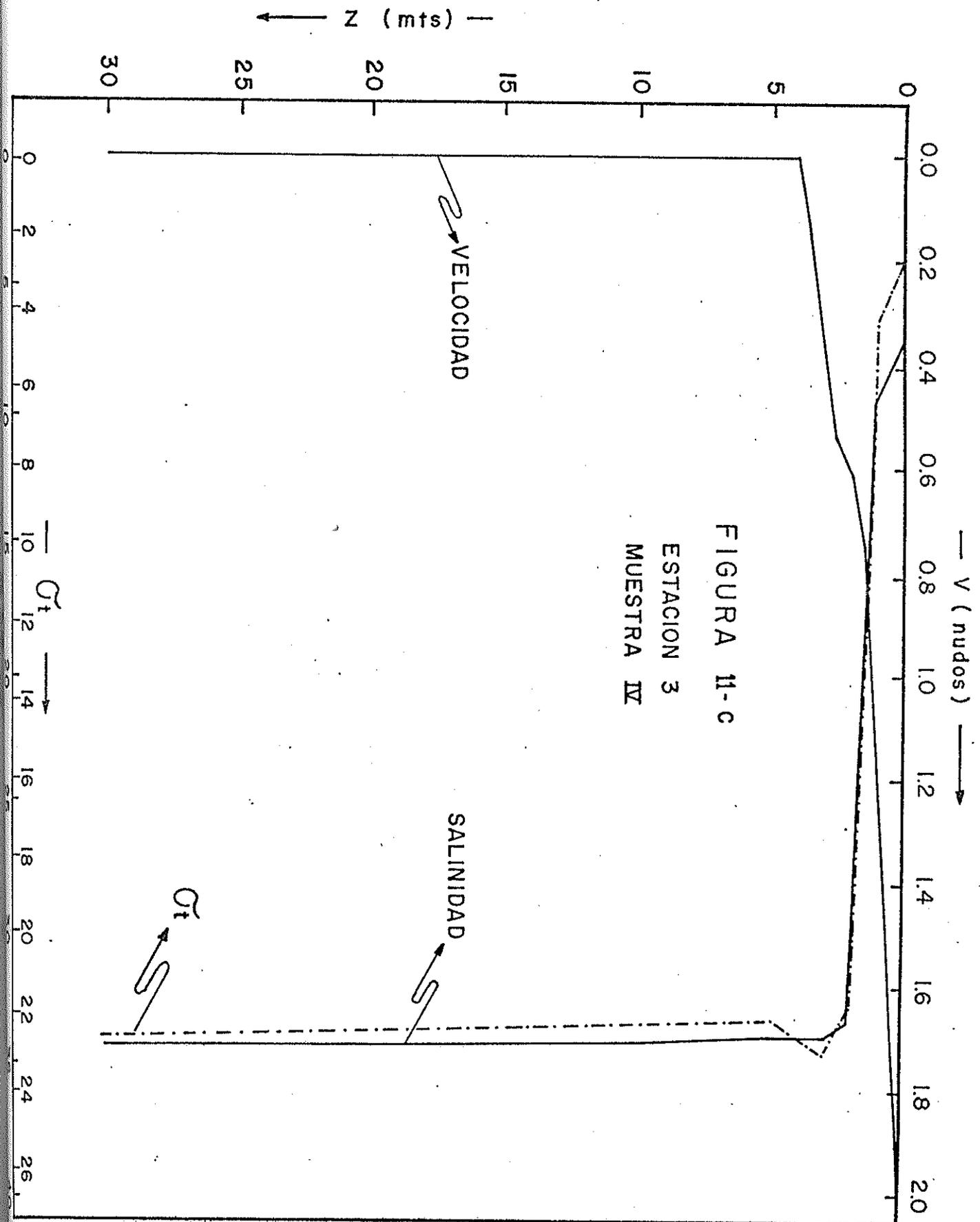
SALINIDAD

σ_t

σ_t
— S ‰ —→

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24
0 5 10 15 20 25 30 35





rrelacionado las fluctuaciones del frente dentro de la dársena con los vientos locales. Este frente estaría más desarrollado a medio día cuando los vientos son más fuertes, retrocediendo hasta la salida de la dársena por la tarde.

Presumiblemente aunque sus observaciones no lo permitieron establecer con certeza, este frente volvería a entrar por la dársena por la noche.

4.6.- ANALISIS DE CORRELACION

A continuación presentamos los resultados del análisis realizado para la calibración de las veletas usadas.

En la siguiente tabla se dan los parámetros estadísticos de las veletas así como también los resultados del análisis de regresión, realizados para los valores de la velocidad al cuadrado (V^2), con respecto a los valores de la tangente del ángulo medido ($\tan\theta$) respectivamente.

VELETA	\bar{x}	\bar{y}	σ_x	σ_y	Seb	$\gamma_{x,y}$
A	2,27	0.36	1.11	0.19	0.06	0.90
B	1.46	0.53	0.62	0.22	0.09	0.84
C	1.19	0.48	0.65	0.19	0.06	0.81
D	0.34	0.48	0.13	0.20	0.41	0.76

El factor de correlación de las veletas usadas para nuestro tipo de estudio (γ_{xy}), se encuentran en el rango aproximado de +1, lo que demuestra que hay una buena correlación lineal entre las variables V^2 y $\tan\theta$.

T A B L A 7

Muestra	Prof. (mt)	Salinidad ‰	Temperatura °C	Densidad
Estación 1 Muestra VII 15-Mayo 18:00 hrs.	0	0.42	24.2	0.0
	0.5	0.59	24.5	0.0
	1.0	4.34	24.8	0.42
	1.5	22.74	26.0	13.86
	2.0	33.04	26.4	21.46
	3.0	33.80	26.2	22.09
	5.0	33.89	26.2	22.15
	15.0	33.96	26.2	22.21
Estación 2 Muestra I 11-Mayo 11:00 hrs.	0	0.24	24.0	0.0
	1	26.96	25.7	17.10
	3	34.06	26.2	22.28
	5	33.98	26.5	22.13
	10	34.17	26.5	22.27
	30	34.16	26.2	22.35
Estación 3 Muestra IV 14-Mayo 11:30 hrs.	0	7.21	24.3	2.71
	0.5	2.43	24.3	0.0
	1.0	9.34	24.8	4.17
	2.0	33.33	26.4	21.67
	3.0	33.90	26.7	23.01
	5.0	33.94	26.3	22.16
	10.0	34.01	26.2	22.25
	20.0	34.11	26.1	22.35
	30.0	34.14	25.5	22.56
	35.0	34.74	19.3	24.76
40.0	34.87	18.5	25.07	

T A B L A 8

DIA	HORA	SALINIDAD	PROFUNDIDAD DE LA CAPA SUPERFICIAL (mt)
12	11:15	I	1.0
12	16:15	II	---
13	11:45	III	0.4
14	11:50	IV	1.5
15	11:15	V	2.2
15	16:00	VI	1.0
15	18:00	VII	1.3
16	08:15	VIII	1.6
16	11:10	IX	1.8

5.- CONCLUSIONES

De acuerdo a los trabajos previos realizados por Enfield - (1973,1974) se tiene un conocimiento del comportamiento de las corrientes en la boca de la dársena. Junto a los datos obtenidos en el presente estudio podemos hacer una descripción preliminar del régimen de corrientes superficiales en la desembocadura del río Esmeraldas y presentar un modelo de circulación para los diferentes estados de marea, estoa de alta, estoa de baja, flujo y reflujó (figuras 12a-b y 13c-d).

De acuerdo a los estudios previos en la estoa de alta, se produce un transporte neto de agua salada dentro de la dársena. Nuestras observaciones establecen que el flujo del río Esmeraldas sufre una leve desviación hacia el noreste a partir de la boca de la dársena.

Las velocidades de corrientes en este estado de marea tiene un magnitud de 0.45 nudos en la desembocadura misma del río y 0.1 en la entrada de la dársena. Esta disminución de la velocidad de corriente podría ser una de las causas de la sedimentación fuerte en la parte sur de la dársena y débil en la parte norte. Las maniobras de remolque en este estado de marea es óptima con bajas velocidades y con un flujo hacia adentro de la dársena.

SONDAJES EN METROS

ESCALA 1:100000

MODELO DE CORRIENTES SUPERFICIALES EN LA DESEMBOCADURA DEL RIO ESMERALDAS EN ESTOA DE ALTA

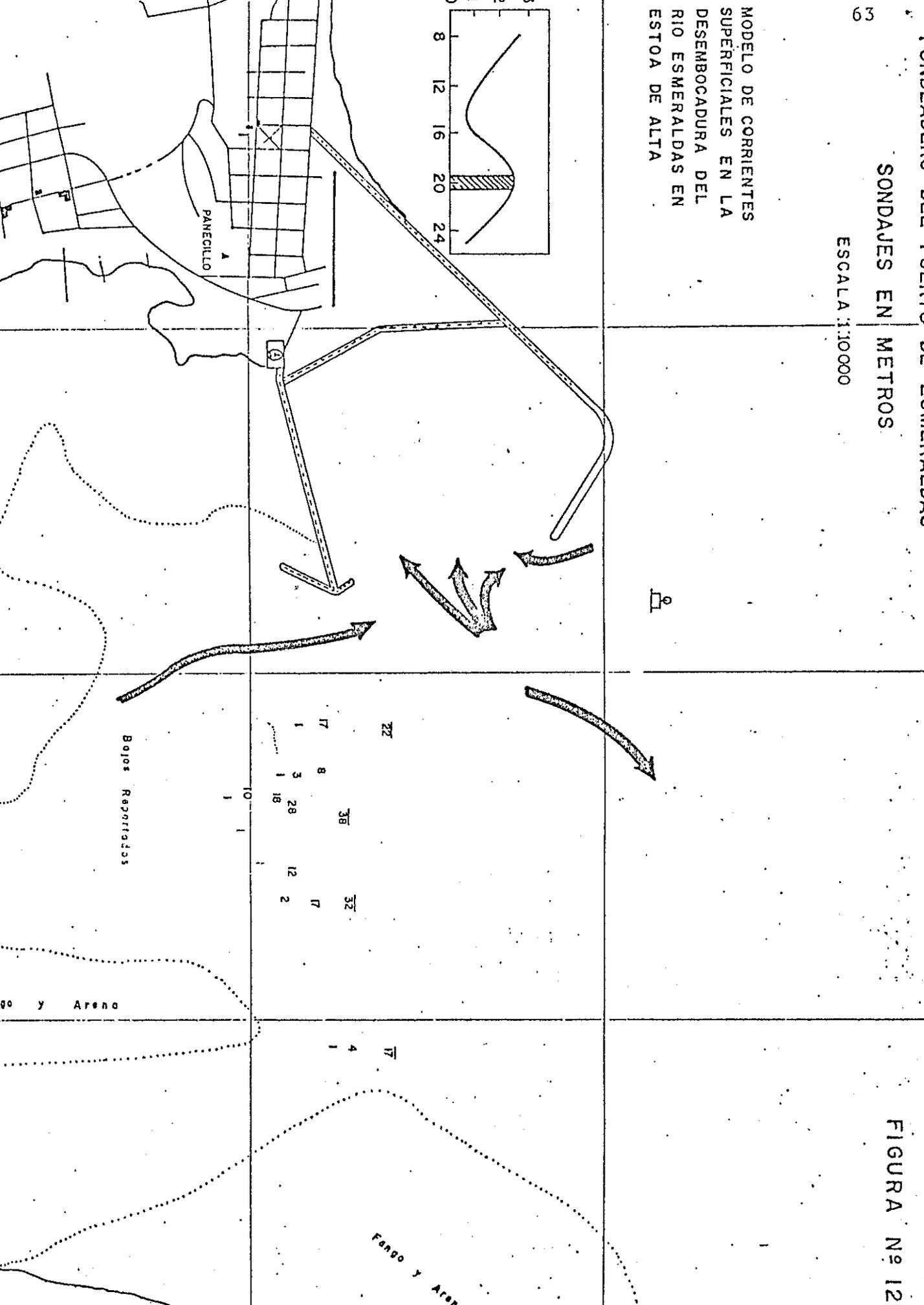


FIGURA N° 12

SONDAJES EN METROS

ESCALA: 1:10000

MODELO DE CORRIENTES SUPERFICIALES EN LA EMBOCADURA DEL RIO GENERALDA EN ESTO A BAJA.

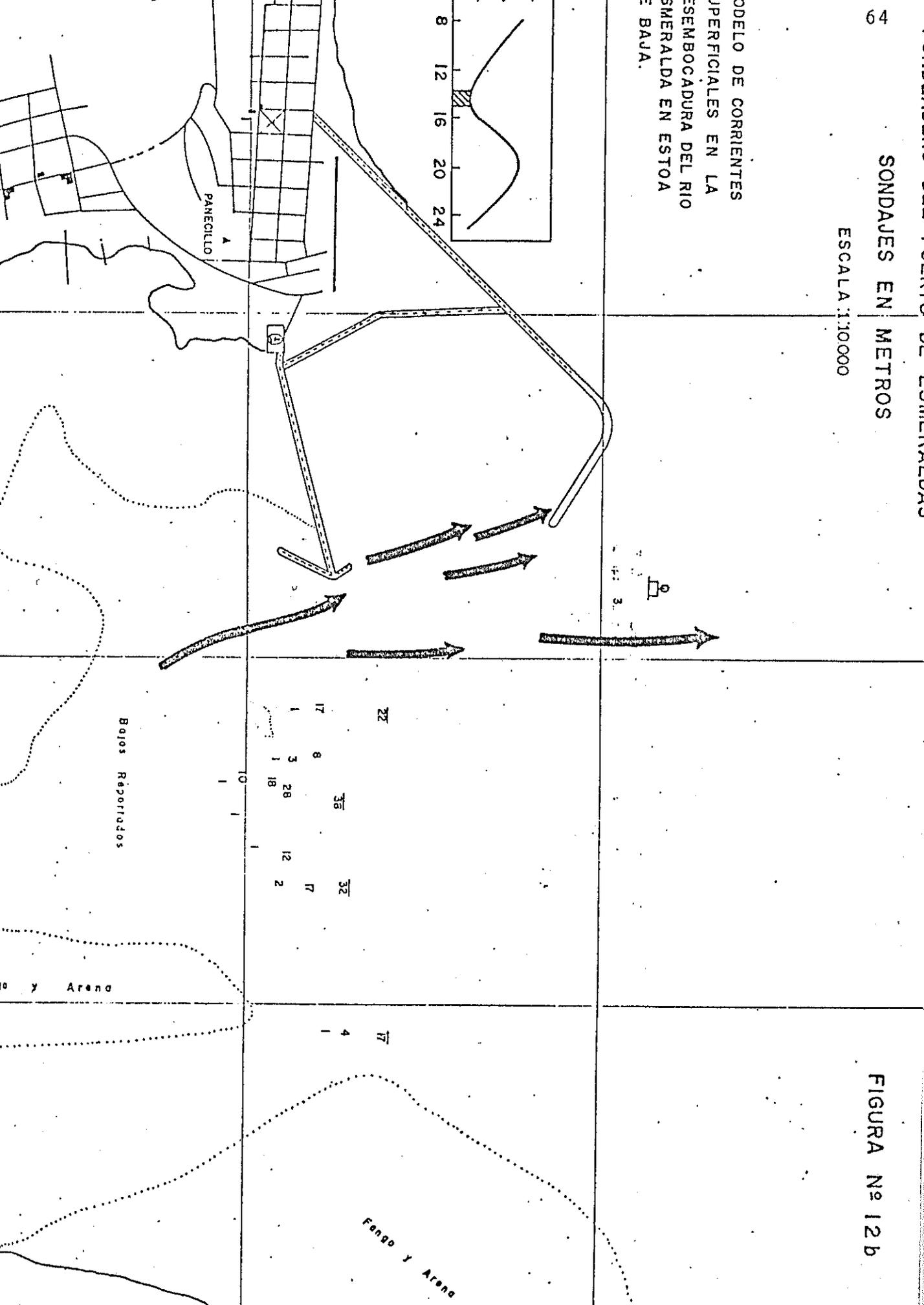


FIGURA Nº 12 b

SONDAJES EN METROS

ESCALA 1:10000

MODELO DE CORRIENTES SUPERFICIALES EN LA ESEMBOCADURA DEL RIO ESMERALDAS EN FLUJO

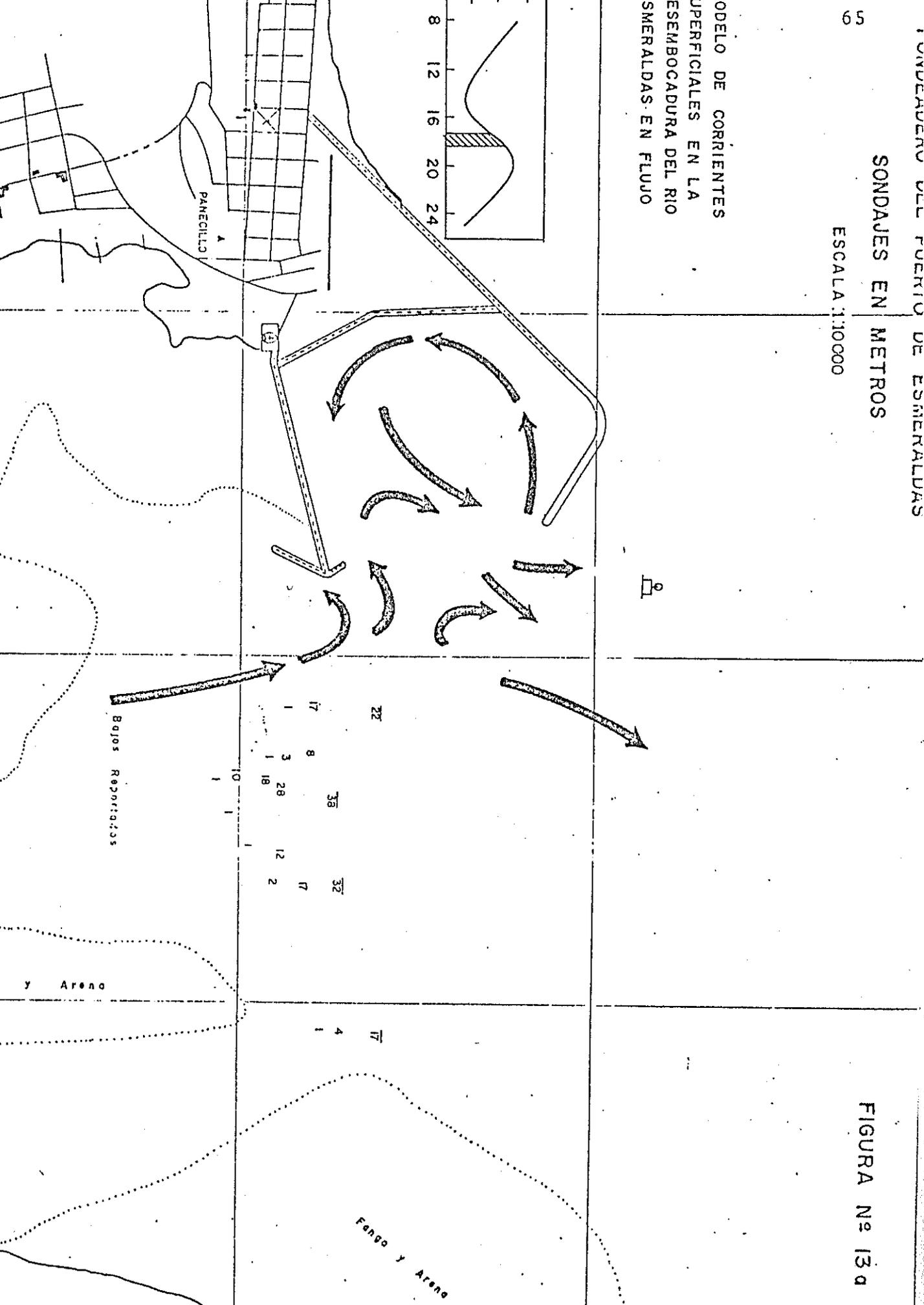


FIGURA Nº 13a

MODELO DE CORRIENTES SUPERFICIALES EN LA ESEMBOCADURA DEL RIO ESMERALDAS EN REFLUJO

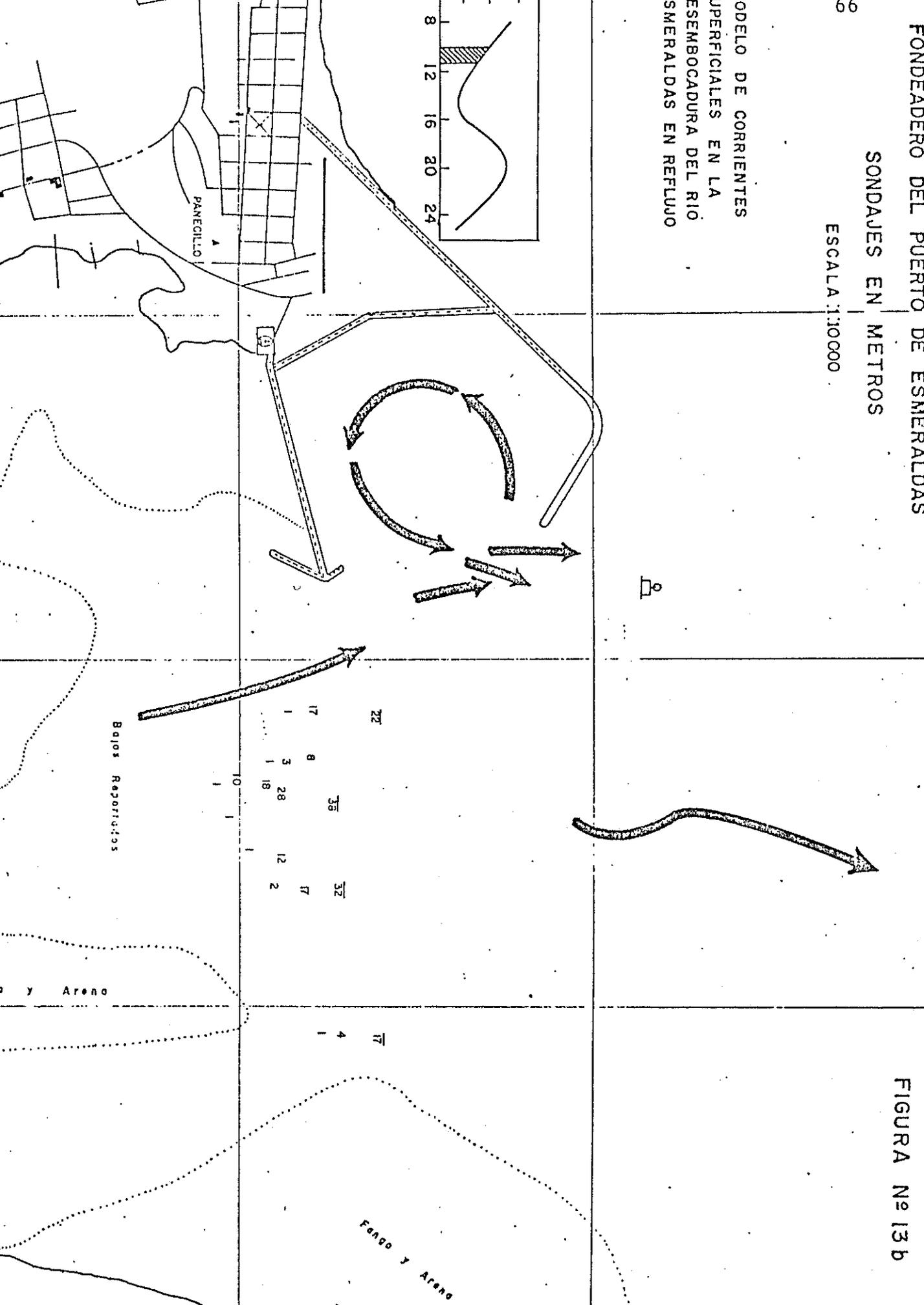


FIGURA Nº 13 b

Por otra parte en lo que respecta del comportamiento de las aguas servidas es posible que incluso en el lugar designado como descarga definitiva podrían entrar aguas servidas ya diluídas a la dársena.

Durante la estoa de baja las corrientes tienen una velocidad mayor tanto en la desembocadura del río (0.60 nudos) como en la entrada a la dársena 0.25 nudos; esto hace que su dirección sea claramente hacia el norte. En estoa de baja la maniobra de remolque de embarcación en la boca de la dársena se dificulta tanto por la velocidad como dirección de la corriente. En cambio en estoa de baja los puntos de descarga de aguas servidas tanto provisorio como definitivas son adecuadas.

Un análisis del comportamiento de las corrientes en período de flujo y reflujo también se ha hecho.

Durante el período de flujo es decir cuando está subiendo la marea, la velocidad de la corriente del río se ve disminuida alcanzando valores de velocidades con promedios de 1.5 nudos. Esto se debe al efecto de barrera producido por la marea que entra en el estuario en ese período de marea y aparentemente vinculado al efecto antes escrito se produce debido a la configuración del muelle sur de la dársena, un sistema de remo-

lino que dan por resultado, que parte del flujo del río penetra hasta el interior de la dársena formando un giro anticiclónico especialmente en la parte norte de la dársena.

Las velocidades de corrientes en el sitio de maniobras presentan velocidades bajas por lo que la maniobra en ese período no se ve dificultada. En cuanto a la descarga de aguas servidas el lugar de descargas provisionarias es riesgosa, en cambio el lugar de descarga definitiva es satisfactoria.

Durante el período de reflujo las velocidades de las corrientes en la desembocadura del río son mayores alcanzando valores de 2.5 nudos. Las velocidades en la boca de la dársena no son sin embargo afectadas ya que sus valores promedios son casi iguales que en las producidas en flujo. Sin embargo es la dirección de la corriente especialmente en la boca de la dársena la que es más afectada ya que en el período de reflujo el transporte de aguas del río dentro de la dársena es prácticamente nulo por lo que en este período, los lugares de descargas de aguas servidas tanto provisional como definitiva, son adecuados.

En resumen podemos decir que el régimen de corrientes en la zona varía en alta y baja, y en flujo y reflujo, existiendo en alta y en flujo transporte de aguas del río dentro de la

sena y disminución de velocidades que si bien es cierto facilitan por una parte la labor de maniobra de remolque que por otra parte están arriesgando que al menos de elegirse el sitio 1 como descarga de las aguas servidas, éstas penetren dentro de la dársena.

La elección del sitio 3 parece ser más adecuada aunque aún en períodos de alta podrían presentarse algunos problemas.

En todo no debe perderse de vista las limitaciones de nuestro estudio, especialmente por el hecho de que estén realizados en un período corto de tiempo, período considerado normal.

Quizás observaciones realizadas en otros sitios cercanos a los sitios de estudio y en períodos más largos de mediciones nos podrían dar una idea más clara del régimen de corrientes en la desembocadura del río, lo que serviría tanto para los intereses de la autoridad portuaria de Esmeraldas, para el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias como para otras instituciones o personas interesadas en este problema.

En todo caso la descripción del sistema de corrientes para la desembocadura del Río Esmeraldas es válido con las limitaciones anteriores como una primera aproximación global al conocimiento de la oceanografía de la región.

A P E N D I C E S

CONTENIDO DE LOS APENDICES

		Página
APENDICE 1	Datos de velocidad de corriente superficial y subsuperficial en la Estación 1.	72
APENDICE 2	Datos de velocidad de corriente superficial y subsuperficial en la Estación 2.	76
APENDICE 3	Datos de velocidad de corriente superficial y subsuperficial en la Estación 3.	79
APENDICE 4	Especificaciones técnicas para la construcción de veletas a ser usadas en medición de corrientes.	84
APENDICE 5	Especificaciones para tamaño y peso de 4 tipos de veletas.	90
APENDICE 6	Procedimientos para las observaciones de la velocidad y dirección de la corriente.	92

A P E N D I C E 1

DATOS DE VELOCIDAD DE CORRIENTE SUPERFICIAL
Y SUBSUPERFICIAL EN LA ESTACION 1

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
15	09:50	0.0	21°	B	1.4 (.72)
		0.80	23°		1.08 (.56)
		1.38	16°		0.89 (.46)
		1.91	13°		0.80 (.41)
		2.5	5°		0.49 (.25)
		3.0	0°		0.0
		8.5	0°		0.0
15	10:20	0.0	17°	B	1.25 (.64)
		0.15	15°		0.93 (.48)
		0.95	12°		0.77 (.40)
		1.50	10°		0.70 (.36)
		2.0	8°		0.64 (.32)
		2.5	4°		0.44 (.23)
		5.0	0°		0.0
15	10:50	0.0	10°	B	0.85 (.44)
		0.46	12°		0.77 (.40)
		0.93	14°		0.83 (.43)
		1.5	8°		0.62 (.32)
		8.5	0°		0.0
15	11:00	0.0	26°	D	0.75 (.39)
		0.14	35°		0.72 (.37)
		0.52	36°		0.74 (.38)
		1.1	29°		0.64 (.33)
		5.0	0°		0.0
		15.0	0°		0.0

(C O N T I N U A C I O N)

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO θ	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
15	15:10	0.0	26°	C	0.95 (.49)
		0.38	20°		0.95 (.49)
		1.0	0°		0.0
		3.0	0°		0.0
		5.0	0°		0.0
		8.5	0°		0.0
15	15:50	0.0	10°	C	0.55 (.28)
		3.0	0°		0.0
		5.0	0°		0.0
		8.5	0°		0.0
15	16:25	0.0	10°	C	0.75 (.39)
		3.0	0°		0.0
		5.0	0°		0.0
		8.5	0°		0.0
15	17:00	0.0	13°	C	0.75 (.39)
		8.5	0°		0.0
	17:30	0.0	14°	E	0.80 (.41)
	18:00	0.0	20°		0.80 (.41)
	18:35	0.0	38°		0.85 (.44)
16	08:00	0.0	32°	C	1.30 (.67)
		0.8	24°		1.06 (.55)
		1.5	0°		0.0
		2.0	0°		0.0
		2.5	0°		0.0
		3.0	0°		0.0
		8.5	0°		0.0

(C O N T I N U A C I O N)

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO θ	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
16	08:45	0.0	41°	C	1.80 (.93)
		0.0	32°	A	2.0 (1.03)
		0.11	40°		2.33 (1.20)

16	09:20	0.0	10°	A	0.97 (.47)
		0.55	12°		1.17 (.60)
		0.94	13°		1.22 (.63)
		1.32	20°		1.53 (.79)
		1.83	18°		1.45 (.75)
		2.5	0°		0.0
		3.5	0°		0.0
8.5	0°		0.0		

16	09:50	0.0	15°	A	1.3 (.67)
		0.38	20°		1.53 (.79)
		0.94	13°		1.22 (.63)
		1.41	14°		1.27 (.65)
		1.96	9°		1.01 (.52)
		0.85	0°		0.0

16	10:30	0.0	22°	A	1.60 (.82)
		0.38	20°		1.53 (.79)
		0.94	13°		1.22 (.63)
		1.5	6°		0.82 (.42)
		13.5	0°		0.0

(C O N T I N U A C I O N)

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
15	11:45	0.0	15°	D	0.55 (.28)
		0.5	10°		0.36 (.19)
		1.0	10°		0.36 (.19)
		3.5	0°		0.0
15	12:02	0.0	9°	D	0.37 (.19)
		0.45	13°		0.42 (.22)
		0.95	11°		0.38 (.20)
15	12:55	0.0	23°	D	0.55 (.28)
		0.91	15°		0.45 (.23)
		1.5	7°		0.30 (.15)
		3.0	0°		0.0
		5.0	0°		0.0
		8.5	0°		0.0
15	13:35	0.0	45°	D	0.80 (.41)
	13:45	0.0	15°	B	0.90 (.46)
		0.91	15°		0.86 (.44)
		1.5	7°		0.58 (.30)
		8.5	0°		0.0
15	14:10	0.0	17°	B	1.0 (.52)
		0.91	15°		0.86 (.44)
		1.5	3°		0.38 (.20)
		5.0	0°		0.0
15	14:40	0.0	26°	C	1.0 (.52)
		0.44	14°		0.79 (.41)
		1.0	8°		0.0
		1.5	0°		0.0
		3.0	0°		0.0
		8.5	0°		0.0

A P E N D I C E 2

DATOS DE VELOCIDAD DE CORRIENTE SUPERFICIAL
Y SUBSUPERFICIAL EN LA ESTACION 2

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO θ	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
11	09:45	0.0	35°	B	0.80 (.41)
		1.0	27°		0.76 (.39)
		2.0	0°		0.0
11	10:10	0.0	36°	B	0.90 (.46)
		0.6	39°		0.95 (.49)
		1.0	34°		0.87 (.45)
		1.5	4°		0.0
		3.5	0°		0.0
		8.5	0°		0.0
11	10:35	0.0	41°	B	1.10 (.57)
	11:00	0.0	45°		1.06 (.55)
		0.4	46°		1.08 (.56)
		1.0	33°		0.85 (.44)
		1.0	2°		0.2 (.10)
		3.5	2°		0.2 (.10)
11	11:15	0.0	26°	A	1.0 (.52)
		1.0	13°		0.8 (.41)
		1.5	7°		0.58 (.30)
		3.5	0°		0.0
11	11:50	0.0	36°	B	1.0 (.52)
		0.9	38°		0.94 (.48)
		3.5	0°		0.0
11	12:00	0.0	40°	B	1.0 (.52)
	12:15	0.24	42°		1.16 (.60)
		0.40	50°		1.18 (.61)
		3.50	51°		0.0

(C O N T I N U A C I O N)

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO θ	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
11	12:30	0.0	17°	B	0.9 (.46)
		13:00	0.0		6°
	13:20	0.0	34°	D	0.57
		1.5	0°		0.0
		2.5	0°		0.0
11	14:00	0.0	20°	D	0.50 (.26)
		3.5	8°		0.32 (.16)
		8.5	0°		0.0
11	14:30	0.0	25°	D	0.5 (.26)
		0.5	6°		0.28 (.14)
		3.5	0°		0.0
11	15:00	0.0	45°	D	0.7 (.36)
		6.0	0°		0.0
11	15:15	0.0	33°	A	0.72 (.37)
		17:20	0.0		61°
	0.7	28°	1.21 (.62)		
	1.5	7°	0.58 (.30)		
	8.5	0°	0.0		
11	17:40	0.0	33°	A	1.4 (.72)
		0.3	19°		0.97 (.50)
	18:00	0.5	8°		1.03 (.53)
		2.5	0°		0.0
11	18:20	0.0	17°	A	1.3 (.67)
		1.5	9°		0.66 (.34)
		2.5	0°		0.0
	18:35	0.0	37°		1.5 (.72)

(C O N T I N U A C I O N)

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO θ	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
11	18:35	1.9	32°	A	1.31 (.67)
		3.5	0°		0.0
12	08:15	0.0	17°	B	1.0 (.52)
		1.0	9°		0.42 (.22)
		1.5	3°		0.0
		3.5	0°		0.0
12	09:15	0.0	8°	B	0.7 (.36)
		1.5	0°		0.0
		3.5	0°		0.0
12	09:45	0.0	6°	B	0.34 (.18)
		0.5	6°		0.34 (.18)
		1.5	0°		0.0
12	10:15	0.0	9°	B	0.5 (.26)
		0.5	6°		0.34 (.18)
		1.2	0°		0.0
12	10:45	0.0	9°	B	0.3 (.15)
		1.5	0°		0.0

A P E N D I C E 3

DATOS DE VELOCIDAD DE CORRIENTE SUPERFICIAL
Y SUBSUPERFICIAL EN LA ESTACION 3

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO θ	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
13	10:50	0.0	43°	C	1.5 (.77)
		0.4	39°		1.42 (.73)
		0.7	39°		1.42 (.73)
		0.8	39°		1.42 (.73)
		1.6	6°		0.0
13	11:15	0.0	32°	C	1.3 (.67)
		0.5	36°		1.35 (.70)
		0.8	40°		1.45 (.75)
		3.5	0°		0.0
13	11:30	0.0	26°	C	1.3 (.67)
		0.2	30°		1.2 (.62)
		0.4	40°		1.45 (.75)
		0.8	43°		1.53 (.79)
		2.0	6°		0.51 (.26)
13	11:45	0.0	32°	C	1.35 (.70)
		0.33	43°		1.53 (.79)
		2.5	0°		0.0
		3.5	0°		0.0
13	12:00	0.0	34°	C	1.4 (.72)
		0.8	38°		1.4 (.72)
		1.1	42°		1.5 (.77)
		2.5	0°		0.0
		3.5	0°		0.0

(C O N T I N U A C I O N)

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO θ	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
13	12:15	0.0	28°	C	1.4 (.72)
		0.5	37°		1.37 (.71)
		1.0	31°		1.23 (.63)
		2.5	0°		0.0
		3.5	0°		0.0
13	12:30	0.0	35°	C	1.5 (.77)
		0.8	39°		1.42 (.73)
		2.0	0°		0.0
		2.5	0°		0.0
13	12:45	0.0	33°	C	1.5 (.77)
		0.2	46°		1.44 (.74)
		1.3	21°		0.98 (.50)
		2.0	0°		0.0
13	13:05	3.0	0°	D	0.0
		3.5	0°		0.0
		13.0	0°		0.0
		28.5	0°		0.0
13	13:40	0.0	39°	C	1.4 (.72)
		0.5	7°		0.55 (.28)
		1.3	0°		0.0
		2.6	0°		0.0
13	14:00	0.0	22°	C	1.0 (.52)
		0.5	0°		0.0
	14:15	0.0	18°		0.7 (.36)
13	14:30	0.0	18°	C	0.8 (.41)
		0.5	4°		0.42 (.22)

(C O N T I N U A C I O N)

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO θ	VELETA	VELOCIDAD Nudo (m/s)
13	14:45	0.0	20°	C	0.6 (.31)
		0.5	5°		0.47 (.24)
13	15:00	0.0	22°	D	0.81 (.42)
		0.23	30°		0.66 (.34)
		1.1	31°		0.67 (.35)
		2.5	5°		0.26 (.13)
		3.4	13°		0.42 (.22)
		6.5	5°		0.26 (.13)
		8.5	0°		0.0
13	15:45	0.0	22°	D	0.45 (.23)
		0.3	43°		0.84 (.43)
		0.9	37°		0.75 (.39)
		2.5	5°		0.26 (.13)
		4.5	5°		0.26 (.13)
		5.5	6°		0.28 (.14)
13	16:05	0.0	30°	D	0.5 (.26)
		0.44	14°		0.43 (.22)
		1.17	27°		0.62 (.32)
		2.26	20°		0.52 (.27)
		3.5	6°		0.28 (.14)
		4.5	0°		0.0
13	16:40	0.0	24°	D	0.55 (.28)
		0.42	16°		0.46 (.24)
		0.93	36°		0.74 (.38)
		2.60	35°		0.72 (.37)
		3.50	33°		0.70 (.36)
		5.5	6°		0.28 (.14)
		7.0	0°		0.0

(C O N T I N U A C I O N)

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO θ	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
13	17:10	0.0	24°	E	0.65 (.33)
		0.37	21°		0.54 (.28)
		1.04	32°		0.68 (.35)
		0.96	52°		0.98 (.50)
		1.65	51°		0.96 (.49)
		2.28	51°		0.96 (.49)
		3.96	47°		0.90 (.46)
		6.45	28°		0.63 (.32)
		8.11	16°		0.46 (.24)
		11.5	6°		0.28 (.14)
		14.5	4°		0.23 (.12)
	15.5	0°	0.0		
14	08:45	0.0	49°	A	2.5 (1.29)
		1.6	6°		0.82 (.42)
		2.0	6°		0.82 (.42)
		2.36	15°		1.32 (.68)
14	09:15	0.0	34°	A	2.5 (1.29)
		1.0	40°		2.33 (1.20)
		1.4	12°		1.17 (.60)
		2.1	5°		0.75 (.39)
		2.5	0°		0.0
		5.0	0°		0.0
		10.0	0°		0.0
15.0	0°	0.0			
14	10:05	0.0	46°	C	1.9 (.98)
		0.78	24°		0.98 (.50)
		1.5	7°		0.55 (.28)
		2.5	5°		0.47 (.24)
		3.5	4°		0.42 (.22)

(C O N T I N U A C I O N)

DIA	HORA	PROFUNDIDAD (metros)	ANGULO θ	VELETA	VELOCIDAD Nudos (m/s)
14	10:35	0.0	9°	D	1.5 (.77)
		10:40	0.0		17°
		5.0	0°		0.0.
		10	0°		0.0
		15	0°		0.0
		20	0°		0.0
14	11:15	0.0	42°	D	1.5 (.77)
		0.4	40°		1.52 (.78)
		1.5	10°		0.0
		10.0	0°		0.0
		20.0	0°		0.0
14	11:45	0.0	40°	B	1.5 (.77)
		0.42	40°		1.52 (.78)
		1.5	0°		0.0
		5.0	0°		0.0
		15.0	0°		0.0
		30.0	0°		0.0
14	12:15	0.0	36°	B	1.5 (.77)
		0.3	44°		1.63 (.84)
	12:45	0.0	42°		1.5 (.77)
		0.24	46°		1.69 (.87)
		1.5	8°		0.62 (.32)
14	13:55	0.0	34°	B	1.10 (.57)
		1.0	13°		0.80 (.41)
		2.0	0°		0.0
		5.0	0°		0.0

A P E N D I C E 4

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DE VE-
LETAS A SER USADAS EN MEDICION DE CORRIENTES

Los estudios teóricos-prácticos han demostrado aceptables relaciones entre el ángulo del cable y velocidades hasta profundidades de 20 metros, y es así como se puede construir tablas y gráficos, donde la velocidad se expresa como una función del ángulo de cable, del área de una de las caras y el peso en el agua del conjunto de la veleta.

La relación requerida es obtenida de la siguiente ecuación:

$$V_o = \frac{2mg}{CD A \rho} \sqrt{\tan \theta}$$

$$V_o = K \sqrt{\tan \theta} \quad (1)$$

El coeficiente de arrastre CD tiene un valor de 1.2 para veletas cuya razón entre 1:1 y 1:5 (Rause, 1946).

Teniendo como valores de 32 pies/seg.² para la gravedad (g) y un valor de 64 lb./pie³ para la densidad ρ podemos simplificar la ecuación (1) así:

$$V_o = .92 \sqrt{\frac{m}{A}} \sqrt{\tan \theta} \quad (2)$$

para V_o en pies/seg., y donde m debe ser expresada en libras

y A en pies².

La figura A-1¹⁴ muestra las especificaciones de dos tamaños de veletas y se ven las dimensiones de las veletas de 2 x 3 pies (6 pies²) y de 1 x 1/2 pies (1.5 pies²)

Cada veleta con su pero suspendido, pesa en el agua:

M (para la veleta larga con 15 lbs.) = 8 1/4 lbs.

M (para la veleta larga con 30 lbs.) = 22 lbs.

M (para la veleta pequeña con 15 lbs) = 12 1/2 lbs.

M (para la veleta pequeña con 30 lbs.) = 26 3/4 lbs.

de la ecuación (2) tenemos entonces:

Para una veleta larga con 15 lbs. (8 1/4 lbs. en el agua):

$$V_0 = 1.08 \sqrt{\tan \theta} \text{ (pies/seg.)}$$

$$V_0 = .64 \sqrt{\tan \theta} \text{ (nudos)}$$

Para una veleta con 30 libras (22 lbs. en el agua) :

$$V_0 = 1.76 \sqrt{\tan \theta} \text{ (pies/seg.)}$$

$$V_0 = 1.04 \sqrt{\tan \theta} \text{ (nudos).}$$

Para veleta pequeña de 15 lbs. (12,5 lbs. en el agua) :

$$V_0 = 2.65 \sqrt{\tan \theta} \text{ (pie/seg.)}$$

$$V_0 = 1.57 \sqrt{\tan \theta} \text{ (nudos).}$$

Para veleta pequeña de 30 lbs. (26 3/4 lbs en agua) :

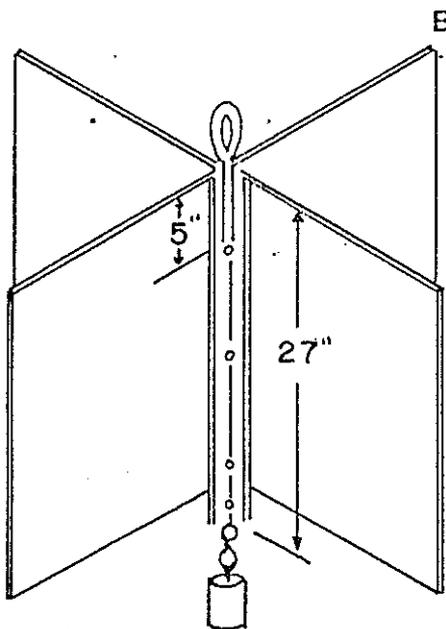
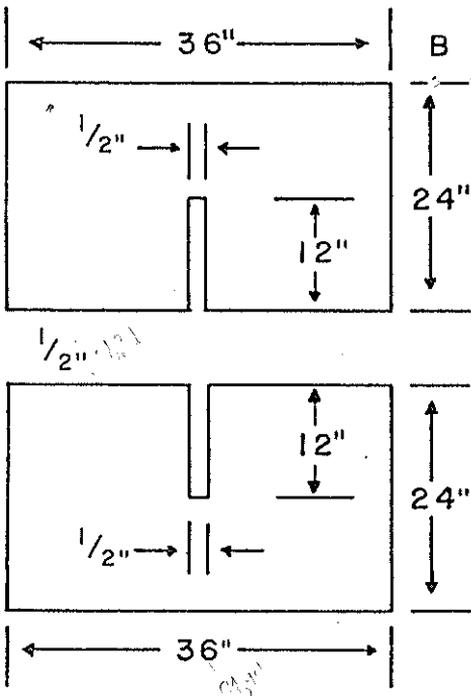
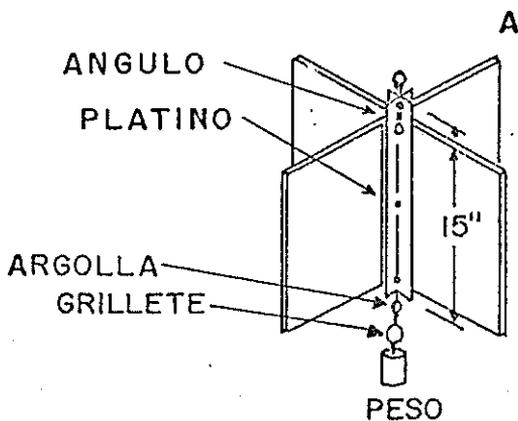
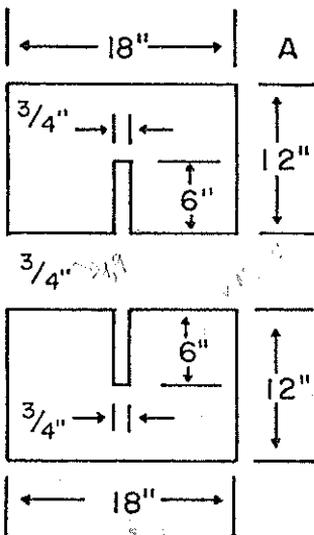
$$V_o = 2.30 \sqrt{\text{tane}} \quad (\text{nudos})$$

$$V_o = 3.88 \sqrt{\text{tane}} \quad (\text{pies/seg.})$$

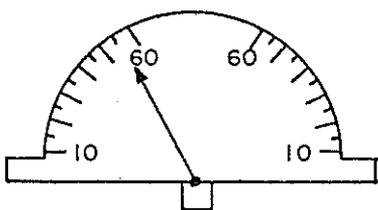
Estas relaciones han sido preparadas para usarlas en las siguientes tablas de velocidad V.S ángulo de cable según el tipo de veleta empleada.

FIGURA Nº 14

ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE VELETAS



INDICADOR DE ANGULO



VELETA PARA MEDIR CORRIENTE

T A B L A A-1

Velocidad en nudos como una función del ángulo de cable.
Para una veleta de 2' x 3' con 8 1/4 lbs. en el agua

ANGULO DE CABLE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	0	.08	.12	.15	.17	.19	.20	.22	.24	.26
10°	.27	.28	.29	.31	.32	.33	.34	.35	.37	.38
20°	.39	.40	.41	.42	.43	.44	.45	.46	.47	.48
30°	.49	.50	.51	.52	.53	.54	.55	.56	.57	.58
40°	.59	.60	.61	.62	.63	.64	.65	.66	.67	.69

T A B L A A-2

22 LBS. EN AGUA

ANGULO DE CABLE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	0	.14	.20	.24	.28	.31	.33	.37	.39	.42
10°	.44	.46	.48	.50	.52	.54	.56	.58	.60	.62
20°	.63	.65	.67	.69	.70	.72	.73	.75	.77	.78
30°	.80	.81	.83	.85	.86	.88	.90	.91	.93	.95
40°	.96	.98	1.00	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13

T A B L A A-3

Para 1' x 1.5' con peso de 12.5 lbs. en agua.

ANGULO DE CABLE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	0	.21	.29	.36	.42	.47	.50	.55	.59	.63
10°	.66	.69	.72	.75	.78	.81	.84	.87	.90	.92
20°	.95	.97	1.0	1.02	1.05	1.07	1.10	1.12	1.15	1.17
30°	1.19	1.22	1.24	1.27	1.29	1.31	1.34	1.36	1.39	1.41
40°	1.44	1.46	1.49	1.52	1.54	1.57	1.60	1.63	1.66	1.68

T A B L A A-4

Para 1' x 1.5' con peso de 26.75 lbs en agua

ANGULO DE CABLE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	0	.30	.43	.53	.61	.68	.73	.81	.86	.92
10°	.97	1.01	1.06	1.10	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35
20°	1.39	1.43	1.46	1.50	1.53	1.57	1.61	1.64	1.68	1.71
30°	1.75	1.78	1.82	1.85	1.89	1.92	1.96	2.00	2.03	2.07
40°	2.11	2.14	2.18	2.22	2.26	2.30	2.34	2.38	2.42	2.47

A P E N D I C E 5ESPECIFICACIONES PARA TAMAÑO Y PESO DE CUATRO
TIPO DE VELETAS

A continuación detallaremos cuatro tipos de-veletas, con sus rangos de velocidades y la fórmula de calibración.

Tipo S-1 Dimensiones = (1 pie x 1.5 pie)
 Area = 1.5 pie²
 Peso en agua = 8.5 kg.

Tipo S-2 Dimensiones = (1 pie x 1.5 pie)
 Area = 1.5 pie²
 Peso en agua = 34.2 kg.

Tipo L-1 Dimensiones = (2 pies x 3 pies)
 Area = 6 pies²
 Peso en agua = 3.1 kg.

Tipo L-2 Dimensiones = (2 pies x 3 pies)
 Area = .6 pies²
 Peso en agua = 8.7 kg.

Rango de velocidad y la fórmula de calibración para cada tipo de veletas.

VELETA	RANGO DE VELOCIDAD	FORMULA CALIBRADA
S-1	0.30 - 1.0	$V = \sqrt{\text{tane}}$
S-2	0.60 - 2.0	$V = 2.0 \sqrt{\text{tane}}$
L-1	0.09 - 0.3	$V = 0.3 \sqrt{\text{tane}}$
L-2	0.15 - 0.5	$V = 0.5 \sqrt{\text{tane}}$

De la tabla descrita, se ve que cada tipo de veleta y la velocidad de corriente es obtenido multiplicando tane por una constante (K).

El valor requerido del peso en el agua para cada tipo de veleta se selecciona para que así la velocidad sea fácilmente determinada de la observación de un ángulo de cable, usando la tabla de $\sqrt{\text{tane}}$ V.S θ .

A P E N D I C E 6PROCEDIMIENTO PARA LAS OBSERVACIONES DE LA VELO-
CIDAD Y DIRECCION DE LA CORRIENTE-

- A) Las observaciones se harán normalmente cada 0.5 mts. de profundidad.
- B) Si no poseemos ningún tipo de información sobre probables velocidades, normalmente usamos una veleta Tipo L-2. Si vemos que el ángulo de cable vertical va a ser menos de 5° , entonces usamos la veleta Tipo L-1.

Si el ángulo del cable en cualquier profundidad es más de 45° , entonces la veleta Tipo S-1 será sustituida por la de tipo L-2.

Cuando se excede los rangos normales se usan en general los tipos S-1 y S-2.

- C) La veleta apropiada es colocada en el cable hidrográfico y mandada a la profundidad que deseamos. La profundidad de la veleta es dada por la longitud del cable, el cual depende del ángulo del cable y ésta además, es leída por un contámetro, colocando previamente la veleta en la su-

perficie del agua y corregir el contámetro a cero; se conoce, además la distancia del contámetro a la superficie del agua.

D) Para medir la dirección, se lo hace visualmente, según la orientación del plano, formado por el ángulo del cable y la vertical.

E) Al mismo tiempo que se ha realizado esta medición, el compás magnético del barco es observado y luego, realiza la corrección de esta lectura por la desviación magnética.

La tabla que sigue se usa para facilitar el cálculo de $\tan\theta$.

θ°	$\tan\theta$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0'	0.000	0.132	0.187	0.229	0.264	0.296	0.324	0.351	0.375	0.397
10'	0.420	0.441	0.462	0.481	0.499	0.518	0.536	0.553	0.570	0.587
20'	0.603	0.620	0.636	0.652	0.667	0.683	0.699	0.714	0.729	0.743
30'	0.760	0.775	0.791	0.806	0.822	0.837	0.852	0.868	0.884	0.900
40'	0.916	0.932	0.949	0.966	0.983	1.000	1.018	1.035	1.054	1.072

Para obtener la velocidad de la corriente en m/s., se multiplican los valores obtenidos en la tabla de arriba, correspondientes al ángulo observado por el factor K obtenido para cada veleta. (Pritchard, D.J. and Wayne V.B., 1951)

B I B L I O G R A F I A

- Ayón, H. 1974: Condiciones de Sedimentación en las obras Portuarias de Esmeraldas.- Informe interno: Instituto Oceanográfico de la Armada.
- Cross, M. 1971: Oceanografía.- Charles E. Merrill Publishing company; Barcelona, España.
- Enfield, D.B. 1974: Estudios hidrográficos en la Dársena (esmeraldas).- Informe interno: Instituto Oceanográfico de la Armada.
- Enfield, D.B. 1974: Estudios de Corrientes en la Dársena (Esmeraldas).- Informe interno: Instituto Oceanográfico de la Armada.
- Ekman, V.W. 1905: On the influence of the Earth's rotation on Ocean currents.- Ark. Mat. Astr. Fys., 2(11).
52 pp.
- Fleming, R.H. 1938: Tides and tidal currents in the Gulf of Panama.- Journal of Marine Research 1:192-206.
- Myres, J., C. Hom, and R. Mc. Allister 1969: Handbook of Ocean and Underwater Engineering.- Prepared under the Auspice of North American Rockwell Corporation. New York.
- O'Brien, M.P. and R.G. Folsom 1948: Notes on the design of current meters. Trans. Amer. Geophys. Un., 29 (2) 243-250.

Panzarini, R.N. 1967: Compendio de Oceanografía Física.-
Centro Naval, Instituto de Publicaciones Navales.
Buenos Aires.

Paul, G.H. 1966: Estadística Elemental.- Compañía 'Editorial Continental S.A.' México.

Pritchard, D.J. and Wayne V.B. 1951: An Inexpensive and rapid technique for obtaining current profiles in estuarine waters.- Technical report; Johns Hopkins, University. Massachusetts State.

Rouse, H. 1946: Elementary Mechanics of Fluids. John Wiley and Sons, Inc. New York. 376 pp.

Sverdrup, H.R. Fleming y Johnson, W. 1942: The Oceans Prentice Hall, Inc. New York.

Von Arx W. 1967: An introduction to physical oceanography ed. Addison - Wesley Publishing company.

394595 R.