

623.828
295
C.2



ESCUELA SUPERIOR **POLITECNICA** DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima
y Ciencias del Mar



"ANALISIS TEORICO EXPERIMENTAL DE
ESTRUCTURAS LOCALES EN EMBARCACIONES
MENORES: MAMPARO TRANSVERSAL"*

Tópicos de Graduación
Previa a la Obtención del Título de:

INGENIERO- NAVAL

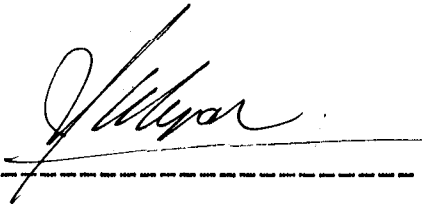
Presentado por:

Mario Zúñiga Bonifaz

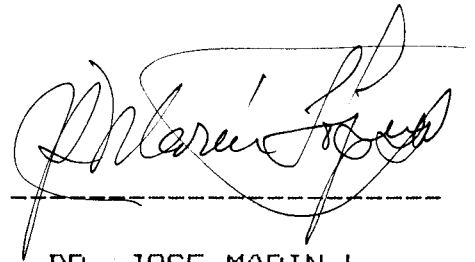
Francisco Viteri Giler

Guayaquil - Ecuador

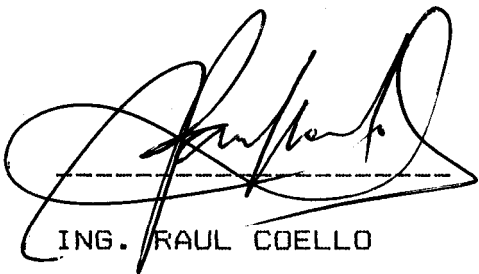
1.991



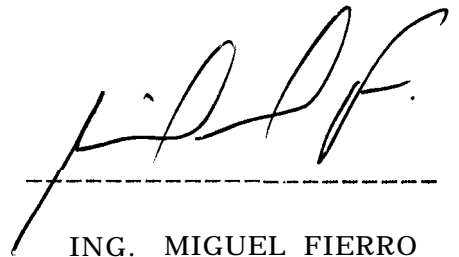
ING. NESTOR ALEJANDRO
SUBDECANO FACULTAD DE INGENIERIA
MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR



DR. JOSE MARIN L.
DIRECTOR DEL TOPICO



ING. RAUL COELLO
MIEMBRO PRINCIPAL
DEL TRIBUNAL



ING. MIGUEL FIERRO
MIEMBRO PRINCIPAL
DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, nos corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)



MARIO ZURIGA EONIFAZ



FRANCISCO VITERI GILER

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

Al Dr. JOSE MARIN LOF'EZ

Director del Tópico, por su sincera, entusiasta, desinteresada e invaluable ayuda brindada a la realización de este trabajo.

A los profesores y compañeros que en el transcurso de esta etapa estudiantil nos brindaron su amistad.

DEDICATORIA

A DIOS

A mi madre

A mis hermanos

A Freya

F.V.G.

D E D I C A T O R I A

A DIOS

A m i s p a d r e s

A m i s h e r m a n o s

M.Z.B.

R E S U M E N

En la presente tesis, se han estudiado en forma **analítico-experimental** las deformaciones que se producen en un mamparo **transversal** de un buque **tanquero**. Las deformaciones unitarias que se producen en **el refuerzo vertical**, refuerzo horizontal y **planchaje** fueron medidas experimentalmente utilizando **extensómetros** de **resistencia eléctrica**. Se pretendía **determinar** comparando con los **resultados analíticos**, cuáles eran las **condiciones** de frontera adecuadas para cada **elemento**. El **objetivo** también trataba de **determinar** experimentalmente **el ancho efectivo** de plancha **asociado** al refuerzo.

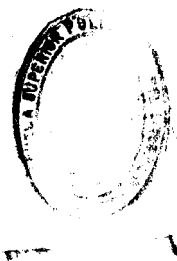
En el primer **capítulo** se realiza un estudio de las condiciones de frontera a **aplicarse** para cada uno de los **elementos estructurales** del mamparo. Cada **elemento** fue **analizado** en forma separada. Para el refuerzo vertical se **aplicaron tres condiciones** de borde: la primera, conectado al **longitudinal** de cubierta y fondo, la segunda se **considera** empotrado en sus extremos, como una **viga estáticamente indeterminada**, y la tercera como una **viga** simplemente apoyada en sus extremos. Además se **analizará** al refuerzo **vertical**

VIII

aplicandole carga uniformemente distribuida, para encontrar el ancho efectivo de plancha. Para el refuerzo horizontal se utilizó una sola condición de borde, la de empotrado en los extremos y apoyado en el refuerzo vertical. Para el análisis de plancha, se considera los bordes simplemente apoyados.

En el capítulo 2, mediante la utilización de extensómetros de resistencia eléctrica, se midieron las deformaciones de cada uno de los elementos analizados.

En el capítulo tres se realiza un estudio comparativo entre los resultados analíticos y los experimentales, y se llega a determinar las condiciones en las que realmente se encuentran cada una de los elementos considerados.



INDICE GENERAL

RESUMEN.....	VII
INDICE GENERAL.....	IX
INTRODUCCION.....	XI
CAPITULO 1	
PROCEDIMIENTO ANALITICO	
1.1 Análisis del Refuerzo Vertical.....	14
1.1.1 Conectado a los longitudinales de Cubierta y Fondo.....	
1.1.2 Empotrado en los extremos.....	25
1.1.3 Extremos Simplemente Apoyados.....	27
1.1.4 Extremos Simplemente Apoyados con carga Uniformemente Distribuida.....	29
1.2 Análisis del Refuerzo Horizontal.....	31
1.3 Análisis de la Plancha.....	35
1.4 Resultados Analíticos.....	41
1.4.1 Refuerzo Vertical conectado a los Longitudinales	
1.4.2 Refuerzo Vertical empotrado en los extremos.. . . .	41
1.4.3 Refuerzo Vertical con extremos simplemente apoyados.....	48
1.4.4 Refuerzo Vertical con extremos simplemente apoyados bajo carga Uniformemente Distribuida.	48

1.4.5 Refuerzo Horizontal	53
1.4.6 Planchaje.....~	8

CAPITULO II

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	60
2.1 Construcción del Modelo	60
2.1.1 Elección del Material.....	60
2.1.2 Construcción	60
2.2 Descripción de la Prueba	64
2.3 Resultados Experimentales.....	72

CAPITULO III

COMPARACION DE RESULTADOS TEORICOS Y EXPERIMENTALES

3.1 Refuerzo Vertical.....	80
3.2 Refuerzo Horizontal.....	81
3.3 Planchaje.....	83

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
--------------------------------	----

BIBLIOGRAFIA	92
--------------	----

I N T R O D U C C I O N

En el diseño estructural de buques se hace necesario conocer cuál será el comportamiento de sus elementos al soportar las cargas aplicadas. Se puede construir modelos de estructuras locales del buque y aplicar cargas que simulen a las reales. Con extensómetros de resistencia eléctrica, se puede medir las deformaciones. De esta manera detectaremos donde se producen los máximos esfuerzos y por medio de métodos analíticos confirmar los resultados.

En este trabajo se determinaran las deformaciones en forma teórico-experimental, de un modelo de mamparo estanco de un buque tanque. El material del modelo será de acrílico. Dichas mediciones serán comparadas con los resultados analíticos, obtenidos en los puntos donde se colocaran los extensómetros, y con ellas se determinarán las condiciones de borde de los elementos de estudio.

Este trabajo servirá al diseñador, para estimar el dimensionamiento de cualquier parte de la estructura del buque, sabiendo el tipo de condiciones de borde y esfuerzos que va a tener cada elemento.

Los elementos del mamparo a estudiar son el refuerzo vertical, horizontal y el planchaje.

El refuerzo vertical se analizará con tres condiciones de frontera diferentes, para que con el valor experimental se pueda determinar más objetivamente cuál es la condición de frontera real. En este estudio se aplicará: el método de distribución de momentos o de Cross, resolución de una viga estáticamente determinada e indeterminada. En la segunda parte se determinará el ancho efectivo de planchas, aplicando carga uniformemente distribuida .

Para analizar el refuerzo horizontal se aplicará el método de distribución de momentos o de Cross y se modelará con extremos empotrados y simplemente soportado por el vertical.

La plancha se estudiará con los bordes simplemente apoyados, es decir se pretende analizar el comportamiento terciario de la plancha.

CAPITULO 1

PROCEDIMIENTO ANALITICO

El elemento a estudiar sera un mamparo transversal, del buque tanquero Taurus, de eslora 53.05 m. , manga 10.97 m. y puntal 4.87m.

Mediante este estudio, se calcularán las deformaciones en los sitios donde se colocarán los extensómetros. Como se menciono anteriormente, los puntos donde se analizara dichas deformaciones son el refuerzo vertical, el horizontal y la plancha.

Al refuerzo vertical se le aplicará carga distribuida variable, para que simule a la hidrostática, y se lo analizará en tres condiciones de frontera. Primero, conectado al longitudinal de cubierta y fondo, en esta caso se aplicará el método de distribución de momento o de Cross. Segunda, se considerara empotrado en sus extremos, como una viga estáticamente indeterminada, y tercero se lo considerara simplemente apoyado en sus extremos. Mediante la comparación

de los tres modelos y los resultados experimentales, se podrá concluir en que condición se encontró el refuerzo vertical sometido a carga distribuida variable. Además se analizará este refuerzo vertical conectado a los longitudinales de cubierta y fondo sometido a una carga distribuida uniformemente, el método que se aplicará será el mismo de la tercera condición, para constatar la linealidad de la relación carga deformación y encontrar el ancho efectivo de plancha.

El refuerzo horizontal sometido a carga distribuida uniformemente se lo considerará como empotrado en sus extremos y apoyado en el refuerzo vertical, para este análisis aplicaremos nuevamente el método de Cross.

Para la plancha se calculará su deformación modelándola con bordes simplemente apoyados y sometida a carga distribuida uniformemente.

1.1 ANALISIS DEL REFUERZO VERTICAL

se modelará con las siguientes condiciones de borde.

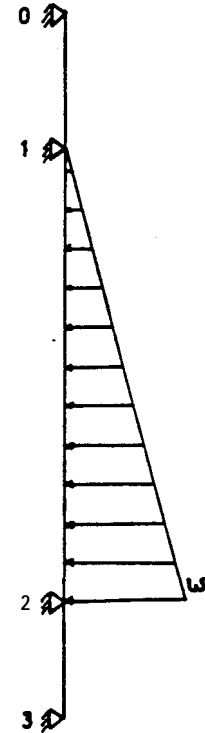
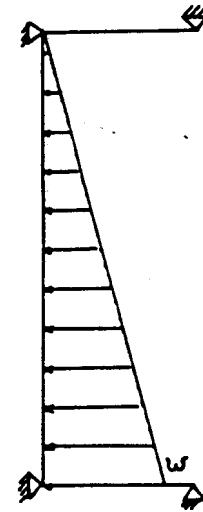
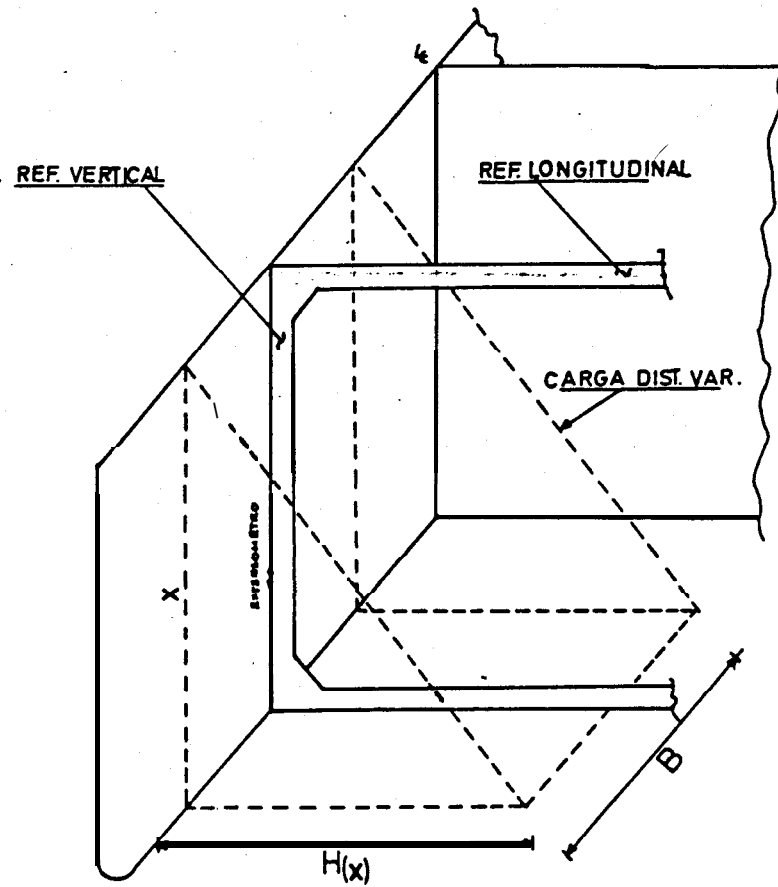
1.1.1 CONECTADO A LOS LONGITUDINALES DE CUBIERTA Y FONDO

Dichas conexiones se las asume como nudos rígidos y los extremos de los longitudinales como simplemente apoyados. La carga aplicada será distribuida y variable, con un ancho efectivo B. Véase la figura 1.1.

El valor de la carga distribuida en función del incremento de distancia es:

$$w = dW / dx = R_o * B * H(x) \quad (1.1)$$

Las escuadras de conexión (puntos 1 y 2 de la figura 1.1) se considerarán simplemente apoyadas. Para resolver el problema se asume que la viga no puede girar en estos puntos, entonces se convierten en empotrados. Al hacer dicha asunción a estos puntos se les llama nudos rígidos. Para equilibrar los momentos en dichos nudos se aplicará el método de distribución de momentos o de Cross. Este método se resume en las siguientes manera, referencia [4]:



ANALISIS DE REFUERZO VERTICAL CONECTADO A LONGITUDINALES

FIG.I.I

a.- Se asume que los nudos son rígidos y se calculan los momentos de empotramiento para cada claro, considerando la viga como empotrada en sus extremos.

b.- Se deja luego girar libremente a cada nudo y se distribuye el momento no equilibrado entre todas las barras adyacentes empleando los factores de distribución (k). Dicho factor k es una constante de relación entre el momento de inercia de la viga y su longitud. A continuación se vuelve a bloquear el nudo contra el giro.

c.- Una vez distribuido el momento no equilibrado se transmite la mitad con el mismo signo al otro extremo de la barra.

d.- Esto completa un ciclo de distribución. Las dos primeras fases descritas se repetirán, en general, debido al nuevo desequilibrio producido por los momentos transmitidos. El proceso se realiza iterativamente hasta que los momentos transmitidos sean nulos o

despreciables. El cálculo concluye con una distribución, no con una transmisión. La exactitud del resultado dependerá del número de iteraciones. En general, no son necesarios más de cuatro porque el desequilibrio producido por los momentos transmitidos decrece rápidamente.

El valor de momento de inercia (I) se calcula considerando la plancha asociada al refuerzo. El ancho efectivo se toma como el 50% de la distancia a cada lado de la separación entre refuerzos verticales; en este caso por haber un sólo refuerzo vertical se toma entre el costado del buque y el mamparo longitudinal. En la segunda parte de este trabajo, se determinará experimentalmente el ancho efectivo de plancha.

El valor del factor de distribución k se calcula de la siguiente manera:

$$K_1 = (I/L_1) / ((I/L_1) + (I/L_2)) \quad (1.2)$$

$$K_2 = (I/L_2) / ((I/L_1) + (I/L_2)) \quad (1.3)$$

En el extremo apoyado se produce un giro unitario, por esto el factor de distribución es igual a uno ($k = 1$), (puntos 0 y 3 de la figura 1.2).

Para empezar el proceso es necesario calcular los momentos en los extremos, considerando la viga como empotrada, esto es estáticamente indeterminada. Los valores de los momentos se presentan a continuación según referencia [4]. Ver figura 1.3.

$$M_1 = w * L^2 / 30 \quad (1.4)$$

$$M_2 = w * L^2 / 20 \quad (1.5)$$

A continuación presentamos la Tabla I de distribución de momentos.

REFUERZO VERTICAL CONECTADO A LOS LONGITUDINALES.

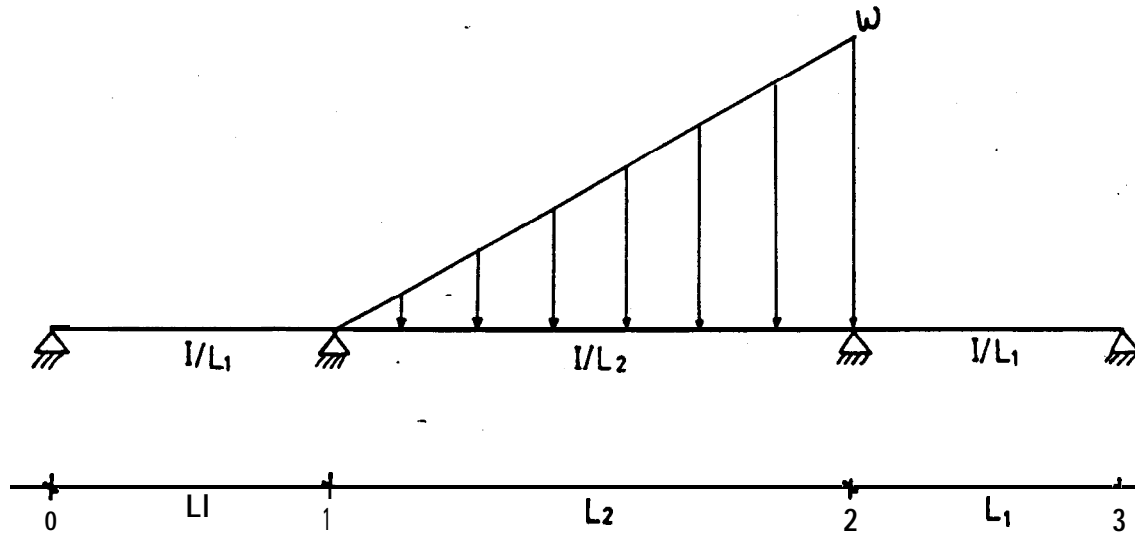


FIG.1.2

REFUERZO VERTICAL

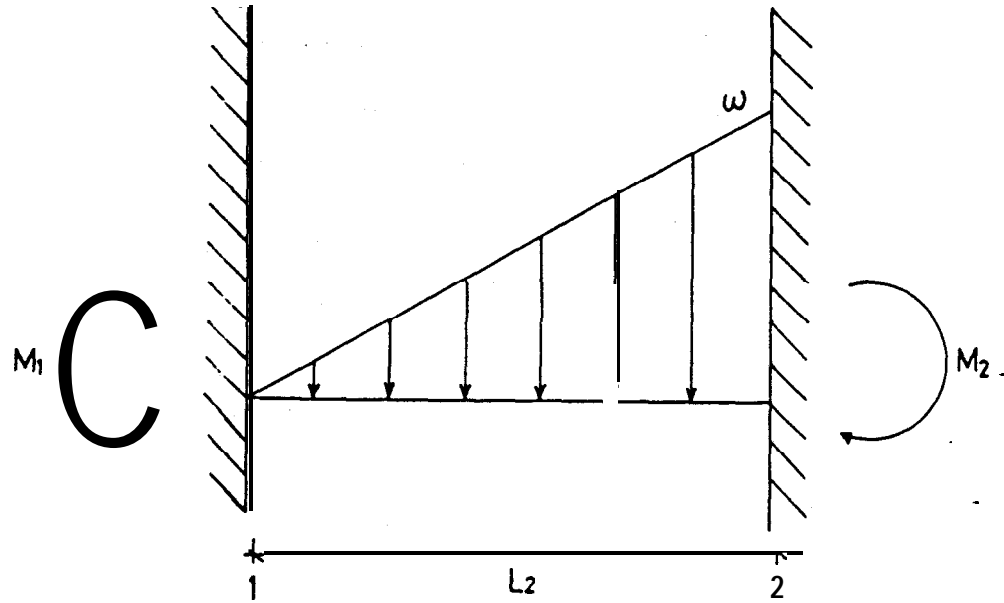


FIG. 13

DISTRIBUCION DE MOMENTOS

factor de distrib. k	$k_0 = 1$	k_1	k_2	k_2	k_1	$k_3 = 1$
Mto. de Empotr.	0	0	M_1	M_2	0	0
1ra Distrib.	0	M_3	M_4	M_5	M_6	0
Transmisión 2da Distrib.	$M_1 = M_3 / 2$	0	$M_7 = M_5 / 2$	$M_8 = M_4 / 2$	0	$M_9 = M_6 / 2$
Σ Momento						

Tabla 1

Los momentos en las distribuciones se hallan de la siguiente manera, véase Tabla I. Se suman los momentos del nudo a equilibrar, se les cambia de signo y se multiplica por el factor k correspondiente.

$$M_3 = - (0 + M_1) * K_1$$

$$M_4 = - (0 + M_i) * k_2$$

$$M_5 = - (M_2 + 0) * k_2$$

$$M_6 = - (M_2 + 0) * k_1$$

Cuando se realiza la sumatoria y los momentos transmitidos son nulos, estos quedan

distribuidos. A continuación por sumatoria de momento se halla R_1 , véase figura 1.4.

$$\begin{aligned} \Sigma M_2 &= 0 + \\ R_1 * L - (\frac{1}{2} * w * L) * (L / 3) + M_1 + M_2 &= 0 \\ R_1 &= - (M_2 + M_1) / L + \frac{1}{2} * w * L / 3 \\ R_1 &= - (M_2 + M_1) / L + w * L / 6 \quad (1.6) \end{aligned}$$

Con el valor de la **réacción** R_1 se halla el momento en cualquier posición x . Dicha distancia x en **dirección** longitudinal del refuerzo vertical se tomará desde **su posición** superior-hasta la ubicación del **extensómetro**.

$$w / L = h(x) / x$$

$$h(x) = w * x / 1 \quad (\text{Véase figura 1.1a})$$

$$M(x) = M_1 + R_1 * x - (w * x / L) * x / 2 * x / 3$$

$$M(x) = M_1 + R_1 * x - w * x^3 / 6 * L \quad (1.7)$$

Una vez encontrando el momento se calcula la **deformación** unitaria, ϵ_x a partir de la **teoría** de flexión de vigas, referencia [4]:

REFUERZO VERTICAL DESPUES DE LA DISTRIBUCION DE MOMENTOS.

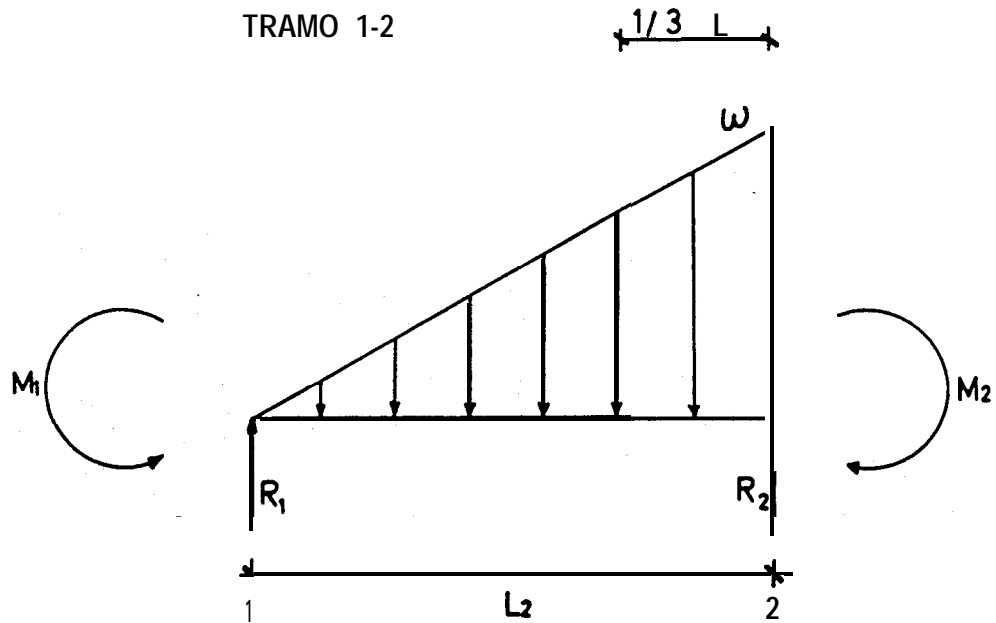


FIG. 14

$$\sigma = M / Z$$

$$E * \epsilon_x = M / (I / y)$$

$$\epsilon_x = M * y / E * I \quad (1.8)$$

en donde:

M: momento **flector** en el sitio en donde se **ubicó** el **extensómetro**

y: distancia del **extensómetro** al eje neutro

E: **módulo** de Young del material ($E_{acero} = 30000 \text{ Kg/cm}$)

I: momento de inercia de la viga, incluyendo la plancha asociada al refuerzo.

i.1.2 EMPOTRADA EN LOS EXTREMOS.

El refuerzo vertical como se observa en la figura 1.5 se analizará como una viga empotrada en **sus extremos**, con carga distribuida variable. El valor de la carga en **función** del incremento de distancia se lo **calculará** según la **fórmula 1.1**.

REFUERZO VERTICAL CON EMPOTRAMIENTO EN LOS EXTREMOS.

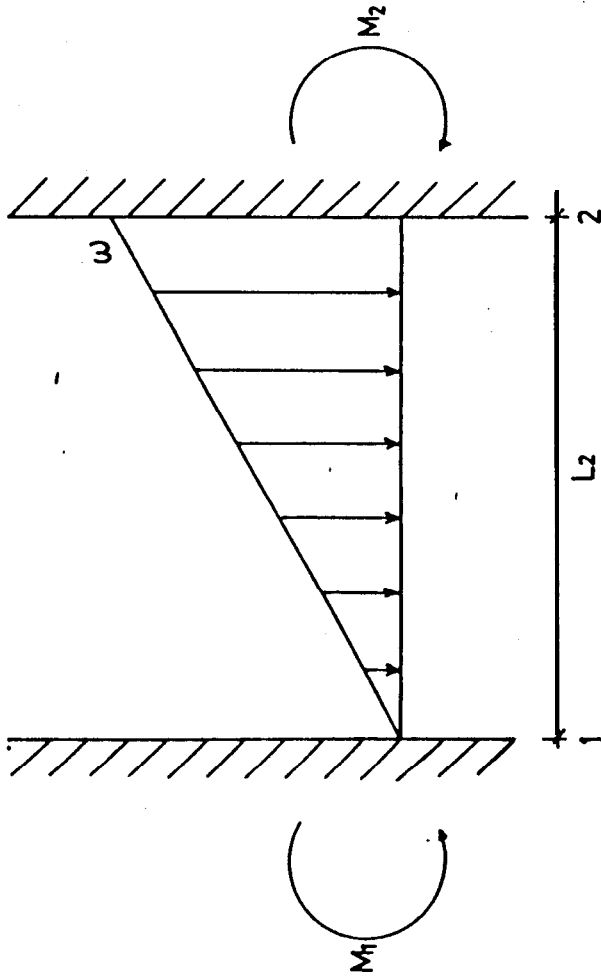


FIG.1.57

Los momentos en los extremos, según la referencia [4], Tabla # 7.2 son:

$$M_1 = w * L^2 / 30 \quad (1.4)$$

$$M_2 = w * L^2 / 20 \quad (1.5)$$

Con los momentos M_1 y M_2 , hallamos la reacción R_1 y el momento $M(x)$

$$R_1 = - (M_2 + M_1) / L + w * L / 6 \quad (1.6)$$

$$M(x) = M_1 + R_1 * x - w * x^3 / 6 * L \quad (1.7)$$

La deformación se calculará según la fórmula 1.8.

1.1.3 EXTREMOS SIMPLEMENTE APOYADOS.

La Viga Vertical observada en la figura 1.6 se analizará como apoyada en sus extremos y con carga distribuida variable. El valor de la carga en función del incremento de distancia se calculará según la fórmula 1.1. Para este caso los momentos son nulos.

REFUERZO VERTICAL CON BORDES SIMPLEMENTE APOYADOS.

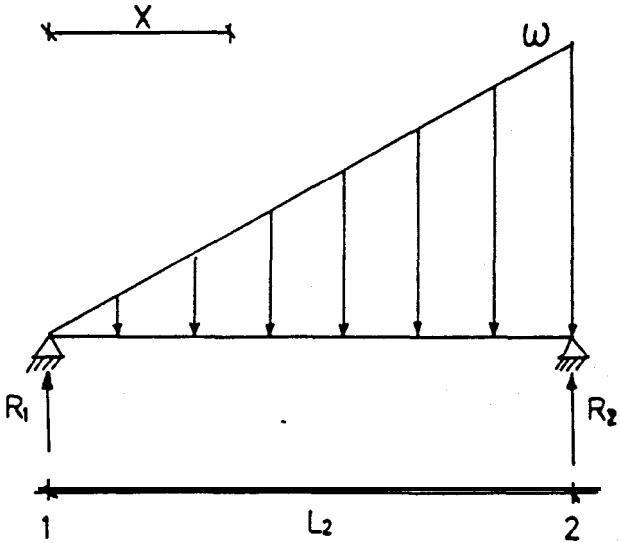


FIG. 1.6

se obtiene la reacción R_1 haciendo sumatoria de momentos:

$$\begin{aligned}\Sigma M_2 &= 0 + \\ R_1 * L &= \frac{1}{2}w * L * L / 3 \\ R_1 &= w * L / 6 \quad (1.9)\end{aligned}$$

El momento será igual a:

$$\begin{aligned}\Sigma M &= 0 + \\ M(x) &= R_1 * x - (w*x/L) \frac{1}{2} * x * x / 3 \\ M(x) &= R_1 * x - w * x^3 / 6 * L \quad (1.10)\end{aligned}$$

La deformación unitaria se calculará según la fórmula 1.8.

1.1.4 EX-I-HEMOS SIMPLEMENTE APOYADOS CON CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

Se aplicará 3 condiciones de carga uniformemente distribuida, para 5, 10 y 15 centímetros de altura de cargas, y se analizará con bordes simplemente apoyados. Véase figura 1.7.

REFUERZO VERTICAL CON BORDES SIMPLEMENTE APOYADO
CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

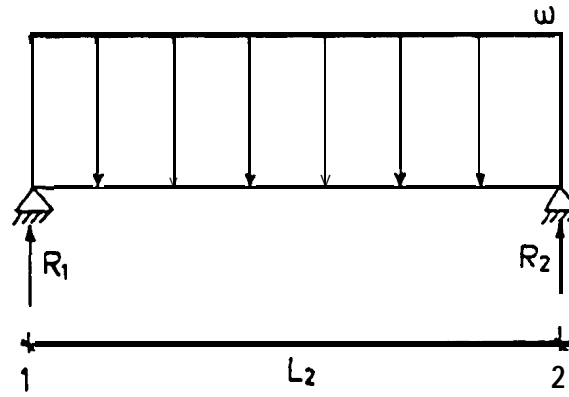


FIG.1.7

$$R_2 = w * L_2 / 2 \quad (1.11)$$

$$M(x) = R_2 * x - w * x^2 / 2 \quad (1.12)$$

1.2 ANALISIS DEL REFUERZO HORIZONTAL

El refuerzo horizontal se modelará con **las** siguientes condiciones de borde: empotrado en **los** extremos (costado del buque y mamparo longitudinal) y apoyado en el refuerzo **vertical**, porque es mayor que **el** horizontal y tiene también un mayor momento de inercia. Para **la** aplicación **del** método de distribución de momentos se asumirá **al** punto de apoyo **del** horizontal, **el** refuerzo **vertical**, como nudo rígido. La carga **aplicada** será distribuida y uniforme, Véase figura 1.8.

El valor de la carga en función **del** incremento de **distancia se lo calculará** según **la** fórmula 1.1. Para **calcular la** deformación en **el** sitio en donde se ubicó **el** extensómetro se seguirá **los** siguientes pasos:

a.- Los tramos de refuerzos 1-2 y 2-9 se los asume como empotrados en sus extremos, véase figura 1.8b. Se calcula los momentos de empotramiento en dichos tramos

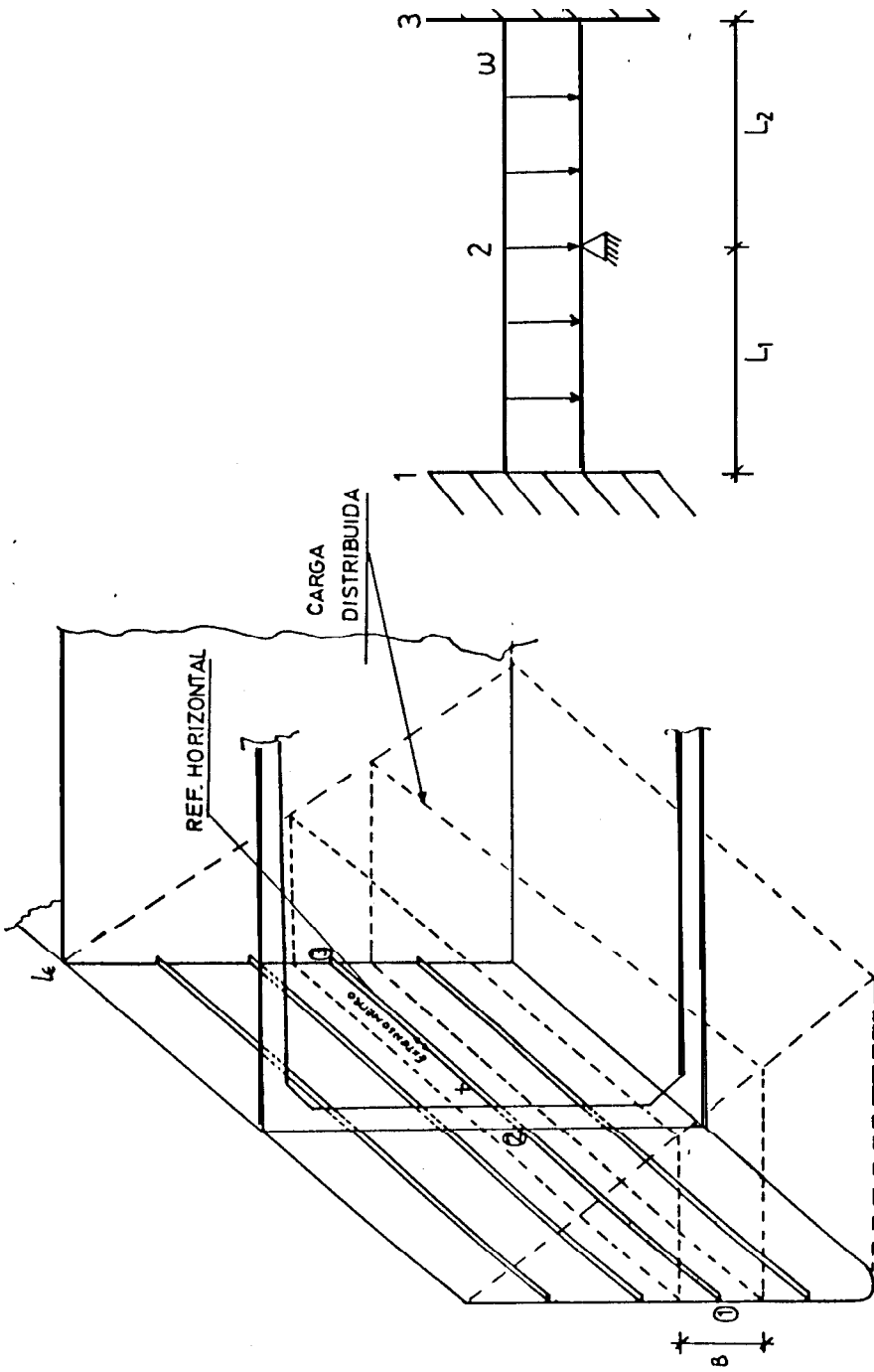


FIG.1.8
MODELO REFUERZO HORIZONTAL



por medio de las 5 fórmulas tomadas de la Referencia [4],
Tabla 7.2.

$$M_{1-2} = w * L_1^2 / 12 \quad (1.13)$$

$$M_{2-3} = w * L_2^2 / 12 \quad (1.14)$$

b.- El valor del momento de inercia (I), se lo calcula considerando la plancha asociada al refuerzo. El ancho efectiva se lo toma como el 50% de la distancia a cada lado de la separación entre refuerzos horizontales.

c.- Para equilibrar los momentos se aplicará el método de Cross. Para esto se seguirá los mismos pasos explicados en la primera condición del refuerzo vertical, ver-subcapítulo 1.1. La única variación es en el factor de distribución k de los extremos empotrados, los mismos que serán igual a cero (k=0).

d.- Con los momentos equilibrados tomamos el tramo 2-3, véase figura 1.9 y hallamos por sumatoria de momentos la reacción R_3 :

$$\begin{aligned} \Sigma M_2 = 0 & + \\ R_3 * L_2 - \frac{1}{2} * w * L_2^2 + M_2 - M_3 = 0 \end{aligned}$$

RE ERZO HORIZONTAL

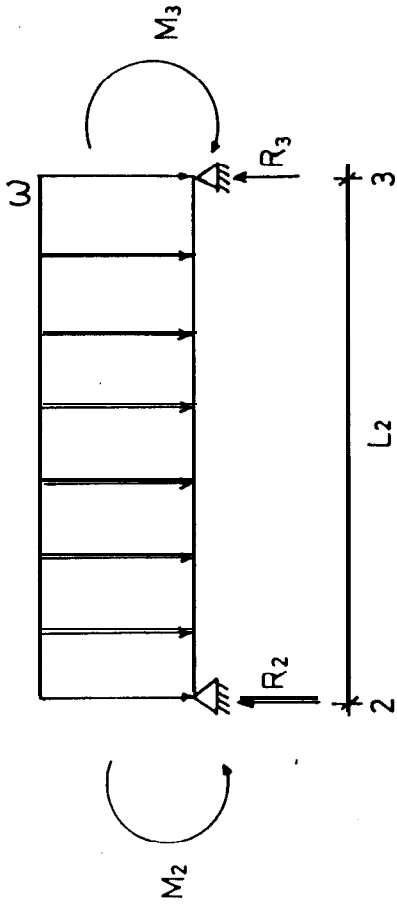
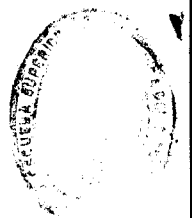
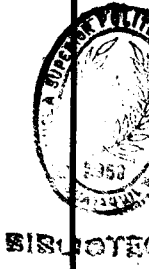


FIG.19



$$R_3 = - (M_2 - M_3) / L_2 + \frac{1}{2} * w * L_2 \quad (1.15)$$

Con el valor de la reacción R_3 se calcula el valor del momento en cualquier posición x . Dicha distancia x se tomará desde el punto 2 (véase figura 1.9), hasta la ubicación del extensómetro.

$$M(x) = M_3 + R_3 * x - \frac{1}{2} * w * x^2 \quad (1.16)$$

e.- Finalmente se obtiene la deformación unitaria haciendo uso de la fórmula 1.8.

1.3 ANALISIS DE LA PLANCHA

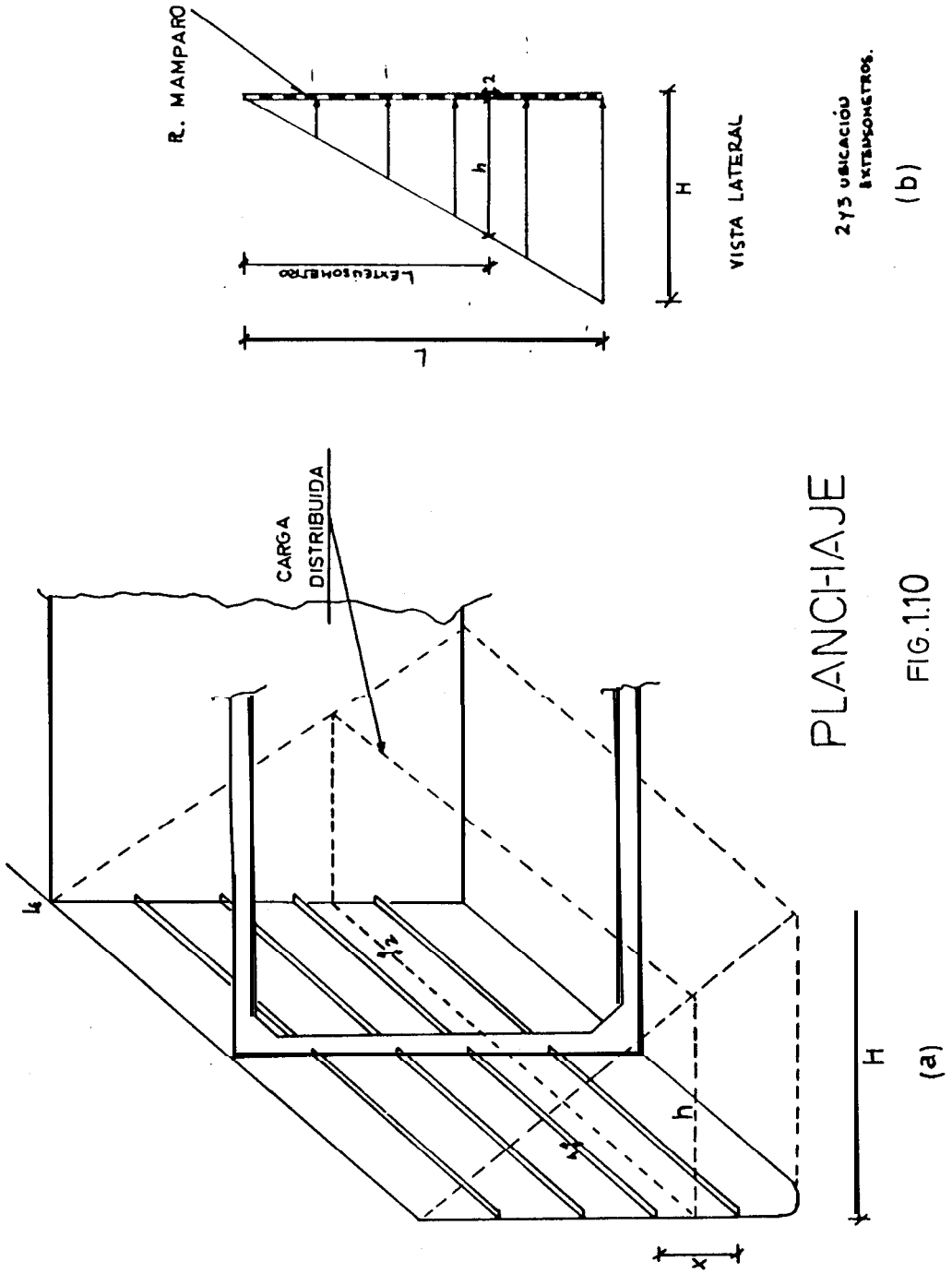
Para análisis de planchas, se la asumirá como con bordes simplemente apoyadas según Referencia [6]. La carga uniforme será en función del incremento del área, véase figura 1.10.

$$q = R_0 * h \quad (1.17)$$

en donde:

R_0 : densidad de la arena [Kg/cm^3]

h : altura de carga distribuida [cm]



PLANCHAJE

FIG.1.10

(a)

Para el análisis de plancha, suponemos que una placa rectangular se deforma como una superficie cilíndrica, de espesor h , véase figura 1.11a. En este caso basta considerar una tira de anchura igual a la unidad, tal como AI- de sección rectangular y de luz igual L .

De la condición de continuidad de la placa se deduce que la sección transversal de la tira no sufre distorsión. Por consiguiente una fibra longitudinal de la tira, tal como SS (véase figura 1.11b) sufre, no solamente la fatiga extensor-a longitudinal σ_x , sino otra fatiga σ_z de dirección transversal tal que impide la contracción lateral de la fibra. Las secciones de las tiras permanecen planas durante la flexión, de esto se deduce que los alargamientos unitarios en las direcciones x y z son :

$$\epsilon_x = y / x$$

$$\epsilon_z = 0$$

La fatiga correspondiente en la dirección longitudinal z se obtiene mediante la fórmula del estado elástico doble.

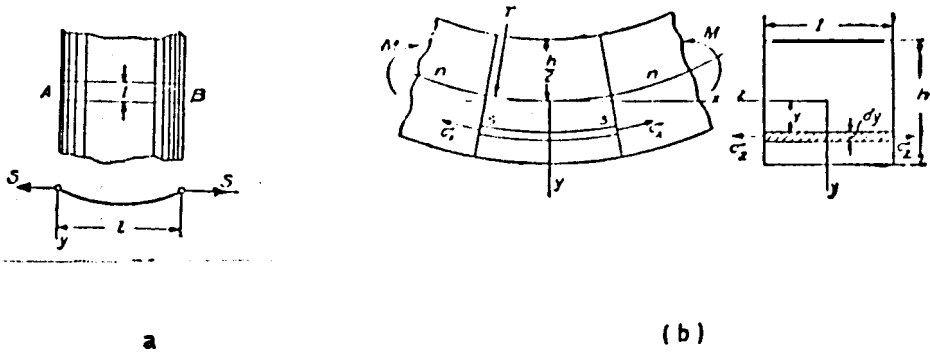


FIG.1.11

TOMADO REFERENCIA (6), PARTE II

TABLE III
CONSTANTES PARA LA DETERMINACIÓN DE FLECHAS Y MOMENTOS
FLECTORES MÁXIMOS EN TIRANTES CON CARGA TRANSVERSAL

u	φ_1	φ_2	ψ_1	ψ_2	ψ_3	u	φ_1	φ_2	ψ_1	ψ_2	ψ_3
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	6,5	0,954	0,197	0,047	0,301	0,139
0,5	0,908	0,970	0,995	0,981	0,972	7,0	0,947	0,175	0,041	0,307	0,121
1,0	0,711	0,809	0,701	0,929	0,894	7,5	0,911	0,156	0,036	0,347	0,100
1,5	0,523	0,817	0,511	0,870	0,788	8,0	0,930	0,111	0,031	0,328	0,083
2,0	0,380	0,715	0,367	0,800	0,671	8,5	0,932	0,127	0,028	0,311	0,083
2,5	0,281	0,617	0,268	0,736	0,563	9,0	0,929	0,115	0,025	0,296	0,074
3,0	0,213	0,529	0,209	0,672	0,467	9,5	0,926	0,105	0,022	0,283	0,060
3,5	0,160	0,453	0,153	0,611	0,380	10,0	0,924	0,096	0,020	0,270	0,060
4,0	0,132	0,388	0,129	0,563	0,329	10,5	0,921	0,088	0,018	0,259	0,054
4,5	0,107	0,335	0,097	0,519	0,287	11,0	0,920	0,081	0,017	0,248	0,050
5,0	0,088	0,291	0,073	0,489	0,224	11,5	0,918	0,075	0,015	0,238	0,045
5,5	0,074	0,254	0,066	0,440	0,189	12,0	0,916	0,069	0,014	0,229	0,042
6,0	0,063	0,223	0,055	0,417	0,162	—	—	—	—	—	—

TOMADO REFERENCIA (6), PARTE II

$$\sigma_x = \epsilon_x * E / (1 - \mu^2) = E * y / (1 - \mu^2) * r \quad (1.18)$$

Procediendo como en **el caso de** flexión de una viga y calculando el momento flector en una sección general de **la** tira, se tiene:

$$M = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_x * y * dy = (E / (1 - \mu^2) * r) \int_{-h/2}^{h/2} y^2 * dy \quad (1.19)$$

$$M = E * h^3 / (12 * (1 - \mu^2) * r)$$

en donde :

$$1/r = M/D,$$

siendo:

$$D = E * h^3 / (12 * (1 - \mu^2)) \quad (1.20)$$

Esta cantidad se denomina rigidez a la flexión de una **placa** y sustituye al **valor** $E * I_x$, **utilizado** en el estudio de vigas .

Para el caso que se analiza, placas con bordes simplemente apoyados, se obtiene un valor bastante aproximado para δ , suponiendo que la elástica es una

curva :

$$y = 6 * \sin(\pi * x / L) \quad (1.21)$$

tornando la flecha en el centro? el valor aproximado de la ecuación 59 de la referencia [6], parte II se tiene:

$$\delta = \delta_0 / (1 + \alpha) \quad (1.22)$$

en donde :

δ_0 : Flecha máxima solamente actuando cargas transversales.

$$\delta_0 = (5/384) * q * L^4 / D \quad (1.23)$$

$$\alpha = S:$$

$$Scr = \delta * L^2 / D * \pi^2 \quad (1.34)$$

luego, tenemos:

$$\alpha * (1 + \alpha)^2 = 3 * \delta_0 / h^2 \quad (1.25)$$

Para hallar el I (u) por la Tabla III de la Referencia [6] parte II, es necesario saber la ecuación 1.20 y I de

dicha referencia.

$$\mu = P * L / 2 = \frac{1}{2} * \pi * f a \quad (1.26)$$



A continuación se calcula el momento máximo que está en el centro de la tira, que es el sitio en donde se ubicó el extensómetro.

$$M_{max} = (q * L^2 / 8) * I (u) \quad (1.27)$$

Con el momento flector y el momento de inercia de la sección de plancha analizada se calcula la deformación haciendo uso de la fórmula 1.8.

1.4 RESULTADOS ANALITICOS

1.4.1. REFUERZO VERTICAL CONECTADO A LOS LONGITUDINALES.

Calculamos los momentos, y luego las deformaciones para el refuerzo vertical conectado a los longitudinales de fondo y de cubierta, ver figura 1.12, utilizando la teoría

REFUERZO VERTICAL CONECTADO A LOS LONGITUDINALES.

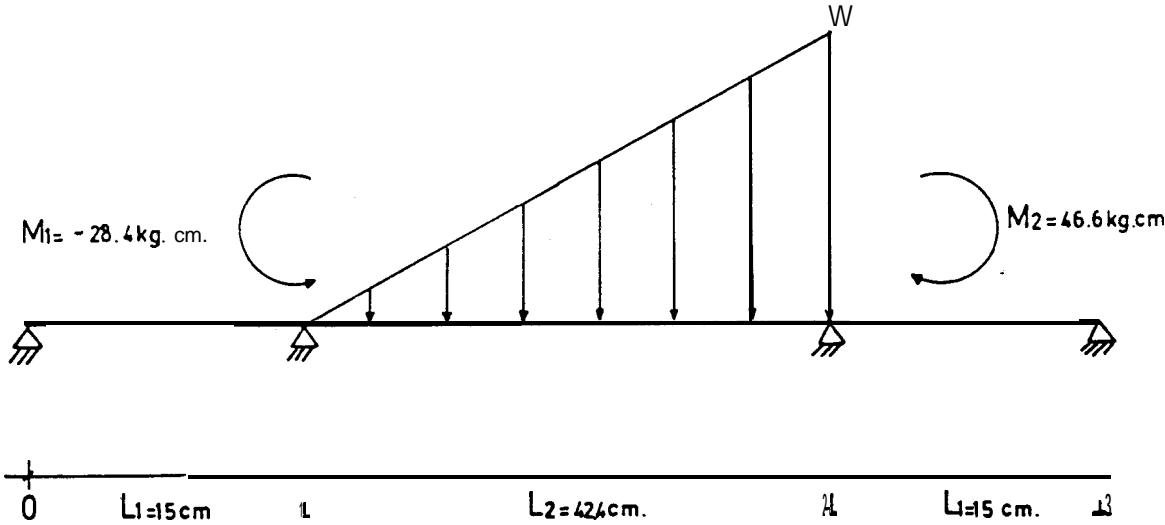


FIG.1.12

del capítulo 1.1.1 de la siguiente manera:

$$w = 0.00138 \text{ Kg/cm}^3 * 22.9 \text{ cm} * 15 \text{ cm} \quad (1.1)$$

$$w = 0.474 \text{ Kg/cm}$$

$$M_1 = w * L^2 / 30 = 0.474 \text{ Kg/cm} * (42.4 \text{ cm})^2 / 30 = 28.4 \text{ Kg*cm} \quad (1.3)$$

$$M_2 = w * L^2 / 20 = 0.474 \text{ Kg/cm} * (42.4 \text{ cm})^2 / 20 = 42.6 \text{ Kg*cm} \quad (1.4)$$

Tabla I 1

	A [cm ²]	y [cm]	A*y [cm ³]	A*y ² [cm ⁴]	I _p [cm ⁴]
P1	9.2	0.2	1.84	0.368	0.122
Ref.	1.52	2.3	3.49	8.04	1.83

5.33

8.40

1.95

+ 1.95

10.35

- 2.50

$$I_{EN} = 7.78 \text{ cm}^4 = I_{XX} - A*y^2$$

$$y = 5.33 \text{ cm}^2 / 10.7 \text{ cm} = 0.49 \text{ cm}$$

$$A*d^2 = 10.7 \text{ cm}^2 * 0.49^2 \text{ cm}^2 = 2.5 \text{ cm}^4$$

1	0.74	0.26	0.24	0.74	1
0	0	-28.4	+42.6	0	0
0	21.06	7.384	-11.076	-31.52	0
11.508	0	-5.538	3.642	0	-15.76
-10.508	4.048	1.439	-0.965	-2.73	+15.76
2.049	-5.254	-0.482	0.7195	7.88	-1.36
-2.049	+4.24	1.49	-2.236	-6.364	+1.366
	24.1	24.1	32.74	32.74	0

Tabla III

$$(I / L)_{0-1} = (I / L)_{2-3} = 7.78 \text{ cm}^4 / 15 \text{ cm} = 0.518 \text{ cm}^3$$

$$K_{0-1} = K_{2-3} = 0.518 / (0.518 + 0.1834) = 0.74 \quad (1-2)$$

$$(I / L)_{1-2} = 7.78 \text{ cm}^4 / 42.4 \text{ cm} = 0.1834 \text{ cm}^3$$

$$K_{1-2} = 0.1834 / (0.1834 + 0.518) = 0.26 \quad (1-3)$$

Como observamos en la figura 1.13, se calcula los valores de R_1 y $M(x)$.

$$R_1 = -(32.74 \text{ Kg} \cdot \text{cm} - 24.2 \text{ kg} \cdot \text{cm}) / 42.4 \text{ cm} + 0.474 \text{ Kg} / \text{cm} \cdot 42.4 \text{ cm} / 6$$

$$R_1 = 3.148 \text{ Kg} \quad (1-5)$$

$x = 29.2 \text{ cm}$, lugar donde esta ubicado el extensómetro

$$M(x) = -24.1 \text{ Kg} \cdot \text{cm} + 3.148 \text{ Kg} \cdot 29.2 \text{ cm} - 0.474 \text{ Kg} / \text{cm} \cdot 29.2^3 \text{ cm}^3 / 6 \cdot 42.4 \text{ cm}$$

$$(1-6)$$

CARGA VARIABLE EN EL REFUERZO VERTICAL

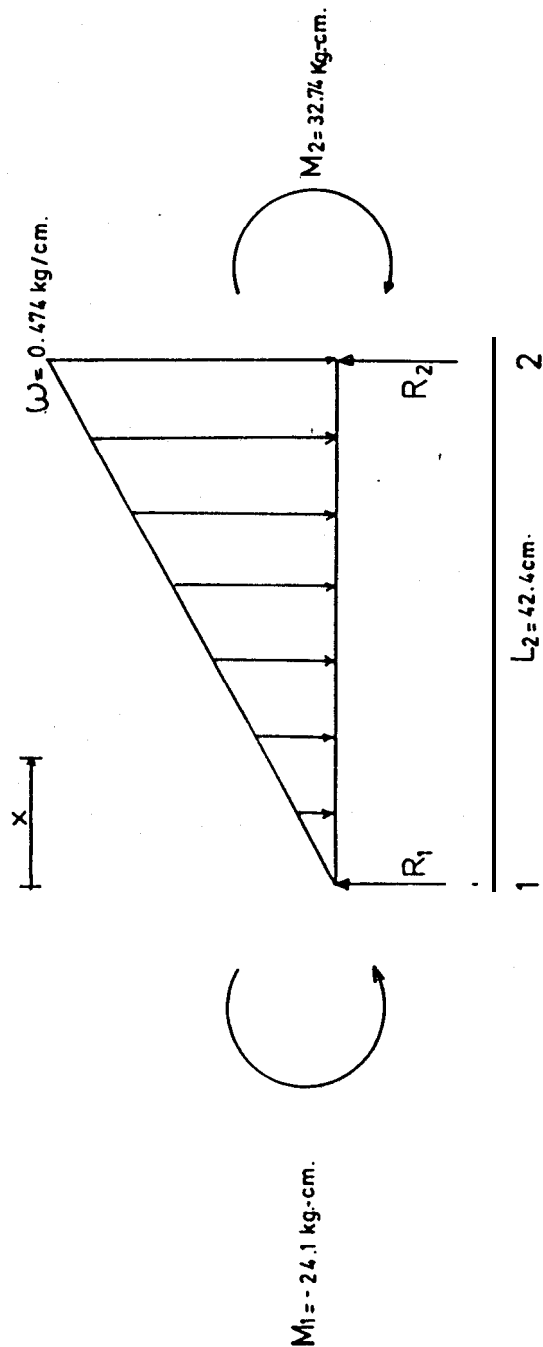


FIG.1.13



$$M(x) = 21.43 \text{ Kg*cm}$$

$$\epsilon_x = 21.43 \text{ Kg/cm} * 0.49 \text{ cm} / (3000 \text{ Kg/cm}^2 * 7.78 \text{ cm}^4) = 45 * 10^{-6} \quad (1-8)$$

1.4.2 REFUERZO VERT 1 CAL EMPOTRADO EN LOS EXTREMOS

Para este tipo de estructura, utilizamos la teoría del capítulo 1.1.2. para una viga con empotramiento en sus extremos, véase figura 1.14, cuyos cálculos son los siguientes:

$$w = 0.00138 \text{ Kg/cm}^3 * 22.9 \text{ cm} * 15 \text{ cm} = 0.474 \text{ Kg/cm} \quad (1.1)$$

$$M_1 = w * L^2 / 30 = 0.474 \text{ Kg/cm} * 42.2^2 \text{ cm}^2 / 30 = 28.4 \text{ Kg*cm} \quad (1-4)$$

$$M_2 = w * L^2 / 20 = 0.474 \text{ Kg/cm} * 42.2^2 \text{ cm}^2 / 20 = 42.6 \text{ Kg*cm} \quad (1-5)$$

$$R_1 = -(42.6 \text{ Kg*cm} - 28.4 \text{ Kg*cm}) / 42.4 \text{ cm} + (0.474 \text{ Kg/cm} * 42.4 \text{ cm} / 6) \quad (1-6)$$

$$R_1 = 3.014 \text{ Kg}$$

$$x = 29.1 \text{ cm}$$

$$M(x) = -24.40 + 3 * (33.4 * 29.1 - 0.474 * 29.1^2 / 6 * 42) \quad (1.7)$$

$$M(x) = 13.21 \text{ Kg*cm}$$

$$\epsilon_x = 13.21 \text{ Kg/cm} * 0.49 \text{ cm} / (3000 \text{ Kg/cm}^2 * 7.68 \text{ cm}^4) = 28 * 10^{-6} \quad (1-8)$$

REFUERZO VERTICAL EMPOTRADA EN LOS EXTREMOS

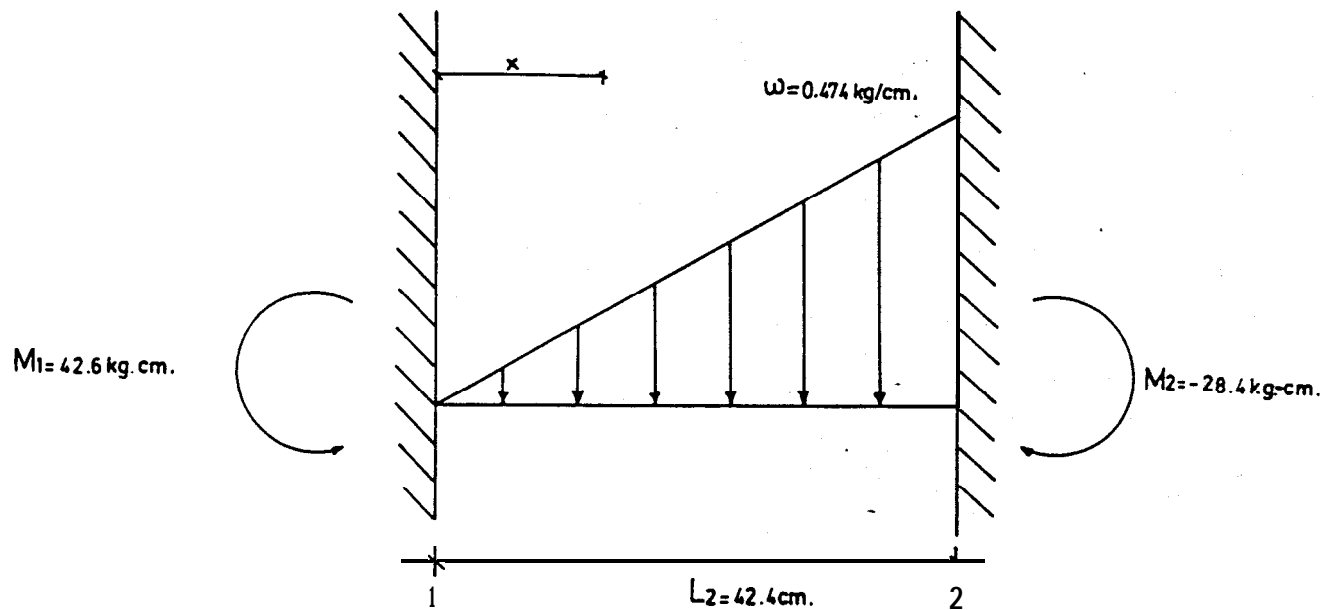


FIG.1.14

1.4.3 REFUERZO VERTICAL SIMPLEMENTE APOYADO

Utilizando la teoría del **capítulo 1.1.3.** para vigas **simplemente** apoyadas, ver figura 1.15, se obtendrán los siguientes **valores.**

$$R_1 = 0.474 * 42.4 / 6 = 3.24 \text{ Kg} \quad (1-9)$$

$$M(x) = 3.34 * 29.2 - 0.474 * 29.2^2 / 6 * 42.4 = 51.13 \text{ Kg*cm} \quad (1-10)$$

$$e_x = 51.13 * 0.49 / 30000 * 7.68 = 108 * 10^{-6} \quad (1-8)$$

1.4.4 REFUERZO VERTICAL SIMPLEMENTE APOYADO CON CARGA DISTRIBUIDA UNIFORMEMENTE

Para el cálculo de las deformaciones del refuerzo **vertical** soportando carga distribuida uniformemente se aplicará la teoría del capítulo 1.1.4 para vigas simplemente apoyadas, ver figura 1.16, utilizando una **altura** de arena que simula una carga distribuida uniformemente de 15 c-m., y se calcula el ancho efectivo de planchas con el **valor** experimental.

$$w = 0.00138 * 15 * a = 0.0207 * a$$

$$R_1 = 0.0207 * a * 42.4 / 2 = 0.43388 * a \quad (1-11)$$

$$M(x) = 0.4388 * a * 29.2 - 0.0207 * a * 29.2^2 / 2 \quad (1-12)$$

REFUERZO VERTICAL

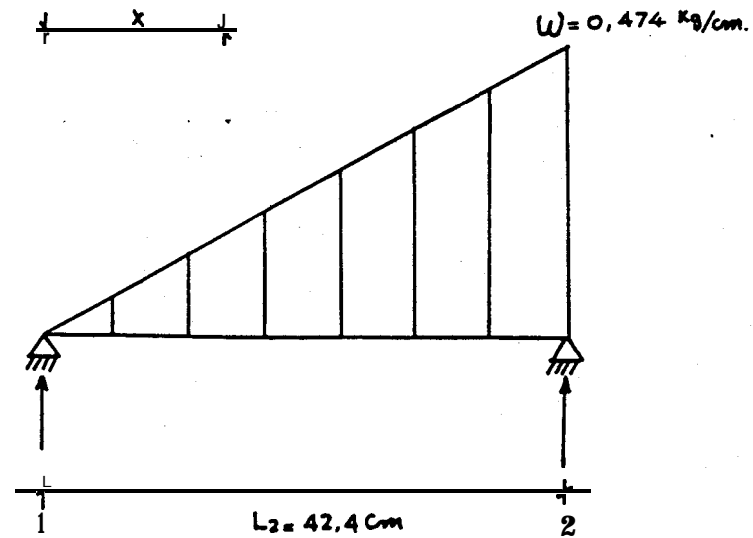
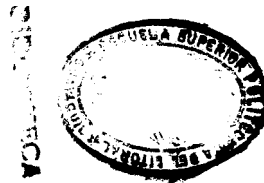


FIG.1.15



REFUERZO VERTICAL SIMPLEMENTE APOYADA

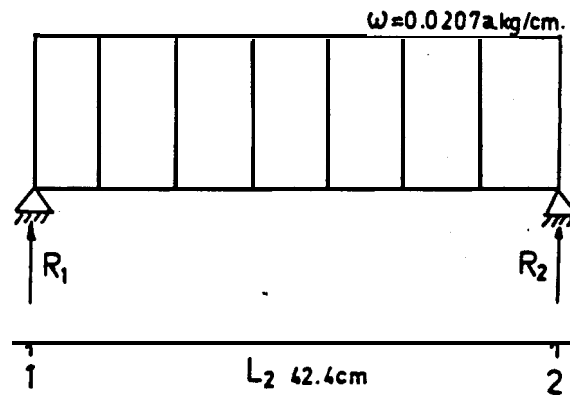


FIG.1.16

$$M(x) = 12.814*a - 8.83*a = 3.98*a$$

$$\epsilon_x = M*y/E*I \quad (1.8)$$

$$\epsilon_x = 121*10^{-6} \text{ (experimental)}$$

$$E = 30000 \text{ Kg/cm}^2$$

Tabla V

	A [cm ²]	y [cm]	A*y [cm ³]	A*y ² [cm ⁴]	I _p [cm ⁴]
P1	0.4a	0.2	0.08a	0.016a	5.3*10 ⁻³ a
Ref	1.52	2.3	3.49	8.04	1.83

$$0.4a + 1.52$$

$$0.08a + 3.49$$

$$0.016a + 8.04$$

$$5.3*10^{-3}a + 1.83$$

$$+ 5.3*10^{-3} + 1.83$$

$$0.0213a + 9.87$$

$$Y = (0.08a + 3.49) / (1.52 + 0.4a)$$

$$A*d^2 = (1.52 + 0.4a) * ((0.08a + 3.49) / (1.52 + 0.4a))^2$$

$$I_{EN} = (0.021a + 9.87) - (1.52 + 0.4a) * ((0.08a + 3.49) / (1.52 + 0.4a))^2$$

$$121*10^{-6} = 3.98a * ((0.08a + 3.49) / (1.52 + 0.4a)) / 30000 * c,$$

donde c es igual:

$$c = ((0.021a + 9.87) - (1.52a + 0.4a) * ((0.08a + 3.49) / (1.52 + 0.4a))^2)$$

$$\implies a = 4 \text{ cm.}$$

Calcularemos ahora el ancho efectivo de plancha para una altura de carga uniformemente distribuida de 10 cm., y de 5 cm. cuyos

resultados aparecen en la Tabla VI.

Para 10 cm. se tiene:

$$w = 0.00138 * 10 * a = 0.0138 * a$$

$$R_1 = 0.0138 * a * 42.4 / 2 = 0.2926 * a \quad (1-11)$$

$$M(x) = 0.2926 * a * 29.2 - 0.0138 * a * 29.2^2 / 2 \quad (1.12)$$

$$M(x) = 8.543 * a - 5.883 * a = 2.66 * a$$

$$\epsilon_x = M * y / E * I \quad (1.8)$$

$$\epsilon_x = 121 * 10^{-6} \quad (\text{experimental})$$

$$E = 30000 \text{ Kg / cm}^2$$

$$y = (0.08a + 3.4a) / (1.52 + 0.4a)$$

$$A * d^2 = (1.52 + 0.4a) * ((0.08a + 3.49) / (1.52 + 0.4a))^2$$

$$1_{EN} = (0.021a + 9.87) - (1.52 + 0.4a) * ((0.08a + 3.49) / (1.52 + 0.49))^2$$

$$92 * 10^{-6} = 2.66a * ((0.08a + 3.49) / (1.52 + 0.4a)) / 30000 * c$$

donde c es igual:

$$c = ((0.021a + 9.87) - (1.52a + 0.4a) * ((0.08a + 3.49) / (1.52 + 0.49))^2)$$

$$\implies a = 6 \text{ cm.}$$

Para 5 cm. se tiene:

$$w = 0.00138 * 5 * a = 0.0069 * a$$

$$R_1 = 0.0069 * a * 42.4 / 2 = 0.1463 * a \quad (1-11)$$

$$M(x) = 0.1463 * a * 29.2 - 0.0069 * a * 29.2^2 / 2 \quad (1.12)$$

$$M(x) = 4.272 * a - 2.942 * a = 1.33 * a$$

$$\epsilon_x = M * y / E * I \quad (1.8)$$

$$f_x = 121 \times 10^{-6} \text{ (experimental)}$$

$$E = 30000 \text{ Kg / cm}^2$$

$$y = (0.08a + 3.4a) / (1.52 + 0.4a)$$

$$A \cdot d^2 = (1.52 + 0.4a) \cdot ((0.08a + 3.4a) / (1.52 + 0.4a))^2$$

$$I_{EN} = (0.021a + 9.87) - (1.52 + 0.4a) \cdot ((0.08a + 3.4a) / (1.52 + 0.4a))^2$$

$$31 \times 10^{-6} = 1.33a \cdot ((0.08a + 3.4a) / (1.52 + 0.4a)) / 30000 \cdot c, \text{ donde}$$

c es igual:

$$c = ((0.021a + 9.87) - (1.52 + 0.4a) \cdot ((0.08a + 3.4a) / (1.52 + 0.4a))^2)$$

$$c = 2 \text{ cm.}$$

CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

altura	5 cm	10 cm	15 cm
ancho efectivo	2 cm	6 cm	4 cm

Tabla VI

1.4.5. REFUERZO HORIZONTAL.

Para el refuerzo horizontal se aplica la teoría del capítulo 1.2 para empotramiento en los extremos (costado de 1 buque y mamparo longitudinal) y apoyado en el refuerzo vertical, ver figura 1.17, cuyos cálculos están a continuación:

REFUERZO HORIZONTAL

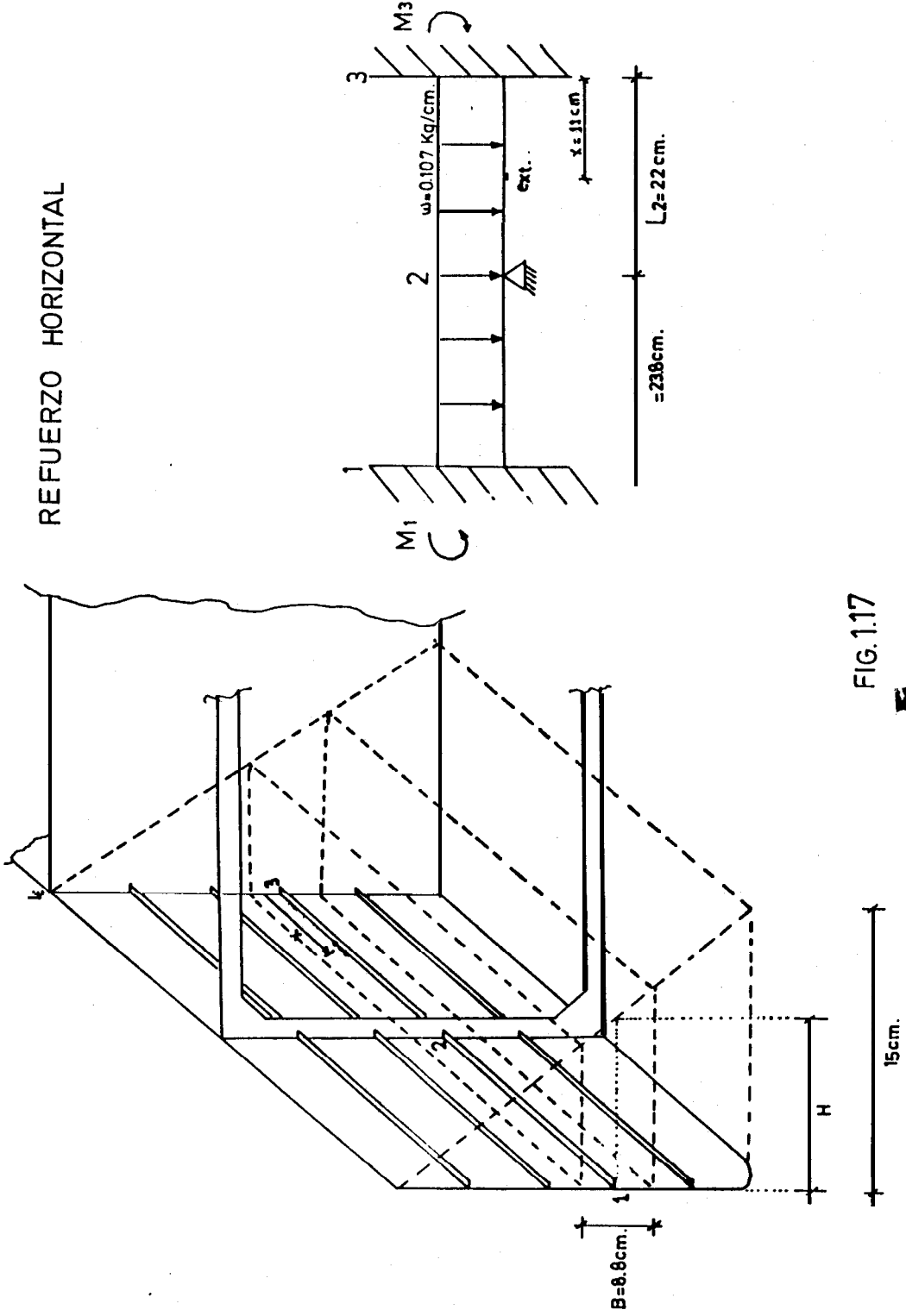


FIG. 1.17



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

$$15\text{cm}/42.4\text{cm} = H/24.8\text{cm} \implies H = 8.85 \text{ cm}$$

$$dW/dx = H_a * B * t_i(x)$$

$$w = 0.00138\text{Kg/cm}^3 * 8.8 \text{ cm} * 8.85 \text{ cm} = 0.107 \text{ Kg/cm}$$

(1.1)

$$M_{1-2} = w * L^2 / 12 = 0.107 \text{ Kg/cm} * 23.8^2 \text{ cm}^2 / 12 = 5.05 \text{ kg*cm}$$

(1.13)

$$M_{2-3} = w * L^2 / 12 = 0.107 \text{ Kg/cm} * 22.0^2 \text{ cm}^2 / 12 = 4.51 \text{ kg*cm}$$

(1.14)

MOMENTO DE INERCIA DEL REFUERZO HORIZONTAL

ASOCIADO A I - A PLANCHA

Tabla 'JJ. 1

	A [cm ²]	y [cm]	A*y [cm ³]	A*y ² [cm ⁴]	I _p [cm ⁴]
P1	3.52	0.2	0.704	0.14	0.0469
Ref	0.48	1.0	0.48	0.48	0.0576

4.00

1.184

0.62

0.104

+ 0.104

0.724

- 0.350

$$I_{EN} = 0.375 \text{ cm}^4$$

$$y = 1.184\text{cm}^3 / 4\text{cm}^2 = 0.296 \text{ cm}$$

$$A * d^2 = 4\text{cm}^2 * 0.296^2 \text{ cm}^2 = 0.3504 \text{ cm}^4$$

$$(I/L)_{1-2} = 0.375 \text{ cm}^4 / 23.8 \text{ cm} = 0.0157 \text{ cm}^3$$

$$(I/L)_{2-3} = 0.375 \text{ cm}^4 / 22.0 \text{ cm} = 0.0170 \text{ cm}^3$$

$$K_{1-2} = 0.0157 / (0.0157 + 0.0170) = 0.48 \quad (1.2)$$

$$K_{2-3} = 0.0170 / (0.0157 + 0.0170) = 0.52 \quad (1-3)$$

1	0.48	0.52	0
-5.07	5.077	4.356	+4.356
	-0.34	0.37	
-0.17	0	0	-0.187
-5.24	+4.73	-4.73	4.169

Tabla VI II

Como se muestra en la figura 1.18, con los momentos equilibrados se calcula la deformación.

$$R_x = -(4.73 \text{ Kg} * \text{cm} - 4.16 \text{ Kg} * \text{cm}) / 22 \text{ cm} + 0.108 \text{ Kg/cm} * 22 \text{ cm} / 2$$

$$R_x = 1.162 \text{ Kg} \quad (1.15)$$

$$x = 11$$

$$M_x = -4.16 \text{ Kg} * \text{cm} + 1.162 \text{ Kg} * 11 \text{ cm} - 0.108 \text{ Kg/cm} * 11^2 \text{ cm}^2 / 2$$

$$M_x = 0.8 \text{ Kg} * \text{cm} \quad (1.16)$$

$$\epsilon_x = 2.08 \text{ Kg} * \text{cm} * 0.296 \text{ cm} / (30000 \text{ Kg/cm}^2 * 0.375 \text{ cm}^4) = 54.7 * 10^{-6}$$

$$(1.8)$$

REFUERZO HORIZONTAL CON CARGA UNIFORME

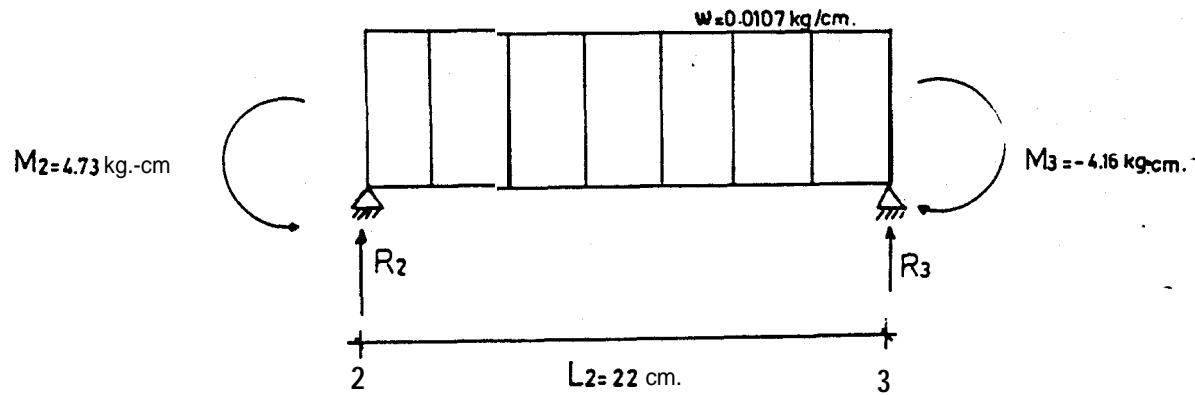


FIG.118

1.4.6 PLANCHAJE

Para planchas se aplica la teoría del capítulo 1.3, con bordes simplemente apoyados, ver- figura 1.19, cuyos cálculos son los siguientes:

$$q = R_0 * h \quad (1.17)$$

$$15\text{cm}/42.4\text{cm} = h/29.2\text{cm} \implies h = 10.33\text{cm}$$

$$q = 0.00138\text{kg}/\text{cm}^3 * 10.33\text{cm} = 0.0142\text{Kg}/\text{cm}^2$$

$$D = 30000\text{Kg}/\text{cm}^2 * 0.43\text{cm}^3 / 12 * (1 - 0.54^2)$$

$$D = 225.8\text{Kg} * \text{cm} \quad (1-20)$$

$$\delta_0 = 5 * 0.0142\text{Kg}/\text{cm}^2 * 8.8^4 * \text{cm}^4 / 384 * 225.8\text{Kg}/\text{cm} = 4.91 * 10^{-3}\text{cm}$$

$$(1-23)$$

$$\alpha(1+\alpha)^2 = 3 * \delta_0^2 / h^2 = 3 * (4.91 * 10^{-6})^2 / 0.42\text{cm}^2 = 4.52 * 10^{-4}$$

$$(1-25)$$

$$\implies \alpha \approx 4.52 * 10^{-4}$$

$$u = \frac{1}{2} * \pi * \sqrt{\alpha} = \frac{1}{2} * \pi * \sqrt{4.52 * 10^{-4}} = 0.0333 \quad (1-26)$$

$$\text{con } u = 0.0333 \implies 1 = 0.993, \text{ según Referencia [5]}$$

$$M_{\text{max}} = 0.0142\text{Kg}/\text{cm}^2 * 8.8^2 * \text{cm}^2 / 8 \quad (1.27)$$

$$M_{\text{max}} = 0.1374\text{Kg} * \text{cm}$$

$$I = 1/12 * (22\text{cm}) * (0.4\text{cm})^3 = 0.117\text{cm}^4$$

$$\epsilon_x = 0.1374\text{Kg}/\text{cm} * 0.2\text{cm} / 30000\text{Kg}/\text{cm}^2 * 0.117\text{cm}^4 \quad (1.8)$$

$$\epsilon_x = 7.8 * 10^{-6}$$

PLANCHAJE

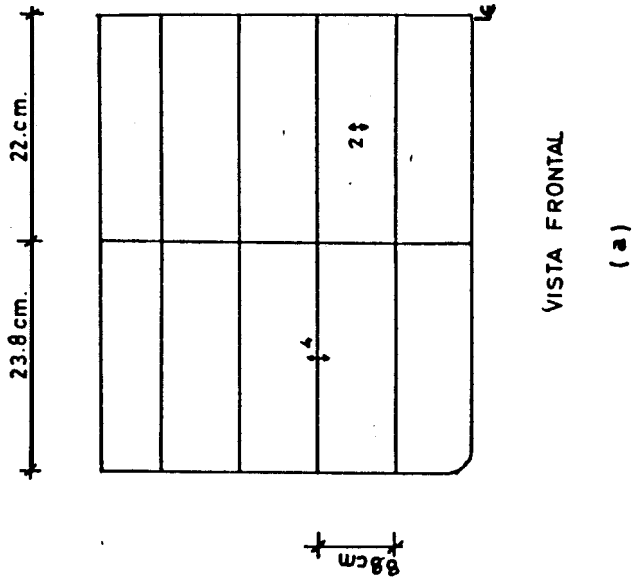


FIG. 119

CAPITULO I

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1 CONSTRUCCION DEL MODELO

2.1.1 ELECCION DEL MATERIAL

Los materiales que se considera para la fabricación del molde fueron: acrílico, madera y fibra de vidrio. En el caso de madera, se la descartó porque la humedad afecta su comportamiento elástico. En cuanto a la fibra de vidrio, la construcción del modelo sería más compleja, porque necesitaríamos más tiempo para construir el molde, lijar la superficie, luego colocar los refuerzos y cubrirlos con resina. El acrílico es muy moldeable, fácil de cortar y pegar, por lo que elegimos este material para el modelo.

2.1.2. CONSTRUCCION

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

- Plancha **de acrílico de 4** mm. de espesor.
- Calador-a para corte de **plancha**.
- Escorquina para **pulir los** bordes.
- Acrílico de **secado** rápido como pegamento.

Para **la construcción del modelo utilizamos el plano del** mamparo transversal **del** buque tanquero "TAURUS" a escala 1" : 1' -0", como se muestra en la figura 2.1.

El orden de construcción fue **el** siguiente:

- Corte **del** mamparo transversal. (f igura 2.2)
- Colocación del costado y fondo a **1.** mamparo transversal.
- Unión **d e 1** mamparo longitudinal al mamparo transver-sal y fondo.
- Colocación de Refuerzos longitudinales y transversales al mamparo transversal y fondo.
- Montaje de l a cubierta sobremamparos transversal y longitudinal .
- Colocación de los refuerzos de cubierta.

Par-a doblar **el** r-ostado a l a al tura del pantoque

PL[∞] o D[∞] MAMPARO TRANSVERSAL

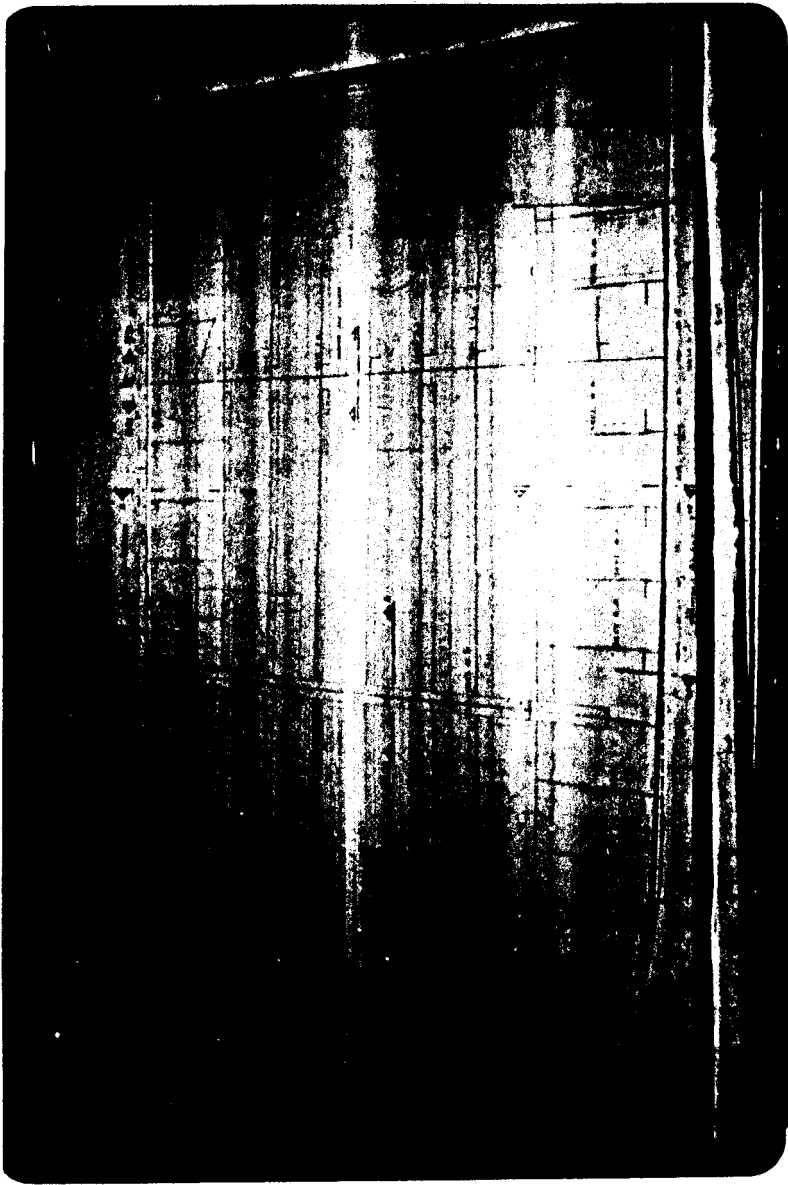


FIG. 2.1

CORTE MAMPARO TRANSVERSAL

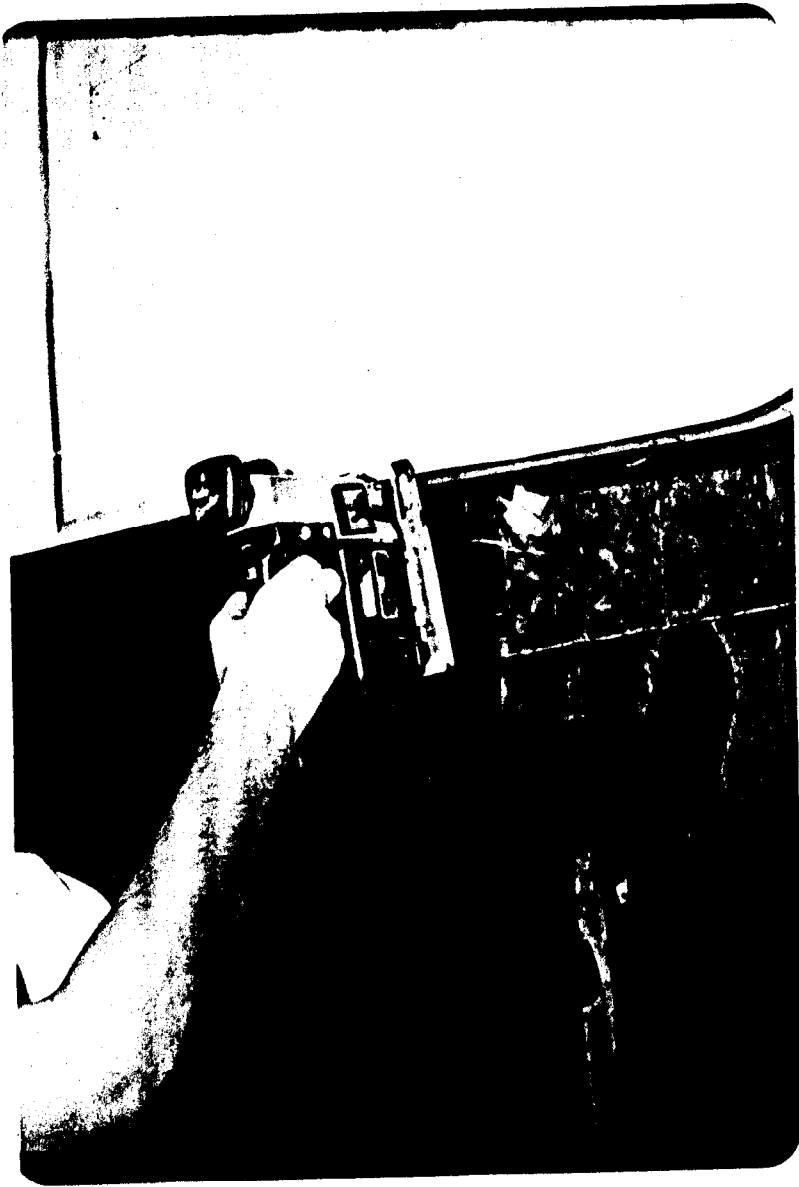


FIG. 2.2

se aplicó agua caliente sobre la plancha, y se ejerció presión para doblar la plancha para tener la curvatura deseada, esto se muestra en la figura 2.3.

Para simular la presión hidrostática sobre el mamparo se aplicó arena sobre el mamparo,, como se observa en figura 2.4.

2.2 DESCRIPCION DE LA PRUEBA

El equipo utilizado es el siguiente:

- Indicador de deformaciones Bruel & Kjaer tipo 1526, figura 2.5.
- Adaptador de cuarto de puente ZR0014
- Selector y Control B&K tipo 1544. Ver figura 2.5.
- 4 extensómetros de resistencia eléctrica con factor de medición ("gage factor") de 2.04 y una resistencia nominal de 120 ohmios.

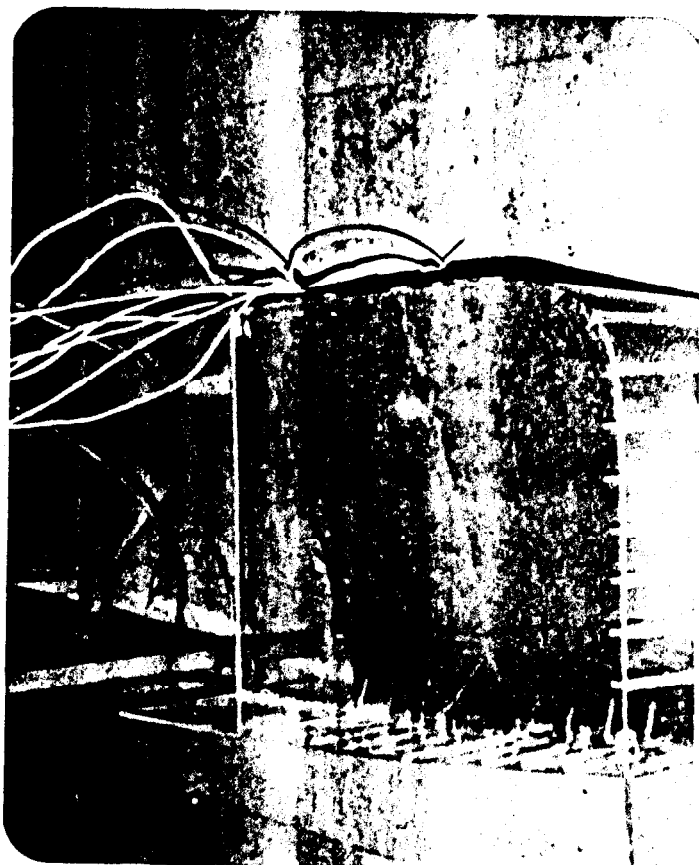
Los extensómetros fueron ubicados como se indica en la figura 2.6 y 2.7.

PROCESO DE 2º BLADO DE PANTOQUE



FIG. 2.3

SIMULACION DE PRESION HIDROSTATICA CON ARENA



BIBLIOTECA

FIG. 2.4



EQUIPO UTILIZADO EN LA EXPERIENCIA

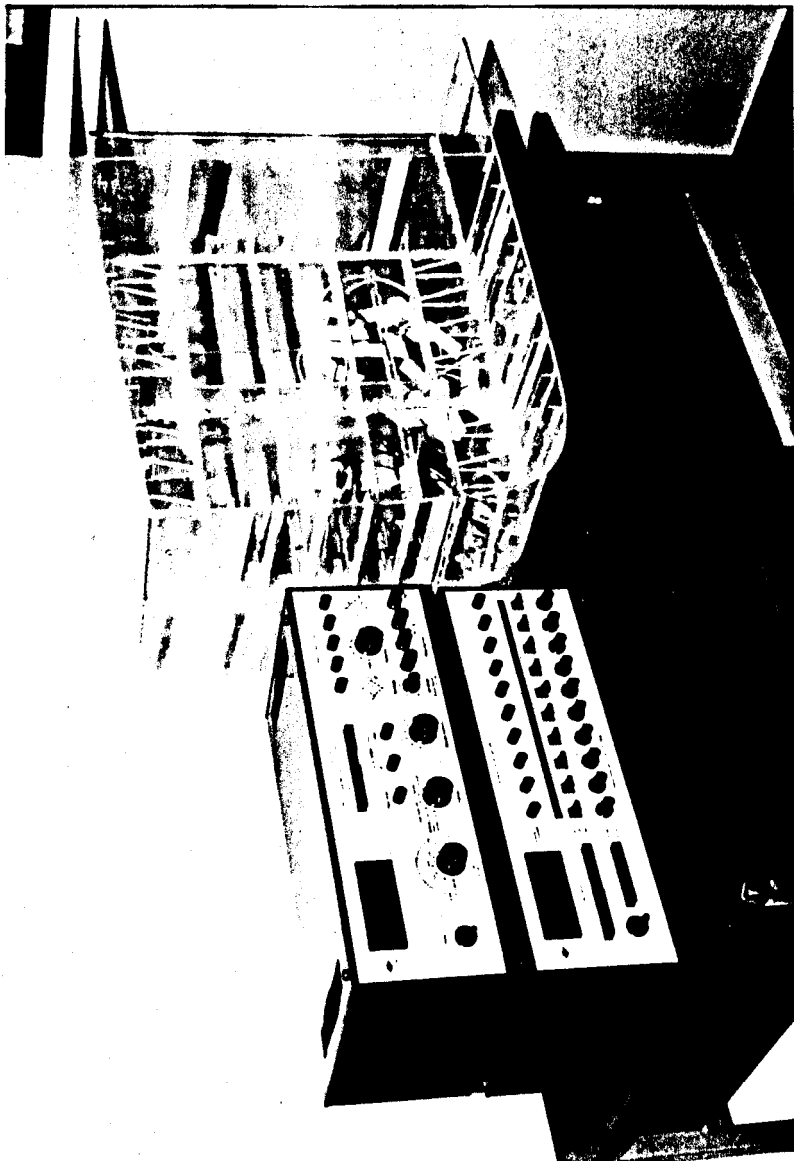
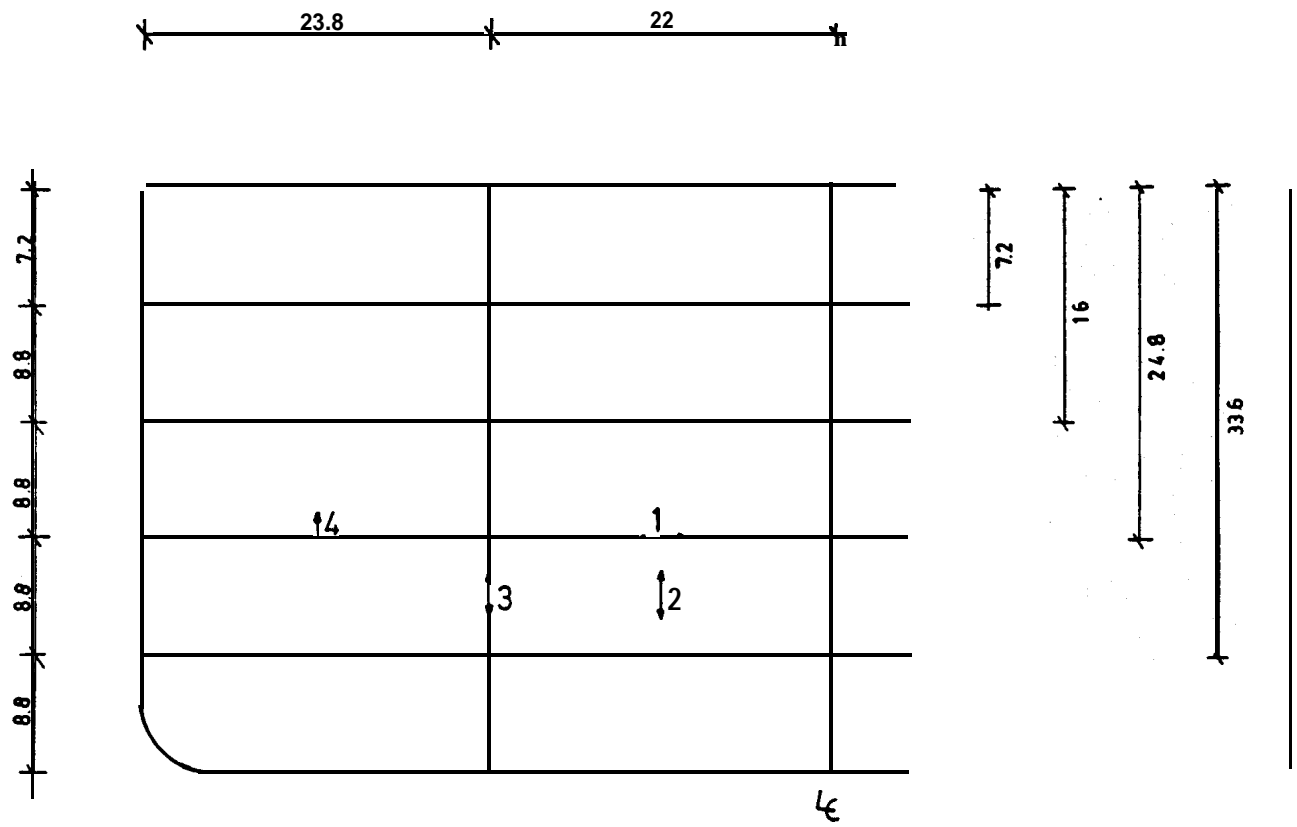


FIG. 2.5



UBICACION EXTENSOMETROS

FIG.2.6

Todas las medidas en Cm.

VISTA FRONTAL DONDE SE OBSERVA UBICACION DE EXTENSOMETROS.



FIG. 2.7

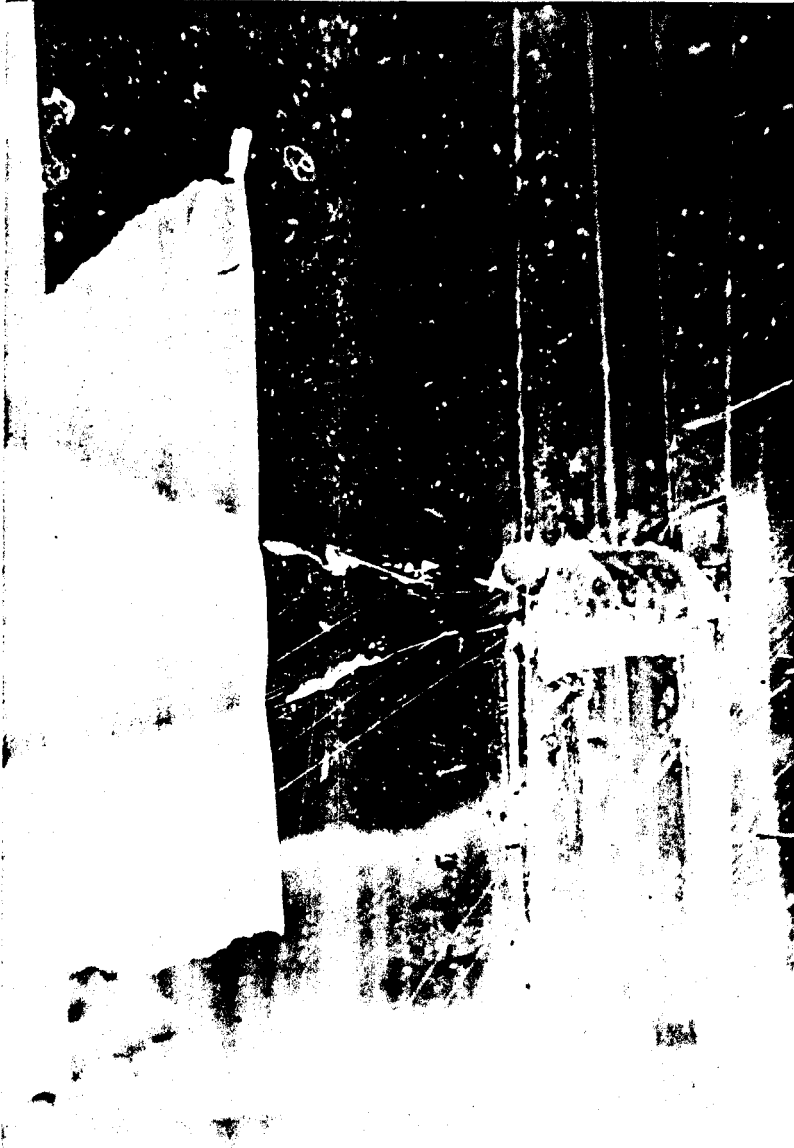
- 1.- En el refuerzo horizontal
- 2.- En la plancha
- 3.- En el refuerzo vertical
- 4.- En el refuerzo horizontal

Los extensómetros se pegaron con pegamento marca super bonder, y recubiertos con silicón para proteger y disminuir los efectos de temperatura, como puede verse en la figura 2.8.

La posición del mamparo para la prueba es como se indica en la figura 2.4.

- a.- se ubican los extensómetros y se conectan al selector por medio de cuarto de puente.
- b.- Encendemos el equipo y encerramos cada uno de los canales a las que están conectados los puntos a medir.
- c.- Se coloca la arena, de densidad ya encontrada experimentalmente, sobre el mamparo en forma suave y lenta para evitar sobrecargas puntuales que afecten las lecturas. Se debe tener cuidado de no comprimir la arena al momento de darle la forma triangular.
- d.- Se tomaron las lecturas de deformación de cada

EXTENSOMETRO



BIDUCO

FIG.28

BIDUCO



punto a sensar.

2.3 RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los resultados medidos por el equipo de medición fueron los siguientes:

carga D stribuida Variable

Pun tos	Deformaciones		
	5 c-m.	10 cm.	15 cm.
1	$11 \cdot 10^{-6}$	$42 \cdot 10^{-6}$	$63 \cdot 10^{-6}$
2	$8 \cdot 10^{-6}$	$25 \cdot 10^{-6}$	$32 \cdot 10^{-6}$
3	$18 \cdot 10^{-6}$	$46 \cdot 10^{-6}$	$79 \cdot 10^{-6}$
4	$2 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^{-6}$	$28 \cdot 10^{-6}$

Tabla IX

Carga Distribuida Uniformemente

Puntu	Deformaciones		
	5 cm	10 cm	15 cm.
1	$486 \cdot 10^{-6}$	$135 \cdot 10^{-6}$	$200 \cdot 10^{-6}$
2	$22 \cdot 10^{-6}$	$66 \cdot 10^{-6}$	$98 \cdot 10^{-6}$
3	$31 \cdot 10^{-6}$	$92 \cdot 10^{-6}$	$121 \cdot 10^{-6}$
4	$19 \cdot 10^{-6}$	$31 \cdot 10^{-6}$	$44 \cdot 10^{-6}$

Tabla X

En los las figuras 2.9 a 2.14 se muestran los valores de deformación experimentales versus altura de carga uniformemente distribuida para cada elemento estructural.

RESULTADOS EXPERIMENTALES: REFUERZO VERTICAL (punto 3)

CON CARGA DISTRIBUIDA VARIABLE

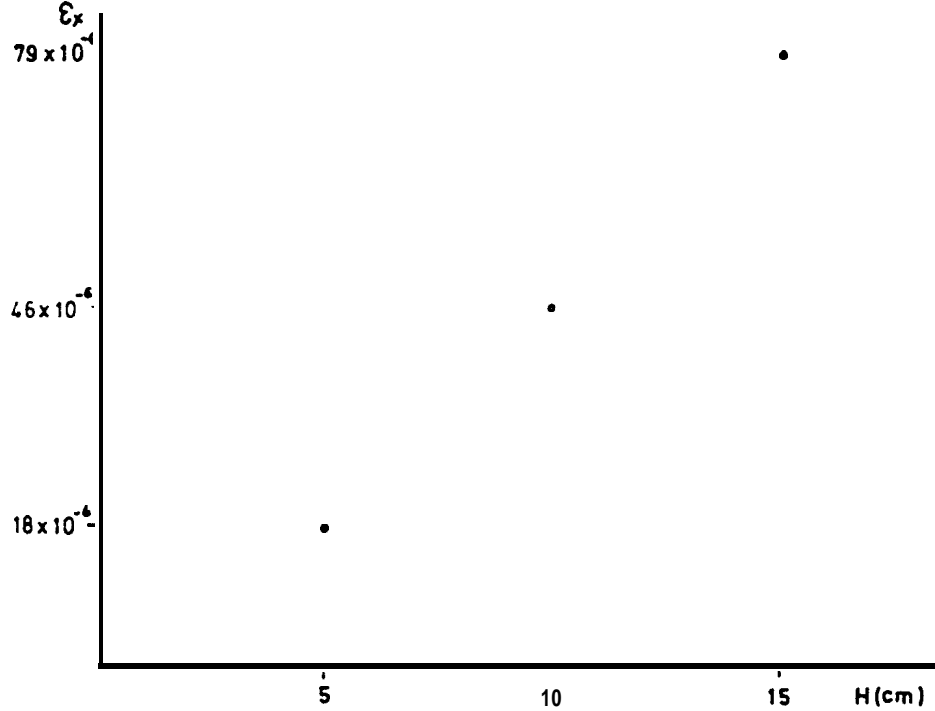


FIG. 2.9

RESULTADOS EXPERIMENTALES: REFUEZO VERTICAL. (Punto 3)

CON CARGA DISTRIBUIDA UNIFORME.

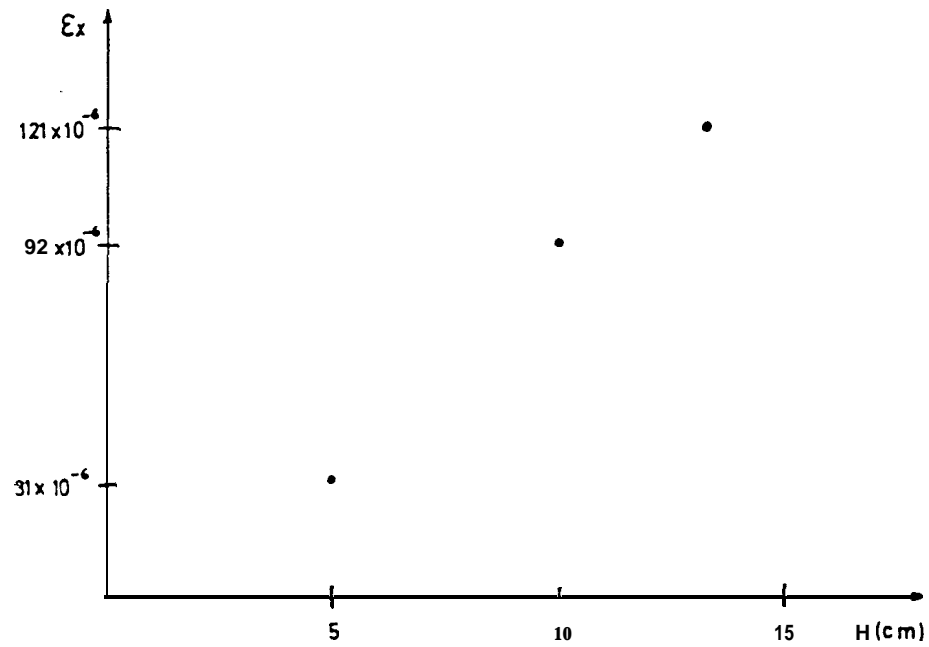


FIG.2.10

RESULTADOS EXPERIMENTALES: REFUERZO HORIZONTAL (punto 1)
CON CARCA DISTRIBUIDA VARIABLE

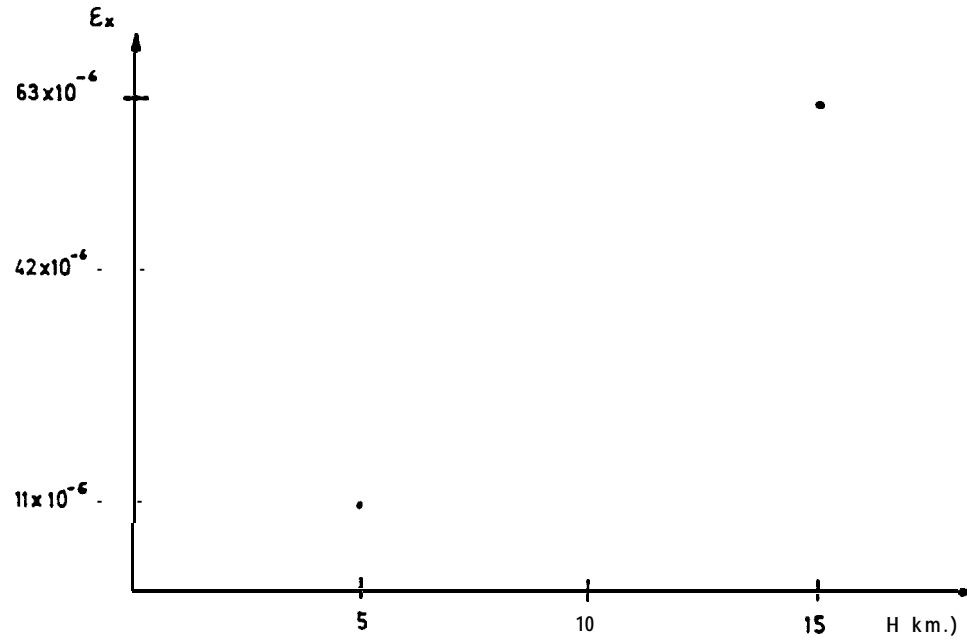


FIG. 2.11

RESULTADOS EXPERIMENTALES: REFUERZO HORIZONTAL (punto1)
CON CARGA DISTRIBUIDA UNIFORME.

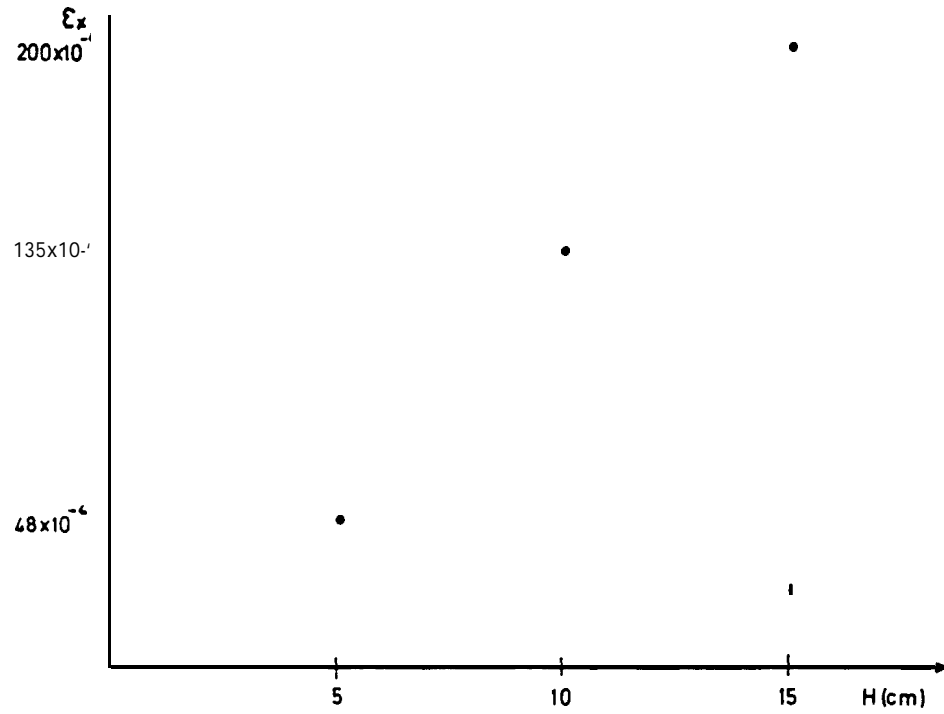
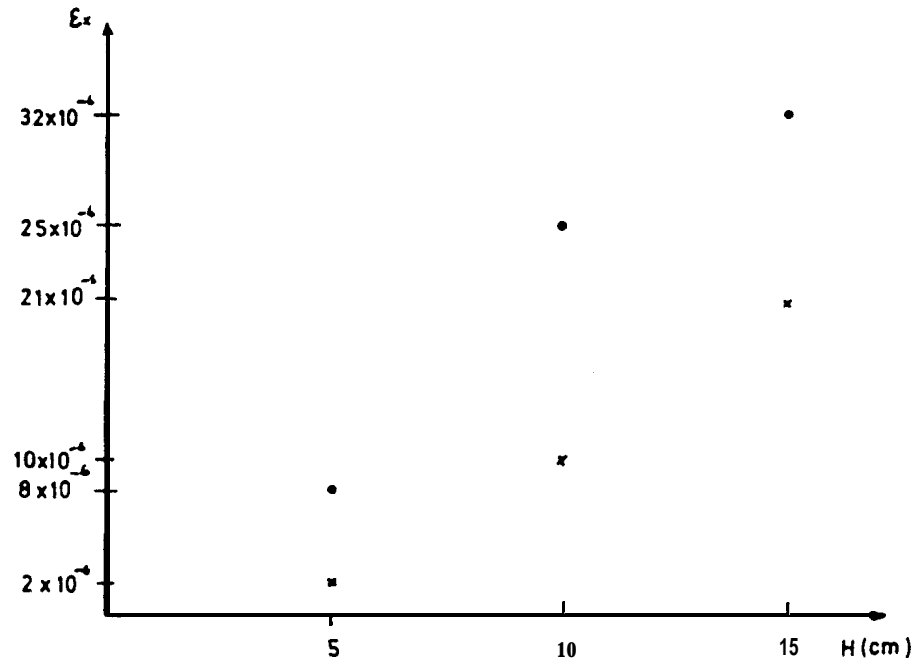


FIG. 2.12

RESULTADOS EXPERIMENTALES: PLANCHA (puntos 2 y 4)

CON CARGA DISTRIBUIDA VARIABLE



F fG.2.13

	Puntos
•	2
x	4

RESULTADOS EXPERIMENTALES: PLANCHA (puntos 2 y 4)
 CON DISTRIBUIDA UNIFORME.

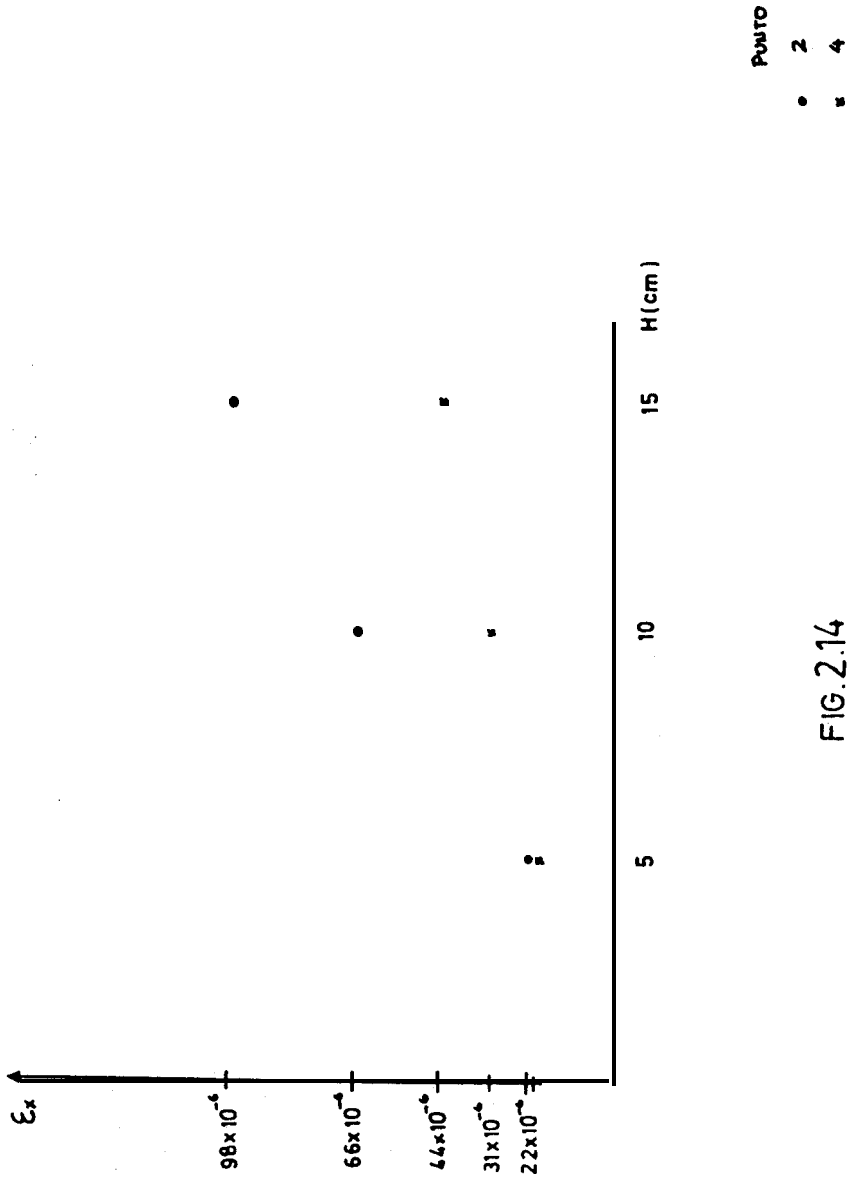


FIG. 2.14

CAPITULO III

COMPARACION DE RESULTADOS TEORICOS Y EXPERIMENTALES

3.1 REFUERZO VERTICAL

Como se observó en el Capítulo I, el refuerzo vertical se lo analizó con tres condiciones de borde y sus resultados comparados con los experimentales son mostradas en la Tabla XI.

Carga distribuida Variable

Experimental	Teórico
79	13.1 Bordes Empotrados 45.5 Refuerzo Vertical conectado a l Longitudinal, método de Cross 108 Bordes Simplemente Apoyados

Tabla XI

Estos resultados indican que, las condiciones de frontera del refuerzo vertical se comporta como una condición intermedia, entre extremos simplemente

apoyados y refuerzo vertical conectado a 105 longitudinales a través de nudos rígidos y los extremos de dichos longitudinales simplemente apoyados.

El valor de deformaciones para empotramiento en los extremos es muy bajo en relación con el experimental.

En la figura 3.1 se muestra gráficamente los resultados de las deformaciones unitarias tanto experimental como analíticas, en las tres condiciones de borde.

3.2 REFUERZO HORIZONTAL

Los resultados tanto experimentales como analíticos mostrados en la Tabla X 11.

Carga Distribuida Variable

Experimental	Analítico
63	54.7

Tabla XII

Estas indican que las condiciones de con torno asumidas, esto es de extremos empotrados, y apoyado en el refuerzo

COMPARACION DE RESULTADOS TEORICOS Y EXPERIMENTALES. (punto 3)

REFUERZO VERTICAL, CON CARGA DISTRIBUIDA VARIABLE

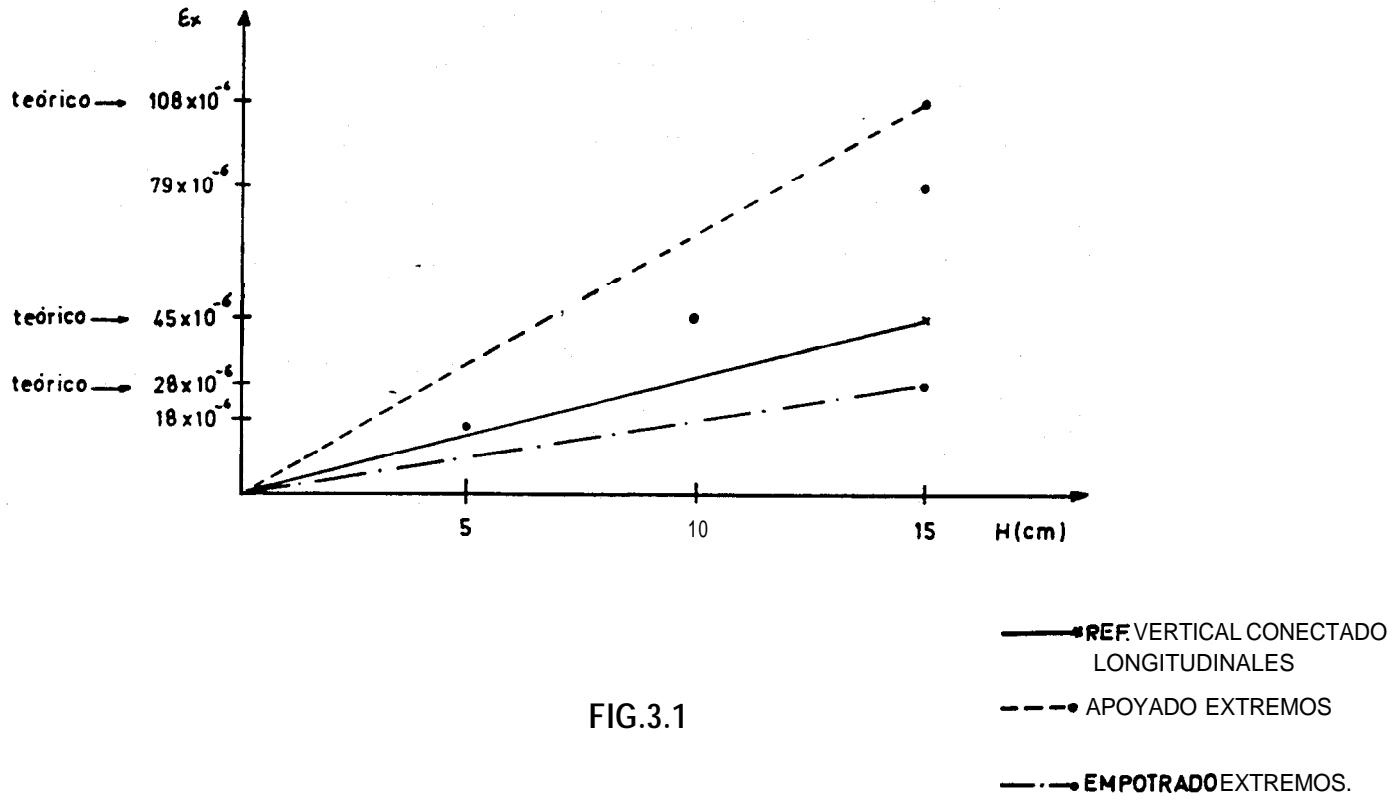


FIG.3.1

vertical de manera que forma un nudo rígido en dicha unión, es una buena aproximación de lo que ocurre en la realidad. En la figura 3.2 se muestra gráficamente el comportamiento del refuerzo horizontal, tanto analítica como experimentales.

3.3 PLANCHA.

Los resultados son mostrados en la Tabla XIII, en la que se muestra también la deformación del punto 4, ver figura 2.6.

Carga Distribuida Variable

Puntos	Experimental	Diferencia 2 y 4 Experimental	Teórico
2	$32 * 10^{-6}$	$11 * 10^{-6}$	$7.8 * 10^{-6}$
4	$21 * 10^{-6}$		

Tabla XIII

El extensómetro en el punto 4 está ubicado sobre un refuerzo horizontal ver figura VI, tiene la misma dirección que el

COMPARACION DE RESULTADOS TEORICO Y EXPERIMENTALES: (punto 1)
REFUERZO HORIZONTAL, CON CARGA DISTRIBUIDA VARIABLE.

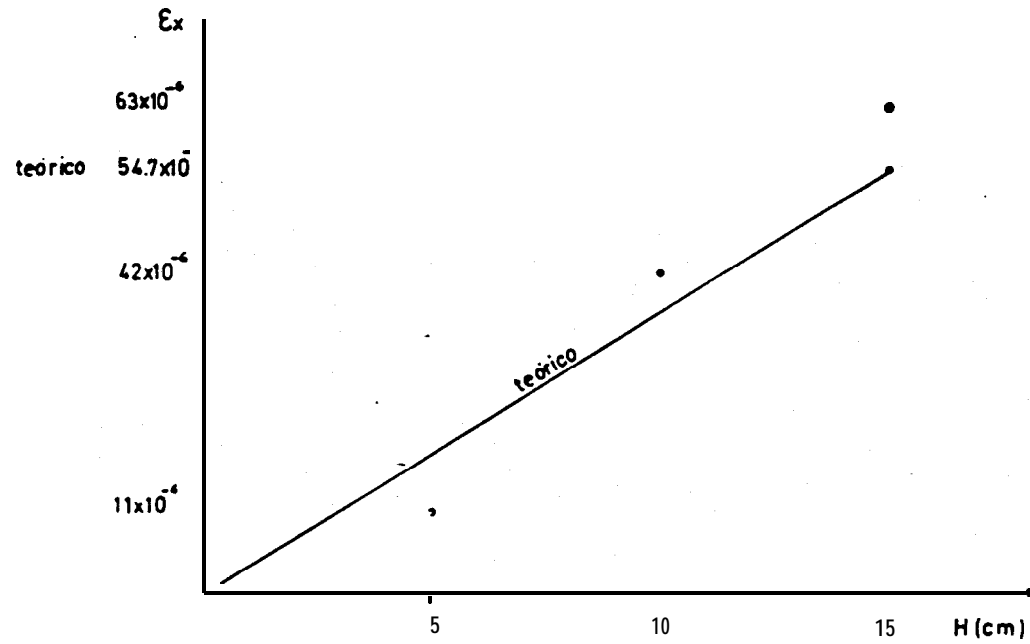


FIG.3.2

ubicado en **el** planchaje, punto 3. El punto 4 por estar sobre un refuerzo horizontal solo tendrá deformación secundaria, en cambio el punto 3 estará en la plancha entre refuerzos, entonces este punto tendrá dos tipos de deformaciones? una la secundaria y la otra la terciaria que se produce por 105 refuerzos horizontales, ver figura 3.3. En **los** calculos se asumió la plancha como simplemente apoyada en **los** bordes, entonces **el** resultado nos dará la deformación terciaria. Por este motivo para obtener el **valor** experimental y compararlo con **el** analítico se tiene que **l**-estar la deformación **secundaria** del punto 3, a la secundaria y terciaria del punto 4.

A continuación en la figura 3.4 presentaremos un resumen de todos los resultados de las deformaciones unitarias tanto **experimentales** como **analíticas**.

ANALISIS DE LA PLANCHA

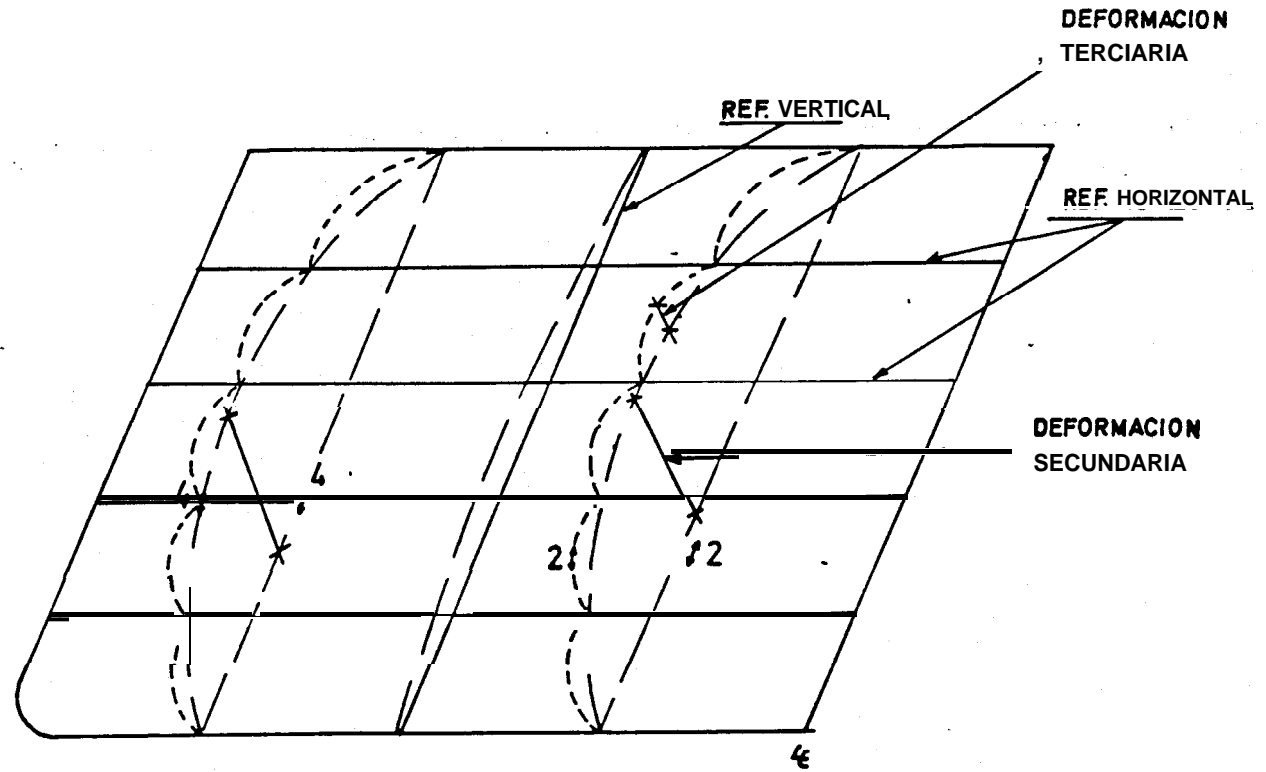


FIG.33

EXTENSOMETRO

COMPARACION DE RESULTADOS TEORICOS Y EXPERIMENTALES.
PLANCHA

CON CARGA **DISTRIBUIDA** VARIABLE

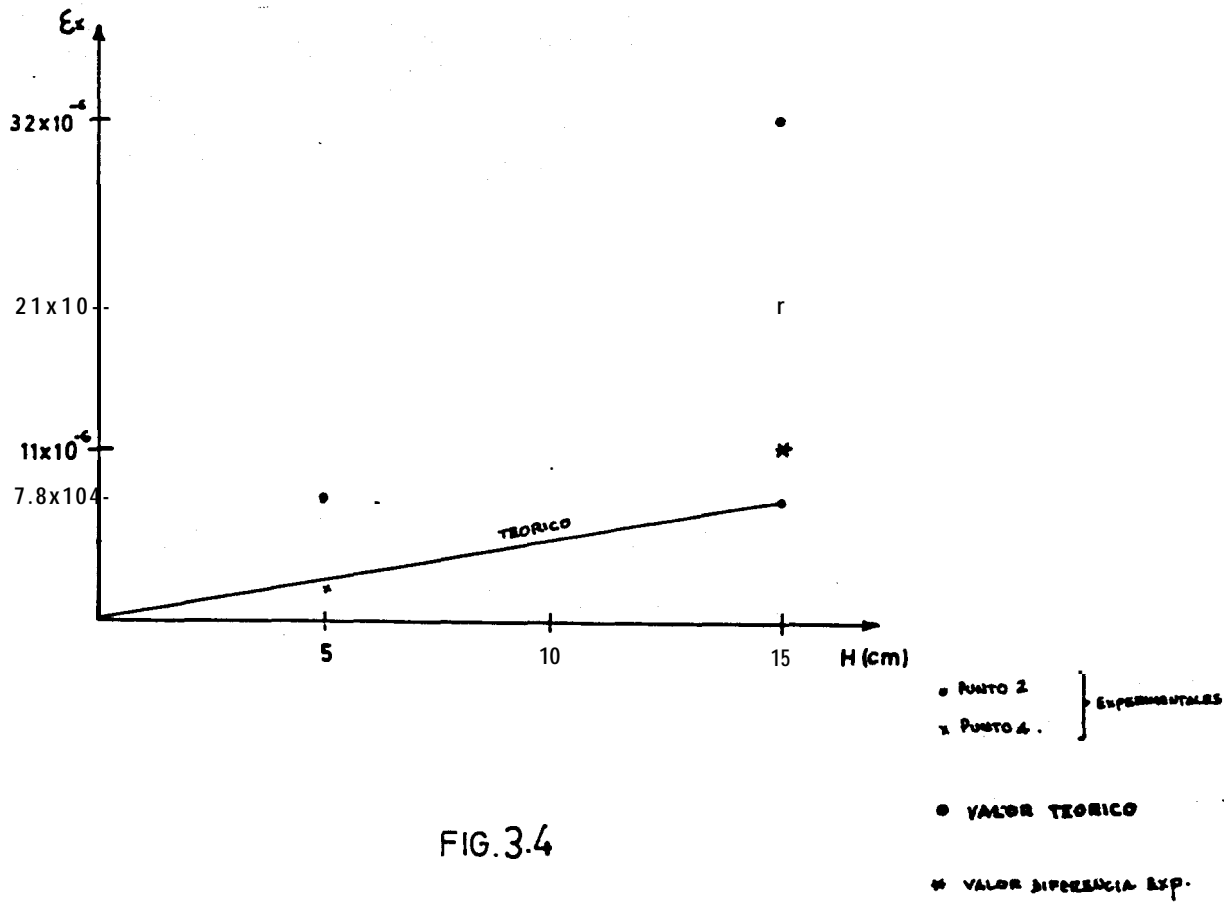


FIG.3.4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- En el experimento para la simular la carga hidrostática que soportaría el mamparo se utilizó arena, por la facilidad para darle la forma triangular que semejara la carga distribuida variable y por la ubicación del mamparo paralelo al piso. Después de varios experimentos se notó que la variación de la compresión de la arena en distintos puntos, afecta los resultados experimentales. La alta sensibilidad del equipo medidor de deformaciones parece ser que captaba estas diferencias. Por este motivo no se puede tener valores exactos, en los distintos experimentos con relación a los cálculos.

2.- Para estudios posteriores con este mamparo, se puede ensayar con otro tipo de cargas que simulen a la hidrostática. Se puede trabajar ya sea con pesos distribuidos de diferentes magnitudes o usando agua por su exacta uniformidad en todos los puntos, aunque en este último caso debe tenerse mucho cuidado de no afectar los equipos.

3.- En el análisis del refuerzo vertical, se despreció la influencia de los refuerzos horizontales, por ser muy

pequeños en comparación con dicho vertical. De la comparación entre resultados experimentales y analíticos, parece ser que esta asunción es aceptable.

4.- De la comparación entre resultados teóricos y experimentales para el r-e-fuerzo vertical se concluye' que la condición de empotramiento en los extremos produce valores alejados de los experimentales. Por tanto dicho refuerzo se encuentra entre las siguientes dos condiciones:

- a.- Conectado a los longitudinales de cubierta y fondo, asumiendo dichas conexiones como nudos rígidos, mientras que los extremos de los longitudinales como simplemente apoyados.
- b.- Viga simplemente apoyada, sin considerar la conexión con los longitudinales.

5.- En lo referente al refuerzo horizontal, se lo había modelado como empotrado en los extremos, y considerado al refuerzo vertical como apoyo. Este modelo se debe al mayor momento de inercia del refuerzo vertical lo que hace que su deformación sea mucho menor que la del horizontal. El modelo analítico asumido parece ser el correcto, considerando que los valores de deformación calculados son muy cercanos a los experimentales.

6.- En el análisis de la plancha, se **explicó** que el **resultado analítico** generado: fue el **valor** de la deformación terciaria, mientras que el **valor** sentido por el **extensómetro** en este punto, **fué** la suma de la deformación terciaria y secundaria. Por esta **razón** para obtener el valor experimental a comparar, **se tuvo que** restar la deformación secundaria de un punto donde no existía deformación terciaria. Se consideró que este punto correspondía a la posición donde se encontraba el refuerzo horizontal. Los resultados analíticos se acercan mucho a los experimentales, comprobando la **validez** de las asunciones.

7.- En cuanto a los resultados sobre el ancho efectivo de **plancha** para un espesor de 4mm., que **es el que utilizamos**, resultaron dentro de un rango de variación de 5 centímetros, por lo que para obtener resultados más **confiables** se debería **realizar** más pruebas para comprobar la **linealidad** de la relación carga - deformación unitaria.

8.- El modelo construido resultó de escala muy pequeña en relación al espesor de la plancha de acrílico; por este motivo las deformaciones fueron de pequeña magnitud. Se aconsejaría para futuros experimentos la construcción de un modelo más grande si usamos este espesor de plancha.

9.- Para la construcción del modelo de mamparo, dió **excelente** resultado el pegamento utilizado para **las** uniones de **planchas** y refuerzos, acrílico de secado rápido. Este pegamento resistió la tracción y compresión a la que fue sometida, presentando ninguna evidencia de falla en **el las**. Este pegamento es el que mejor simula un cordón de soldadura.

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

- [1] **AST1NAVE**, Astilleros **Navales** Ecuatorianos, **Plano del** **Diseño del** Mamparo Transversal **del** Buque Tanque "TAURUS", Abri 1 1983.
- [2] MARTIN DOMINGUEZ. Cálculo de Estructura de Buques, Escuela Técnica **Superior** de Ingenieros Navales, Madrid, Agosto, 1969.
- [3] NASH, WILLIAMS. Resistencia **d e** Materiales, Serie **SCHAUM**, McGraw - Hill de México, SA de C.V., 1970, 67-96, 186-204 p .
- [4] SINGER.F.L. Resistencia de Materiales. Harper Row Latinoamérica, Harla S.A., México, 1971, 121-137, 243-249, 250-278, 278-280 p.
- [5] TECHNICAL AND RESEARCH BULLETIN No 26 , Hu11. Structure Committee, Monograph No 1. Design of a typical Tanker Oiltight Transverse Bulkhead. The Society **o f** Naval Architects and Marine Engineers, 1967.

- [6] TIMOSHENKO, S. Resistencia de Materiales Parte 1 50 p,
Parte I I 121-133, 41-54 p .
- [7] VAUGHAN JHON, Aplicacion of B & K. Equipment to Strain
Measurements, Bruel & Kjaer, Octubre 1975.