

Cátedra: **ESTRUCTURAS – NIVEL 2 – PLAN 6**

Taller: VERTICAL III – DELALOYE - NICO - CLIVIO

**Guía de Estudio N° 9: EMPARRILLADOS**

Elaboró: Ing. S. Del BONO – Arq. E. Ravassi

Revisión:

Fecha: 2008

*Nuestro Taller agradece al Profesor Ing. Santiago del Bono su valiosa colaboración al permitirnos utilizar este apunte en nuestros cursos.*

## GUIA DE ESTUDIO N° 9 EMPARRILLADOS

### 1) DESCRIPCION GENERAL

Los emparrillados de vigas tienen demanda en la arquitectura cuando es necesario cubrir áreas de luz mayor a los 10 mts., sin columnas, con un entrepiso plano. (Por ej. garajes, auditorios, teatros, exposiciones, etc.)

Se trata de una estructura bidimensional trabajando a la flexión y corte, que está compuesta por una parrilla de vigas que, en general, tienen una misma altura, con lo cual todos los bajafondos de vigas están a un mismo nivel.

Las losas cruzadas nervuradas son en esencia emparrillados, pero éstas tienen la imposibilidad de superar luces de 7 a 9 mts. debido al importante peso propio, consecuencia de su espesor.

Pero la diferencia entre uno y otro tipo es que en los emparrillados es mayor la separación entre nervios (lugar del “casetonado”).

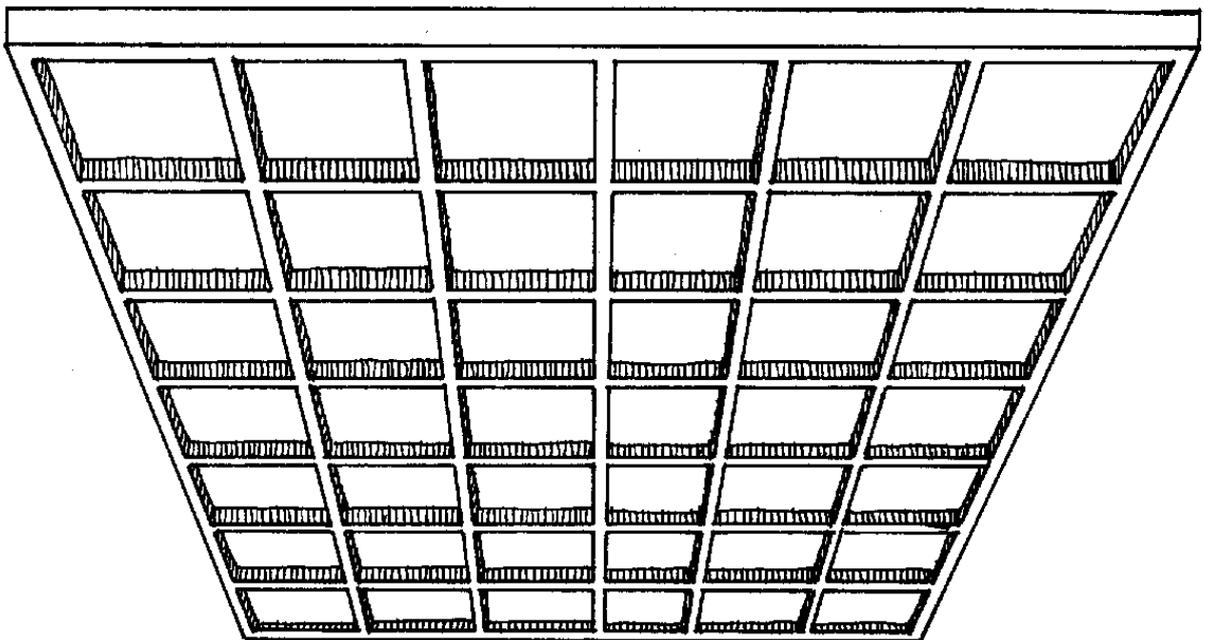


FIG. 1

Los emparrillados sirven para soportar cargas distribuidas superficiales y también para cargas concentradas aplicadas en correspondencia de los nudos (intersección de los nervios) con la ventaja de que son varios nervios los que responden con su resistencia a las cargas aplicadas con el consiguiente alivio para los nervios directamente solicitados.

El rango de utilización de los emparrillados va desde los 10 a 35 mts. en hormigón armado y pueden estar conformados por distintos tipos de “mallas” como veremos más adelante. Sobre los “nervios” generalmente se dispone una losa de pequeñas luces que

funciona como cruzada y empotrada en los nervios, de espesor reducido (en general 7, 10 a 12 cm.) que conforma la tapa de cada casetón.

En realidad este tipo estructural no es demasiado moderno. Data de aprox. 1860 cuando a un constructor se le ocurrió la idea de realizar casetones prefabricados de yeso, con una separación tal que diera lugar para alojar entre ellos a los nervios.

En el proyecto arquitectónico hay que estudiar bien la cantidad de casetones y sus dimensiones (incluida su profundidad) que también depende de la altura total del local, de forma tal que las visuales permitan reconocer el tipo estructural completo. Luces totales muy grandes (y consiguientemente alturas importantes de nervios) y pequeñas alturas del entrepiso llevan a ocultar los casetones quitando una agradable visión.

Si bien los emparrillados tienen buena capacidad resistente a la flexión, en cambio prácticamente pierden casi totalmente su capacidad a la torsión como consecuencia de ya no constituir una losa "llena" sino ser un entramado con nervios sólo unidos mediante una pequeña losa de tapa de casetón.

En la fig. 2 se observa en planta el proyecto de un entrepiso constituido por losas unidireccionales que apoyan primero sobre vigas secundarias (Vs), y éstas sobre vigas principales (Vp) de mayor altura. En las figs. 3 y 4 se muestra igual planteo pero con losas cruzadas. Estos sistemas conducen a vigas secundarias de pequeña rigidez a la flexión y otras principales mucho más importantes y en definitiva más resistentes. Es claro entonces que el sistema ideado es ineficiente al estar coartada la solidaridad entre las vigas (Vs y Vp). Cada uno de los elementos componentes resiste por sí mismo, a su turno, parte de la carga, la que retransmite al elemento de mayor rigidez relativa sobre el que apoya.

Pero si la forma de la planta y la posibilidad de disponer apoyos en su perímetro no dan preponderancia al funcionamiento en una u otra dirección no tiene mayor sentido que existan vigas secundarias y principales. O sea lo lógico es dar a todas las vigas la misma categoría resistente.

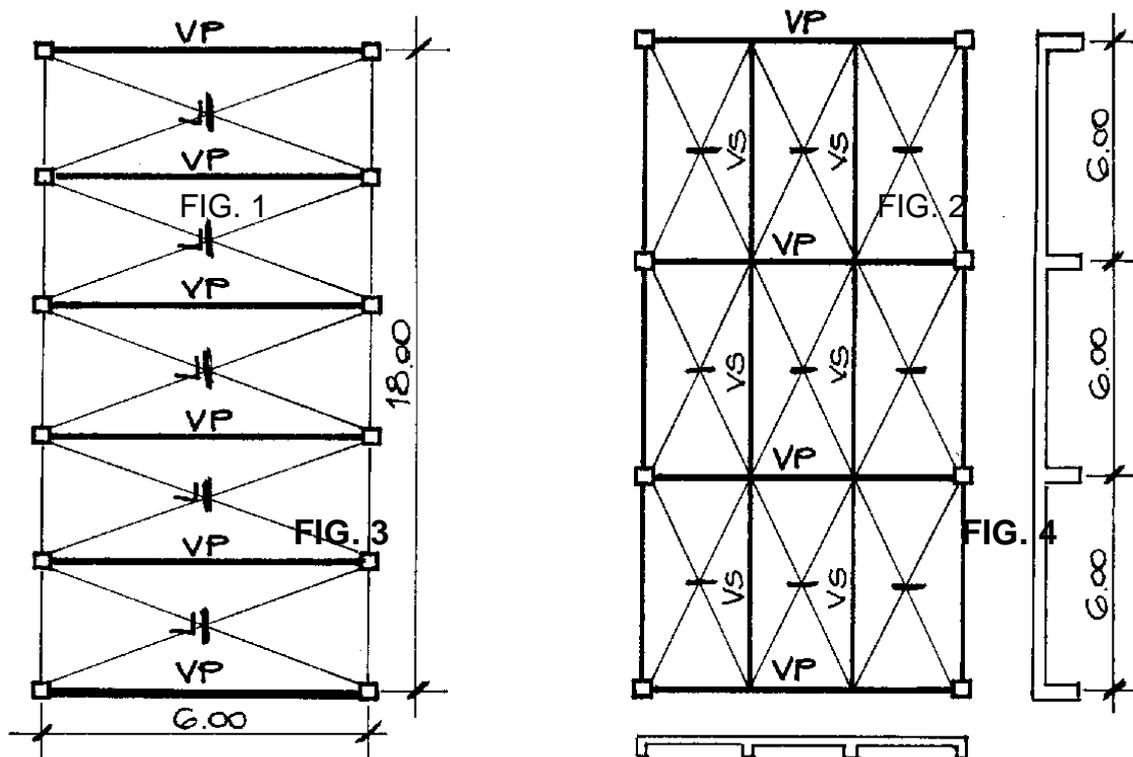


Fig. 2

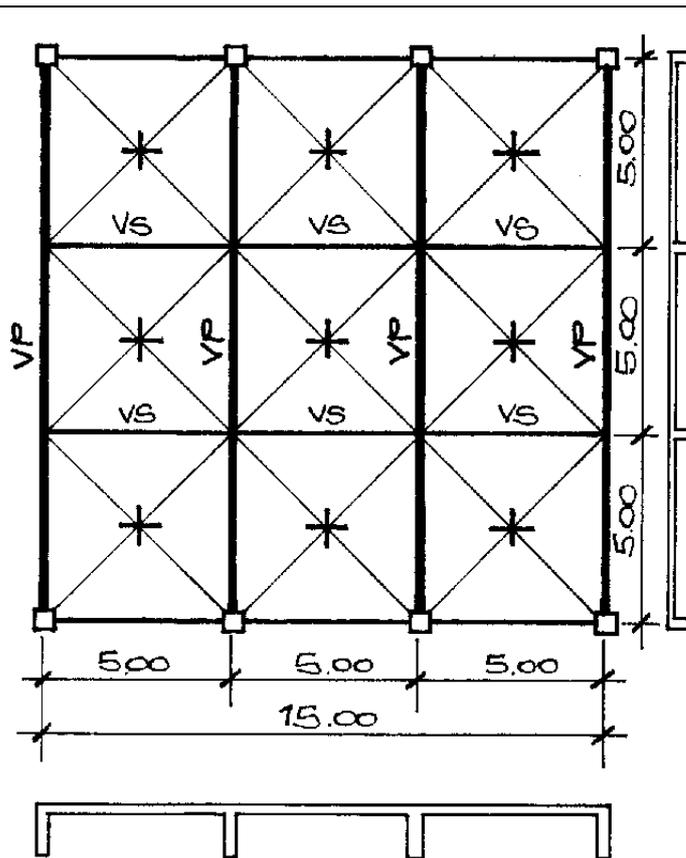


Fig. 3

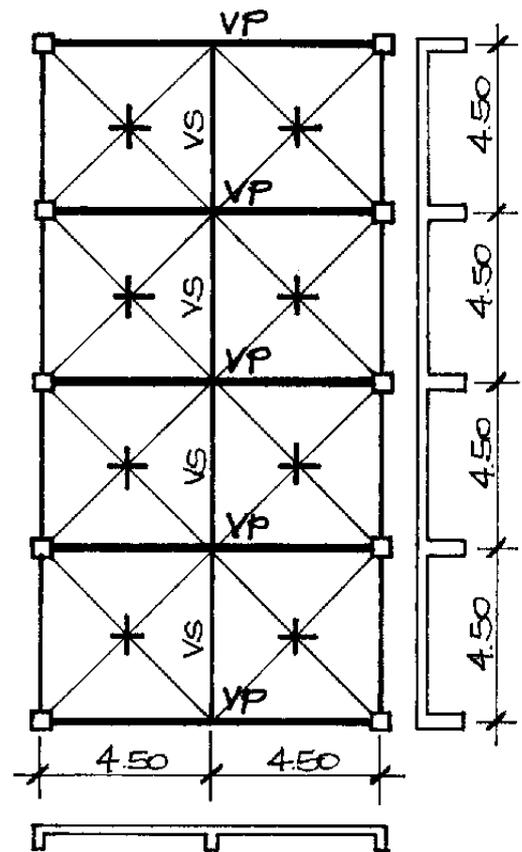
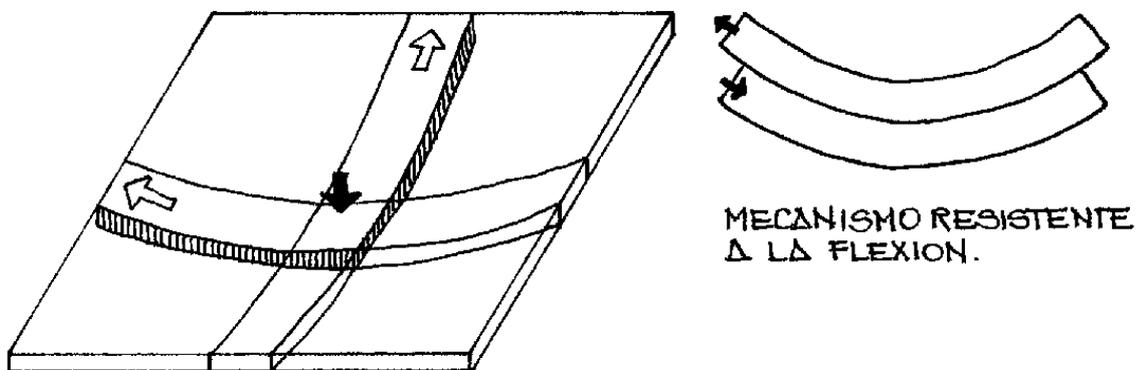


Fig. 4

## 2) FUNCIONAMIENTO

Para comenzar a entender el funcionamiento de un emparrillado es conveniente analizar el funcionamiento de una losa bidireccional. En la fig. 5a y 5b se aprecian las deformaciones por flexión, corte y torsión en una losa.



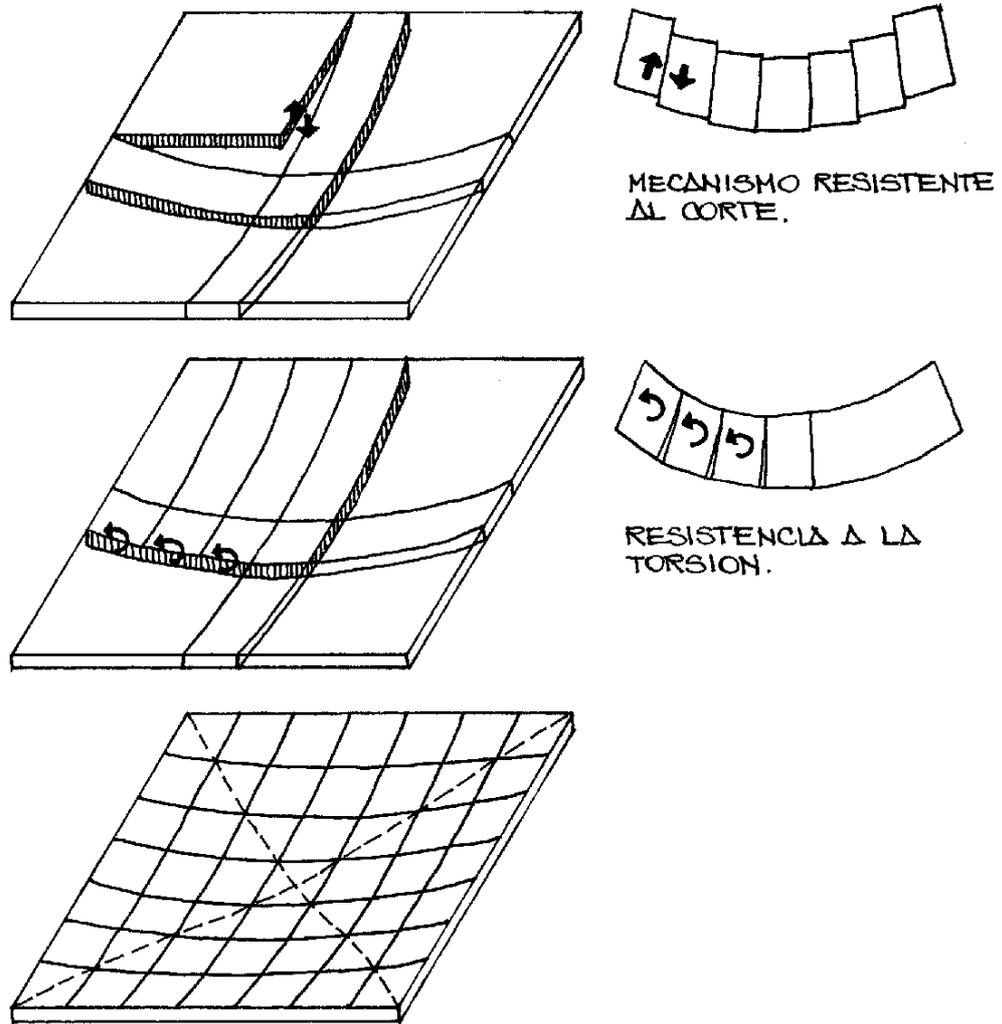


FIG. 5b

En la fig. 6 se muestran dos vigas perpendiculares y solidarias entre sí sometidas a una carga  $P$  en el centro, de igual luz. Ambas supuestas de igual rigidez flexional se comportan igual. En la fig. 7, siempre con dos vigas de similar altura y trabajando solidariamente pero con luces distintas, se muestra que las reacciones varían de una a otra.

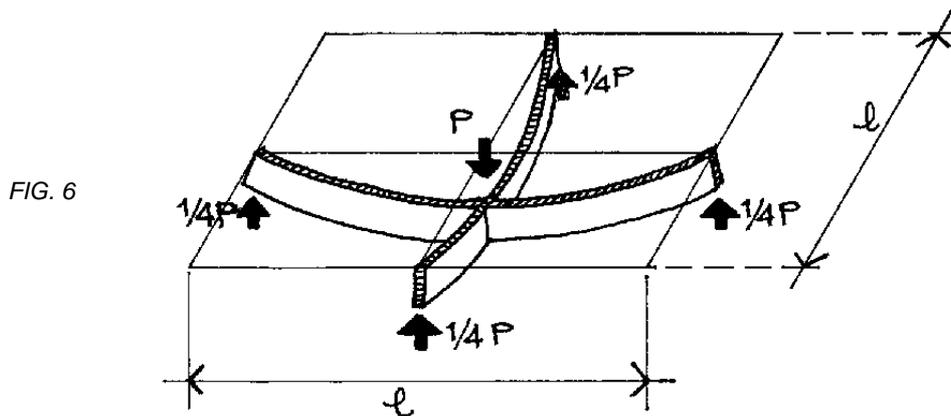
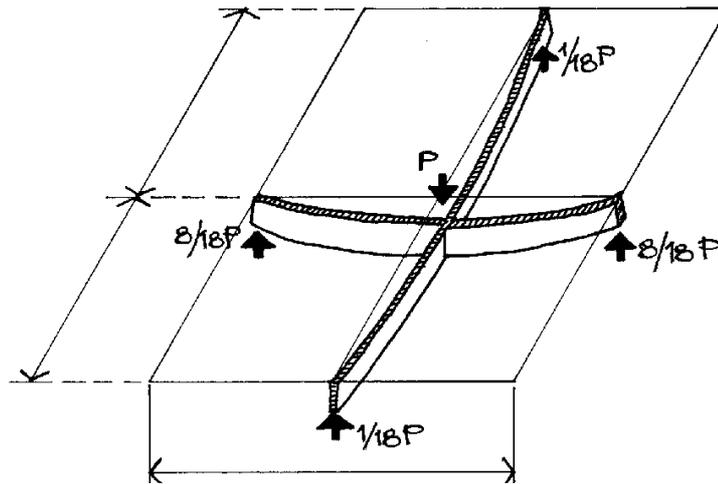


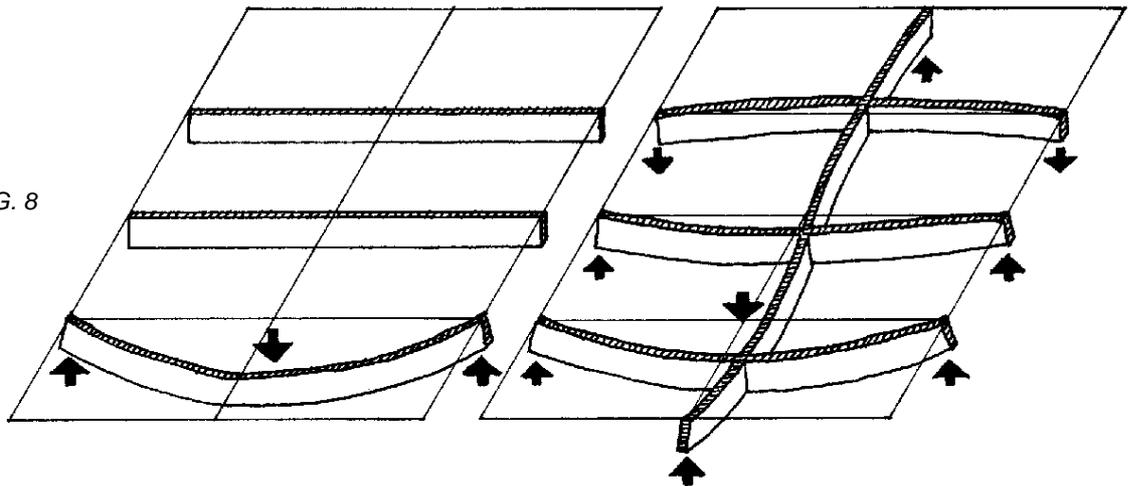
FIG. 6

FIG. 7



En la fig. 8 se muestran vigas trabajando individualmente y, al lado, con trabajo conjunto.

FIG. 8



Si bien ya se dijo que la rigidez torsional de los nervios es muy pobre (pero no nula), en la fig. 9 se muestra en a) la flexión libre de un nervio, en b) las reacciones originadas en los extremos por la rigidez torsional de las vigas extremas y en c) por la de las vigas intermedias. Es evidente que en los casos b) y c) la rigidez torsional ayuda a disminuir la flexión del nervio.

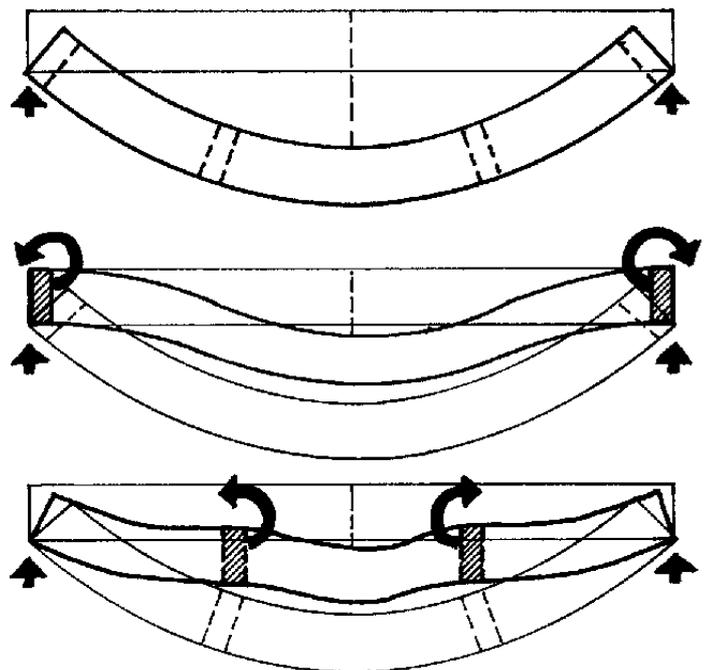


FIG. 9

Ya se dijo que las losas de tapa de casetones funcionan como una sucesión de losas cruzadas empotradas en los nervios como se ve en fig. 12. También en esta figura se detallan los esfuerzos mutuos que en cada cruce de nervios (nudos) se dan en cada cruce. Existe un esfuerzo de corte  $Q$  y momentos que para un nervio son flexores y para el otro son torsores ( $M_f(X2)-M_t(X2)$  y  $M_f(X3)-M_t(X3)$ ). Esta situación se da para cada nudo.

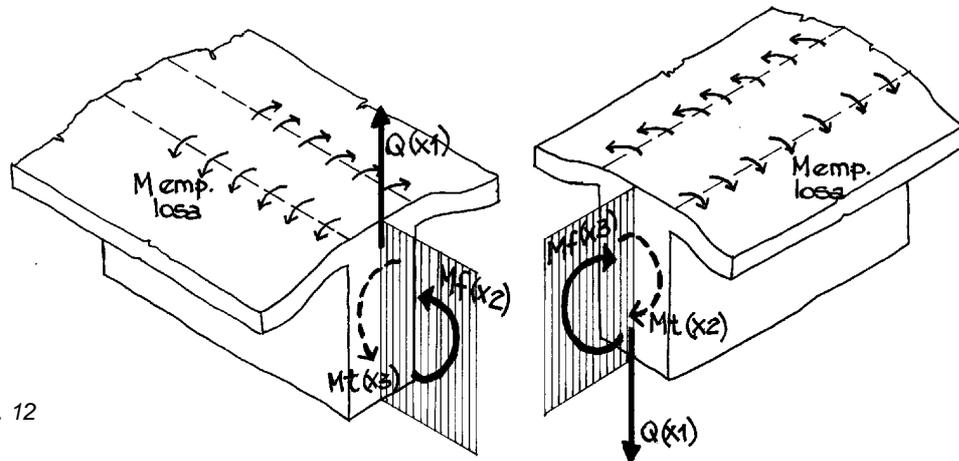


FIG. 12

### 3) TIPOS DE MALLAS

A la distribución de los nervios en planta se la suele designar como “malla” o “trama” y su elección dependerá de la forma de la planta, de su contorno o características especiales constructivas. En general se trata de orientar las direcciones de los nervios según el efecto arquitectónico que se quiera lograr pero también a razones de eficiencia estructural. Una de las razones de peso es la de orientar los nervios según la dirección de los “momentos principales” que es la dirección bajo la cual discurren los momentos flexores máximo/mínimo en una losa. Fig. 11.

Veremos que la eficiencia en la disposición de nervios depende también del número de nervios (y por lo tanto de la luz). Pero tampoco hay que olvidar la facilidad constructiva para tratar de facilitar la ejecución sobre todo en el diseño de los casetones.

En las figuras 10a y 10b se muestran distintos tipos de mallas.

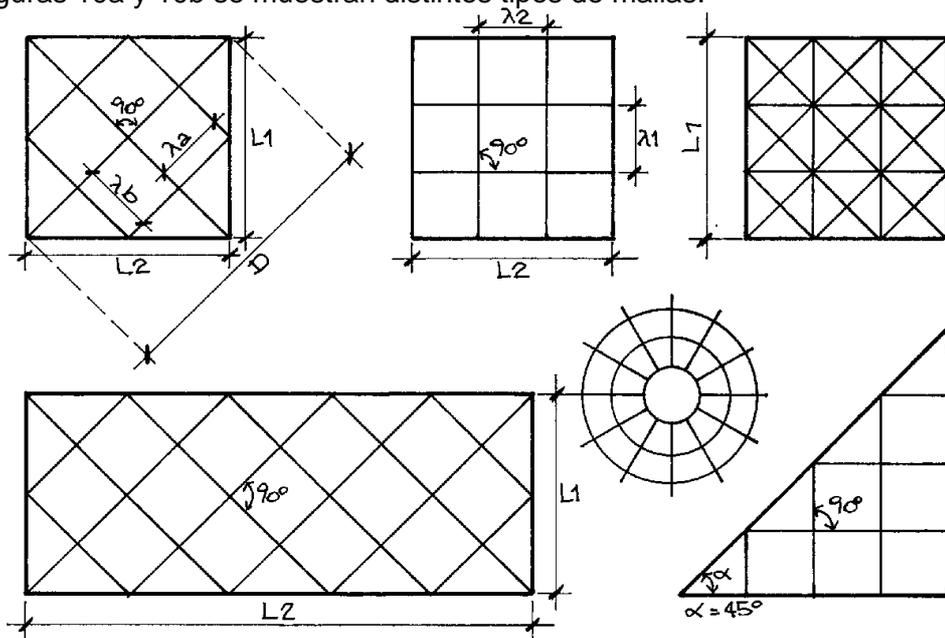


FIG 10a

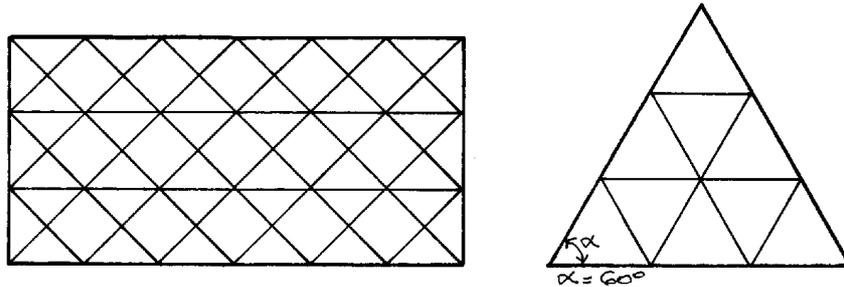
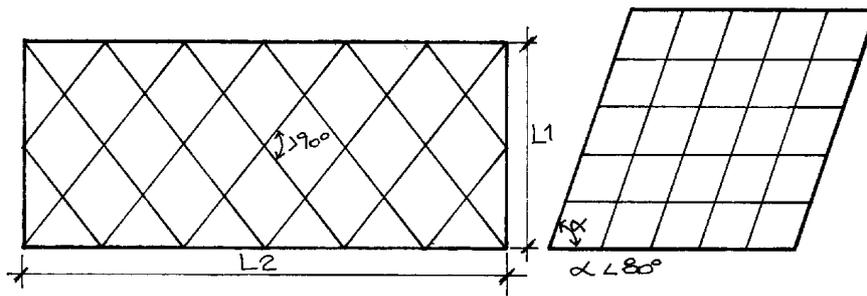


FIG 10b

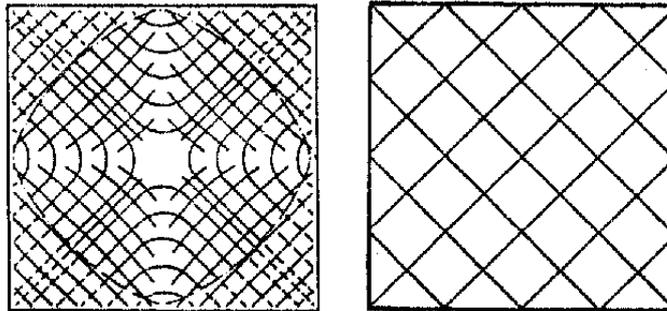


FIG. 11

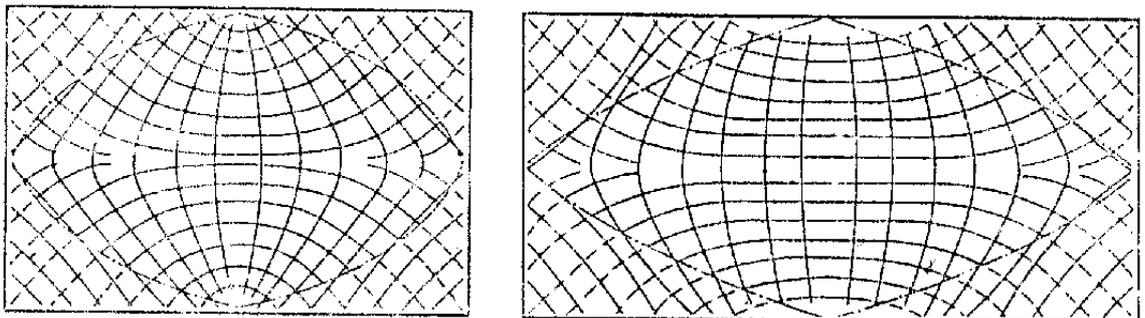


FIG. 12

#### 4) PREDIMENSIONADO

En la fig. 13 se dan algunas indicaciones de la altura total de nervios para distintos tipos de malla

Cuando el numero de nervios es pequeño sucede que son muy pocos los nervios que caen sobre fajas marginales y no hay casi ninguna colaboración de las vigas perimetrales con los nervios y por eso la distribución de éstos conviene que sea de dirección paralela a los bordes (caso de luces aprox. iguales o menores a 15 mts.). En cambio para

luzes mayores la distribución más eficiente resulta la diagonal; Si bien los nervios centrales de las diagonales son largos, téngase en cuenta que estos nervios funcionan como elásticamente empotrados en los nervios cortos transversales que corren en las esquinas con pequeña luz. Las figs. 14 y 15 muestran algunas directrices para el predimensionado.

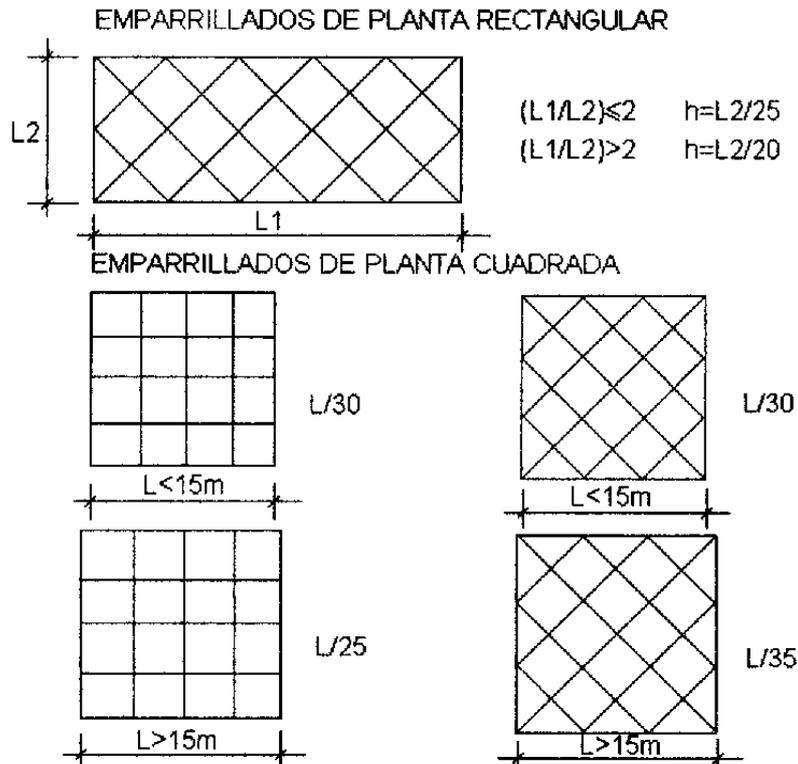


FIG. 13

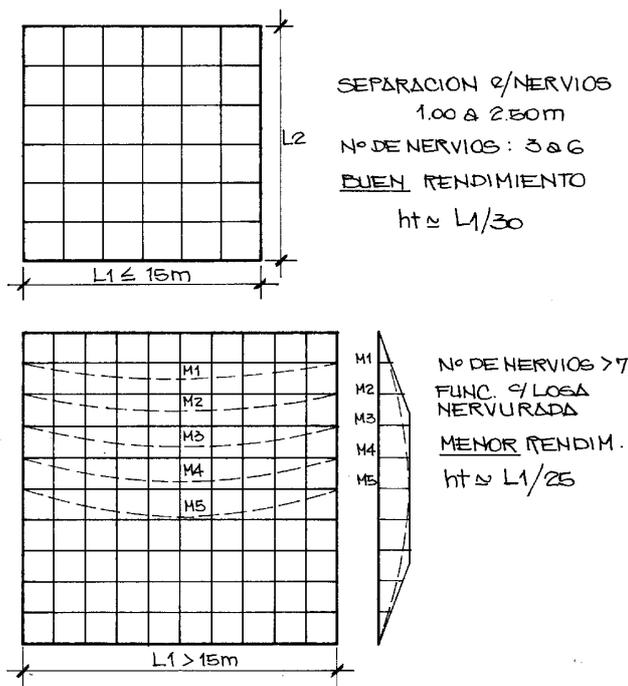


FIG. 14

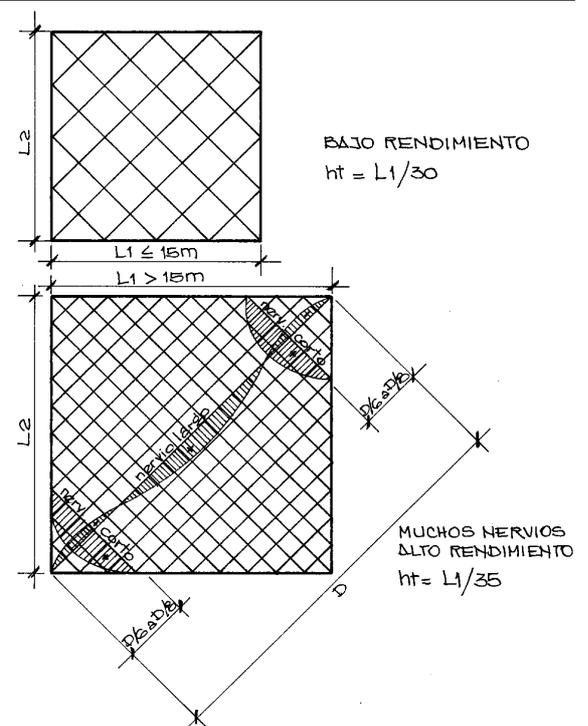


FIG. 15

Para plantas alargadas conviene la disposición de nervios en diagonal. (fig. 16). En este caso los nervios en diagonal tienen casi todos la misma luz y rigidez, en cambio en la disposición paralela a los bordes la desproporción de los momentos flexores es notable.

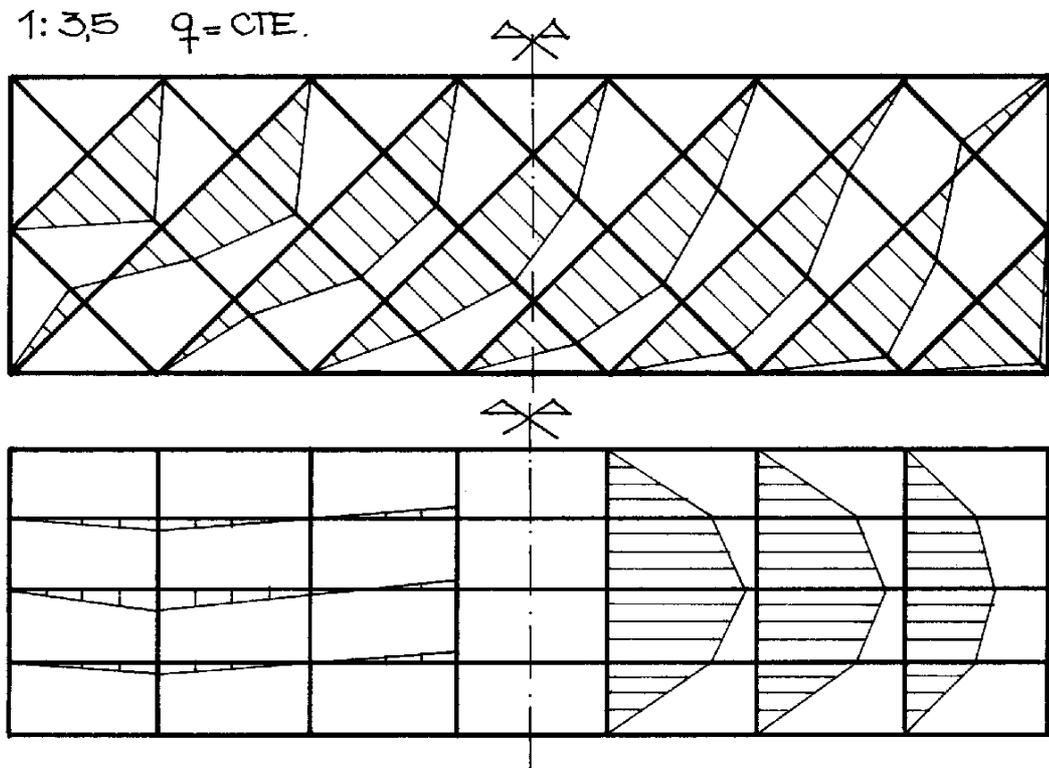


FIG. 16

En la disposición de nervios en diagonal a veces es conveniente macizar las esquinas ("orejas") puesto que en la diagonal corta se dan los mayores momentos positivos y en la otra diagonal estas "orejas" permiten el empotramiento de los nervios largos. (Fig. 17).

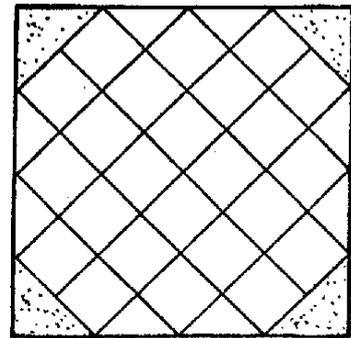
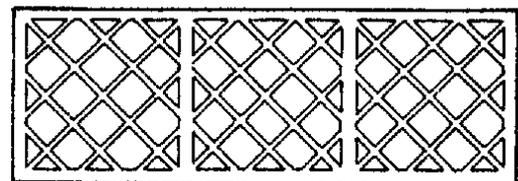
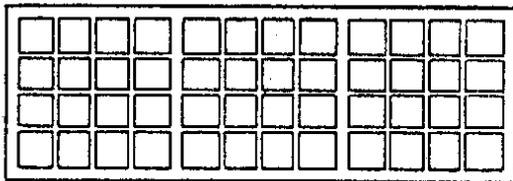


FIG. 17



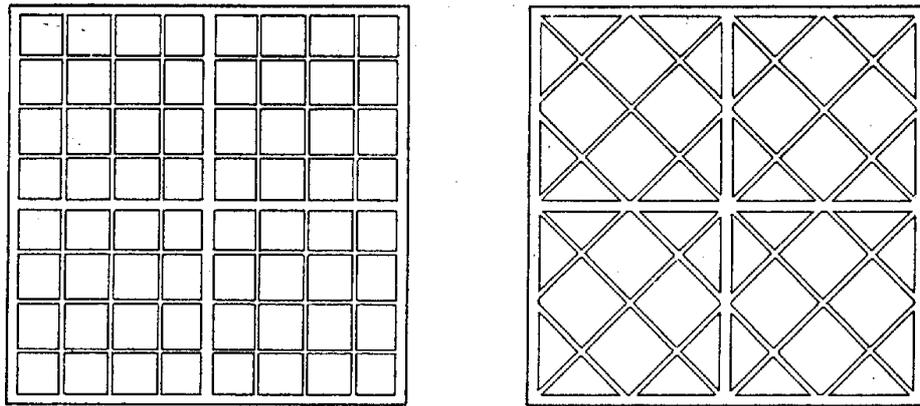


FIG. 18

También es conveniente el diseño de emparrillados continuos en una o en dos direcciones, ya sean con nervios paralelos u oblicuos a los bordes; la continuidad favorece a ambas familias de nervios.(Fig. 18)

## 5) NOCIONES DE CALCULO

Despreciando los momentos torsores entre nervios queda como única incógnita en cada nudo el esfuerzo de corte mutuo. O sea que tendremos tantas incógnitas como nudos existen. Las ecuaciones de compatibilidad se fundamentan en la igualdad de flechas entre nervios ortogonales. Suponiendo una carga uniformemente distribuida tendremos en cada nudo una carga  $P = q \cdot (\text{LAMBDA})^2$ . (Fig. 19).

Al ser  $P$  la carga en cada nudo, corresponde para cada nervio una carga  $P/2$ .

La planta es simétrica respecto de sus diagonales y por lo tanto son nulos los esfuerzos de corte mutuos en los nudos 1 y 3. O sea que la única incógnita que existe es la del nudo 2, que llamaremos  $X$ .

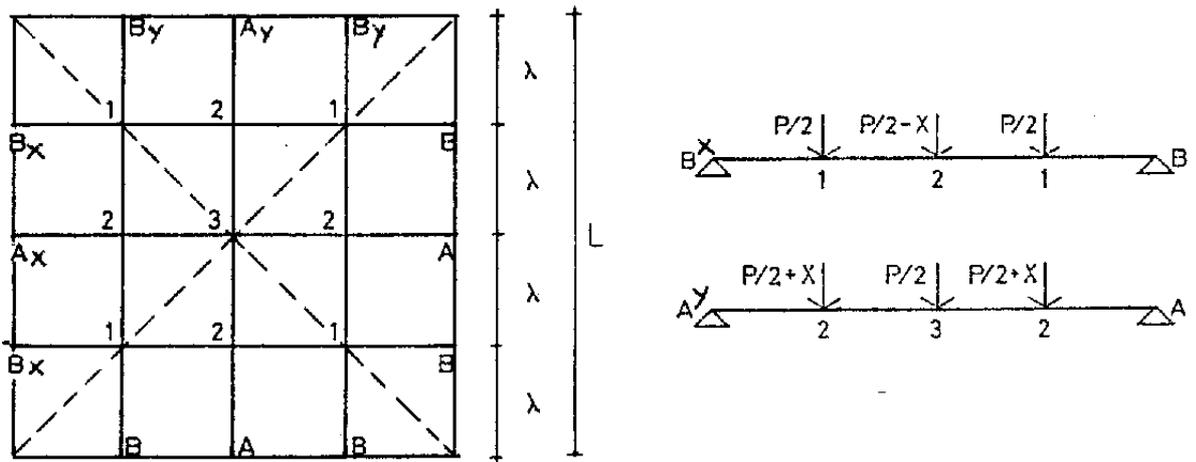


FIG. 19

El esquema de carga de los nervios involucrados se observa a la derecha del dibujo.

De igualdad de flechas en el punto 2 obtenemos la incógnita:

$$X = 5.5 P/32$$

Una vez obtenido  $X$  se pueden deducir los esfuerzos en cada uno de los nervios.

## 6) OTRAS FORMAS DE APOYO

En la fig. 20 se representan las curvas de momentos principales para el caso de una losa apoyada en tres bordes y con el cuarto libre. En el primer caso

(a) la placa es alargada según  $y$ , y en el segundo (b) según  $x$ . Se ve que las curvas de momentos principales están orientadas según la diagonal que nace y termina en los bordes de apoyo, lo cual indica que la disposición más conveniente de los nervios es la diagonal.

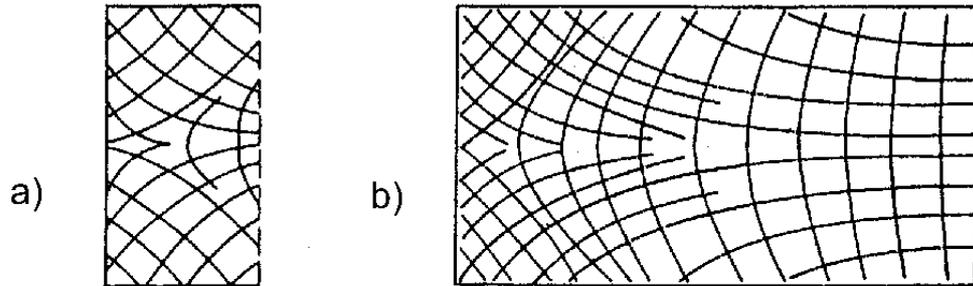


FIG. 20

Planta rectangular con dos bordes opuestos apoyados y los otros dos libres.

Si los bordes apoyados se orientan entre la luz menor obviamente que los nervios serán en diagonal. En cambio cuando los apoyos se orientan entre la luz mayor la disposición de nervios es paralela a los bordes (fig. 21).

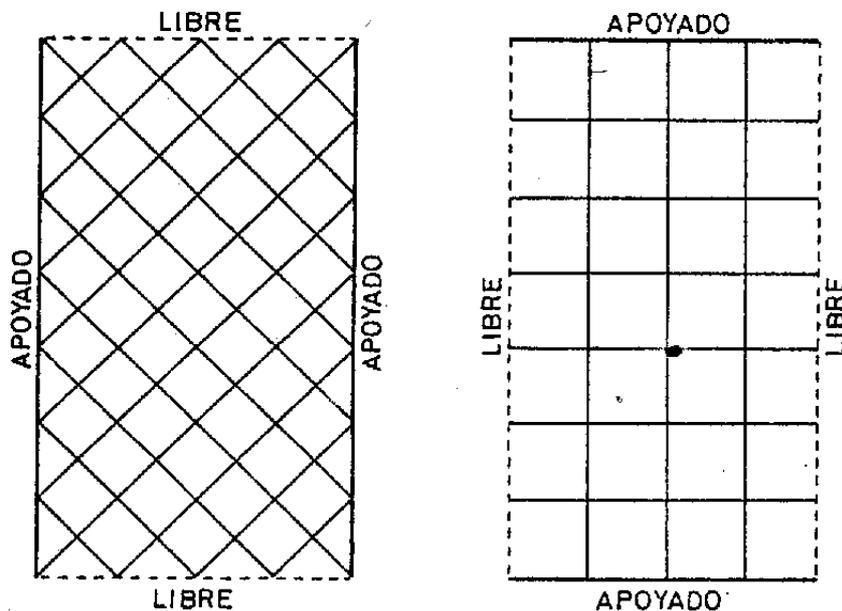


FIG. 21

Planta con dos bordes contiguos simples y los otros dos libres

Esta planta funciona en dos direcciones diagonales ("d1" y "d2") (fig. 22). Los nervios según "d1" tienden a soportar la flexión entre sus apoyos con momentos positivos (armadura abajo) y sirven como sustento a los nervios direccionados según la diagonal "d2", los que funcionan como piezas "en ménsula" (armadura arriba) que apoyan sobre los lados

---

simplemente apoyados y sobre los nervios de la diagonal "d1". La disposición más conveniente de nervios se ejemplifica al lado.

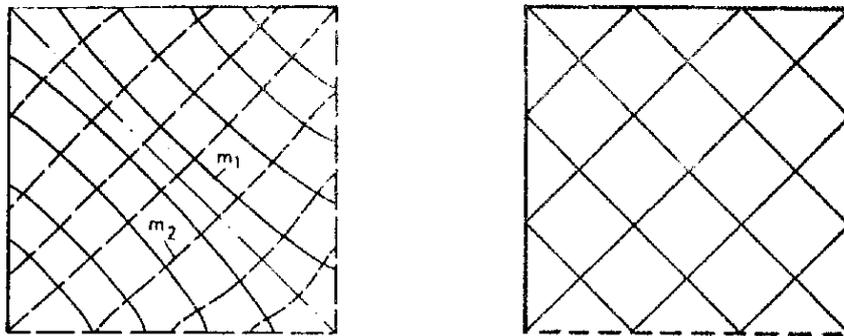


FIG. 22

#### Planta cuadrada con borde interior libre

Este es un proyecto apto para diseñar interiores "en galería" o patios interiores para diversos destinos (fig. 23). Aprovechando el apoyo perimetral externo se puede concebir que los nervios "angulares" (remarcados) que apoyan efectivamente sobre el contorno pueden servir de apoyo a los otros nervios que tendrán que trabajar como piezas en voladizo.

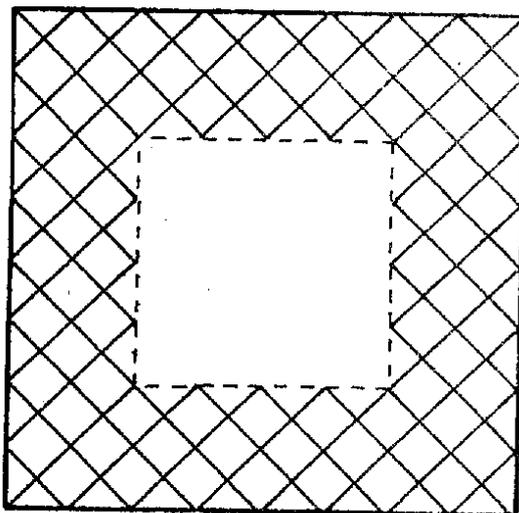


FIG. 23

#### Planta circular con voladizo hacia el exterior

El funcionamiento de esta planta circular, que supondremos con carga axialsimétrica, responde a curvas de momentos principales según las direcciones radial y anular (fig. 24). El buen funcionamiento de este conjunto depende fundamentalmente de la rigidez a la torsión de los nervios anulares.

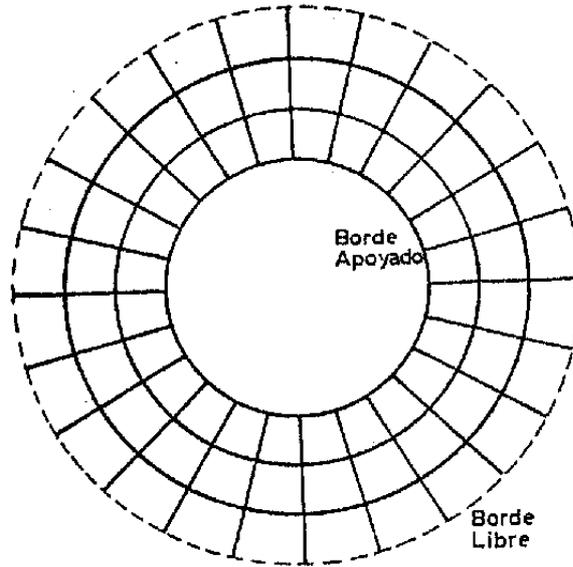


FIG. 24

### Emparrillados sobre columnas aisladas

Las curvas de momentos principales para un empujamiento sobre columnas aisladas en tramos cuadrados se ve en fig. 25. Si se sigue la disposición de estas curvas resulta una trama muy complicada de nervios. prefiriéndose en general una distribución más ordenada de nervios paralelos como se muestra en fig. 26. En este caso, como se requiere una altura uniforme, es conveniente rellenar de hormigón los casetones (fig. 26) que cargan directamente sobre las columnas, evitando así el punzonado directo sobre la losa tapa de casetón de pequeño espesor.

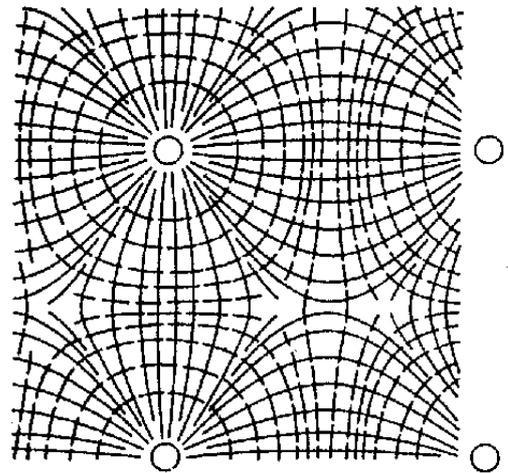


FIG. 25

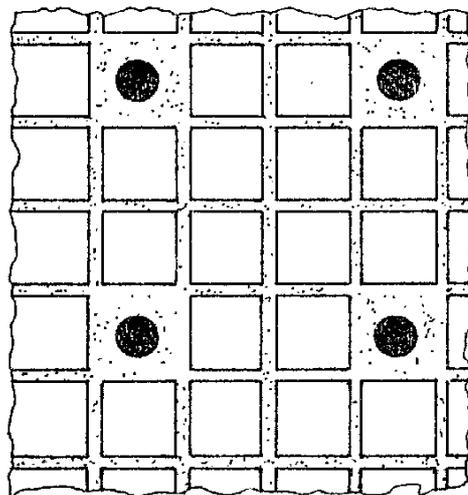


FIG. 26

---

## 7) Otras formas de mallas

En algunos casos se ha intentado seguir con la orientación de nervios respetando estrictamente las curvas de momentos principales como se muestra en fig. 27. Si bien teóricamente esta disposición es de indiscutible eficiencia, tiene su contrapartida de resultar constructivamente complicadísima. Prácticamente los casetones son diferentes y de difícil hechura.

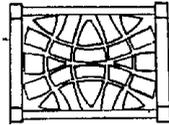
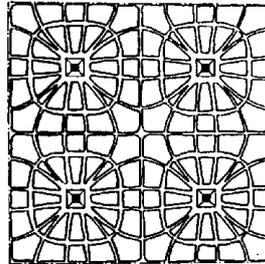


FIG. 27



## 8) CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

En general se requiere que los emparrillados tengan una misma altura para todos sus nervios. Una forma de construirlos consiste en encofrar una superficie plana continua, donde luego se disponen los lugares destinados a los casetones. Estos lugares suelen ser materializados con “bateas” de plástico invertidas. Quedan así espacios entre bateas que serán los nervios. Se disponen luego la armadura de los nervios (en general ortogonales entre sí) y los estribos predispuestos.

Finalmente se dispone la armadura de las losas tapa de casetón y se hormigona. Para desmoldar a veces se recurre a disponer previamente una válvula en las “bateas” y por allí inyectar aire con lo cual se somete a la “batea” a una presión que tiende a despegar el molde y recuperarlo.

Si la solución no se factura con moldes habrá que recurrir a la construcción de “cajones” de madera en general forrados en chapa (para ser usados varias veces).

Otra solución de encofrado puede constituirlo el uso de “paneles” de poliuretano expandido para crear los vacíos de los casetones. Los volúmenes de origen vienen en el mercado, en general, en trozos de 1 mt. por 4 mts. que luego se cortan de acuerdo a las medidas de los casetones. Si el propósito es recuperarlos se envuelven los trozos en una bolsa y se deja debajo en el entablonado una atadura de alambre previamente pintando la bolsa con un desmoldante. Esta operación no es sencilla y se pueden tener algunos fracasos.