

UNIVERSIDAD DEL NORTE
CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS
COQUIMBO

LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE PRECISION
DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN.

ALVARO PACHECO HODGES
MANUEL BERRIOS RETAMALES

R E S U M E N

Este trabajo entrega los resultados del levantamiento batimétrico de precisión de Bahía La Herradura de Guayacán. La Triangulación fue relacionada con el sistema de Coordenadas UTM. La batimetría fue realizada con escandallo (hasta los 20 metros de profundidad) y ecógrafo en las profundidades mayores. Incluyendo un total de 2.500 sondeos.

PACHECO A. y BERRIOS, M. LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE PRECISION DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN. CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS C.I.S. UNIVERSIDAD DEL NORTE, COQUIMBO CHILE.

INFORME TECNICO 78-1. AGOSTO 1978.

N O T A

Se hace presente que las Coordenadas Geográficas de la Bahía La Herradura de Guayacán, mencionados en la Introducción del presente informe han sido obtenidas del Plano 402 del Instituto Hidrográfico de la Armada. Presentan una diferencia de aproximadamente 1 minuto en Longitud y 30 Segundos en Latitud con respecto a las Coordenadas Geográficas y U.T.M. de la carta 2945-7115 Coquimbo publicada por el Instituto Geográfico Militar.

I N D I C E

RESUMEN

LISTA DE SIMBOLOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

I INTRODUCCION

II TRIANGULACION

2.1 Generalidades

2.2 Operaciones en la Triangulación

a) Reconocimiento para la ubicación de los vértices de Triangulación y Línea Base

b) Materialización de vértices y construcción de señales.

c) Medición de Línea Base

d) Medición precisa de los ángulos

e) Cálculos:

1. Cálculos y Registros de la Línea Base

2. Registro y Compensaciones angulares de las figuras.

3. Cálculo de los lados de la Triangulación.

4. Cálculo de las Coordenadas de los vértices.

5. Registros de la Nivelación Trigonométrica y Cálculo de las cotas de los vértices.

f) Dibujo

III LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN.

3.1 Estudio Batimétrico preliminar de la Bahía La Herra-

dura de Guayacán.

a) Sondeos

b) Determinaciones de las variaciones del nivel del
mar: Mareómetro.

c) Establecimiento del control Topográfico Horizontal.

3.2 Método de trabajo

3.3 Confección de plano Batimétrico preliminar

IV LEVANTAMIENTO GENERAL DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN

4.1 Obtención del contorno terrestre de la Bahía La Herradura de Guayacán.

4.2 Batimetría

V CONCLUSIONES

VI AGRADECIMIENTOS

VII BIBLIOGRAFIA

LISTA DE SIMBOLOS

h	=	Altura obtenida por nivelación Trigonométrica
h'	=	Corrección por esfericidad de la tierra
A	=	Profundidad de sondeo + L_2
B	=	Profundidad de sondeo relativa
$B + M$	=	Profundidad real de sondeo
DN	=	Diferencia de nivel
F_n	=	Tensión normal de la cinta
F_{n1}	=	Tensión normal para 20 mts de cinta
F_{n2}	=	Tensión normal para 22,40 mts de cinta
H	=	Altura corregida por esfericidad de la tierra
L_1	=	Regla de Máquina de Sondeo
L_2	=	Reglilla para medir el nivel de flotación de la embarcación
M	=	Lectura de Mareómetro
T_m	=	Promedio de temperatura en el momento de la medición
X	=	Compensación angular del cuadrilátero de ampliación
α'	=	Valor angular corregido por 1º Condición angular del Cuadrilátero de ampliación
α''	=	Valor angular corregido por 2º Condición angular del Cuadrilátero de ampliación
β'	=	Valor angular corregido por 1º Condición angular del Cuadrilátero de ampliación
β''	=	Valor angular corregido por 2º Condición angular del Cuadrilátero de ampliación
$\delta \alpha''$	=	Diferencias tabularias de los Logaritmos de las funciones Trigonométricas
$\delta \beta''$	=	Diferencias tabularias de los Logaritmos de las funciones Trigonométricas
Δ	=	Diferencias de las sumatorias de los logaritmos de los senos de los ángulos α'' y β''

LISTA DE FIGURAS

1. Croquis de ubicación: Línea Base y Vértices
2. Hitos
3. Señales
4. Taquímetro Wild Modelo T-16
5. Nivel Wild Modelo NK-1
6. Taquímetro Kongo Hatta Modelo ST-2
7. Cálculo del Rumbo de la línea B-17 _____ E 11
8. Esquema de cálculo de las cotas de los vértices de Triangu
lación
9. Esquema de la Triangulación
10. Esquema de la Máquina de Sondeo
11. Máquina de Sondeo
12. Máquina de Sondeo
13. Mareómetro
14. Mareómetro
15. Mareómetro
16. Gráfico de Marea
17. Método de Intersección de Visuales
18. Plano Parcial del Levantamiento Batimétrico de la Bahía
de La Herradura de Guayacán
19. Plano General del Levantamiento Batimétrico de Precisión
de la Bahía La Herradura de Guayacán
20. Croquis de ubicación de Perfiles Batimétricos
21. Perfil N° 6
22. Perfil N° 7
23. Perfil N° 9
24. Tracks Batimétricos
25. Track N° 1
26. Track N° 2
27. Track N° 3
28. Maqueta Topográfica de la Bahía La Herradura de Guayacán

LISTA DE TABLAS

1. Registro y Cálculos de Línea Base, I Sector
2. Registro y Cálculos de Línea Base, II Sector
3. Registro medición de Angulos Centesimales
- 3.1 Registro medición de Angulos Centesimales
4. Registro medición de Angulos Sexagesimales
- 4.1 Registro medición de Angulos Sexagesimales
5. Compensación angular del cuadrilátero de Ampliación
6. Compensación angular 2° Cuadrilátero Método Desviaciones
Iguales.
7. Cálculo de los lados del Cuadrilátero
- 7.1 Cálculo de los lados del Cuadrilátero
8. Rumbos, y Distancias Horizontales
9. Registro y Cálculo de Coordenadas
- 9.1 Registro y Cálculo de Coordenadas
10. Registro y Cálculo de la Nivelación Trigonométrica
11. Registro y Cálculo de la Poligonal de Apoyo
12. Registro y Cálculo de los Sondeos

I INTRODUCCION

La Bahía "La Herradura de Guayacán" ubicada entre las coordenadas $29^{\circ} 58' 30''$ Latitud Sur y $71^{\circ} 22' 30''$ Longitud Weste, es una de las Bahías más protegidas de la IV Región y del Litoral Chileno. Su boca tiene una longitud media de 1 Km y su cuenca una superfice de 329 Hás.

El Centro de Investigaciones Submarinas de la Universidad del Norte Sede Coquimbo ha desarrollado y desarrolla en esta Bahía una serie de estudios tanto Biológicos como Oceanográficos.

El presente informe se refiere al Levantamiento Batimétrico de Precisión de la Bahía, el cual fue realizado con la finalidad de reunir información básica para estudios posteriores de carácter oceanográfico y biológico.

Como etapa previa a dicho levantamiento, se realizó una Triangulación Topográfica de Cuarto Orden. El objetivo de ésta, fue establecer un control Topográfico horizontal y vertical de la Bahía y relacionarlo al sistema de coordenadas U.T.M. (Proyección Universal Transversal de Mercator) usadas por el Instituto Geográfico Militar de Chile, obteniéndose con ésto la posibilidad de compatibilizar los trabajos efectuados en la Bahía a las cartas publicadas por dicho Instituto.

El segundo paso fue efectuar el levantamiento del contorno de la Bahía, utilizando para ello los sistemas topográficos de Poligonales Taquimétricas y de Intersección de Visuales. El levantamiento se realizó en las horas de Pleamar, con el objeto de obtener el Contorno de la Bahía en su máxima capacidad de agua.

En tercer lugar y con el objeto de comprobar la efectividad de los sistemas Topográficos y de sondeo, se procedió a desarrollar un levantamiento Batimétrico preliminar de un sector de la Bahía, construyendo para tal efecto un Sistema de Sondeo con escandallo y un Mareómetro.

Finalizado el levantamiento preliminar, se procedió a realizar el levantamiento Batimétrico General de Precisión de la Bahía utilizando para su desarrollo dos métodos:

- a) Para áreas con profundidad inferior a 20 mts, sistemas de sondeos con escandallo, apoyados con diversos métodos Topográficos, y
- b) Para áreas de profundidad superior a 20 mts, se sondeo mediante ecógrafo.

En el presente informe se incluye diferentes perfiles del relieve submarino, tanto dentro como fuera de la Bahía.

El estudio Batimétrico se completó con la confección del plano general de la Bahía y su respectiva Maqueta Topográfica, mostrada en este informe mediante una fotografía.

II TRIANGULACION

2.1 GENERALIDADES

Un sistema o red de Triangulación consiste en una serie de triángulos en la que uno o más lados de un triángulo son también lados de los triángulos adyacentes. Las líneas de un sistema de triangulación, enlazan los vértices de los triángulos.

En un sistema de Triangulación se miden todos los ángulos de cada triángulo con el objeto de determinar los errores angulares y distribuirlos. Sólo es necesario medir una línea en una red de este tipo, porque la longitud de las líneas adyacentes se pueden calcular con esta longitud y los ángulos medidos. Esta línea medida directamente se denomina Línea Base.

La disposición de los triángulos en la mayoría de las redes de Triangulación forman figuras geométricas, en las que se conoce el valor teórico de la suma de los ángulos y las longitudes de sus lados, los cuales son proporcionales a los senos de sus ángulos opuestos.

2.2 OPERACIONES EN LA TRIANGULACION

En una triangulación, el trabajo consiste en las siguientes operaciones:

- a) Reconocimiento para la ubicación de los vértices de Triangulación y Línea Base.

- b) Materialización de vértices y construcción de señales.
- c) Medición de la Línea Base.
- d) Medición precisa de los ángulos.
- e) Cálculos.
- f) Dibujo.

a) Reconocimiento

Por su influencia en la precisión y en la economía del trabajo, el reconocimiento tiene una gran importancia; consiste en ubicar los vértices, determinar la forma y tamaño de los triángulos resultantes, el número de estaciones que hay de observar y el número de ángulos que hay que medir. Entre los fines del reconocimiento se encuentran también el estudio de la visibilidad recíproca entre los vértices, el acceso a las estaciones, la utilización de éstas para trabajos posteriores, la seguridad de las figuras, el costo de las señales necesarias y la conveniencia de medir más de una Línea Base.

En consideración a lo anterior y teniendo en cuenta que el objetivo principal de los vértices, es servir de apoyo a una serie de estudios Oceanográficos a realizar en la Bahía La Herradura de Guayacán, los cuales requieren de un control topográfico desde tierra, se procedió a efectuar un recorrido alrededor de la Bahía, utilizando cartas publicadas por el Instituto Hidrográfico de la Armada y Fotografías Aéreas del sector. Estas permitieron una mejor visualización y apreciación del terreno. El primer paso, fue ubicar el sector que ofreciera las mejores condiciones para la medición de la Línea Base; encontrándose éste, a un costado de la Panamericana Norte sector señalado en la Figura 1 y que presentaba la condición requereda: alrededor de 500 mts en terreno casi horizontal.

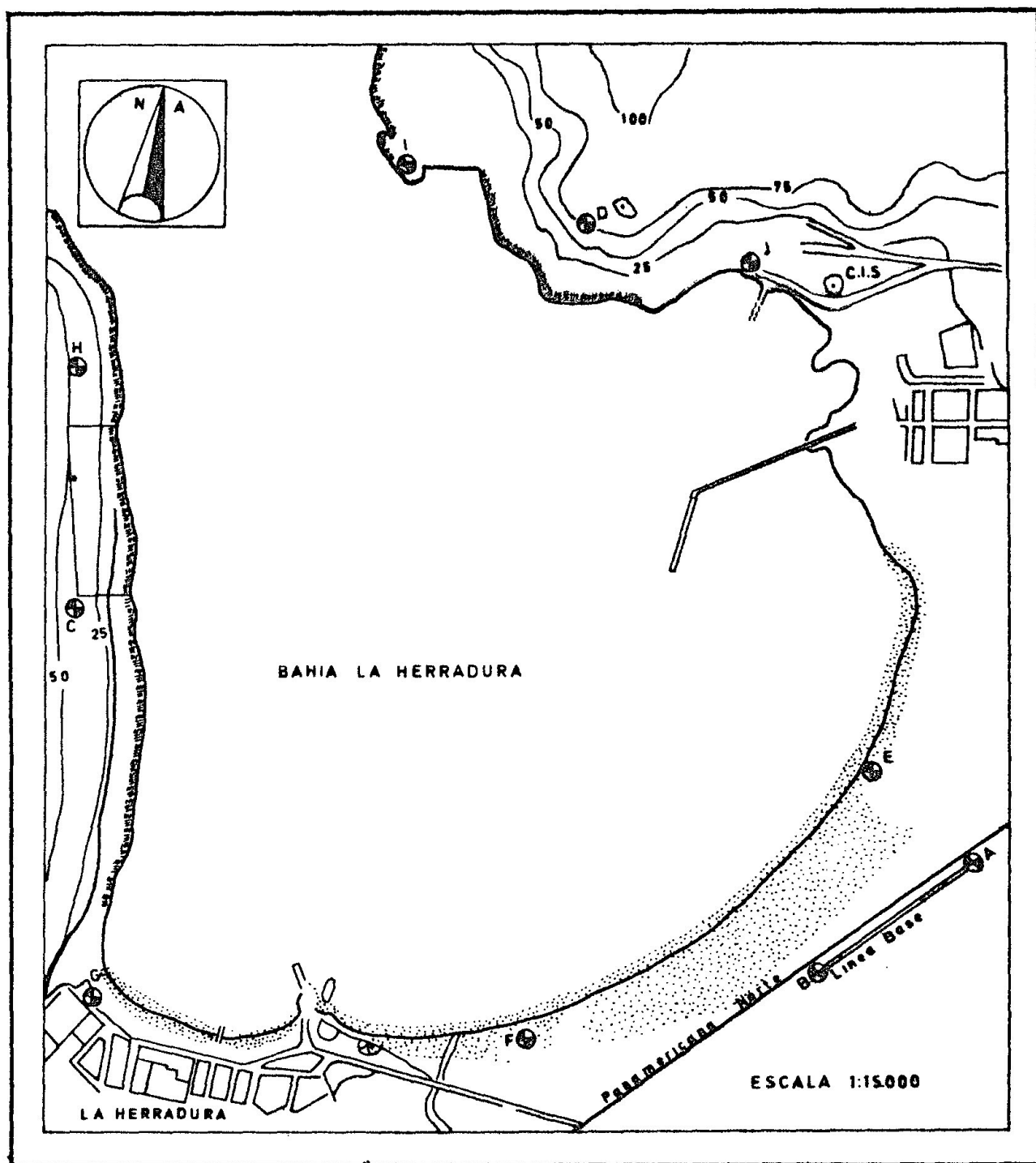


Fig 1.- Croquis de ubicación : Línea Base y Vertices de Triangulación

Dada las condiciones topográficas del terreno inmediato a la Bahía, la Línea Base designada por las letras A y B, debió ampliarse hacia el Nor-Oeste en forma trapezoidal, asignándose con las letras C y D los extremos de la base ampliada. De acuerdo a las cartas se calculó la distancia CD obteniéndose un valor aproximado a los mil quinientos metros, por lo que la Línea Base debía tener una longitud superior a los 300 mts para estar dentro de la razón uno es a cinco entre la base media y la base ampliada requerida para este tipo de mediciones. Desde los vértices C y D se procedió a establecer las condiciones de los vértices E y F (el vértice E corresponde a un lindero de pertenencia minera). También desde C y D se ubicaron las posiciones de los vértices H e I formándose con éstos el cuadrilátero C, D, H, I.

Finalmente el vértice J (ubicado en terreno del C.I.S. y que corresponde a una Estación de apoyo de un levantamiento fotogramétrico con coordenadas referidas al sistema U.T.M.) forma triángulo con los vértices C y F, el vértice G forma triángulo con los vértices D y E.

La posición de todos los vértices se indica en la Figura 1.

b) Materialización de los vértices y construcción de señales

Los hitos en los vértices C, D, F, G, H, I fueron contruidos en concreto, a ras del suelo. En ellos se empujaron un tubo de fierro de $1\frac{1}{4}$ " de diámetro interior y 40 cms de largo, colocado verticalmente y sobresaliente unos 5 cms; en el extremo superior del tubo se practicaron ranuras en cruz con el objeto de materializar el centro de la Estación Figura 2.

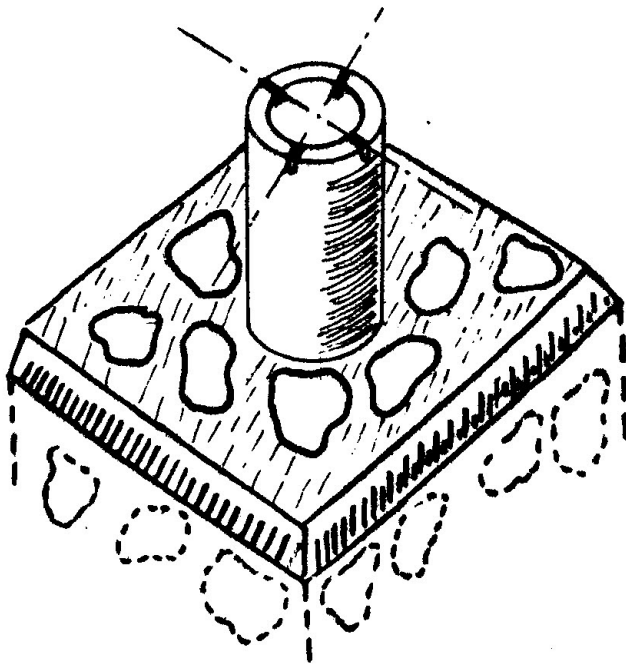


Fig. 2 Hitos

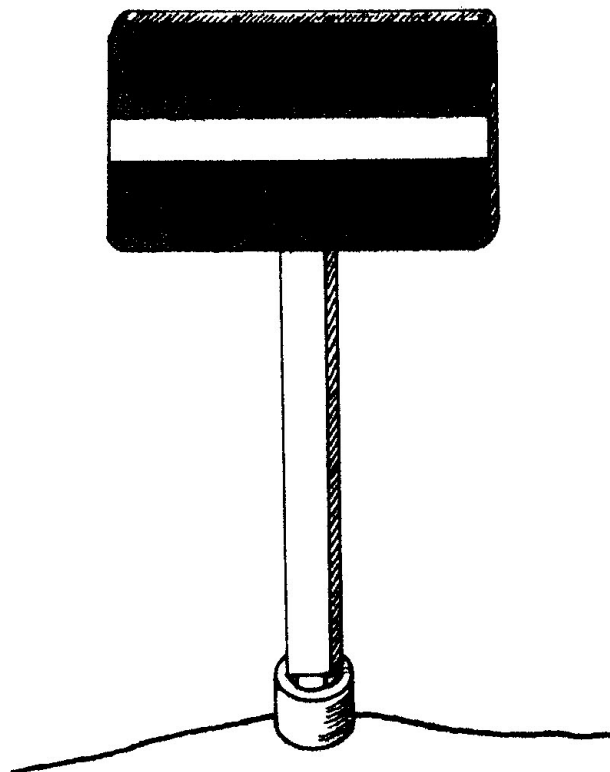


Fig. 3. Señales

Las señales fueron hechas en forma tal que pudieran ser fácilmente colocadas y retiradas de los hitos, éstas consistieron en un jalón de madera de 1.40 mts en los que va adosada una placa de 25 cms x 35 cms pintada en negro con una franja blanca de 5 x 35 cms en el centro de la placa esta franja quedaba a una altura de 1 mt, sobre el extremo superior del tubo, ésto se realizó con el objeto de normalizar las mediciones de los ángulos verticales y facilitar el cálculo de la Nivelación Trigonométrica. Figura 3.

c) Medición de la Línea Base

De acuerdo a lo señalado en la fase de reconocimiento se proyectó medir una Línea Base con una longitud superior a los 400 mts. Dada la irregularidad que presenta el cuadrilátero de ampliación se puso especial énfasis en la precisión con que debían hacerse las mediciones, con este objeto y como primer paso se materializaron los extremos de la Base, mediante estacones de madera de 10 x 10 x 80 cms sólidamente colocados en el terreno en base de concreto y sobresalientes unos 30 cms. En la cara superior de dichos estacones se colocaron platinas de fierro, sobre las que se practicaron las marcas de medición, la estaca del extremo Norte se designó con la letra A, la del extremo Sur con la letra B. Se estableció una estaca intermedia designada con la letra I a una distancia de doscientos metros del extremo Norte, con el objeto de dividir la Línea Base en dos secciones, puesto que se calculó que no podría ser medida de una vez en una jornada de trabajo. A continuación se detalla el equipo de medición usado:

- Una cinta de acero de 30 mts con carrete.
- Una cinta de acero de 20 mts.

- Dos tensores.
- Dos Dinamómetros
- Dos Termómetros
- En la alineación de las estacas se usó un Taquímetro Wild Modelo T-16, la nivelación de las mismas se hizo con un Nivel Wild modelo NK-1 Figuras 4 y 5 respectivamente,

Las estacas de medición se colocaron a distancia de 20 mts a excepción del último tramo que tiene una distancia algo mayor. Sobre las estacas se colocaron tarjetas de cobre laminado, en las cuales se materializó la alineación y se hicieron las marcas de medidas con un punzón. La brigada de trabajo estuvo compuesta por cuatro operadores: 2 encargados de los tensores, 2 en las marcas y termómetros.

d) Medición precisa de los ángulos

Habiéndose construido los hitos y señales se procedió a efectuar las mediciones angulares, se dispuso de dos instrumentos para tal efecto, un Taquímetro Wild Modelo T-16 con las siguientes características:

- Graduación centesimal a la derecha
- Un minuto de lectura en ambos limbos
- Cenital en lo que se refiere a la medida de los ángulos verticales.
- Sistema de plomada óptica

El otro instrumento es un Taquímetro de fabricación Japonesa, Marca "KONGO HATTA" Figura 6 con las siguientes características:

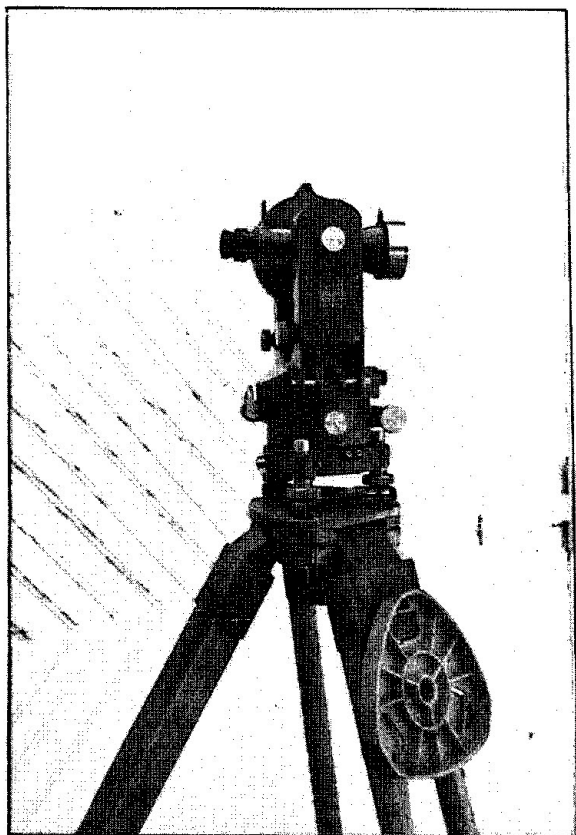


Fig. 4. Taquímetro "Wild" Modelo T-16

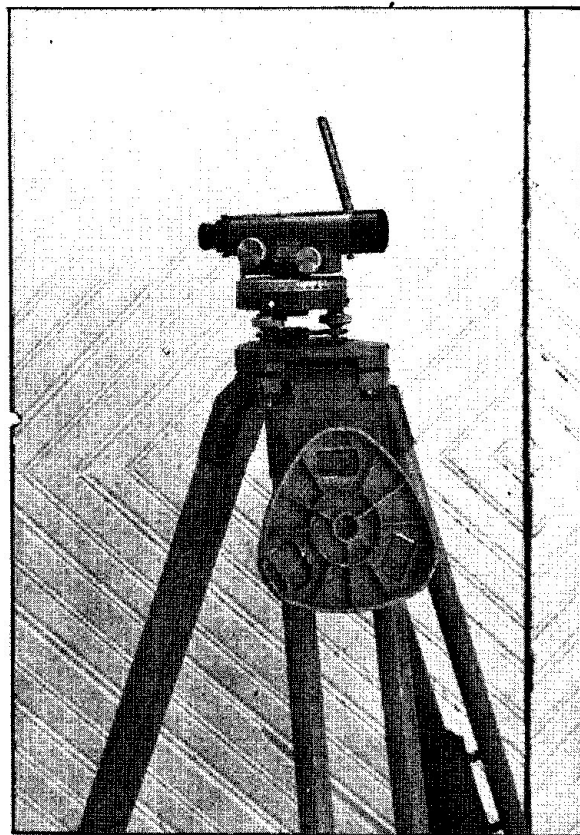


Fig. 5. Nivel Wild Modelo NK-1

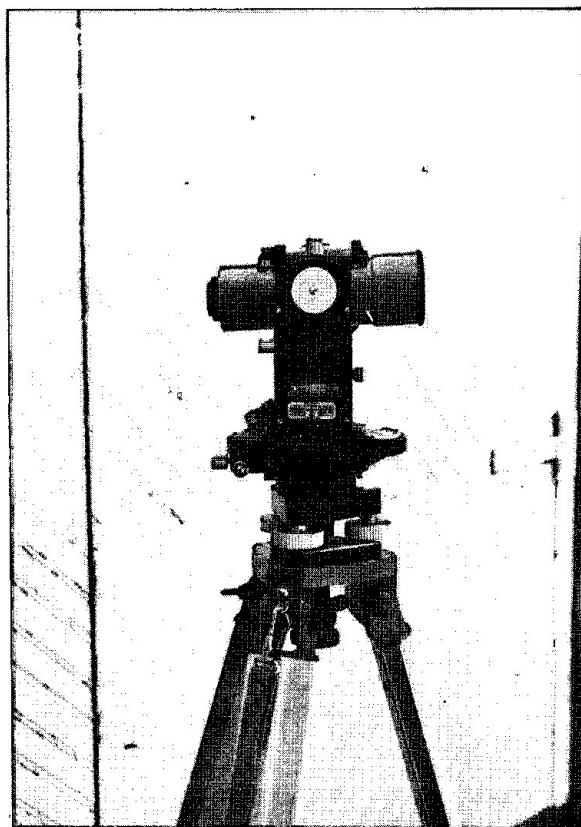


Fig. 6. Taquímetro "Kongo Hatta" Modelo ST-2

- Graduación sexagesimal en ambos sentidos
- Dos nonios de lectura
- 20" de lectura en limbo horizontal
- 01' de lectura en limbo vertical
- Visual directa
- Sistema de plomada óptica

De acuerdo con las figuras que conforman la Triangulación, dos cuadriláteros y cuatro triángulos, se procedió a medir 28 ángulos mediante el método de repetición, los cuales se efectuaron mediante 5 repeticiones en cada medición angular.

Los ángulos verticales entre vértices se midieron con un Teodolito KERN DKM2 con 2" de lectura en ambos limbos.

e) Cálculos

Conforme a la secuencia de las operaciones de la Triangulación se presentan los cálculos y registros en el siguiente orden:

1. Cálculo y Registros de la Línea Base
2. Registro y Compensaciones angulares de las figuras
3. Cálculos de los lados de la Triangulación
4. Cálculo de las Coordenadas de los vértices
5. Registros de la Nivelación Trigonométrica y cálculos de las cotas de los vértices.

1. El primer cálculo a efectuarse en lo que se refiere a la medición de la Línea Base, corresponde a la determinación de la "Tensión Normal" necesaria para 20 mts de longitud de una cinta de acero. En conformidad al método empleado

en la medición, se debe aplicar una tensión sobre la cinta, de una magnitud tal que haga que ésta tenga la misma longitud que si se apoyase en toda su extensión con su tensión de calibración. Esta magnitud recibe el nombre de Tensión Normal definida por la siguiente expresión

$$F_n = \frac{0.204.W}{\sqrt{F_n - F_0}} \sqrt{S.E} \quad (1)$$

En la que:

- S = Sección de la cinta $13 \times 0.2 \text{ mm} = 2.6 \text{ mm}^2$
 E = 22.000 Kg/mm^2 para el acero. Módulo de Young
 F_0 = Tensión de calibración = 5 Kg
 W = Peso de la cinta = 382 grs

Los valores que permiten calcular S y F_0 son proporcionados por el fabricante aún cuando S puede ser medido.

Reemplazando los valores dados y obtenidos en la fórmula 1 se tiene:

$$F_n \sqrt{F_n - 5} = 18.64$$

$$F_{n1} \approx 9.14 \text{ Kgs}$$

El valor obtenido para la tensión normal correspondiente a 20 mts de cinta se aplicó en todas las mediciones entre estacas excluyendo la última huinchada para la cual se determinó el valor correspondiente a 22.40 mts del mismo modo como se calculó la tensión normal para 20 mts. Resultando este valor igual a:

$$F_{n2} = 9.65 \text{ Kgs}$$

A continuación se procedió a efectuar las mediciones según el método indicado anteriormente. Se midió en primer lugar el sector comprendido entre la estaca A y la estaca intermedia I, efectuándose dos mediciones de dicho sector; en igual forma se midió el sector entre la estaca intermedia y la estaca B.

Los datos obtenidos en terreno se presentan en las Tablas 1 y 2 en las cuales aparecen los valores obtenidos en cada medición de la Línea Base.

2. Registros y compensaciones angulares de las figuras

Las mediciones angulares fueron hechas mediante el método de repetición en todos los vértices de la Triangulación. Los registros muestran las fases de medición y los cálculos. Se resolvió llevar todas las mediciones angulares al sistema de graduación sexagesimal, pues los cálculos posteriores serán realizados en forma logarítmica.

A modo de explicación se entregan en este informe los registros correspondientes a las mediciones angulares efectuadas en el cuadrilátero de ampliación. Cuatro ángulos fueron medidos con instrumento centesimal y cuatro ángulos con instrumento sexagesimal, los que se muestran en Las Tablas 3, 3.1 y 4, 4.1. Del mismo modo fueron registrados y calculados los ángulos restantes, por lo que sólo se darán a conocer sus valores definitivos. A continuación se procedió a efectuar las compensaciones angulares de las figuras

ESTACAS	DISTANCIA PROVISORIA	CORREC. TARJETA	DIST. CORREGIDA POR TARJETA	TEMPERATURA			CORR POR T° A = 0.00001 (Tm - To)	DIST. CORREGIDA POR T°	ALTURAS		CORR POR REDUC. AL HORIZONTE	DISTANCIA HORIZONTAL	DISTANCIA PROMEDIO
				Ti	Ta	Tm			h	h²			
A		+12.5											
A-1	20.00 m	-38.2	19.9743 m	18.0 °C	17.7 °C	17.85 °C	-0.0005153	19.9737847	0.059	0.003481	0.0000871	19.9736975	
1-2	20.00	-22.5	19.9775	23.5	22.8	22.85	+0.0006832	19.9781832	0.399	0.159201	0.0039844	19.9741989	
2-3	20.00	-10.6	19.9894	21.5	20.1	20.8	+0.0001919	19.9895919	0.254	0.064516	0.0016137	19.9879782	
3-4	20.00	+28.2	20.0282	22.2	22.2	22.2	+0.0005287	20.0287287	0.052	0.002704	0.0000675	20.0286612	
4-5	20.00	+9.6	20.0096	20.5	20.3	20.35	+0.0000840	20.0096840	0.172	0.029584	0.0007392	20.0089448	
5-6	20.00	+29.6	20.0296	19.5	20.7	20.1	+0.0000240	20.0296240	0.079	0.006241	0.0001558	20.0294682	
6-7	20.00	+40.3	20.0403	21.0	20.1	20.55	0.0001323	20.0407323	0.301	0.090601	0.0022605	20.0381718	199.98471
7-8	19.95	-19.1	19.9309	22.0	20.5	21.25	+0.0002990	19.9311990	0.205	0.042025	0.0010543	19.9301447	
8-9	20.00	+8.3	20.0083	20.0	18.1	19.05	-0.0002281	20.0080719	0.105	0.011025	0.0002755	20.0077964	
9-I	20.00	+7.9	20.0079	18.5	17.7	18.1	-0.0004562	20.0074438	0.211	0.044521	0.0011126	20.0063312	
												Σ = 199.98539	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I		-98											
I-9	20.00 m	+33.6	20.0238	18.5 °C	18.2 °C	18.35 °C	-0.0003965	20.0234035	0.211	0.044521	0.0011117	20.0227918	
9-8	20.00	-44.4	19.9556	19.4	19.2	19.3	-0.0001676	19.9554324	0.105	0.011025	0.0002762	19.9551561	
8-7	20.00	+24.6	20.0246	19.0	20.7	19.85	-0.0000360	20.0245639	0.205	0.042025	0.0010493	20.0235146	
7-6	20.00	-14.0	19.9860	21.0	20.3	20.65	+0.0001559	19.9861559	0.301	0.090601	0.0022666	19.9838893	
6-5	20.00	+21.5	20.0215	22.0	20.7	21.35	+0.0003243	20.0218243	0.079	0.006241	0.0001559	20.0216685	
5-4	20.00	+51.0	20.0510	20.5	21.7	21.1	+0.0002447	20.0512447	0.172	0.029584	0.0007377	20.0505270	
4-3	20.00	-47.9	19.9521	19.0	18.5	18.75	-0.0002993	19.9518007	0.052	0.002704	0.0000677	19.9517330	
3-2	20.00	+7.7	20.0077	19.7	21.7	20.7	+0.0001681	20.0078681	0.254	0.064516	0.0016123	20.0062558	
2-1	20.00	-15.3	19.9847	20.0	18.3	19.15	-0.0002038	19.9844962	0.399	0.159201	0.0039831	19.9805130	
1-A	20.00	-11.2	19.9888	18.0	20.1	19.05	-0.0002279	19.9885721	0.059	0.003481	0.0000871	19.9884851	
												Σ = 199.984030	

STACS	DISTANCIA PROVISORIA	CORREC TARJETA	DIST. CORREGIDA POR TARJETA	TEMPERATURA			CORREC. POR T° $\Delta = \Delta L (T_m - T_0)$	DIST. CORREGIDA POR T°	ALTURAS		CORR. POR RED. AL HORIZONTE	DISTANCIA HORIZONTAL	DISTANCIA PROMEDIO
				T ₁	T ₂	T _m			h	h ²			
I		-1.8											
I-1	20.00	+37.3	20.0358	24.5	22.5	23.5	+0.0008415	20.0366415	0.206	0.042436	-0.0010590	20.0355825	
1-2	20.00	+17.8	20.0178	22.0	24.2	23.1	+0.0007447	20.0185447	0.440	0.193600	-0.0048355	20.0137091	
2-3	20.00	-28.1	19.9719	24.0	22.9	23.45	+0.0008268	19.9727268	0.160	0.025600	-0.0006409	19.9720860	
3-4	20.00	+15.1	20.0151	21.0	23.2	23.1	+0.0007446	20.0158446	0.171	0.029241	-0.0007304	20.0151141	
4-5	20.00	-10.9	19.9811	24.0	25.0	24.5	+0.0010790	19.9821790	0.098	0.009604	-0.0002403	19.9819387	
5-6	20.00	+27.8	20.0278	22.0	23.8	22.9	+0.0006970	20.0284970	0.228	0.051984	-0.0012978	20.0271992	
6-7	20.00	-34.6	19.9654	22.0	24.7	23.35	+0.0008026	19.9662026	0.146	0.013456	-0.0003370	19.9658656	262.33813
7-8	20.00	+0.6	20.0006	22.0	24.4	23.2	+0.0007680	20.0013680	0.083	0.006889	-0.0001722	20.0011958	
8-9	20.00	-34.8	19.9652	23.5	22.5	23.0	+0.0007187	19.9659187	0.016	0.000256	-0.0000064	19.9659123	
9-10	20.00	+0.5	20.0005	21.9	23.2	22.55	+0.0006120	20.0011120	0.148	0.021904	-0.0005476	20.0005644	
10-11	20.00	-39.7	19.9603	22.5	23.0	22.75	+0.0006587	19.9609587	0.160	0.025600	-0.0006413	19.9603174	
11-12	20.00	-2.6	19.9974	20.5	21.2	20.85	+0.0002040	19.9976040	0.003	0.000009	-0.0000002	19.9976037	
12-B	22.40	+3.5	22.4035	20.5	23.2	21.85	+0.0004974	22.4039974	0.324	0.104976	-0.0023428	22.4016546	
												Σ 262.33874	

I		-1.2											
I-1	20.00	+39.8	20.0386	23.0	24.2	23.6	0.0008657	20.0394657	0.206	0.042436	0.0010588	20.0384069	
1-2	20.00	+14.8	20.0148	22.0	25.7	23.85	0.0009247	20.0157247	0.440	0.193600	0.0048362	20.0108885	
2-3	20.00	-13.1	19.9869	24.0	23.6	23.8	0.0009114	19.9878114	0.160	0.025600	0.0006404	19.9871710	
3-4	20.00	+11.5	20.0115	23.0	24.7	23.85	0.0009245	20.0124245	0.171	0.029241	0.0007306	20.0116940	
4-5	20.00	-24.6	19.9754	22.5	23.9	23.2	0.0007671	19.9761671	0.098	0.009604	0.0002404	19.9759267	
5-6	20.00	+27.0	20.0270	22.5	24.9	23.7	0.0008892	20.0278892	0.228	0.051984	0.0012978	20.0265914	
6-7	20.00	-31.9	19.9681	22.4	24.2	23.3	0.0007907	19.9688907	0.116	0.013456	0.0003369	19.9685538	
7-8	20.00	+3.6	20.0036	23.0	25.1	24.05	0.0009722	20.0045722	0.083	0.006889	0.0001722	20.0044000	
8-9	20.00	-51.7	19.9483	22.5	22.2	22.35	0.0005625	19.9488625	0.016	0.000256	0.0000064	19.9488561	
9-10	20.00	+17.8	20.0178	22.0	23.0	22.50	0.0006002	20.0084002	0.148	0.021904	0.0005474	20.0078529	
10-11	20.00	-59.1	19.9409	22.9	23.6	23.25	0.0007777	19.9416777	0.160	0.025600	0.0006419	19.9410358	
11-12	20.00	-4.4	20.0044	21.0	21.3	21.15	0.0002762	20.0146762	0.003	0.000009	0.0000002	20.0146760	
12-2	22.40	-1.5	22.4035	20.6	21.7	21.15	0.0003092	22.4038092	0.324	0.104976	0.0023428	22.4014664	
												Σ 262.33752	

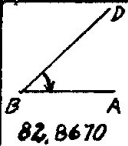
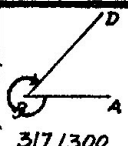
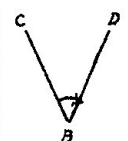
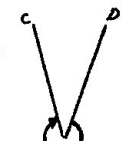
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO NONIO I	TRANSITO NONIO I	VERTICE	ANGULO MEDIDO
 82.8670	D	0,00 00		A	 317.1300
	B			B	
	A	414,31 00	1585,68 00	D	
DIFERENCIA		414,31 00	1585,68 00		
PROMEDIO		414,31 00	1585,68 00		
PROVISORIO		82,86 20	317,13 60		
CORRECCION		+ 0,00 10	+ 0,00 10		
CORREGIDO		82,86 30	317,13 70		
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO NONIO I	TRANSITO NONIO I	VERTICE	ANGULO MEDIDO
 53.0750	C	0,00 00	0,00 00	D	 346.9200
	B			B	
	D	265,34 20	1734,65 80	C	
DIFERENCIA		265,34 20	1734,65 80		
PROMEDIO		265,34 20	1734,65 80		
PROVISORIO		53,06 84	346,93 16		
CORRECCION		0,00 00	0,00 00		
CORREGIDO		53,06 84	346,93 16		

Tabla 3. Registro de Medición de Angulos

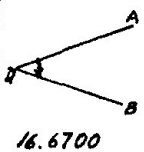
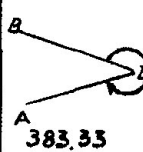
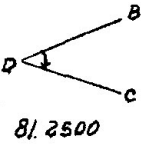
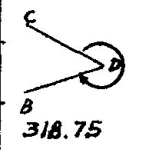
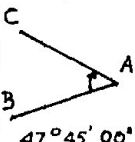
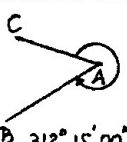
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO NONIO I	TRANSITO NONIO I	VERTICE	ANGULO MEDIDO
 16.6700	A	0,00 00	0,00 00	B	 383.33
	D			D	
	B	83,38 00	1916,62 00	A	
DIFERENCIA		83,38 00	1916,62 00		
PROMEDIO		83,38 00	1916,62 00		
PROVISORIO		16,6760	383,3240		
CORRECCION		0.0000	0,0000		
CORREGIDO		16.6760	383,3240		
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO NONIO I	TRANSITO NONIO I	VERTICE	ANGULO MEDIDO
 81.2500	B	0,00 00	0,00 00		 318.75
	D				
	C	406,23 00	1593,767		
DIFERENCIA		406,23 00	1593,767		
PROMEDIO		406,23 00	1593,767		
PROVISORIO		81,2460	318,7534		
CORRECCION		+ 0,0003	+ 0.0003		
CORREGIDO		81,2463	318,7537		

Tabla 3. 1. Registro de Medición de Angulos

ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO		TRANSITO		VERTICE	ANGULO MEDIDO
		NONIO I	NONIO II	NONIO I	NONIO II		
 47° 45' 00"	B	0° 00' 00"	180° 00' 00"	0° 00' 00"	180° 00' 00"	C	 312° 15' 00"
	A					A	
	C	238° 47' 40"	418° 47' 20"	1561° 12' 20"	1741° 12' 00"	B	
DIFERENCIA		238° 47' 40"	238° 47' 20"	1561° 12' 20"	1561° 12' 00"		
PROMEDIO		238° 47' 30"		1561° 12' 10"			
PROVISORIO		47° 45' 30"		312° 14' 26"			
CORRECCION		+ 0° 00' 02"		+ 0° 00' 02"			
CORREGIDO		47° 45' 32"		312° 14' 28"			

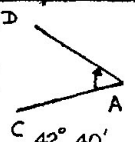
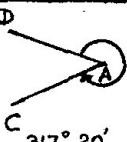
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO		TRANSITO		VERTICE	ANGULO MEDIDO
		NONIO I	NONIO II	NONIO I	NONIO II		
 42° 40'	C	0° 00' 00"	180° 00' 00"	0° 00' 00"	180° 00' 00"	D	 317° 20'
	A					A	
	D	213° 18' 40"	393° 18' 00"	1586° 42' 20"	1766° 42' 00"	C	
DIFERENCIA		213° 18' 40"	213° 18' 00"	1586° 42' 20"	1586° 42' 00"		
PROMEDIO		213° 18' 20"		1586° 42' 10"			
PROVISORIO		42° 39' 40"		317° 20' 26"			
CORRECCION		- 03"		- 03"			
CORREGIDO		42° 39' 37"		317° 20' 23"			

Tabla 4. Registro de Medición Angular

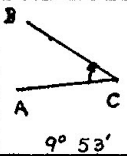
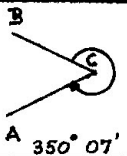
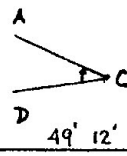
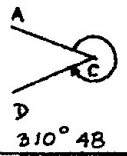
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO		TRANSITO		VERTICE	ANGULO MEDIDO
		NONIO I	NONIO II	NONIO I	NONIO II		
 9° 53'	B	0° 00' 00"	180° 00' 00"	0° 00' 00"	180° 00' 00"	A	 350° 07'
	C					C	
	A	49° 29' 20"	229° 29' 20"	1750° 30' 40"	1930° 30' 40"	B	
DIFERENCIA		49° 29' 20"	49° 29' 20"	1750° 30' 40"	1750° 30' 40"		
PROMEDIO		49° 29' 20"		1750° 30' 40"			
PROVISORIO		9° 53' 52"		350° 06' 08"			
CORRECCION		0° 00' 00"		0° 00' 00"			
CORREGIDO		9° 53' 52"		350° 06' 08"			
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO		TRANSITO		VERTICE	ANGULO MEDIDO
		NONIO I	NONIO II	NONIO I	NONIO II		
 49° 12'	A	0° 00' 00"	180° 00' 00"	0° 00' 00"	180° 00' 00"	D	 310° 48'
	C					C	
	D	246° 03' 20"	426° 03' 20"	1553° 57' 20"	1733° 57' 20"	A	
DIFERENCIA		246° 03' 20"	246° 03' 20"	1553° 57' 20"	1553° 57' 20"		
PROMEDIO		246° 03' 20"		1553° 57' 20"			
PROVISORIO		49° 12' 40"		310° 47' 28"			
CORRECCION		- 0° 00' 04"		- 0° 00' 04"			
CORREGIDO		49° 12' 36"		310° 47' 24"			

Tabla 4. 1. Registro de Medición Angular

que conforman el sistema de Triangulación. La Tabla 5 muestra la condición de las distancias de este método, el cuadrilátero formado por los vértices C, D, H e I se compensó según el "Método de Desviaciones Iguales", el cual se ha reproducido en la Tabla 6 con los valores obtenidos en terreno.

Los triángulos CDE, CDF, DFJ y DEG se compensan de acuerdo a la condición angular de los triángulos, repartiendo el error angular de cierre en partes iguales para cada ángulo.

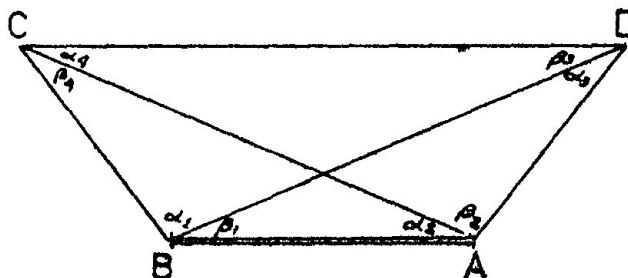
3. Cálculo de los lados de la Triangulación

Determinada la longitud de la Línea Base y compensadas las mediciones angulares se procedió a realizar el cálculo de los lados de las figuras que conforman el sistema de Triangulación.

Los lados de cada triángulo se calculan desarrollando logarítmicamente el teorema de los senos. Las Tablas 7 y 7.1 muestran cómo se ha efectuado el cálculo de los lados, comenzando por los triángulos que conforman el cuadrilátero de ampliación; esto se realiza con el objeto de obtener el valor de la longitud de la base ampliada, desde la cual se calculan todos los lados de la Triangulación. La Tabla 8 muestra los valores ya calculados.

4. Cálculo de las coordenadas de los vértices

Una vez efectuado el cálculo de los lados, corresponde



$$\begin{aligned}\alpha_1 &= 47^\circ 45' 45.80 \\ \alpha_2 &= 47^\circ 45' 32.00 \\ \alpha_3 &= 15^\circ 00' 30.24 \\ \alpha_4 &= 49^\circ 12' 36.00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 74^\circ 34' 36.12 \\ \beta_2 &= 42^\circ 39' 37.00 \\ \beta_3 &= 73^\circ 07' 18.01 \\ \beta_4 &= 9^\circ 53' 52.00\end{aligned}$$

COMPENSACION ANGULAR

1º condicion

$$(\alpha_2 + \beta_1) - (\alpha_4 + \beta_3) = 0 \text{ (Teórico)}$$

$$(\alpha_2 + \beta_1) - (\alpha_4 + \beta_3) = \delta_1 \text{ (Práctico)}$$

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= 47^\circ 45' 32.00 \\ \beta_1 &= 74^\circ 34' 36.12 \\ \hline 122^\circ 20' 08.12 &= (\alpha_2 + \beta_1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_4 &= 49^\circ 12' 36.00 \\ \beta_3 &= 73^\circ 07' 18.01 \\ \hline 122^\circ 19' 54.01 &= (\alpha_4 + \beta_3)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\alpha_2 + \beta_1) &= 122^\circ 19' 68.12 \\ - (\alpha_4 + \beta_3) &= 122^\circ 19' 54.01 \\ \hline (+) & 0^\circ 00' 14.11\end{aligned}$$

$$\delta_1 = \frac{14.11}{4} = 3.5275$$

$$\delta_1 = (+) 3.5275$$

$$\begin{aligned}\alpha'_2 &= \alpha_2 - \frac{\delta_1}{4} = 47^\circ 45' 32'' \\ & \quad - 3.5275 \\ \hline \alpha'_2 &= 47^\circ 45' 28.4725\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta'_1 &= \beta_1 - \frac{\delta_1}{4} = 74^\circ 34' 36.12 \\ & \quad - 3.5275 \\ \hline \beta'_1 &= 74^\circ 34' 32.5925\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha'_4 &= \alpha_4 + \frac{\delta_1}{4} = 49^\circ 12' 36'' \\ & \quad + 3.5275 \\ \hline \alpha'_4 &= 49^\circ 12' 39.5275\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta'_3 &= \beta_3 + \frac{\delta_1}{4} = 73^\circ 07' 18.01 \\ & \quad + 3.5275 \\ \hline \beta'_3 &= 73^\circ 07' 21.5375\end{aligned}$$

$$(\alpha'_2 + \beta'_1) - (\alpha'_4 + \beta'_3) = 0$$

$$\begin{aligned}\alpha'_2 &= 47^\circ 45' 28.4725 \\ \beta'_1 &= 74^\circ 34' 32.5925 \\ \hline 122^\circ 20' 01.0650 &= (\alpha'_2 + \beta'_1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha'_4 &= 49^\circ 12' 39.5275 \\ \beta'_3 &= 73^\circ 07' 21.5375 \\ \hline 122^\circ 20' 01.0650 &= (\alpha'_4 + \beta'_3)\end{aligned}$$

$$122^\circ 20' 01.0650 - 122^\circ 20' 01.0650 = 0$$

Se cumple 1ª condición

2ª condición

$$\begin{aligned}(\alpha_1 + \beta_4) - (\alpha_3 + \beta_2) &= 0 \text{ (Teórico)} \\(\alpha_1 + \beta_4) - (\alpha_3 + \beta_2) &= \delta_2 \text{ (Práctico)}\end{aligned}$$

$$\alpha_1 = 47^\circ 45' 45''.8280$$

$$\beta_4 = 9^\circ 53' 52''.0000$$

$$57^\circ 39' 37''.828 = (\alpha_1 + \beta_4)$$

$$\alpha_3 = 15^\circ 00' 30''.24$$

$$\beta_2 = 42^\circ 39' 37''.00$$

$$57^\circ 40' 07''.24 = (\alpha_3 + \beta_2)$$

$$(\alpha_1 + \beta_4) = 57^\circ 39' 37''.828$$

$$-(\alpha_3 + \beta_2) = 57^\circ 39' 67''.240$$

$$\begin{array}{r} (-) 0^\circ 00' 29''.412 \end{array}$$

$$\delta_2 = \frac{(-) 29''.412}{4} = (-) 7''.353$$

$$\delta_2 = (-) 7''.353$$

$$\alpha'_1 = \alpha_1 + \frac{\delta_2}{4} = 47^\circ 45' 45''.828$$

$$\begin{array}{r} (+) 7''.353 \end{array}$$

$$\alpha'_1 = 47^\circ 45' 53''.181$$

$$\beta'_4 = \beta_4 + \frac{\delta_2}{4} = 9^\circ 53' 52''.00$$

$$\begin{array}{r} + 7''.353 \end{array}$$

$$\beta'_4 = 9^\circ 53' 59''.353$$

$$\alpha'_3 = \alpha_3 - \frac{\delta_2}{4} = 15^\circ 00' 30''.240$$

$$\begin{array}{r} (-) 7''.353 \end{array}$$

$$\alpha'_3 = 15^\circ 00' 22''.887$$

$$\beta'_2 = \beta_2 - \frac{\delta_2}{4} = 42^\circ 39' 37''.00$$

$$\begin{array}{r} (-) 7''.353 \end{array}$$

$$\beta'_2 = 42^\circ 39' 29''.647$$

$$(\alpha'_1 + \beta'_4) - (\alpha'_3 + \beta'_2) = 0$$

$$\alpha'_1 = 47^\circ 45' 53''.181$$

$$\beta'_4 = 9^\circ 53' 59''.353$$

$$57^\circ 39' 52''.534$$

$$\alpha'_3 = 15^\circ 00' 22''.887$$

$$\beta'_2 = 42^\circ 39' 29''.647$$

$$57^\circ 39' 52''.534$$

$$57^\circ 39' 52''.534 - 57^\circ 39' 52''.534 = 0$$

Se cumple 2ª condición

3ª condición

$$\alpha'_1 + \alpha'_2 + \alpha'_3 + \alpha'_4 + \beta'_1 + \beta'_2 + \beta'_3 + \beta'_4 = 4R \text{ (Teórico)}$$

$$\alpha'_1 + \alpha'_2 + \alpha'_3 + \alpha'_4 + \beta'_1 + \beta'_2 + \beta'_3 + \beta'_4 = 4R + \frac{\delta_3}{8} \text{ (Práctico)}$$

$$\Sigma \alpha' = 159^\circ 44' 24''.068$$

$$\Sigma \beta' = 200^\circ 15' 23''.130$$

$$359^\circ 59' 47''.198 = \Sigma \alpha' + \Sigma \beta'$$

$$359^\circ 59' 60''.00$$

$$359^\circ 59' 47''.198$$

$$\begin{array}{r} (-) 0^\circ 00' 12''.802 \end{array}$$

$$\delta_3 = \frac{(-) 12''.8020}{8}$$

$$\delta_3 = (-) 1''.60025$$

$$\alpha''_1 = \alpha'_1 - \frac{\delta_3}{8}$$

$$\beta''_1 = \beta'_1 - \frac{\delta_3}{8}$$

$$\alpha''_1 = 47^\circ 45' 54''.78125$$

$$\alpha''_2 = 47^\circ 45' 30''.07275$$

$$\alpha''_3 = 15^\circ 00' 24''.48725$$

$$\alpha''_4 = 49^\circ 12' 41''.12775$$

$$159^\circ 44' 30''.469 \quad \Sigma \alpha''$$

$$\beta''_1 = 74^\circ 34' 34''.19275$$

$$\beta''_2 = 42^\circ 39' 31''.24725$$

$$\beta''_3 = 73^\circ 07' 23''.13775$$

$$\beta''_4 = 9^\circ 54' 00''.95325$$

$$200^\circ 15' 29''.531 = \Sigma \beta''$$

$$\Sigma \alpha'' = 159^\circ 44' 30''.469$$

$$\Sigma \beta'' = 200^\circ 15' 29''.531$$

$$359^\circ 59' 60''.00$$

$$\Sigma \alpha'' + \Sigma \beta'' = 4R = 360^\circ$$

Se cumple 3ª condición

$\delta \alpha''$	DESIG.	ANGULOS α VALOR	LOGARITMOS SENOS α''	LOGARITMOS SENOS β''	DESIG.	ANGULOS β VALOR	$\delta \beta''$
0.0000019	α''_1	47°45'54".78125	9.869464084375	9.98407051565	β''_1	74°34'34".19275	0.0000006
0.0000019	α''_2	47°45'30".07275	9.869417138225	9.830991868675	β''_2	42°39'31".24725	0.0000023
0.0000079	α''_3	15°00'24".48725	9.413188449275	9.980880196425	β''_3	73°07'23".13775	0.0000007
0.0000018	α''_4	49°12'41".12775	9.87916802995	9.235360534325	β''_4	9°54'00".95325	0.0000121
0.0000135	$\Sigma \alpha''$	159°44'30".46900	39.031237701825	39.031303115075	$\Sigma \beta''$	200°15'29".5310	0.0000157
$X = \frac{-\Delta}{\Sigma \delta \alpha'' + \Sigma \delta \beta''} = \frac{-(-) 0.00006541325}{0.0000292} = +2".24017979452$ Se restan a los α's β'' $\rightarrow +2.24018$ Se suma a los α's α''							
$\delta \alpha''$	DESIG.	ANGULOS A VALOR	LOGARITMOS SENOS A	LOGARITMOS SENOS B	DESIG.	ANGULOS B VALOR	$\delta \beta''$
0.0000019	A ₁	47°45'57".02143	9.869468340717	9.984069171542	B ₁	74°34'31".95257	0.0000006
0.0000019	A ₂	47°45'32".31293	9.869421394567	9.830986815554	B ₂	42°39'29".00707	0.0000022
0.0000079	A ₃	15°00'26".72743	9.413206146697	9.980878628299	B ₃	73°07'20".89757	0.0000007
0.0000018	A ₄	49°12'43".36793	9.879172062274	9.235333556840	B ₄	9°53'58".71307	0.0000120
0.0000135	ΣA	159°44'39".42972	39.031267944255	39.031268172235	ΣB	200°15'20".57028	0.0000155
$X = \frac{-\Delta}{\Sigma \delta \alpha'' + \Sigma \delta \beta''} = \frac{-(-) 0.00000227980}{0.000029} = \text{Error (+) } 0".007861379$							

Tabla 5. Compensación Angular del Cuadrilátero de Ampliación

	ANGULO	VALORES OBSERVADOS	ANGULOS		SUMA DE LAS 1ª y 2ª CORREC.	ANGULOS CORREGIDOS	LOG. SENO	DIF. PARA 1"	CORREC. FINAL A/B	ANGULOS FINALES
ángulos del lado izquierdo	a	31° 05' 32"	a + b	135° 59' 26"	- 5".50	31° 05' 26".50	9.71298175	2.1	$\frac{110.90}{26.4} = 4".20$ Valor que se suma a los ángulos del lado izquierdo y se resta a los ángulos del lado derecho	31° 05' 30".7
	c	19° 08' 42"	e + f	135° 58' 53"	+ 6".50	19° 08' 48".50	9.51586000	4.8		19° 08' 52".7
	e	103° 01' 37"			+ 11".00	103° 01' 48".00	9.98867100	0.5		103° 01' 52".2
	g	25° 21' 43"	Diferencia	33"	- 1".00	25° 21' 42".00	9.63177900	4.5		25° 21' 46".2
	SUMA	178° 37' 34"	2ª Corrección = $\frac{33"}{4} = 8".25$ corrección a y b = - 8".25 corrección c y f = + 8".25			178° 37' 45".00	.84929175	11.9		
ángulos del lado derecho	b	104° 53' 54"	c + d	44° 00' 32"	- 5".50	104° 53' 48".50	9.98515275	0.5		104° 53' 44".3
	d	24° 51' 50"	h + g	44° 00' 47"	+ 6".50	24° 51' 56".50	9.62375890	4.6		24° 51' 52".3
	f	32° 57' 16"			+ 11".00	32° 57' 27".00	9.73561240	3.2		32° 57' 22".8
	h	18° 39' 04"	Diferencia	15"	- 1".00	18° 39' 03".00	9.50487860	6.2		18° 38' 58".8
	SUMA	181° 22' 04"	2ª Corrección = $\frac{15"}{4} = 3".75$			181° 22' 15".00	.84940265	14.5		
	SUMA TOTAL	359° 59' 38"	corrección c y d = + 3".75			A Dif Σ sen .00011090		26.4		
	1ª Corrección	$\frac{22}{8} = + 2".75$	corrección h y g = - 3".75			B Σ Dif tab. .0000264				

Tabla 6. Compensación Angular 2º Cuadrilátero - Método Desviación Iguales

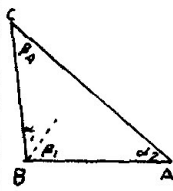
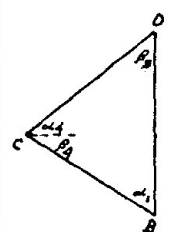
TRIANGULOS	VERT.	ANGULOS	LADOS OPUESTOS		LOGARITMOS
			DESIG.	VALOR	
	A	$47^{\circ} 45' 32''.3129$	BC	1990.82551	3.2990333576
					9.869421399567
	C	$9^{\circ} 53' 58''.71307$	AB	462.3228	2.66494552000
	B	$122^{\circ} 20' 28''.9790$			0.764666443160
		$180^{\circ} 00' 00''.00$	CA	2271.98105	9.9267924364
			CD	1540.36231	3.356404399560
	B	$47^{\circ} 45' 57''.02143$			
			BC	1990.82551	3.18762307
	D	$73^{\circ} 07' 20''.89757$			9.869468340717
	C	$59^{\circ} 06' 42''.081$	BD	1785.368906	3.2990333576
		$180^{\circ} 00' 00''.00$			0.019121371701
					9.9335734972
					3.251728226501

Tabla 7. Cálculo de los Lados del Cuadrilátero

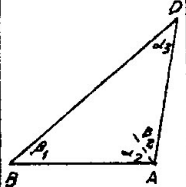
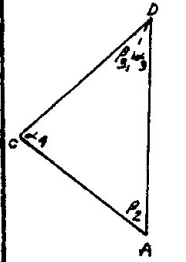
	A	$90^{\circ} 25' 01''.3200$	BD	1785.36896	3.2517282413	
	D	$15^{\circ} 00' 26''.72743$	AB	462.3228	2.664945520	
	B	$74^{\circ} 34' 31''.95257$	DA	1721.11017	3.2358085448	
		$180^{\circ} 00' 00''.00$				
	D	$88^{\circ} 07' 47''.625$	CA	2271.9855	3.356405245	
	C	$49^{\circ} 12' 43''.36793$	DA	1721.11017	3.2358085448	
	A	$42^{\circ} 39' 29''.00707$	CD	1540.36309	3.187623298	
		$180^{\circ} 00' 00''.00$				

Tabla 7. 1. Cálculo de los Lados del Cuadrilátero

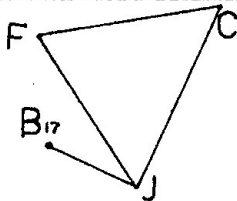
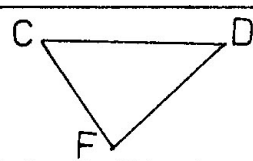
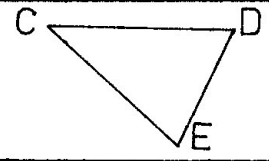
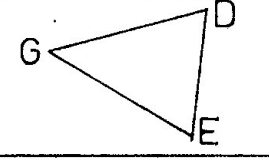
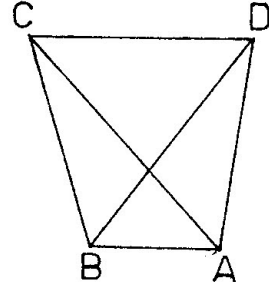
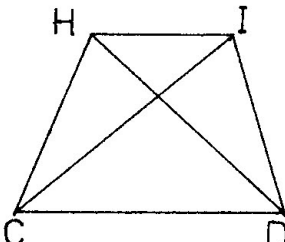
FIGURA	LADO	RUMBO	DIST. HOR.
	B ₁₇ -J	N 1°52'59"765 E	
	J-C	S 51°56'32"777 W	1.807,5454
	C-F	S 59°40'01"223 E	1.507,8224
	F-J	N 3°42'58"777 E	1.879,6941
	C-F	S 59°40'01"223 E	1.507,8224
	F-D	N 8°09'38"223 W	1.928,4561
	D-C	S 41°50'53"777 W	1.540,3627
	D-C	S 41°50'53"777 W	1.540,3627
	C-E	S 88°38'00"683 E	1.919,7990
	E-D	N 36°46'02"753 W	1.489,5258
	E-D	N 36°46'02"753 W	1.489,5258
	D-G	S 21°43'16"747 W	2.183,08187
	G-E	N 63°50'18"347 E	1.893,5094
	D-C	S 41°50'53"777 W	1.540,3627
	C-B	S 79°02'24"142 E	1.990,8255
	B-A	N 43°18'04"832 E	462,3228
	A-D	N 46°16'53"848 W	1.721,1107
	C-A	S 88°56'22"855 E	2.271,9832
	D-B	S 31°16'27"121 E	1.785,3896
	C-D	N 41°50'53"777 E	1.540,3627
	D-I	N 79°49'57"223 W	505,5992
	I-H	S 48°03'47"277 W	838,53495
	H-C	S 7°53'35"723 E	682,75675
	C-I	N 23°11'54"977 E	1.345,4795
	D-H	S 67°12'39"977 W	1.216,3829

Tabla 8. Rumbo y Distancias Horizontales

en el cálculo del control horizontal de la Triangulación, el efectuar el cálculo de las Coordenadas de los vértices. Pa ra é s t o, se adopta el sistema de Coordenadas U.T.M., en l a z a n d o el sistema de Triangulación ya realizado al control topográfico del levantamiento Fotogramétrico del sector muelle mecanizado de C.A.P., ejecutado por Antonio de Gavardo - 1973 para la Compañía de Acero del Pacífico.

El enlace se hizo a partir del vértice J de la Triangulación, que coincide con la estación E11 del Levantamiento Fotogramétrico, midiendo en forma precisa el ángulo que for man las líneas B17 - E11, E11 - C mediante el método de re pe t i c i ó n explicado anteriormente. En base a las Coordenadas de las estaciones B17 y E11 se determinó el rumbo de la línea definida por esas estaciones y con el ángulo medido se calculó el rumbo del lado JC de la Triangulación Figura 7, a partir del cual se calcularon los rumbos de todos los lados de la Triangulación, los que están registrados en la Tabla 8.

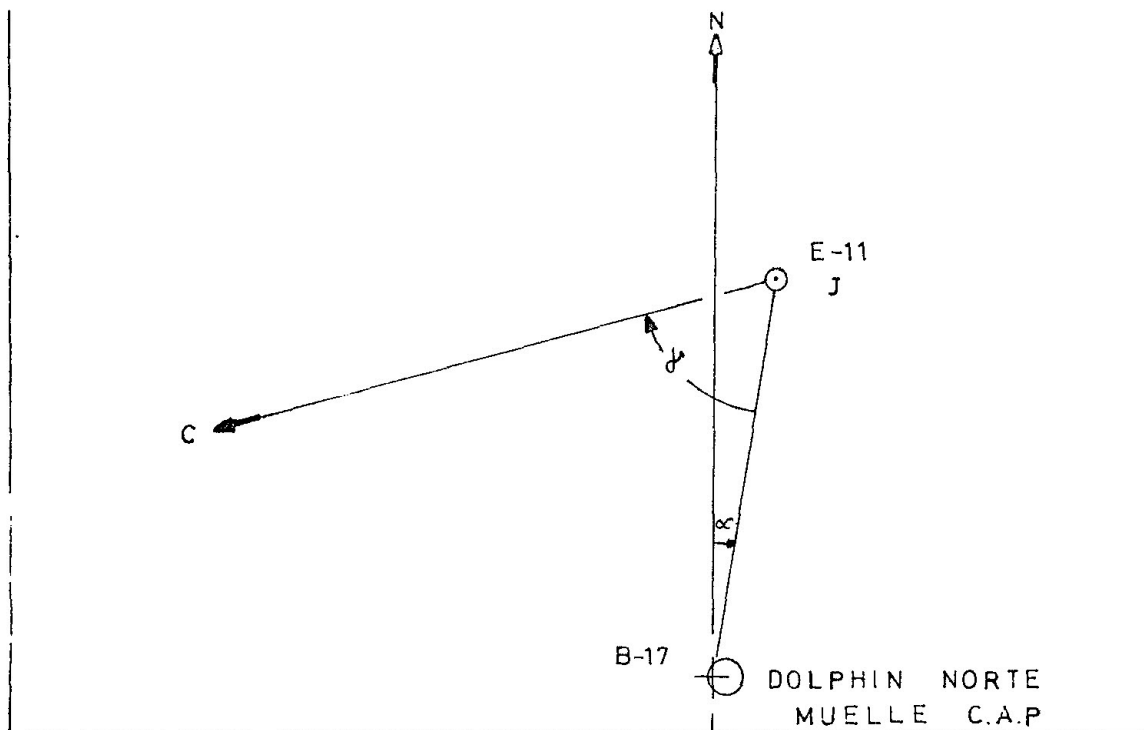
Los datos necesarios para el cálculo de las co or d e n a d a s, es decir, el rumbo y la distancia horizontal de los l a d os, se disponen esquemáticamente como se observa en las T a b l as 9 y 9.1, en el que se muestra el cálculo de las co or d e n a d a s de algunos de los vértices de la Triangulación.

Las coordenadas de todos los vértices de la Triangulación aparecen en la Figura 9.

El cálculo se hizo de acuerdo con las siguientes ex - p r e s i o n e s :

$$A) \text{ Lat. Parc. } = \text{ Log. Dh } + \text{ Log. cos } \alpha$$

$$B) \text{ Long. Parc. } = \text{ Log. Dh } + \text{ Log sen } \alpha$$



ESTAC.	COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD
B-17	6.682.512,50	273.111,74
E-11	6.683.031,34	273.128,80
DIF.	518,84	17.06

1) cálculo del ángulo α

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{17.06}{518.84}$$

$$\log \operatorname{tg} \alpha = \log 17.06 - \log 518.84$$

$$\log \operatorname{tg} \alpha = 1.231979 - 2.715033$$

$$\log \operatorname{tg} \alpha = -1.483054$$

$$\alpha = \operatorname{antilog} -1.483054$$

$$\alpha = \operatorname{antilog} 8.516946$$

$$\alpha = 1^{\circ} 52' 59''.765$$

2) ángulo β medido en forma precisa por el método de repetición

$$\beta = 50^{\circ} 03' 33''.012$$

3) Determinación del rumbo de la línea B17-E11:

De acuerdo a la fig 2.7, el ángulo α define el rumbo de la línea B-17-E11 y por estar en el primer cuadrante:

$$\text{Rumbo B17-E11} \quad N-1^{\circ} 52' 59''.765-E$$

4) Determinación del rumbo de la línea J-C

$$\text{Rumbo B17-E11} \quad N 1^{\circ} 52' 59''.765 E$$

$$(+)\quad \beta \quad 50^{\circ} 03' 33''.012$$

$$\text{Rumbo JC} \quad S 51^{\circ} 56' 32''.777 W$$

LADO	D.H.	RUMBO	LOGARITMO	COORDENADA	DESIG.
				6681917,08	X _c
			3.0469884051	- 1114,26	
				6683031,34	X _J
		S-51°56'32"777 W	9.7898995021		
J - C	1807,5454		3.257088903		
			9.8961907209	273128,80	Y _J
			3.1532796239	- 1423,25	
				271.705,55	Y _c

				6681155,60	X _F
			2.8816631002	- 761,48	
				6681917,08	X _c
		S-59°40'01"223 E	9.7033125972		
C - F	1507,8224		3.178350503		
			9.9360634676	271.705,55	Y _c
			3.1144139706	+ 1.301,41	
				273.006,96	Y _F

				6.683.064,52	X _D
			3.0597292044	+ 1.147,44	
				6.681917,08	X _c
		N-41°50'53"777-E	9.8721062014		
C - D	1540,3627		3.187623003		
			9.8242300648	271.705,55	Y _c
			3.0118530678	+ 1027,67	
				272.733,22	Y _D

Tabla 9. Registro y Cálculo de Coordenadas

				6681871,30	X _E
			3.0767200892	- 1193,22	
				6.683.064,52	X _D
		S-36°46'02"753 E	9.9036715952		
D - E	1489,5258		3.173048494		
			9.7771137084	272.733,22	Y _D
			2.9501622024	+ 891,58	
				273624,80	Y _E

				6.681.538,58	X _B
			2.5780682098	- 378,50	
				6.681.917,08	X _C
		S-79°02'24"142 E	9.2790348522		
C - B	1990,8255		3.2990333576		
			9.9920056568	271705,55	Y _C
			3.2910390144	+ 1954,51	
				273.660,06	Y _B

				6.681.875,04	X _A
			3.07535809504	- 1189,48	
				6.683.064,52	X _D
		S-46°16'53"848 E	9.83954955024		
D - A	1721,1107		3.2358085448		
			9.8589856816	272.733,22	Y _D
			3.0947942264	+ 1.243,93	
				273.977,15	Y _A

Tabla 9. 1. Registro y Cálculo de Coordenadas

La primera expresión define el valor de la Latitud Parcial, la segunda expresión el valor de la Longitud Parcial. Dh es la distancia horizontal desde el vértice con coordenadas conocidas hasta el vértice al cual se le calculan las coordenadas, α es el valor angular del rumbo del lado correspondiente. Los signos de cada expresión están determinados por las letras del rumbo, por ejemplo, la expresión A será positiva si la primera letra del rumbo es N, negativo si es S. Del mismo modo la expresión B será positiva si la segunda letra es E, negativa si es W.

Los valores así obtenidos se suman a los valores de las coordenadas totales del vértice anterior. En los esquemas de cálculo, las coordenadas parciales se designan precediendo a la letra que designa el vértice con una X para la Latitud y una Y para la Longitud. Las Coordenadas totales se designan con la letra N para las Latitudes y con la letra E para las Longitudes.

5. Registro de la Nivelación Trigonométrica y cálculo de las cotas de los vértices

El registro de los datos necesarios para el cálculo de las cotas de los vértices están contenidos en la Tabla 10 en la cual se ha anotado los valores obtenidos en terreno y los derivados del cálculo.

El cálculo de las cotas de los vértices se realizó a partir de la cota del vértice J cuyo valor es de 3,82 mts referido al Datum Geodésico, es decir, al Nivel Medio del Mar.

La Figura 8 muestra el esquema de cálculo para las

ESTACION	AITURA INSTR.	VERTICE VISADO	LECTURA AXIAL	ANGULOS VERTICALES (N)			Tg. ANG. VERT. (N)	DISTANCIA HORIZONTAL (DH)	$h = DH \cdot Tg(N)$	$h' = 0.068 \left(\frac{DH}{1000} \right)^2$	$H = (h + h')$	D. N
				DIRECTO	TRANSITO	CORREGIDO						
C	1.505	D	1.000	101.3832	298.6157	101.3838	0.0217393	1540.364	33.486	+ 0.161	33.629	+ 34.13
D	1.450	C	1.000	98.5644	301.4332	98.5656	0.02253464	1540.364	34.712	- 0.161	34.551	- 34.10
C	1.505	J	0.995	98.5724	301.4305	98.5710	0.0224502	1807.545	40.580	- 0.222	40.358	- 39.85
J	1.620	C	1.000	101.3754	298.6245	101.3754	0.02160732	1807.545	39.056	+ 0.222	39.278	+ 39.90
G	1.550	D	1.000	101.8318	298.1660	101.8329	0.02879882	2183.082	62.870	+ 0.324	63.194	+ 63.74
D	1.450	G	1.000	98.1230	301.8792	98.1219	0.02950898	2183.082	64.420	- 0.324	64.096	- 63.74
C	1.505	H	1.000	98.8890	301.1094	98.8898	0.01744016	682.757	11.907	- 0.032	11.875	- 11.37
C	1.505	I	1.000	98.1283	301.8697	98.1283	0.0293932	1345.480	39.548	- 0.123	39.425	- 38.92
C	1.505	E	0.000	98.6216	301.3807	98.6204	0.02167368	1919.799	41.609	- 0.254	41.355	- 39.85
C	1.505	F	1.000	98.2637	301.7350	98.2644	0.02726936	1507.822	41.117	- 0.155	40.962	- 40.46
G	1.550	E	0.000	99.5983	300.4040	99.5972	0.00632668	1893.509	11.980	- 0.244	11.736	- 10.19
D	1.450	H	1.000	97.5922	302.4058	97.5932	0.03782144	1216.387	46.006	- 0.101	45.905	- 45.46
D	1.450	I	1.000	90.7844	309.2152	90.7846	0.14577440	505.599	73.703	- 0.256	73.447	- 73.00
D	1.450	F	1.000	97.5192	302.4832	97.5180	0.0390066	1928.456	75.222	- 0.253	74.969	- 74.52

Tabla 10. Registro y Cálculos de la Nivelación Trigonométrica

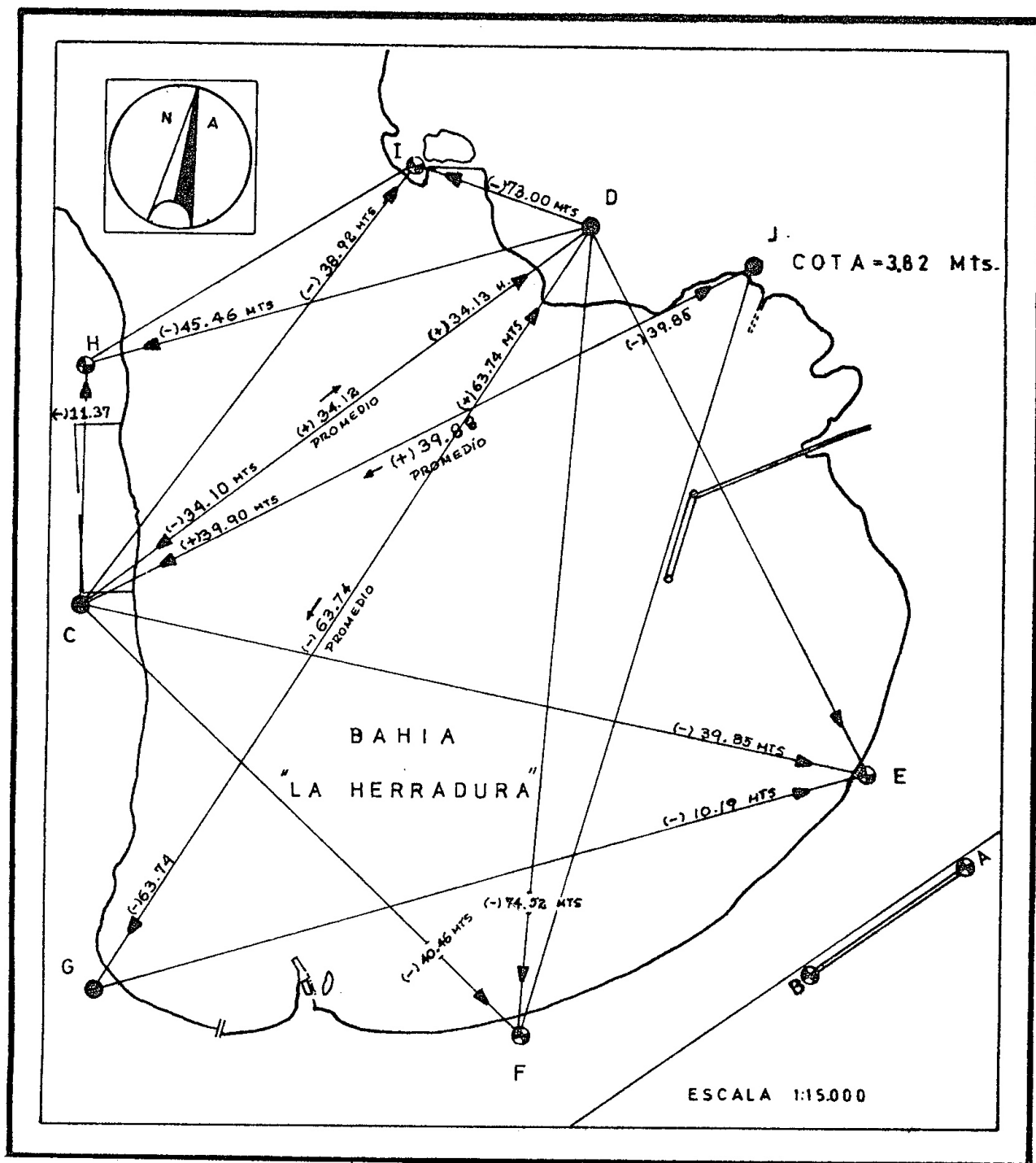
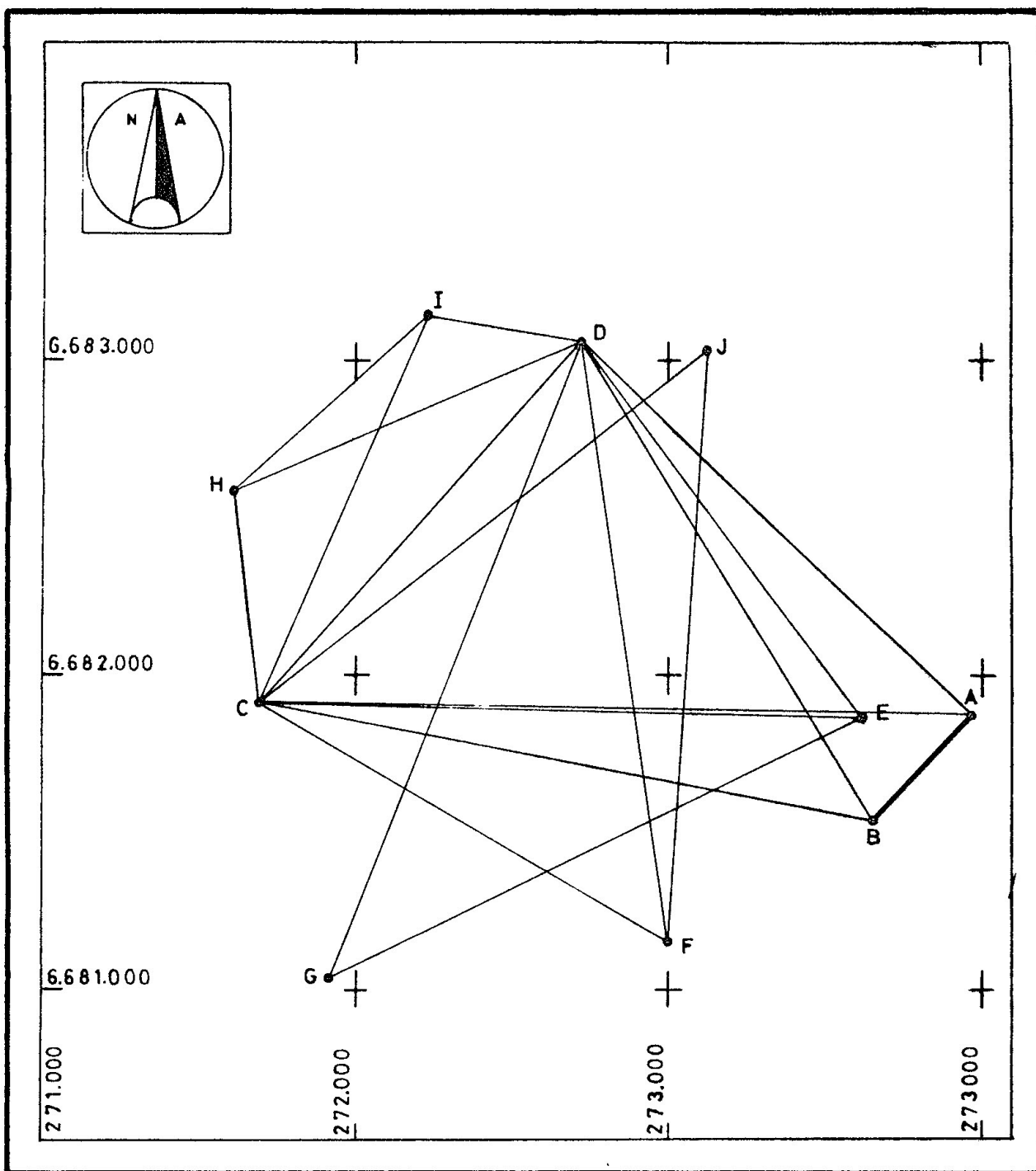


Fig. 8 Esquema de las Diferencias de Nivel entre los Vértices de Triangulación

cotas de los vértices.

f) Dibujo

Se confeccionó un esquema de la Triangulación con la ubicación de los vértices referidos al sistema de Coordenadas U.T.M. (Proyección Universal Transversal Mercator, que tiene como origen de las abscisas, Este, el meridiano 69° Oeste = 500 Kms y como origen de las ordenadas, Norte, 10.000 Kms al Sur del Ecuador), esto se dibujó a escala reducida para mayor comodidad en su visualización. Figura 9, esta figura muestra además el registro de las coordenadas y cotas de todos los vértices.



REFERENCIAS		CUADRO DE COORDENADAS			
		VERT.	LATITUD	LONG	COTAS
- ●	VERTICES	A	6.681.875,04	273.977,15	—
- —●—	LINEA BASE	B	6.681.538,58	273.660,06	—
-	Coordenadas U.T.M	C	6.681.917,08	271.705,55	43,70 MTS.
-	Cotas referidas al Datum Geodésico	D	6.683.064,52	272.713,22	77,82 MTS.
ESCALA 1:20.000		E	6.681.871,30	273.624,80	3,87 MTS.
		F	6.681.155,60	273.006,96	3,27 MTS.
		G	6.681.036,44	271.925,28	14,08 MTS.
		H	6.682.593,36	271.611,80	32,74 MTS.
		I	6.683.153,77	272.235,56	4,80 MTS.
		J	6.683.031,34	273.128,80	3,82 MTS.

Fig. 9 Esquema de la Triangulación

III LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN

3.1 ESTUDIO BATIMETRICO PRELIMINAR DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN

Este estudio fue abordado tomando en consideración los tres aspectos más importantes que permiten la obtención de una serie de puntos y su respectiva profundidad relacionados a un control topográfico costero, con el objeto de determinar el relieve submarino de la Bahía. Ellos son:

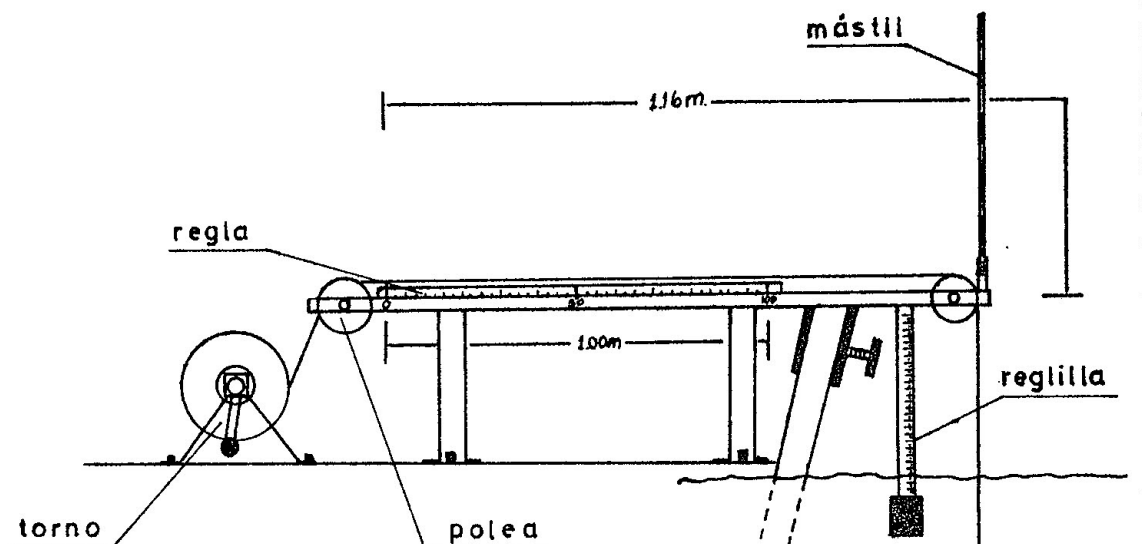
- a) Sondeos
- b) Determinación de las variaciones del nivel del mar
- c) Establecimiento del control topográfico horizontal.

a) Sondeos

La determinación de las profundidades (hasta 20 mts), se hizo mediante Escandallo de fierro macizo con forma cilíndrica y con un peso aproximado de tres Kilos. Se usó ecógrafo para las profundidades superiores, Marca SIMRAD tipo 515-7.

Con el objeto de facilitar las mediciones y el manejo de la sonda, se diseñó una "Máquina de Sondeo" Figura 10, adaptada al tipo de embarcación que habría de usarse para esta operación.

La máquina consiste en un torno accionado a mano en el cual va enrollada la cuerda, una regla graduada cada cinco centímetros (de cero a cien centímetros) sobre la cual se hace la



L_1 = LECTURA REGLA

L_2 = LECTURA REGLILLA

116 = CTE. DE LA MAQUINA DE SONDEO

A = PROFUNDIDAD DE SONDEO + L_1

B = PROFUNDIDAD DE SONDEO RELATIVO = $A - (L_2 + 116)$

NOTA

① 'A' es la longitud entre el cero de la regla y el fondo submarino

② 'B' profundidad del mar en el momento de sondeo ; valor que se debe corregir por efecto de marea

Fig. 10 Esquema de la Máquina de Sondeo

primera medición, a continuación una reglilla colocada en el extremo exterior de la máquina cae verticalmente hacia la su perficie del agua con el objeto de determinar las variaciones de la línea de flotación de la embarcación.

Finalmente un mástil jalonado, colocado sobre la polea exterior materializa la vertical por la que baja la sonda, sir viendo como señal para las visuales que se hacen desde tierra con los Taquímetros.

La Figura 10 muestra también un modelo de cálculo de la profundidad en cada punto, las Figuras 11 y 12 corresponden a la máquina de sondeo instalada en la embarcación.

b) Determinación de las variaciones del nivel del mar

Mareómetro. Con el objeto de determinar las variaciones de altura de la superficie del mar en la Bahía se instaló un Mareómetro en el muelle del C.I.S.

Las Figuras 13, 14 y 15 muestran la posición del Maróme tro. Este se instaló sobre un "Pozo Amortiguador" consistente en un tubo de fierro de 15 cms de diámetro interior, por 2,30 mts de longitud.

En la Figura 14 puede observarse, la escala graduada, la cuerda, las poleas y parte de la caja que protege el contra peso. La Figura 15 muestra en detalle la escala graduada de la cuerda y el índice de lectura.

El Mareómetro se calibró estableciendo la diferencia de nivel entre el vértice J y el eje de la polea, ubicado este úl-

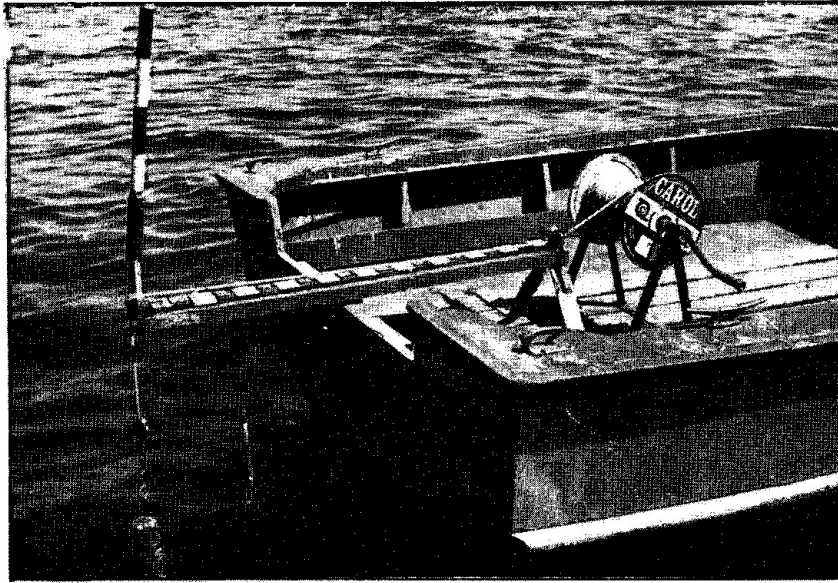


Fig. 11. Máquina de Sondeo en la Embarcación

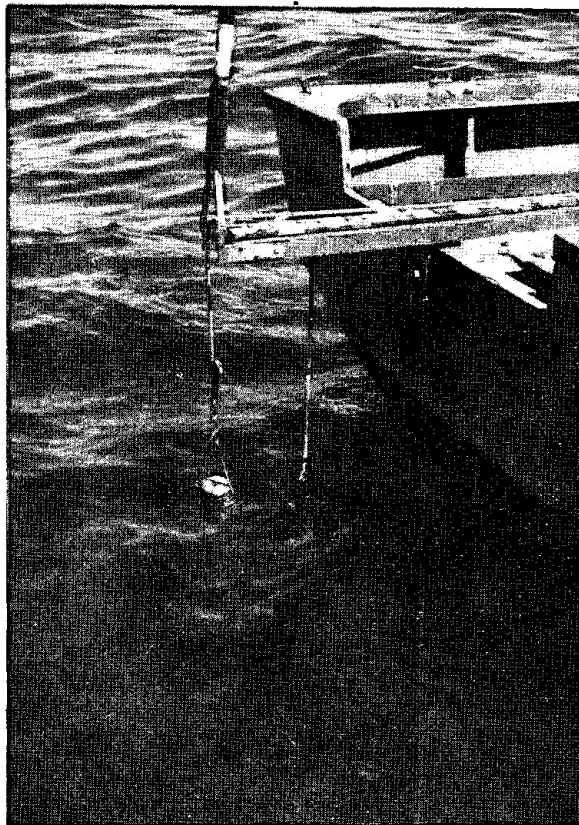


Fig. 12. Máquina de Sondeo instalada en la Embarcación

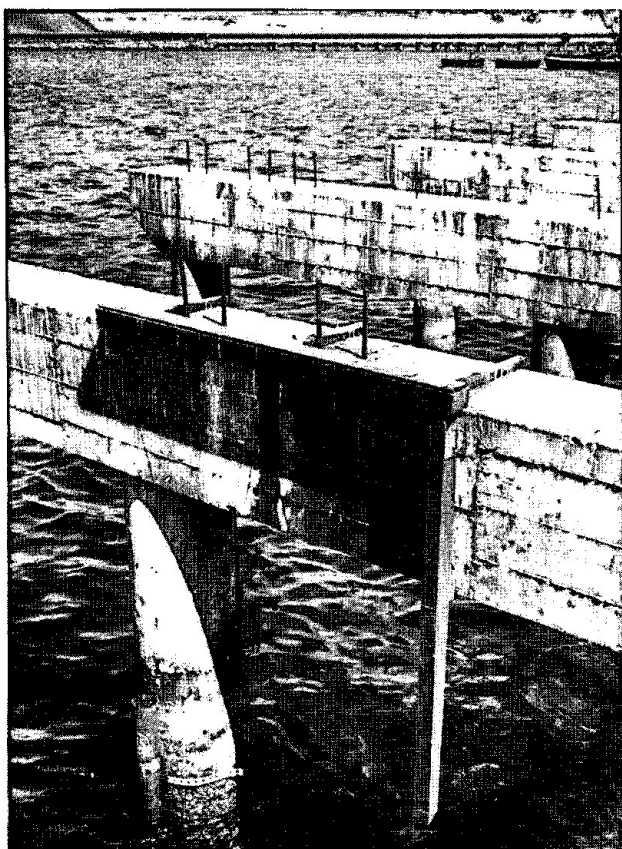


Fig. 13. Mareómetro instalado en Muelle CIS

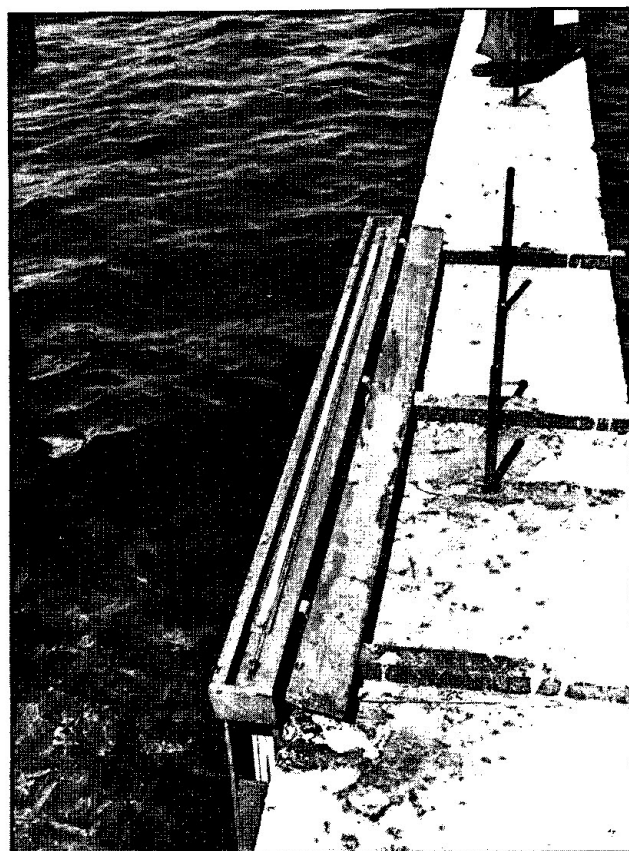


Fig. 14. Mareómetro (Detalles)

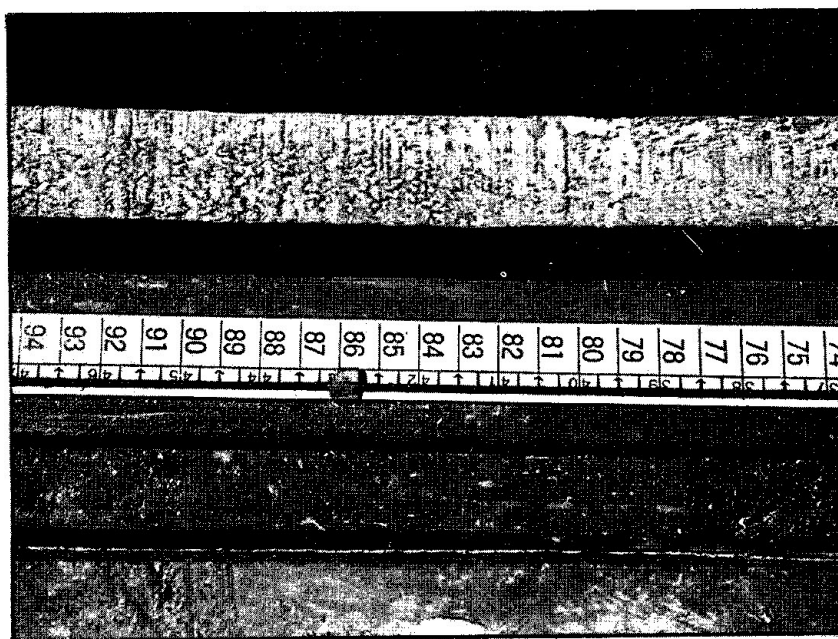


Fig. 15. Mareómetro (Escala Graduada)

timo sobre el tubo amortiguador, en la caja que contiene la regla graduada. El cálculo dió un resultado de 3,22 metros para la cota en el eje de la polea, por lo tanto a 3,22 metros hacia abajo se encuentra el Nivel Medio del Mar.

c) Establecimiento del Control Topográfico Horizontal

En la sección de Triangulación se explicó con detalle la realización de la red primaria de control topográfico para el levantamiento general de la Bahía. Con el objeto de situar los detalles de la costa y obtener estaciones auxiliares para la localización de los sondeos se realizaron poligonales de enlace a los vértices de Triangulación. En una etapa preliminar del trabajo general a modo de desarrollar un método se hizo un levantamiento de la costa, comprendido entre el Muelle Mecanizado de C.A.P. (Compañía de Acero del Pacífico) y la planta eléctrica de Endesa, para lo cual se ubicaron estaciones de poligonal en el sector señalado.

Desde estas estaciones se tomaron los detalles de la costa y se ubicaron los sondeos. El registro y cálculo de las coordenadas de las estaciones aparecen en la tabla 11.

3.2 METODO DE TRABAJO

Las condiciones del mar en la Bahía, observadas durante los trabajos preliminares como asimismo a través del levantamiento batimétrico y las características de la embarcación usada, limitaron la jornada de trabajo a un tiempo medio de 5 horas, trabajándose solamente en las mañanas hasta medio día, debido a que pasadas las 12,00 hrs el viento imposibilitaba las mani-

ESTAC.	LINEA		RUMBOS		DISTANC.	FUNC. TRIGONOM.		COORD. PARCIALES		COORD. TOTALES		COTAS	
						COSENO	SENO	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD		
	B17									6.682.512,50	273.111,74	3.04	
J	B17	J	N	2.09	E					6.683.031,34	273.128,80	3.82	
	J	C1	S	88.43	E	133.45	0.18074	0.98353	- 24.12	+ 131.26	6.683.007,22	273.260,06	4.21
	C1	C2	S	33.79	E	137.35	0.86242	0.50620	- 118.45	+ 69.53	6.682.888,77	273.329,59	2.82
	C2	C3	S	55.98	E	17.45	0.63767	0.77031	- 11.13	+ 13.44	6.682.877,64	273.343,03	3.00
	C3	C4	S	94.02	E	107.50	0.09380	0.99559	- 10.08	+ 107.04	6.682.867,56	273.450,07	2.44
	C3	C5	S	39.63	E	117.60	0.81241	0.58307	- 95.54	+ 68.57	6.682.782,10	273.411,60	2.07
	J	C7	S	17.415	E	76.99	0.96282	0.270155	- 74.13	+ 20.88	6.682.957,21	273.149,68	3.30
	J	C6	S	91.92	W	111.00	0.126579	0.991956	- 14.05	- 110.10	6.683.017,29	273.018,70	3.98

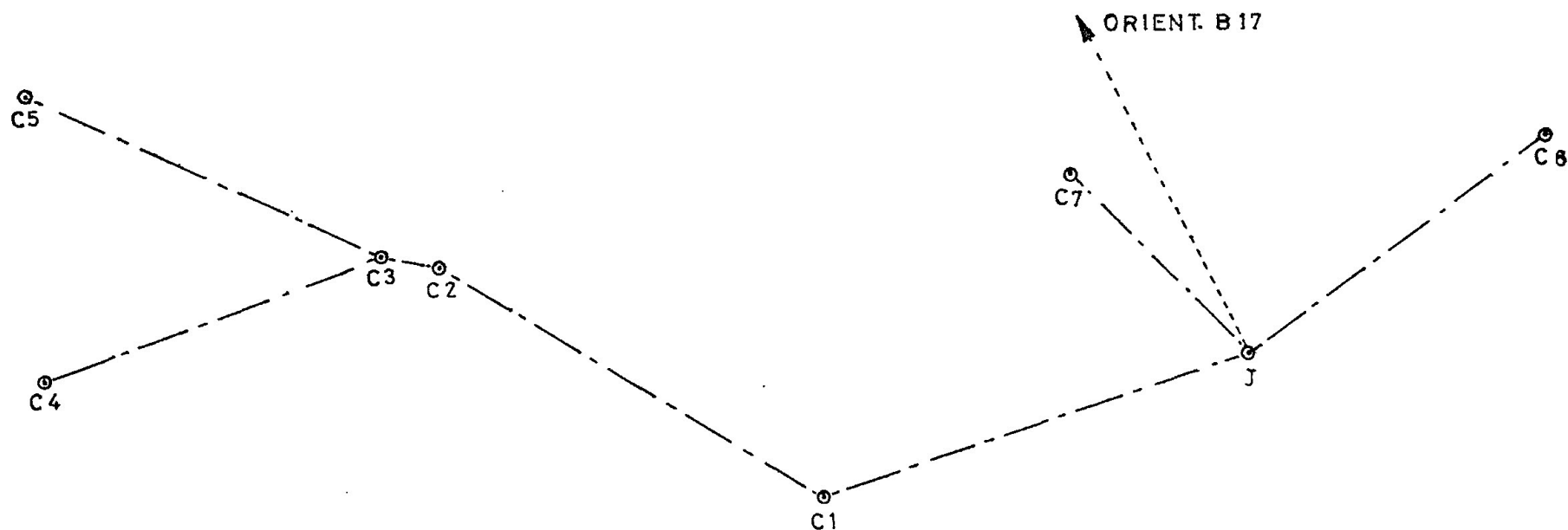


Tabla 11. Registro y Cálculo de la Poligonal de Apoyo

obras de la embarcación.

Los sondeos se efectuaron a intervalos iguales de distancia siguiendo en lo posible alineaciones determinadas por observaciones a detalles costeros, con el objeto de escandallar áreas uniformemente.

Obtenidas las lecturas en la máquina de sondeo se indicaba con una banderola a los operadores de Taquímetros que posicionaran el punto, anotando las horas y los ángulos en un registro correspondiente. Dado a que la superficie del mar cambia periódicamente, cada 30 minutos uno de los operadores de Taquímetro registraba las lecturas de mareómetro para confeccionar el gráfico de marea correspondiente a la jornada de sondeo. La Figura 16 muestra el gráfico de marea del día 27 de Febrero de 1975 para valores obtenidos entre las 10,00 hrs AM y las 13,30 hrs P.M.; usando gráficos de este tipo los sondeos fueron reducidos al N.M.M. (Nivel Medio del Mar).

Los datos registrados de la máquina de sondeo, las observaciones hechas con los Taquímetros, como asimismo los valores obtenidos en los gráficos de marea y las correspondientes correcciones; fueron anotadas en un registro como el que se indica en la Tabla 12. El método de intersección de visuales, la orientación de los Taquímetros y los ángulos medidos se indica en la Figura 17.

3.3 CONFECCION DE PLANO BATIMETRICO PRELIMINAR

Con los datos obtenidos del levantamiento Taquimétrico realizado en el Sector Costero y la serie de sondeos, se procedió a confeccionar el plano correspondiente, Figura 18, a escala 1: 4.000 con isobatas cada dos metros. El sector

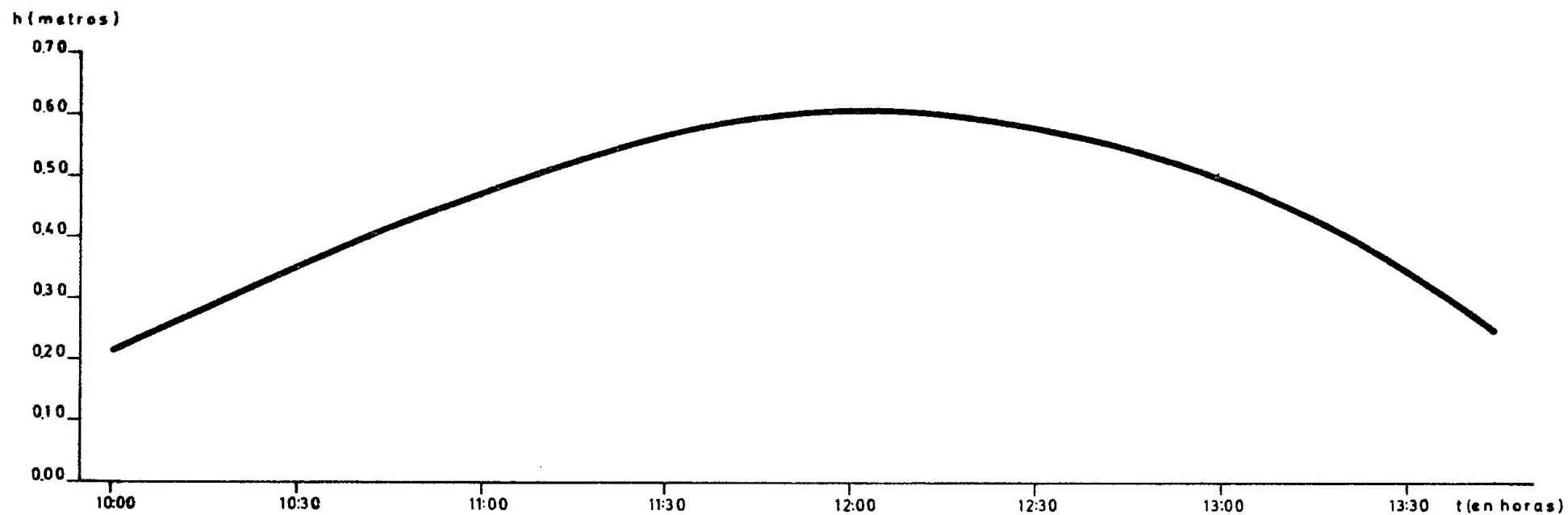


GRAFICO DE MAREA

CORRESPONDIENTE AL DIA 27 DE FEBRERO 1975

Datos obtenidos del MAREOMETRO MUELLE C.I.S

ESTAC.	PTO. OBSER.	HORA	X HORIZON. TAQUI.MT. 1	PROF. DE SONDEO	LECTURAS		A	B	M	B±M	X HORIZ. TAQUI.2	HORA	PTO OBSER	ESTAC.
					L1 regla	L2 reglilla								
J	C 2	11 h 15'	0° 00'								0.00	11 h 15'	J	C 2
	1	11 h 43'	55° 47'	- 18.00 mts	- 0.30 mts	+ 0.35 mts	- 18.30 mts	- 16.79 mts	+ 0.56	- 16.23	295.03	11 h 43'		
	2	11 h 59'	63° 29'	- 20.00 "	- 0.85 "	+ 0.35 "	- 20.85 "	- 19.34 "	+ 0.58	- 18.76	317.36	11 h 59'		
	3	12 h 03'	75° 11'	- 12.00 "	- 0.25 "	+ 0.35 "	- 12.25 "	- 10.74 "	+ 0.58	- 10.16	339.43	12 h 03'		
	4	12 h 08'	84° 44'	- 9.00 "	- 0.90 "	+ 0.35 "	- 9.90 "	- 8.39 "	+ 0.58	- 7.81	352.56	12 h 09'		
	5	12 h 13'	91° 58'	- 9.00 "	- 0.10 "	+ 0.35 "	- 9.10 "	- 7.59 "	+ 0.58	- 7.01	360.12	12 h 13'		
	6	12 h 15'	99° 01'	- 8.00 "	- 0.15 "	+ 0.35 "	- 8.15 "	- 6.64 "	+ 0.57	- 6.07	364.34	12 h 15'		
	7	12 h 18'	108° 10'	- 7.00 "	0.35 "	+ 0.35 "	- 7.35 "	- 5.84 "	+ 0.57	- 5.27	368.01	12 h 18'		
	8	12 h 22'	119° 16'	- 3.00 "	- 0.80 "	+ 0.35 "	- 3.80 "	- 2.29 "	+ 0.57	- 1.72	371.77	12 h 22'		
	9	12 h 30'	121° 04'	- 4.00 "	- 0.15 "	+ 0.35 "	- 4.15 "	- 2.64 "	+ 0.56	- 2.08	375.70	12 h 30'		
	10	12 h 36'	92° 19'	- 7.00 "	- 0.60 "	+ 0.35 "	- 7.60 "	- 6.09 "	+ 0.55	- 5.54	368.32	12 h 36'		
	11	12 h 40'	68° 37'	- 8.00 "	- 0.40 "	+ 0.35 "	- 8.40 "	- 6.89 "	+ 0.55	- 6.34	369.81	12 h 40'		
	12	12 h 43'	54° 08'	- 8.00 "	- 0.95 "	+ 0.30 "	- 8.95 "	- 7.49 "	+ 0.54	- 6.95	360.60	12 h 43'		
	13	12 h 47'	45° 12'	- 9.00 "	- 0.70 "	+ 0.30 "	- 9.70 "	- 8.24 "	+ 0.53	- 7.71	345.98	12 h 47'		
	14	12 h 50'	44° 56'	- 9.00 "	- 0.50 "	+ 0.30 "	- 9.50 "	- 8.04 "	+ 0.53	- 7.51	313.47	12 h 50'		
	15	12 h 54'	39° 54'	- 9.00 "	- 0.20 "	+ 0.35 "	- 9.20 "	- 7.69 "	+ 0.52	- 7.17	289.77	12 h 54'		
	16	12 h 58'	39° 16'	- 9.00 "	- 0.05 "	+ 0.35 "	- 9.05 "	- 7.54 "	+ 0.51	- 7.03	280.36	12 h 58'		
	17	13 h 04'	39° 04'	- 9.00 "	- 0.15 "	+ 0.35 "	- 9.15 "	- 7.64 "	+ 0.49	- 7.15	278.11	13 h 04'		
	18	13 h 08'	30° 20'	- 7.00 "	- 0.10 "	+ 0.35 "	- 7.10 "	- 5.59 "	+ 0.47	- 5.12	266.90	13 h 08'		
	19	13 h 12'	29° 54'	- 8.00 "	- 0.05 "	+ 0.30 "	- 8.05 "	- 6.59 "	+ 0.46	- 6.13	281.18	13 h 12'		
	20	13 h 16'	27° 35'	- 7.00 "	- 0.80 "	+ 0.35 "	- 7.80 "	- 6.29 "	+ 0.44	- 5.85	303.22	13 h 16'		
	21	13 h 19'	25° 45'	- 7.00 "	- 0.20 "	+ 0.35 "	- 7.20 "	- 5.69 "	+ 0.42	- 5.27	346.35	13 h 19'		

A = prof. de sondeo + L1

B = prof. de sondeo relativa A - (L2 + 1.16)

M = lect. de Mareometro a la hora de sondeo

B±M = prof. real de sondeo

Tabla 12. Registro y Cálculo de los Sondeos

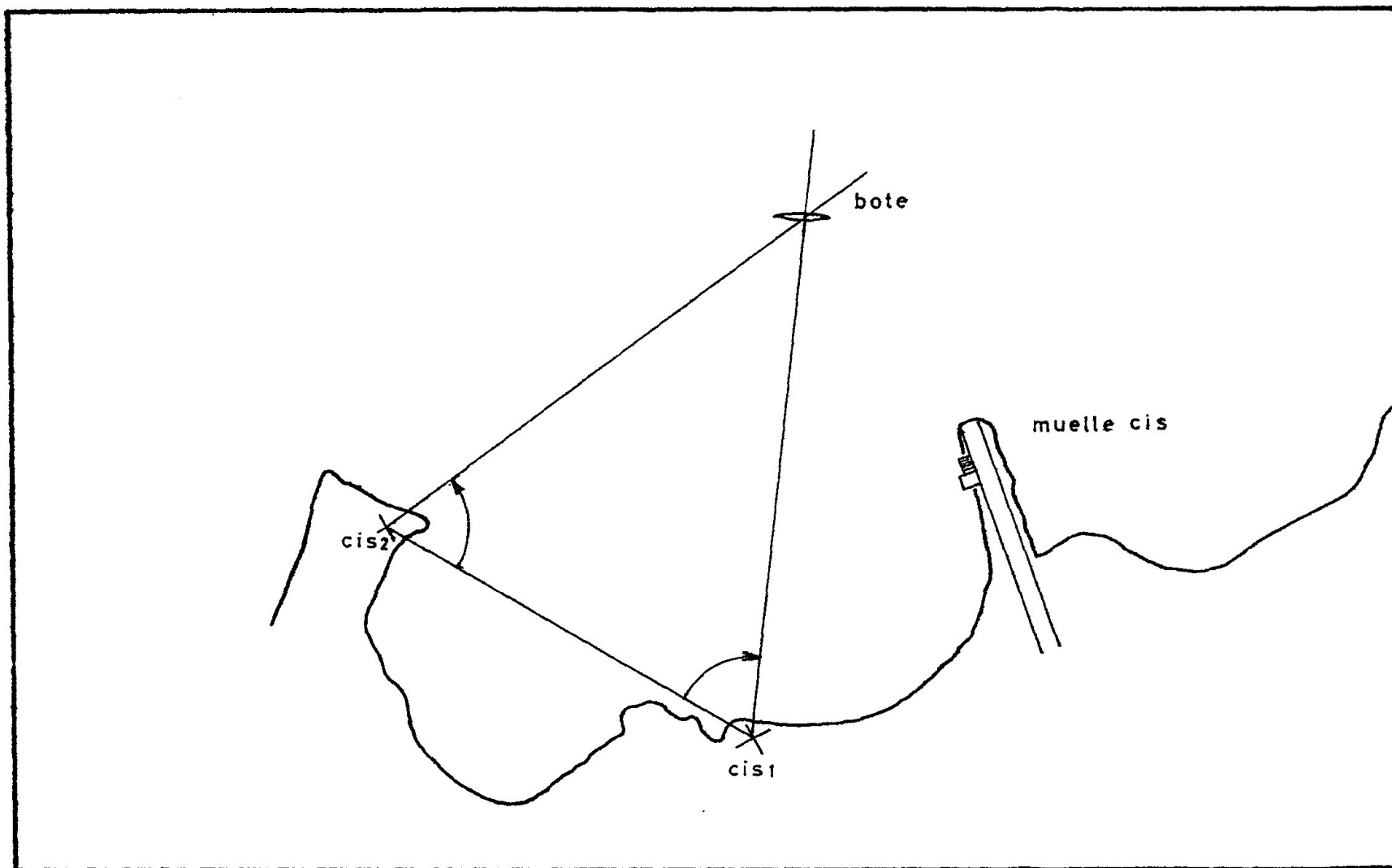
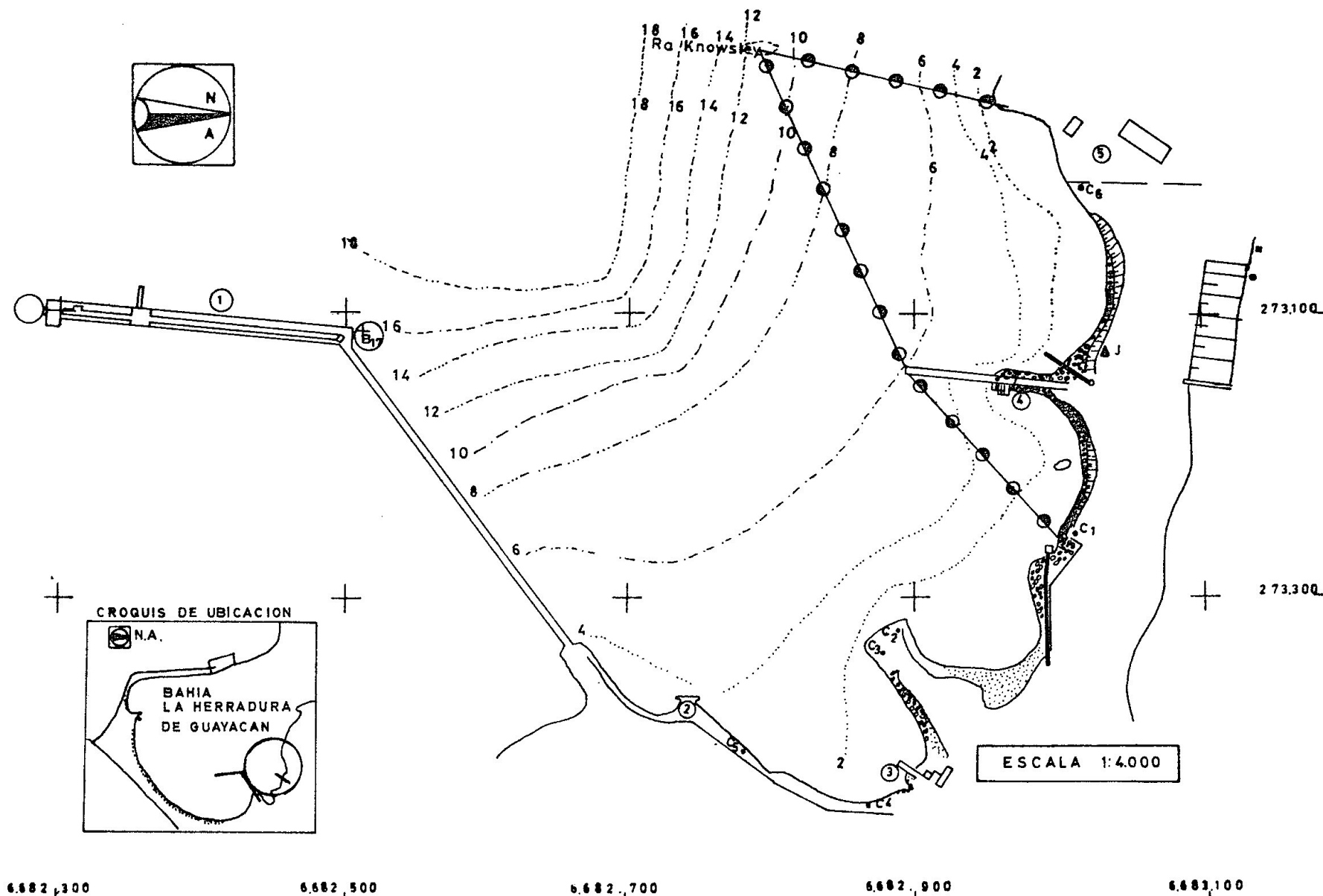


Fig. 17. Método de Intersección de Visuales

correspondiente al Muelle Mecanizado de la Compañía de Acero del Pacífico (C.A.P.) se dibujó con la ayuda de planos especiales de dicha estructura. En este plano se ubicaron un total aproximado de 120 sondeos, cuyas profundidades varían entre 0,80 mts y 19 mts luego de acuerdo a los métodos tradicionales de la Geomensura se interpolaron y dibujaron las curvas batimétricas.

En la Figura 18 se ubicó un croquis donde aparece en su totalidad la Bahía La Herradura y en él se encierra en un círculo el área estudiada en forma preliminar.

Fig 18 Levantamiento Preliminar



COORDENADAS			
REFERIDAS AL SISTEMA UTM			
ESTACION	LATITUD	LONGITUD	COTAS
B17	6.682.512,50	2 73.111,74	3.04
J	6.683.031,34	2 73.128,80	3.82
C1	6.683.007,22	2 73.260,06	4.21
C2	6.682.888,77	2 73.329,59	2.82
C3	6.682.877,64	2 73.343,03	3.00
C4	6.682.867,56	2 73.450,07	2.44
C5	6.682.782,10	2 73.411,60	2.07
C6	6.683.017,29	2 73.018,70	3.98
C7	6.682.957,21	2 73.149,68	3.30
COTAS REFERIDAS AL DATUM GEODESICO			

REFERENCIAS	
	VERTICE DE TRIANGULACION
	ESTACION DE POLIGONAL
B17	BITA DOLPHING NORTE
	SEÑALES DE NAVEGACION
	EMISARIO ALCANTARILLADO
	COLECTOR PETROLEO
	MUELLE MECANIZADO C.A.P
	EMBARCADERO CAP
	MUELLE PESCADORES
	MUELLE C.I.S
	PLANTA ENDESA
	CONCESION Sup total 3.90 Ha's

Fig 18 Leyenda

IV LEVANTAMIENTO GENERAL DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN

4.1 OBTENCION DEL CONTORNO DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN

Para la obtención del contorno de la Bahía se realizaron poligonales de enlace entre los diferentes vértices de Triangulación. En los sectores de importancia para el Centro de Investigaciones Submarinas, se utilizaron métodos Taquimétricos para resaltar detalles del sector costero. Figura 18.

4.2 BATIMETRIA

En el desarrollo de la batimetría se procedió a efectuar un cambio en el nivel de referencia de los sondeos realizados en el levantamiento preliminar con el objeto de unificar el levantamiento al método utilizado por el Instituto Hidrográfico de la Armada (I.H.A.) el cual usa como nivel de referencia el "Cero Hidrográfico" o Nivel de Reducción de Sondeos definido como: Un plano que pasa tangente al límite inferior de la curva descrita por la mayor bajamar de la localidad.

Como segundo paso se realizó el levantamiento batimétrico general de la Bahía, usando los siguientes métodos:

- a) Profundidades comprendidas entre los beriles 0 y 20 metros fueron sondeadas empleando la Máquina de Sondeo, la cual fue descrita en 3.1. La ubicación del punto de sondeo fue realizada mediante los métodos Intersección de Visuales o del Punto Alto.

b) Profundidades superiores al beril de los 20 metros fueron determinadas mediante diversos Track Batimétricos realizados con una embarcación la que poseía un Ecógrafo, el cual da el relieve submarino, con una precisión de ± 50 cm, con observaciones angulares desde tierra a intervalos de 15 segundos.

En base a estas dos metodologías se efectuaron un total aproximado de 2.500 puntos de sondeaje.

El registro de cálculo para los puntos de sondeaje, es similar al anteriormente descrito en Tabla 12, pero con la variación que debido al cambio de nivel de referencia, a la sección correspondiente a corrección de mareas hubo que restarle el valor obtenido en las tablas de marea publicadas por el I.H.A.

El plano Batimétrico se dibujó a escala 1: 2.500 con isobatas cada 2 metros hasta profundidades de 20 metros y cada 5 metros para profundidades superiores. La Figura 19 muestra la configuración total del relieve submarino de la Bahía y su respectivo contorno terrestre.

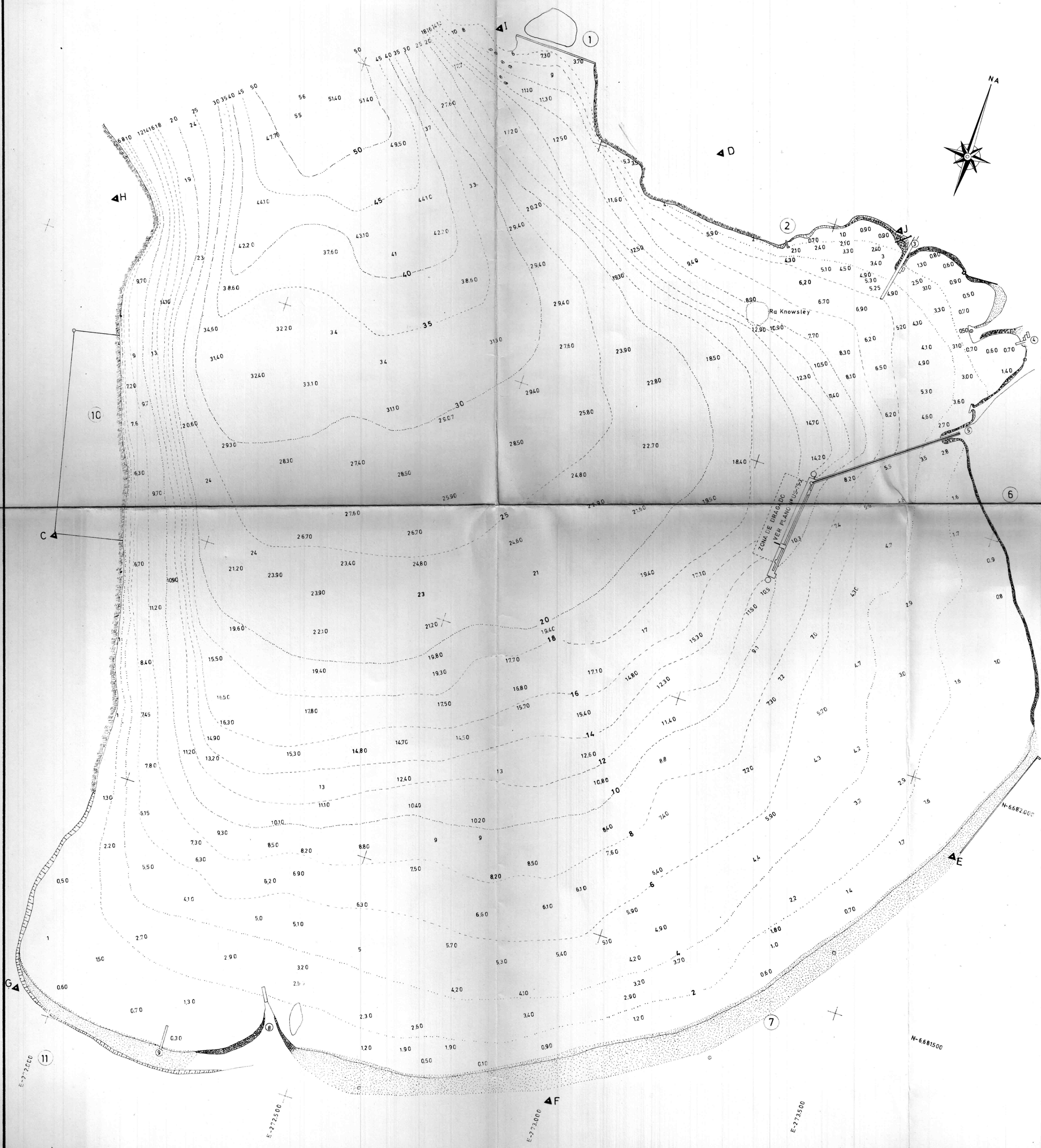
Como complementación general de este trabajo se muestra a través de diversos Track Batimétricos el relieve Submarino existente tanto dentro como fuera de la Bahía.

La Figura 20 muestra la dirección y ubicación de una serie de Track Batimétricos realizados dentro de la Bahía, de los cuales las Figuras 21, 22 y 23 corresponden a los perfiles longitudinales de los cortes 6 - 7 y 9 respectivamente.

FIGURA 19

EL PLANO BATIMETRICO PUEDE SER SOLICITADO A:
CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS
CASILLA 117 COQUIMBO - CHILE

POR SU EXTENSION NO SE HA INCLUIDO EN TODOS
LOS EJEMPLARES DEL PRESENTE INFORME



CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS
UNIVERSIDAD DEL NORTE
COQUIMBO

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA FISICA

LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE PRECISION
Sector: Bahía Herradura De Guayacán
Escala: 1:2500
Comuna: Coquimbo
Provincia: Elqui
Región: Cuarta
Fecha: Diciembre 1977
Levantamiento: Proyecto y Ejecutado por
A. Pacheco H. y M. Berrios R. (I.E.G.)

Vertices	COORDENADAS		
	Referidas al sistema UTM	Latitud	Longitud
1	668191700	27170555	7782
2	668306432	272733222	7782
3	668197130	2723624800	7782
4	668115500	271069900	7782
5	668103644	27192528	1408
6	668259336	271511000	3274
7	66815977	2723356	480
8	668303134	27312880	382

Sonajes en metros y referidos al cero hidrográfico

REFERENCIAS	
▲	Vertice de Triangulación
○	Estaciones de Poligonal
—	Colector petroleo COPEC
□	Emisario
①	Coloso
②	Endesa
③	Muelle CIS
④	Caleta pescadores
⑤	Muelle mecanizada CAP
⑥	Canchas de almacenaje de fierro
⑦	Balneario Municipal
⑧	Hotel Bucanero
⑨	Muelle club de Yates
⑩	Polvorin
⑪	Pueblo La Herradura

NOTA: Este plano es una reducción fotográfica
del plano original y esta a
Escala 1:5102

Fig. 19

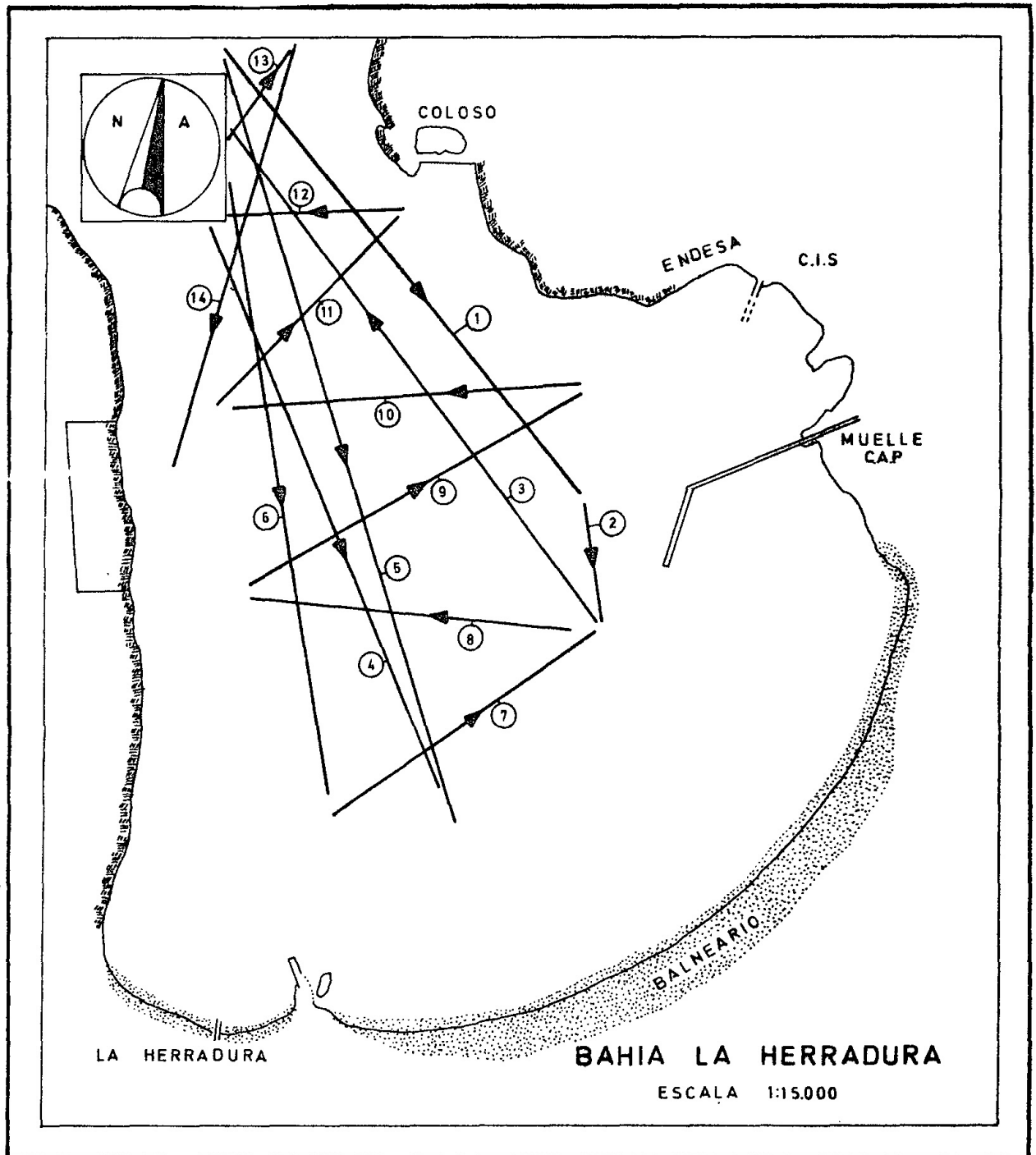


Fig. 20. Ubicación de Perfiles Batimétricos

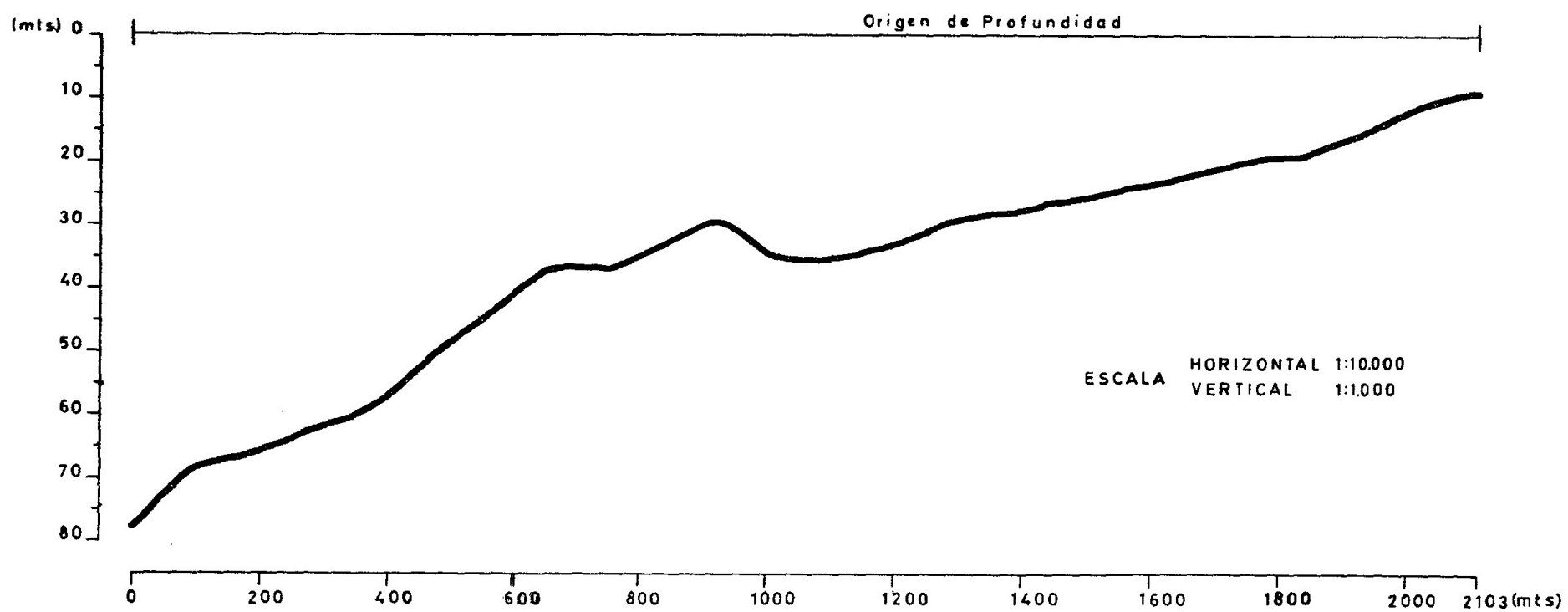


Fig 21 PERFIL Nº 6

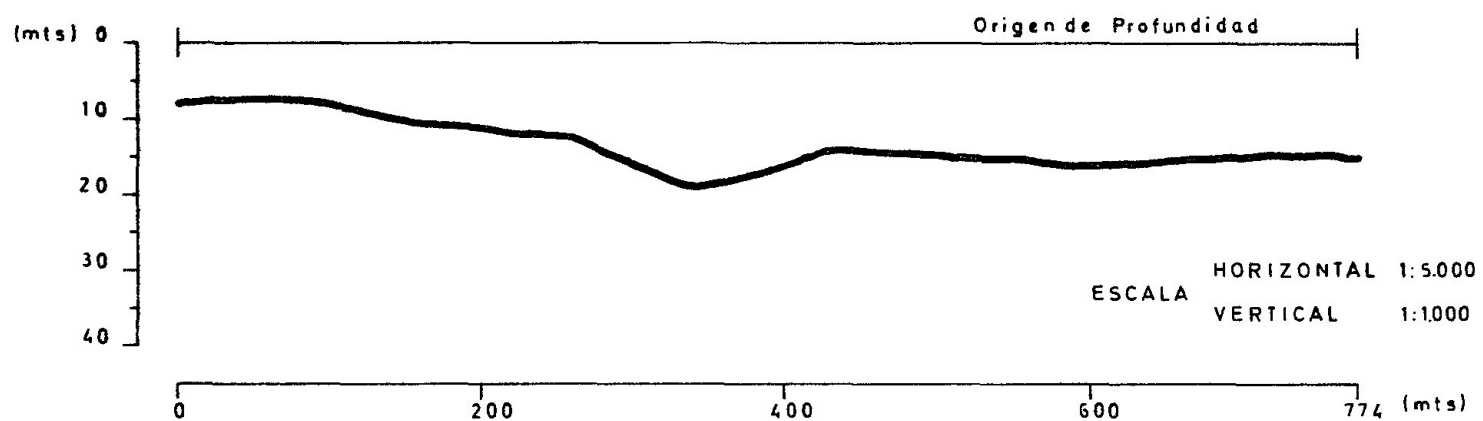


Fig 22 PERFIL Nº 7

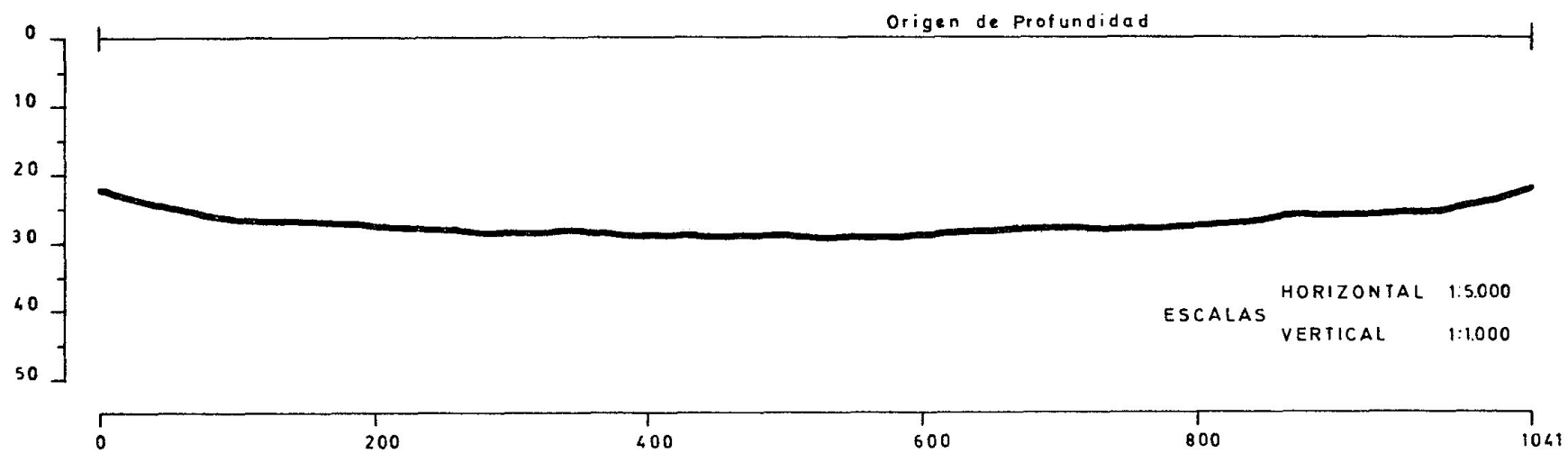


Fig 23 PERFIL Nº 9

La Figura 24 muestra la dirección de tres Tracks realizados fuera de la Bahía. A través de las Figuras 25, 26 y 27 se observan los perfiles longitudinales de cada Track Batimétrico, apreciándose claramente en estos la plataforma continental.

Finalmente la Figura 28 muestra la maqueta de la Bahía La Herradura de Guayacán, hecha en base a este trabajo topográfico a una Escala 1: 2.500.

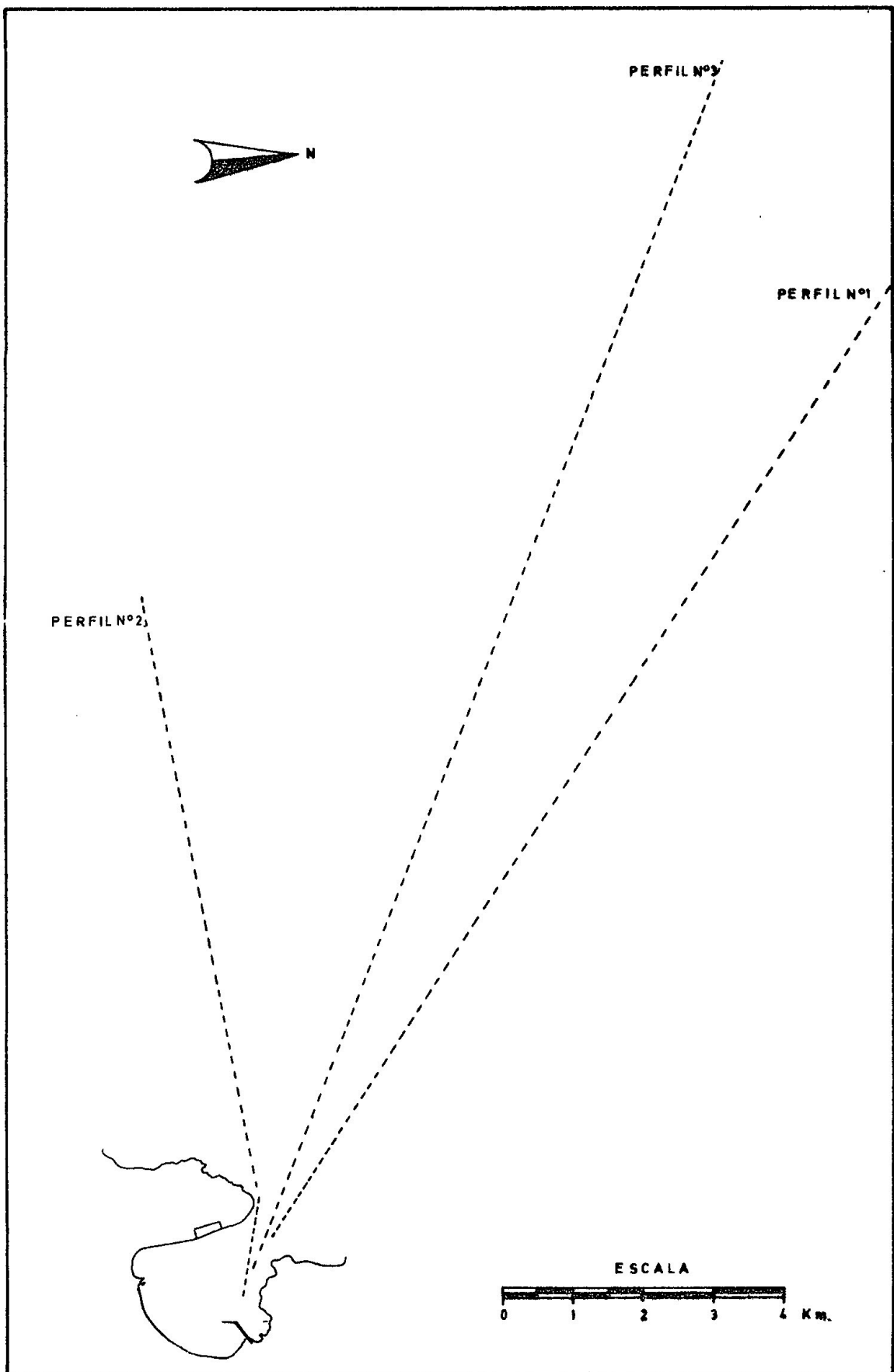


Fig. 24 - Tracks Batimétricos.

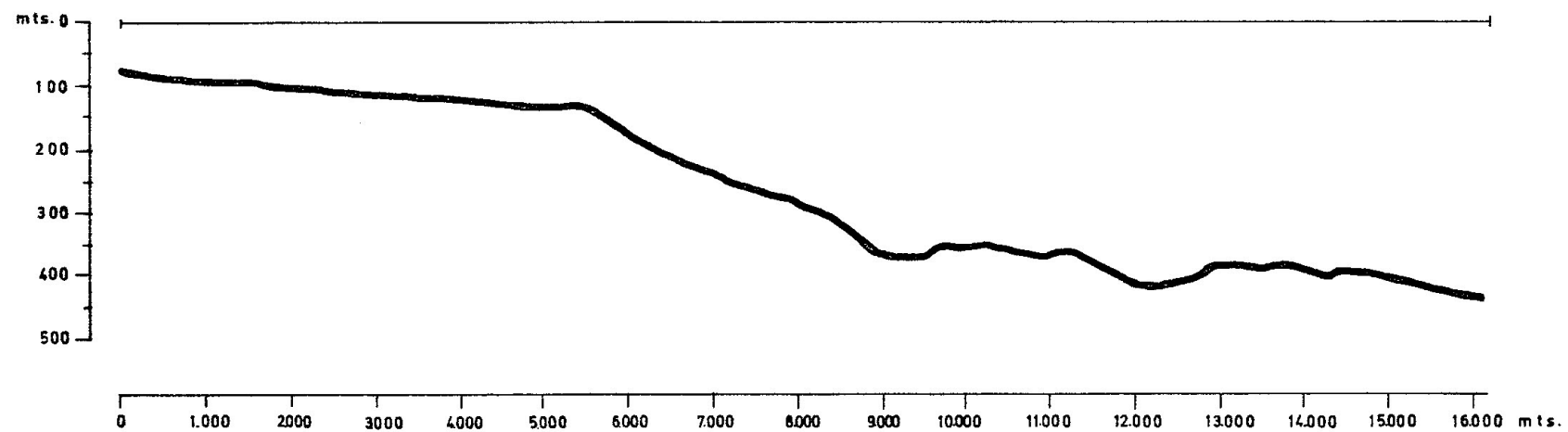


Fig. 25 - Perfil Batimétrico N°1

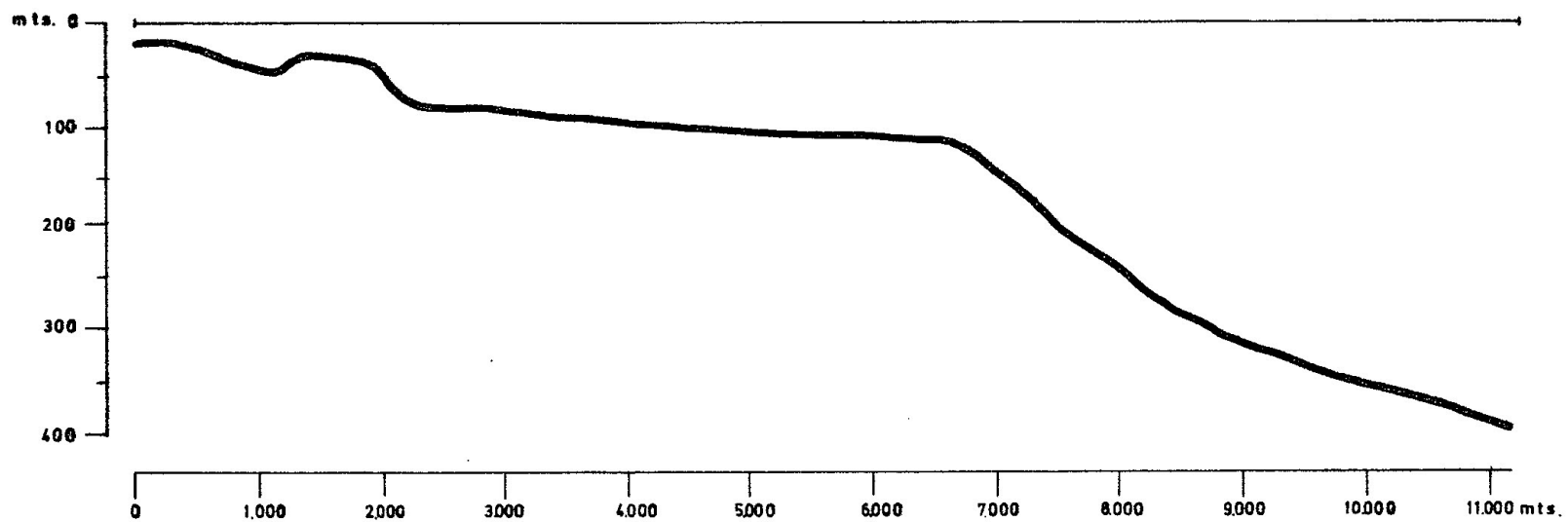


Fig. 26.- Perfil Batimétrico N° 2

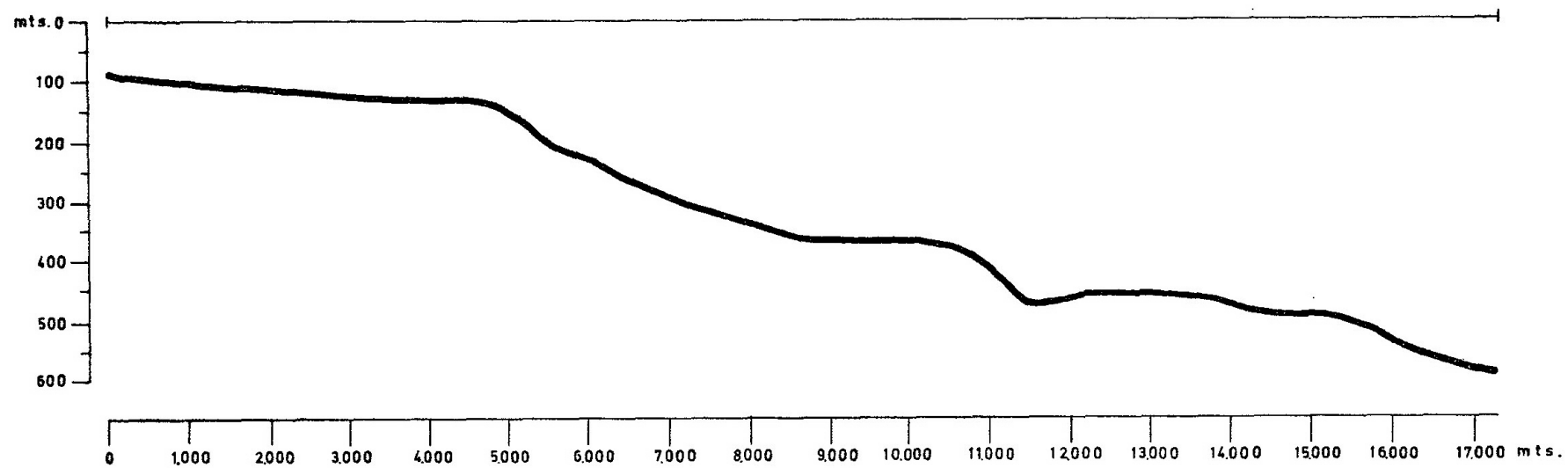


Fig 27 - Perfil Batimétrico N°3

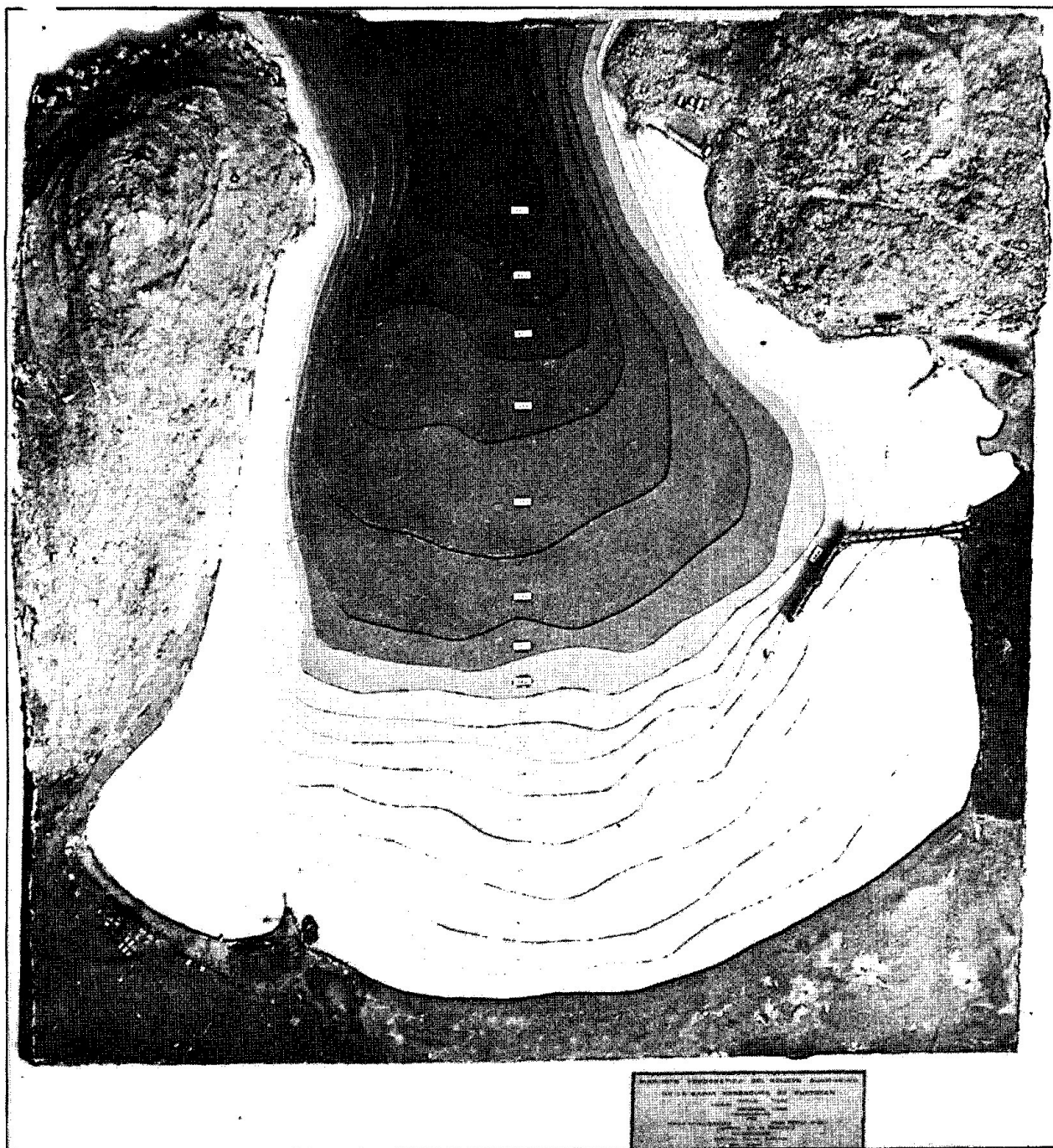


Fig. 28. Maqueta Topográfica de Bahía La Herradura de Guayacán

CONCLUSIONES

- Por sus características Topográficas terrestres y su orientación Geográfica la Bahía La Herradura de Guayacán es una de las más protegidas del litoral de la IV Región. Su boca es pequeña comparada con la superficie que abarcan sus aguas y su orientación Nor-Westeste la protege en gran parte de los vientos Sur-Westeste predominantes en la zona.

- Sus aguas en general son bajas exceptuando la zona próxima a la boca. El relieve submarino degrada en forma suave desde los 0 mts a los 50 mts de profundidad, con una pendiente promedio no superior a un 3 %. Si se analiza el perfil en sentido Norte-Sur, se observará que el talud de la orilla Norte cae en forma más abrupta llegando alcanzar pendientes de un 10 % a 11 %. La orilla Sur-Westeste alcanza pendientes del orden de un 20 % siendo éste el sector de talud más pronunciado.

- La profundidad media de la Bahía es de 19 mts considerando su superficie de 329 Hás, el 65 % corresponde a profundidades inferiores a 20 mts y un 35 % a profundidades superiores a 20 metros.

- El relieve costero favoreció en forma considerable la Triangulación Topográfica debido a que los cerros que bordean la Bahía tanto en la orilla Norte como en la orilla Sur-Westeste, proporcionaron una perfecta visibilidad entre los vértices.

Los sistemas de materialización de vértices de Triangulación y de estaciones de Poligonales Taquimétricas, fueron ubicados en lugares poco frecuentados por personas, contruídos en forma sólida y empotrados en el suelo.

- Dada las características Topográficas de la Bahía no se presentaron inconvenientes meteorológicos durante el desarrollo de los sondeos, excepto en los meses de Septiembre y Octubre que se caracterizan por sus fuertes vientos, siendo éste uno de los factores que más afecta las operaciones de sondeo, por lo cual, se buscaron días cubiertos por ser los más propicios, trabajándose en horas de la mañana.

- El sistema de sondeo ideado y construido para el desarrollo de los sondeos fue un instrumento de gran utilidad.

- Los instrumentos convencionales, tales como: Taquímetros y Miras, son suficientes tanto para los levantamientos en tierra como para la ubicación del punto sondeado.

- Los métodos Topográficos usados, son los mismos que se aplican en la mayoría de los trabajos de ingeniería.

- La precisión del Ecógrafo es de ± 50 cm, fue utilizado en profundidades superiores a 20 metros.

- Los métodos de Intersección de Visuales y del Punto Alto para la ubicación de un punto en el mar, resultan muy prácticos y dan buenos resultados cuando se cumplen los requisitos angulares necesarios.

- El establecer un buen sistema de señales y el uso de equipos de radio comunicación entre la embarcación y los operadores de los Taquímetros facilita las observaciones angulares hechas desde tierra y evita que se produzcan errores en las mediciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los señores Jorge Alfsen S., y Elías Alarcón H., Investigadores del C.I.S. por su colaboración en parte de los sondeos, como asimismo a la Empresa Pesquera Coloso S.A. por facilitar sus embarcaciones.

En forma muy especial agradecemos a los señores Jorge Alvarez J. y Fernando Condell M., por su participación directa en la etapa de Triangulación e inicio de los sondeos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALVARES, J.; BERRIOS, M.; CONDELL, F.; PACHECO, A. La Topografía aplicada a la investigación oceanográfica del mar costero. (Seminaro de Titulación), Universidad Técnica del Estado La Serena, Chile, 1975.
2. CLARO, A; GARRO, B. Tablas Taquimétricas.
Editorial: Ariel S.A. Barcelona, España.
3. FOOTE DAVIS Y KELLY Tratado de Topografía
Editorial: Aguilar Valencia. España. 1971.
4. GORRIA HERMENEGILDO Tablas Taquimétricas Sexagesimales
Editorial: Gustavo Gili S.A. Barcelona, España.
5. INSTITUTO HIDROGRAFICO DE LA ARMADA Glosario de Mareas y Corrientes, Valparaíso, Chile, 1962.
6. KISSAN PHILIP Topografía para Ingenieros
Editorial: Castilla S.A. Madrid, España, 1966.
7. PASTEN, LUIS Tablas de funciones Trigonométricas Naturales para Graduación Centesimal, La Serena, Chile, 1973.
8. QUINTANA, ARTURO Topografía
Editorial: Edugal Santiago, Chile, 1968.
9. SANDOVER, J.A. Topografía
Editorial: Continental S.A. México, 1971.