

DISEÑO SÍSMICO POR CAPACIDAD PARA EDIFICIOS DE VARIOS NIVELES. ANÁLISIS DE LAS COLUMNAS EN EL MODELO TIPO PANEL.

ING CIVIL L. H. NOGUERA.- Prof. FAUDI y FCEFyN – UNC.- Córdoba.-

ARQ. ALEJANDRA PALMIERI.- Prof. FAUDI – UNC.- Córdoba.-

RESUMEN.-

Se propone un procedimiento rápido y cierto de obtención de las solicitaciones últimas a emplear en el proceso de diseño por capacidad en zona sísmica a través de un ejemplo de arquitectura a la cual se le asocia un esquema estructural donde se plantea un caso de aplicación para poder cuantificar y al final comparar con los elementos finitos.

El ejemplo tiene en los pórticos un mecanismo de colapso con dos rótulas en los tramos de las vigas y por aplicación de equilibrio a la rotación se llega a determinar el momento proveniente de los estados de cargas últimas en la columna extrema siguiendo los lineamientos del Reglamento Argentino INPRES- CIRSOC 103-Parte II-Construcciones Hormigón Armado (Julio 2000). Luego se modela el mismo pórtico por elementos finitos para llegar al valor del momento en la misma columna y realizar así la comparación.

La conclusión es satisfactoria para los alcances de éste trabajo ya que se llegó a una aproximación del noventa por ciento en la columna con el procedimiento propuesto en relación a los elementos finitos y se estima que es una afirmación de tipo general para el edificio en altura mediante el diseño por capacidad.-

ABSTRACT.-

It proposes a fast and accurate procedure of obtain of latest solicitations to use in the process of capacity desing in seismic zone across an example of architecture to which he was associated a structural pattern where there is a case of application to be able to quantify and compare with the final finite element.

The example has in multi-storey frame a mechanism of collapse with two hinged on the stretches of the beams and by implementing a balanced rotation to determine the time from the states of lastest charges in the extreme column along the lines of code Argentine INPRES- CIRSOC103 -Part II- Concrete Structures (July 2000). Then they modeled the same with hinged beams by finite elements to reach the value of moment in the same column and perform the comparison.

The conclusion is satisfactory to the scope of this work since it came to an approximation of ninety percent in column with the procedure proposed in relation to the finite element and considers it an affirmation of a general nature for the multi-storey frame of the building in height by capacity design.

1.-INTRODUCCIÓN.-

El Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes de Hormigón Armado INPRES-CIRSOC 103 PARTE II (Julio 2000) considera los criterios del diseño sísmico por capacidad (Llopiz) para el dimensionado de los elementos estructurales que es compartido sistemáticamente por los denominados nuevos Reglamentos que existen en distintos países. Por este criterio fundamental la óptima configuración de colapso debe ser propuesta. Esta configuración involucra tener el máximo número de zonas críticas plastificadas con alta capacidad de disipación de energía que el terremoto introduce a la estructura.-

Se deberá reconocer que el diseño por capacidad no es un proceso de cálculo en si mismo sino un proceso de diseño de la estructura a tener en cuenta. Por ello se habrá de tratar de señalar ese proceso de diseño a través de un ejemplo de aplicación a una planta de arquitectura a la que se le incorpora un esquema estructural y en el cual se señalaran los elementos estructurales: losas y vigas se las estimará en sus dimensiones teniendo en cuenta CIRSOC 201 (2005) y las columnas se las definirán en sus dimensiones con elementos que señala la práctica estructural. Para la relación de las dimensiones entre vigas-columnas se respetarán las prescripciones del Reglamento al igual que la posición de las rótulas en vigas.

Por los alcances del presente trabajo solo se muestra la columna extrema de un plano resistente al sismo y en la dirección de las Y a los fines de obtener el momento último (proveniente de las cargas mayoradas y combinadas) con el procedimiento propuesto en éste trabajo planteando solo las condiciones de equilibrio a la rotación.-

Se considera que el proceso propuesto en este trabajo es un aporte a los fines del predimensionado de los elementos estructurales en el Diseño por Capacidad cuando las rótulas se ubican en dos zonas críticas en las vigas ya que de forma manual rápida y con satisfactoria exactitud, como se demostrará, se obtienen las solicitaciones últimas.-

En Anexo 1 se indican los valores involucrados empleados en el cálculo y que son los mismos que se incorporaron en el modelado de la estructura mediante SAP 2000 y de éste programa se muestran las salidas respectivas que permiten comparar cuantitativamente los valores obtenidos con el anterior proceso sugerido. En Anexo 2 se indican la Bibliografía.-

2.-MODELOS.-

Es conocido que el primer paso del diseño por capacidad es la elección de un mecanismo de colapso y si se reconocen los modelos de mecanismos de colapso simples posibles que se pueden tener en el cálculo plástico de estructuras y en el edificio de una planta como los de: tipo panel, tipo viga o tipo nudo (Cudmani) - [FIG 1]

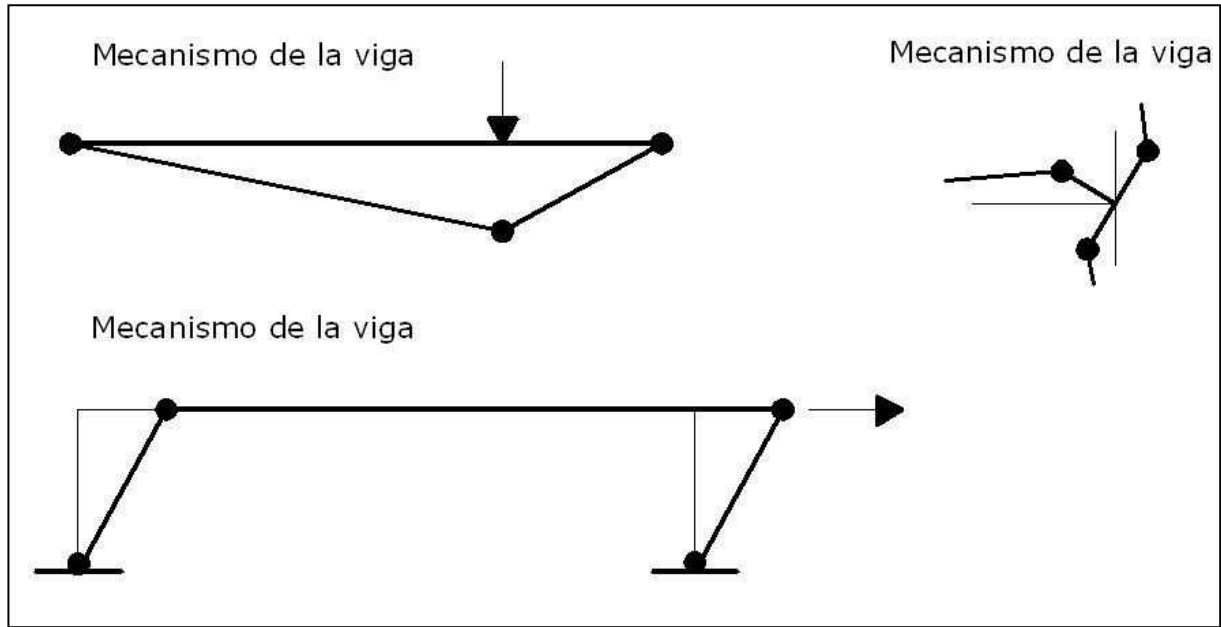


FIG 1

Los mismos pueden ser extendidos al edificio de varios niveles (Biondini,Toniolo,Tsionis) – [FIG 2 y FIG 3] y ya aplicando el diseño por capacidad en zona sísmica y con los mecanismos de colapsos indicados en [FIG 4].-

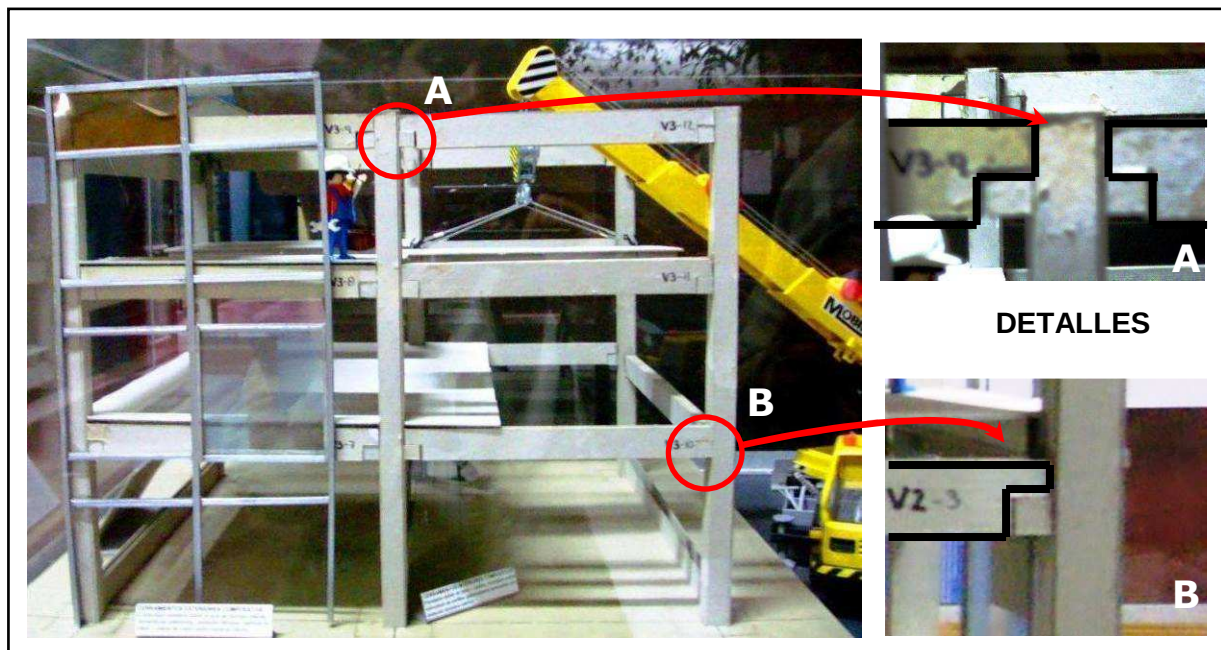


FIG 2



FIG 3

Se hará notar en éste trabajo que es necesario el diseño constructivo de las varias partes de las columnas en la dirección de asegurar la formación de rotulas plásticas al último en la base de las columnas de acuerdo al mecanismo de la [FIG 4c]

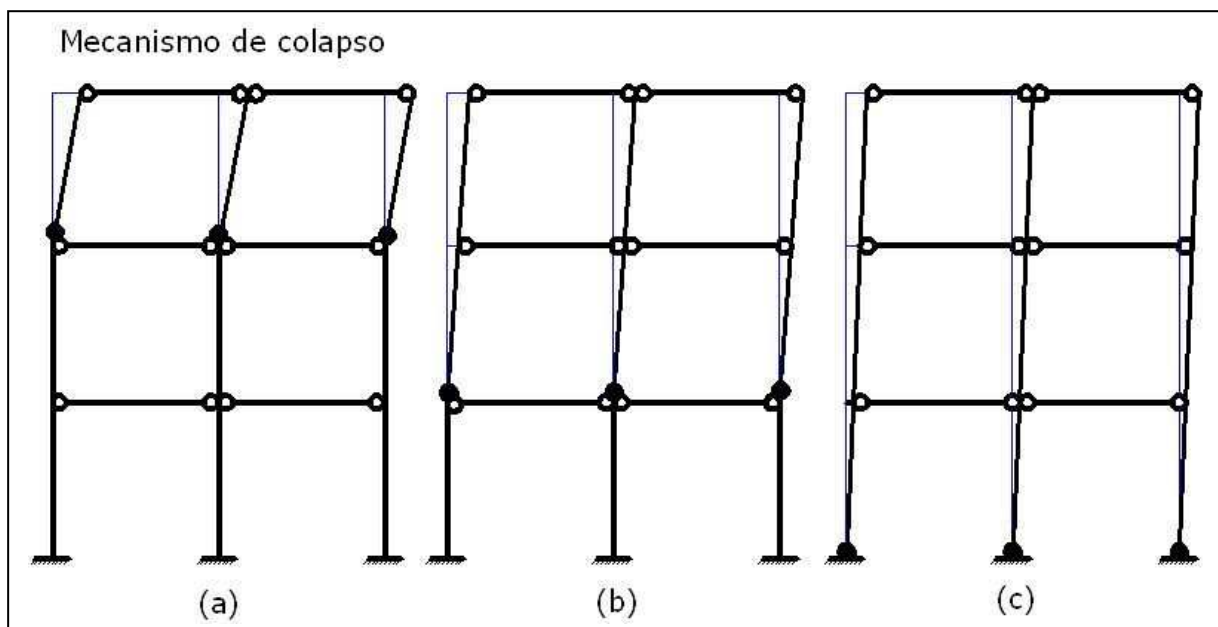


FIG 4

3.-LA ARQUITECTURA.-

Se trata de un proyecto de arquitectura de tres niveles a planta “abierta” y se indica de ella la Planta Tipo en su esquema como así también los cortes correspondientes y designados como A-A y B-B.- [FIG 5].-

Reconocer: la simetría indicada y que por lo tanto solo se grafica la mitad de la planta y que con la junta estructural se separa el núcleo “duro” de la construcción que habrá de alojar la escalera y tanque de agua y que el corte B-B corresponde a la totalidad del edificio propuesto.-

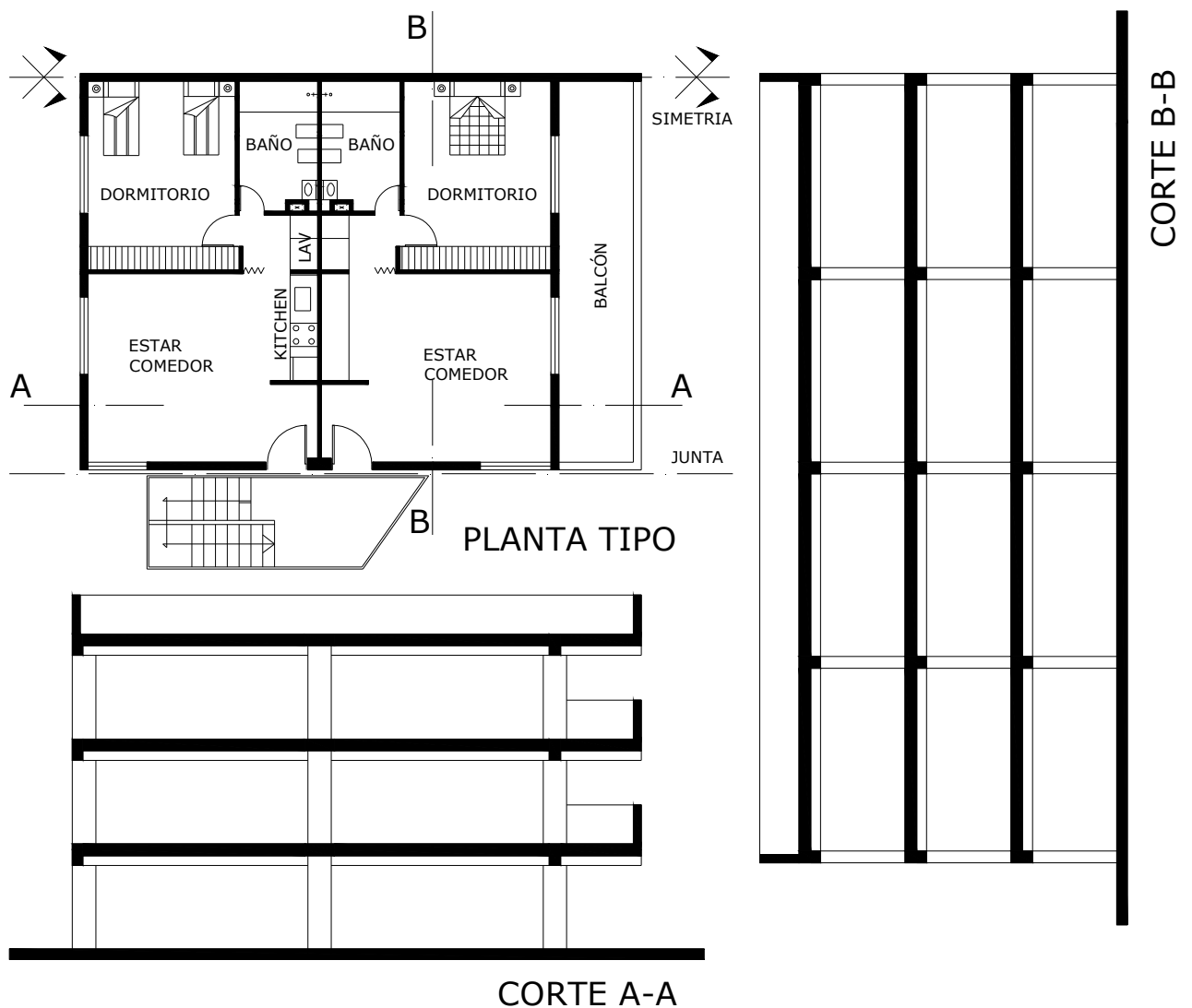


FIG 5

4.-EL ESQUEMA ESTRUCTURAL.- [Fig. 6].-

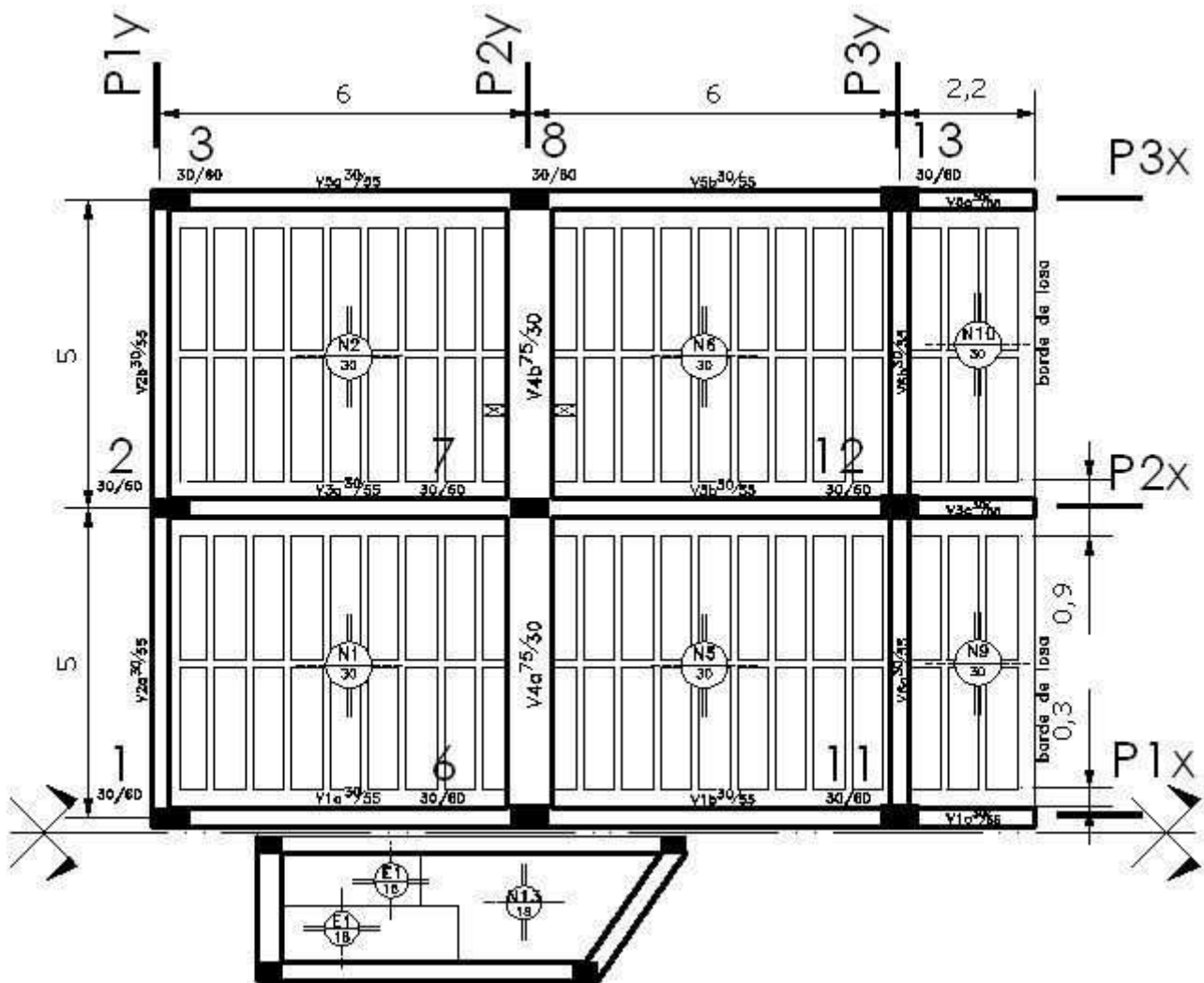


FIG 6

El esquema estructural propuesto corresponde a losas continuas en la dirección de las Y, con 5.00 m de distancia entre ejes de columnas, que apoyan en las vigas designadas como impares posicionadas en la dirección de las X.-

Atento a la teoría de disponer planos verticales resistentes a las fuerzas del sismo en dos direcciones ortogonales se disponen los planos de rigidez según X: P1X, P2X, P3X, P4X, P5X; y en la dirección de las Y: P1Y, P2Y, P3Y. [FIG 6].-

En el éste trabajo solo se habrá de analizar el plano designado como P2Y dominado por la carga del sismo ya que no recibe carga vertical (salvo la de su peso propio)

El predimensionado: se hará siguiendo los lineamientos de CIRSOC 201 (2005), que coincide con el del ACI, (en ANEXO se indican las operaciones correspondientes a las [FIG 7 y FIG 8] y que se explicará a continuación.-

4.1.-PREDIMENSIONADO DE LOSAS

Se hará siguiendo lo prescripto por CIRSOC 201 (2005) en Tabla 9.5.- [FIG 7]

Tabla 9.5 (a) Altura o espesor mínimo de vigas no pretensadas o losas armadas en una dirección, para el caso en que no se realice un cálculo de las flechas

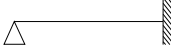
ELEMENTOS				
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos que no soporten o estén vinculados a tabiques divisorios u otro tipo de elementos susceptibles de sufrir daños por grandes flechas				
Losas macizas armadas en una dirección	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Vigas o losas nervuradas en una dirección	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

FIG 7

Para nuestro caso, en la dirección Y, y para las losas consideradas como continuas corresponde:

$$h = L / 18,5 = 500 \text{ cm} / 18,5 = 27 \text{ cm}; \quad \text{Adoptamos } h = 30 \text{ cm de altura total.}$$

El detalle constructivo propuesto corresponde a losas nervuradas y se grafica en Anexo 1 al igual que su valor por metro cuadrado.-

4.2.-PREDIMENSIONADO DE COLUMNAS.-

Se hará siguiendo lo aconsejado por (Cudmani) que indica, entre otras; tomar una tensión baja del hormigón y de acuerdo a las zonas sísmicas de nuestro País [FIG 8]

Se considera continuar el orden propuesto para ir obteniendo las medidas relativas de las piezas estructurales, tal como lo venimos haciendo: losas, ahora columnas, a los fines de ir cuantificando valores ya que:

*con el dimensionado de las losas tenemos la incidencia de la carga en planta por m^2

*con el conocimiento de las medidas de las columnas tenemos las luces nominales (L_n) indicadas por el Reglamento que sirve para el dimensionado de las vigas, no solo en su altura total sino en su ancho. Esto es importante sobre todo cuando se tienen denominadas vigas “chatas”; que es este caso, tal como se describe luego. En el ejemplo que nos ocupa resultó una dimensión de columna, ver en el esquema estructural [FIG 6], como una primera aproximación para la sección que habrá de ser modificada o no, según los valores del momento que la solicita a la base y la carga normal que sobre ésta actúan. Es conocida la situación, que no hay un predimensionado directo para la fijación de las dimensiones de las columnas.-

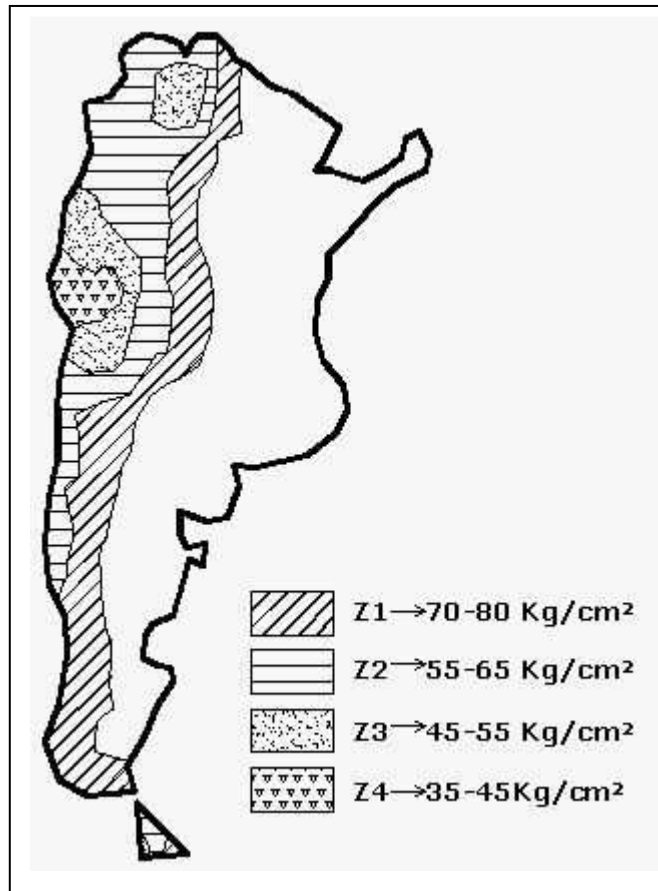


FIG 8

4.3.-DE VIGAS-COLUMNAS.- [FIG 9]

Tal como se adelanto, el diseño de las vigas se hará teniendo en cuenta las limitaciones dimensionales indicadas en el Cap 2 del Reglamento y en lo que dice a las secciones rectangulares con momentos aplicados en ambos extremos por vigas adyacentes, columnas o ambas. Se sintetizan estas prescripciones en [FIG 9] y para el caso del pórtico P2Y donde se posiciona la viga “chata” incorporando la losa y, además adoptando lo establecido en la Tabla de [FIG 7], se considera la dimensión 0.30 de la columna en la dirección indicada:

Longitud a eje de columnas: 5.00m.-

Longitud nominal de vigas (entre “plomos” de columnas): $L_n = (5.00 - 0.30)m = 4.70m$

Altura total min. de viga: $h = 4.70 / 18.5 = 0.25m$ (adoptado 0.30 e incorporada a la losa)

Ancho $b_w \geq \frac{L_n}{25} = \frac{4.70}{25} = 0.1880 \approx 0.19m$, adoptado: $b_w = 0.75m$ **para acordar con:**

$$b_w = h_c + \frac{hc}{4} + \frac{h_c}{4} = 60 + 7.5 + 7.5 = 75cm$$

4.3.-DE VIGAS-COLUMNAS (continuación).-

Se sintetiza todo lo anterior como sigue:

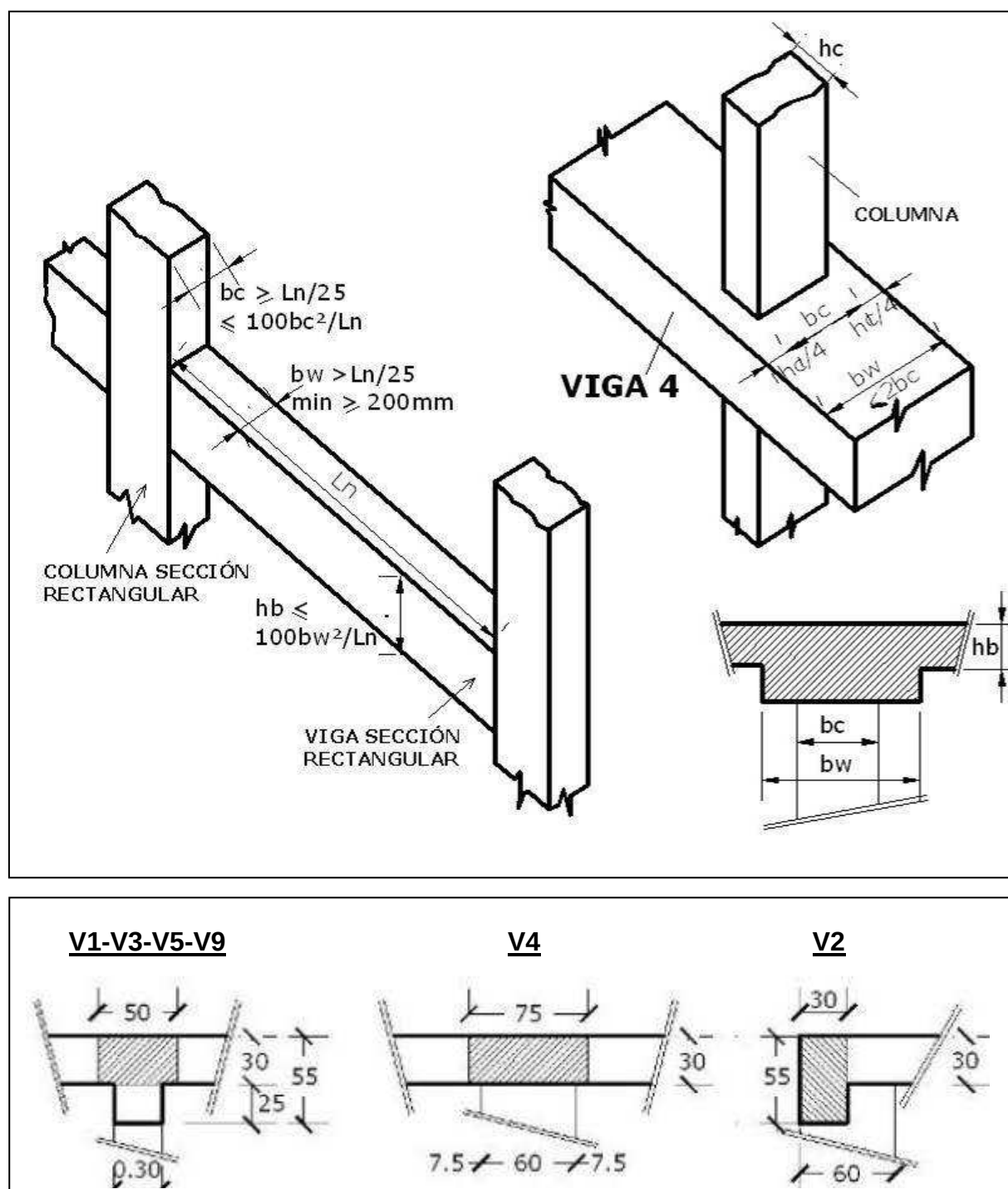


FIG 9

5.-EL PORTICO P2Y.-

Para el pórtico de nuestro interés, y luego de la COMBINACIÓN Y MAYORACIÓN DE CARGAS muerta y del sismo: 1.2D+Ev indicadas por CIRSOC, se grafica el esquema que sigue [FIG 10]:

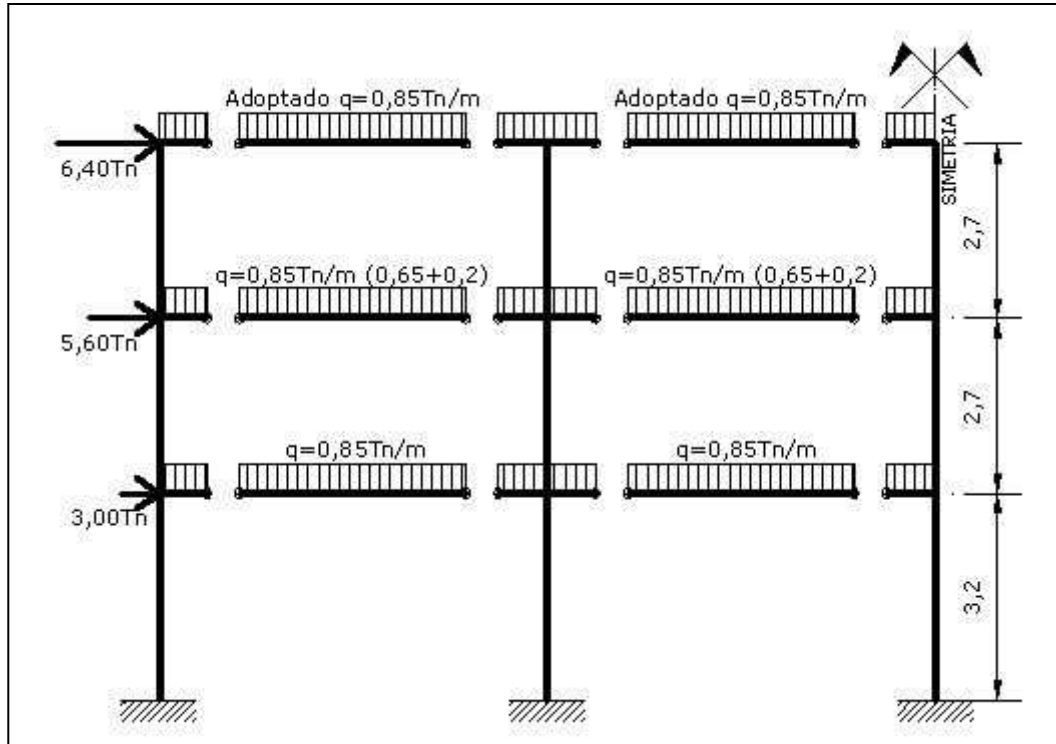


FIG 10

6.-EL PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA LAS VIGAS ARTICULADAS

6.1.-ESQUEMA DE CARGAS EN VIGA ROTULADA [FIG 11].-

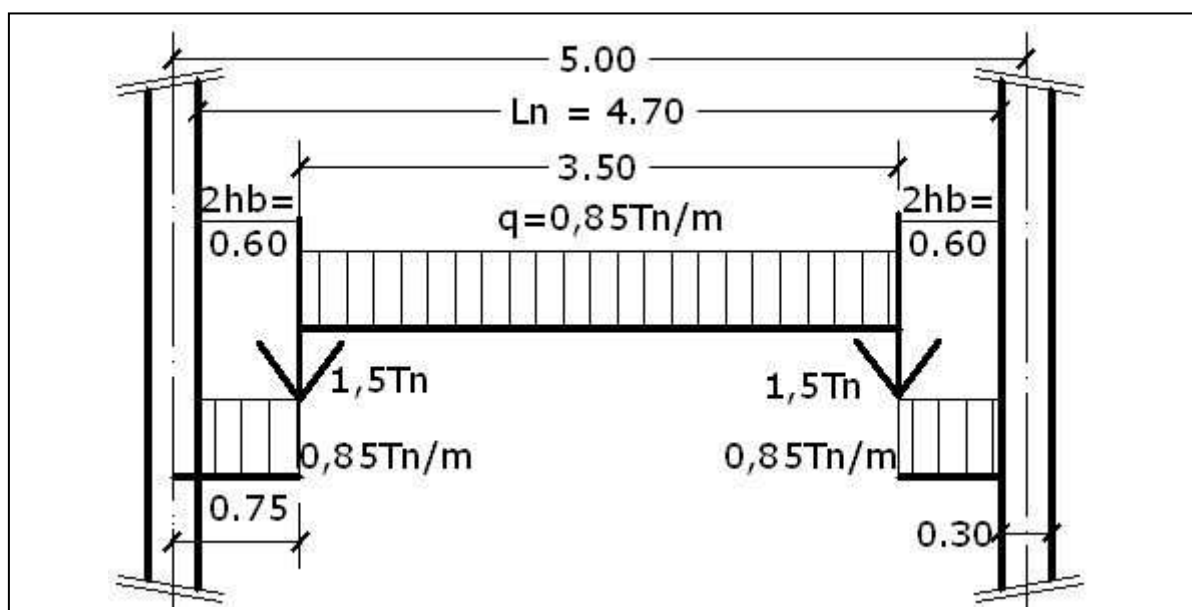


FIG 11

Teniendo en cuenta el estado de cargas señalado anteriormente de [FIG11] y Salvadori y Levy, allí mismo se consignaron: los valores y resultados correspondientes al estado 1.2D (muerta y producida por el peso propio de la viga) y la longitud de las zonas de formación potencial de rótulas plásticas (zonas críticas) indicadas por el Reglamento (a 60 cm del plomo de las columnas).-

6.2.-ESQUEMA DE CARGAS COLUMNA 6.- [FIG 12]

Para el esquema de carga resultante y por equilibrio a la rotación en la columna extrema y ejecutados en forma manual se esquematizan los resultados obtenidos:

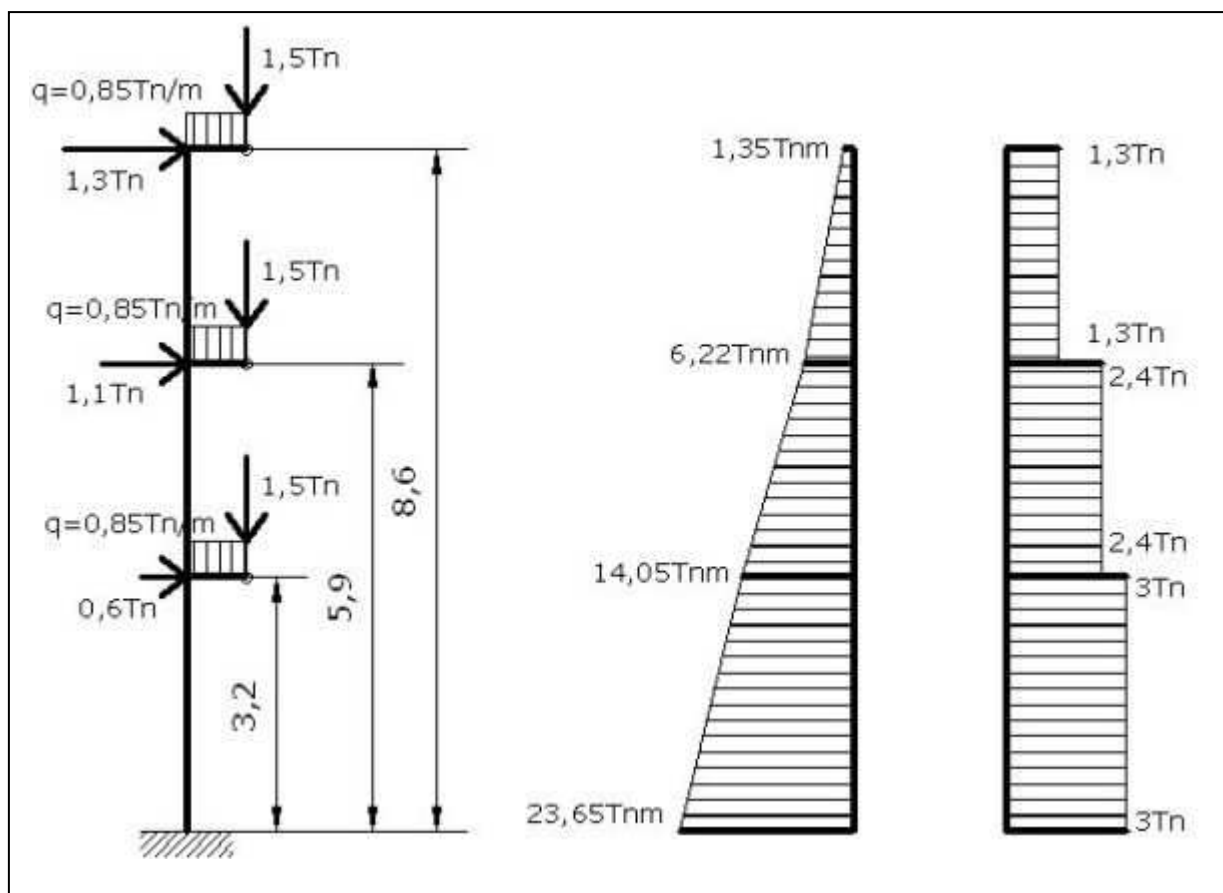


FIG 12

7.-MODELADO SAP 2000

P2y-ARTICULACIONES-GEOMETRÍA [FIG 13]

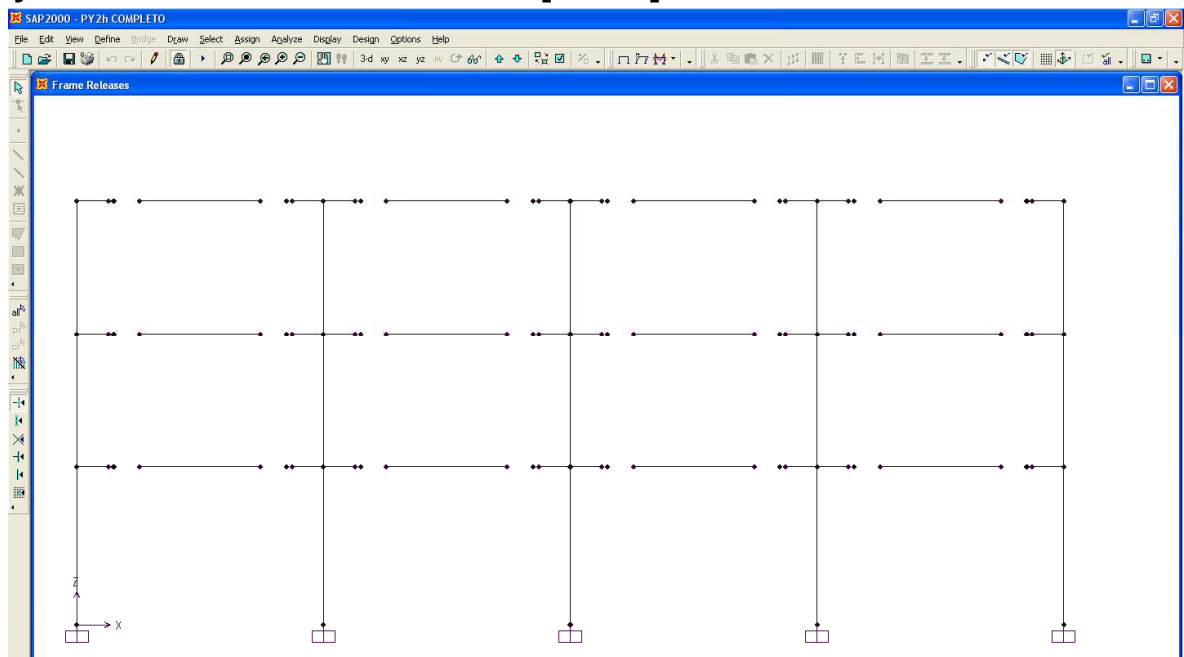


FIG 13

MODELO 3D- P2Y [FIG 14- FIG 15]

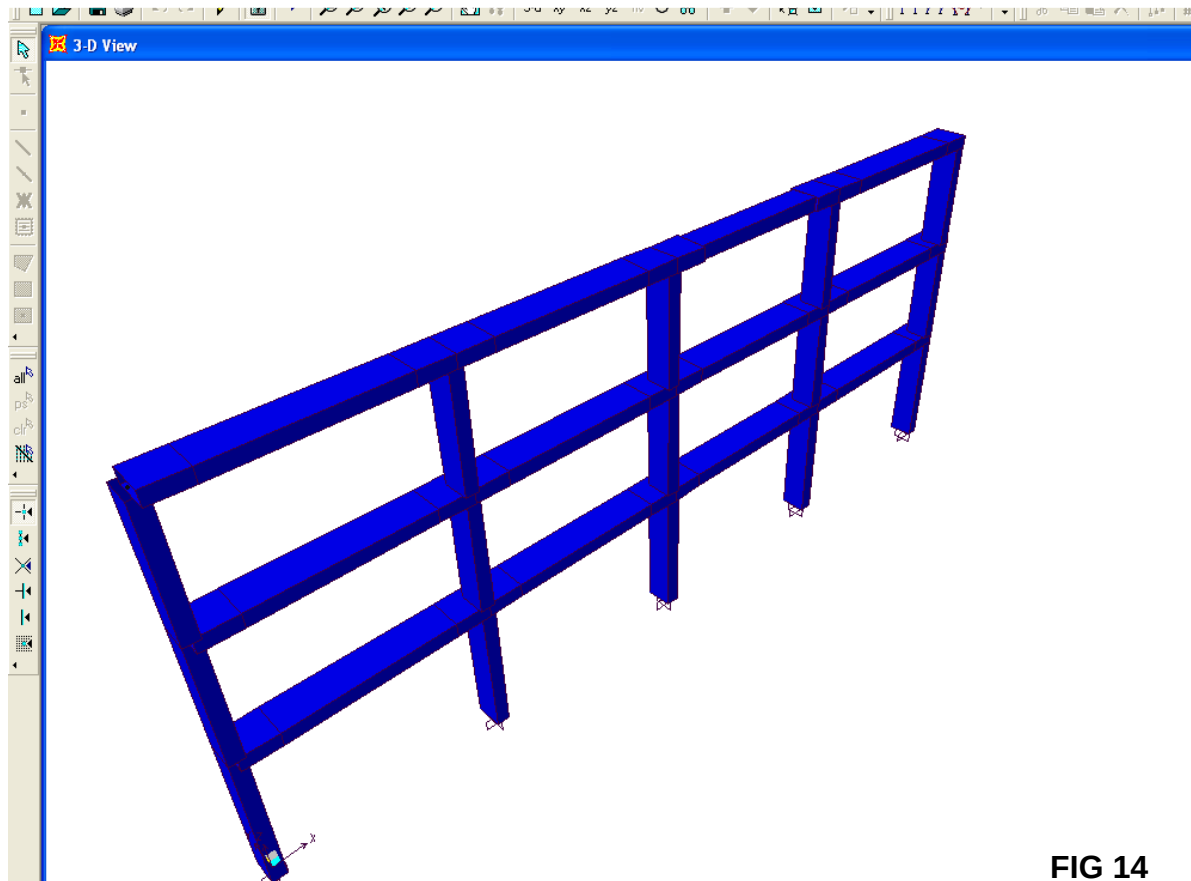


FIG 14

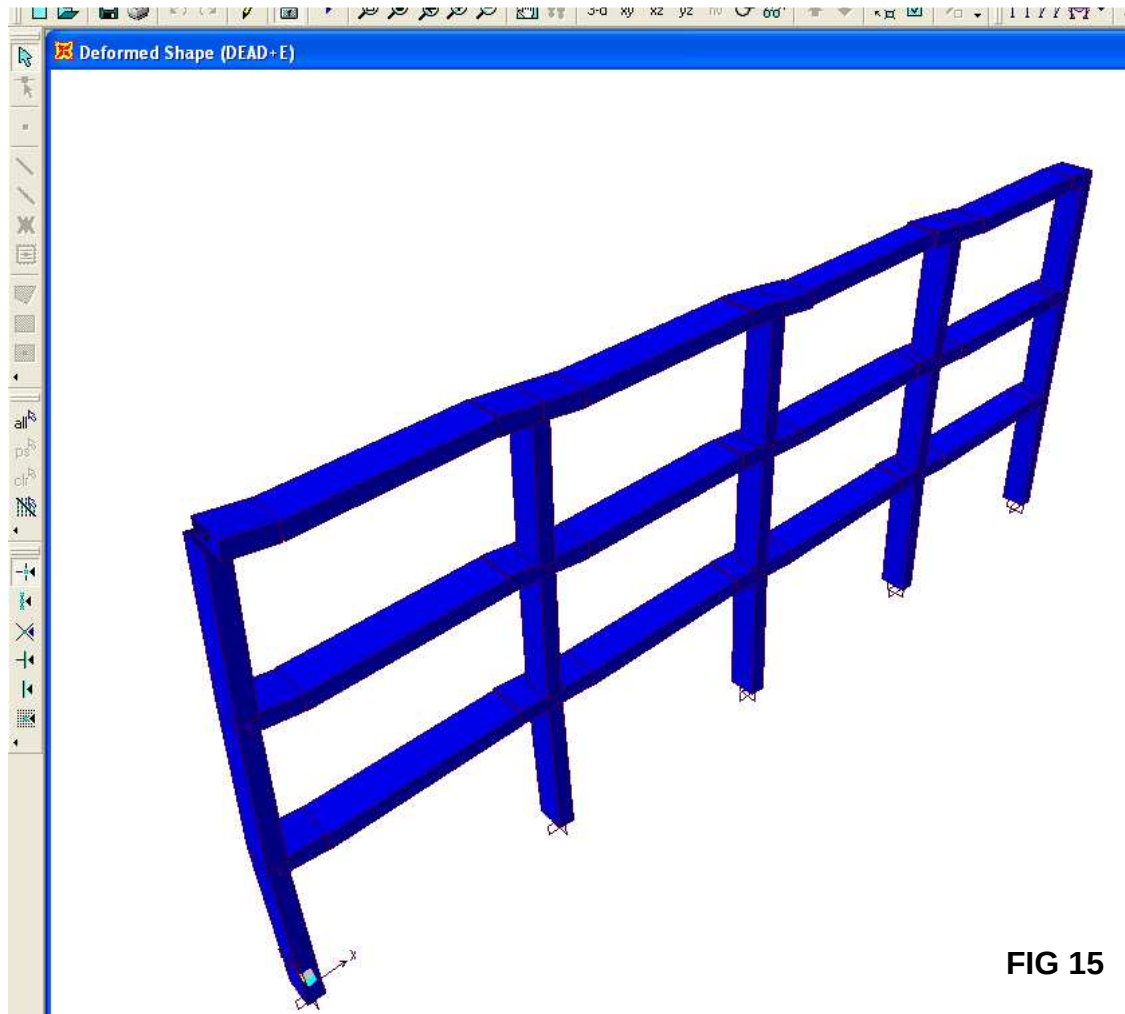


FIG 15

DEFORMADA P2Y [FIG 16]

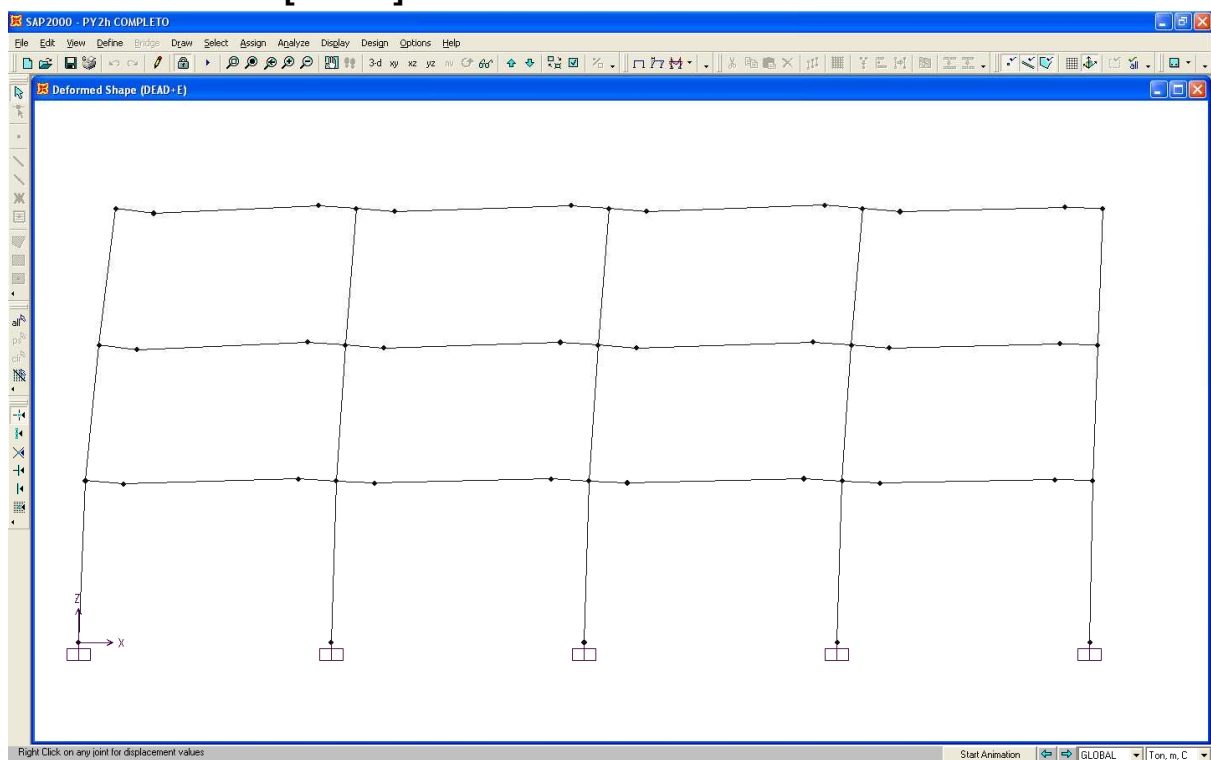


FIG 16

DIAGRAMA DE MOMENTOS P2y [FIG 17])

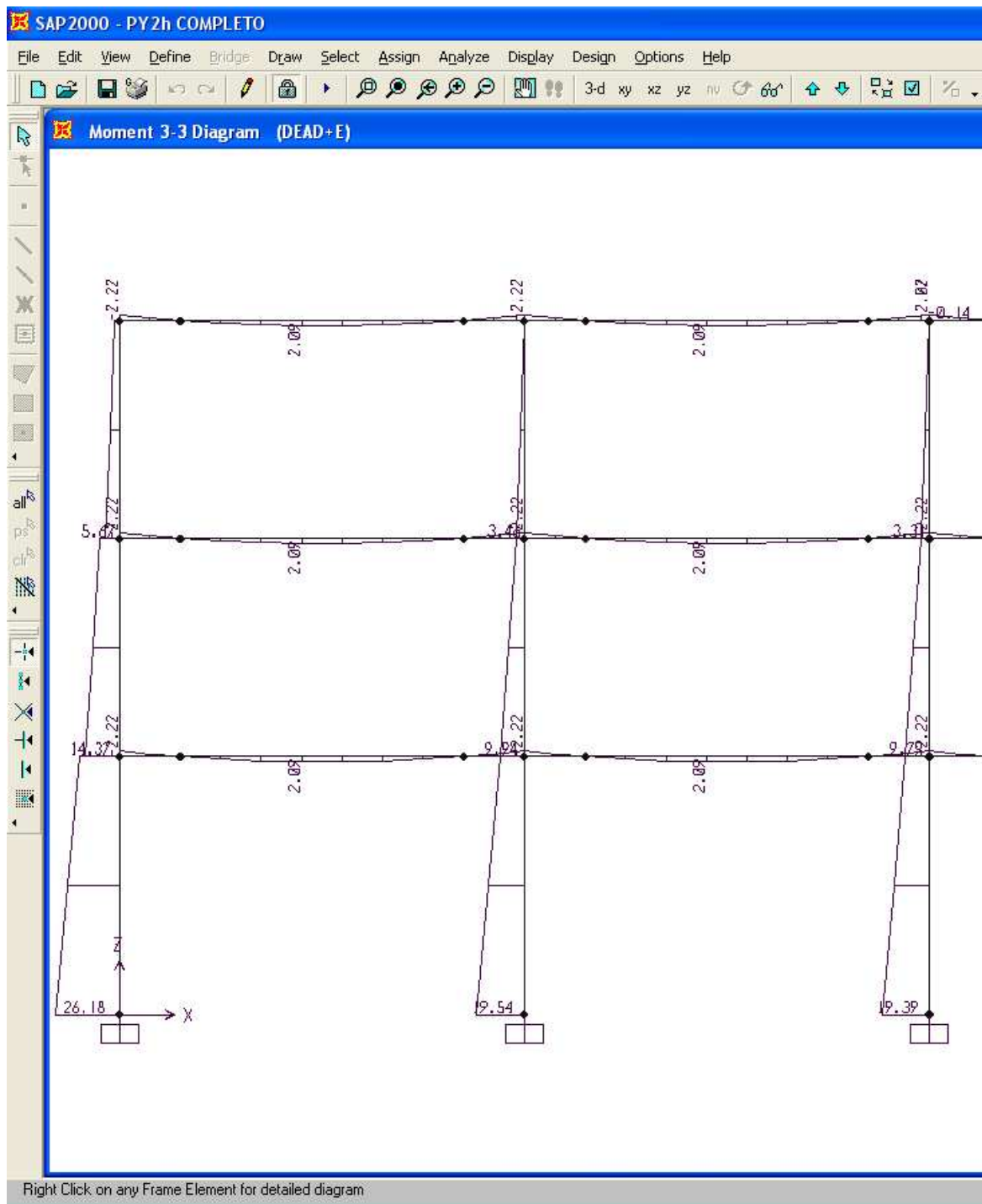


FIG 17

REACCIONES P2y [FIG 18]

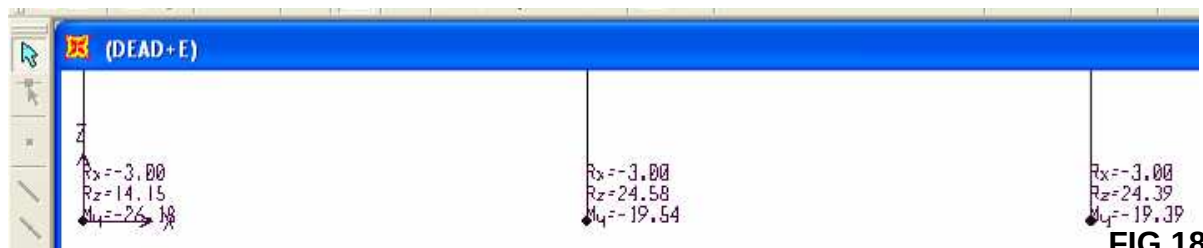


FIG 18

DIAGRAMA ESFUERZOS DE CORTES P2y [FIG 19]

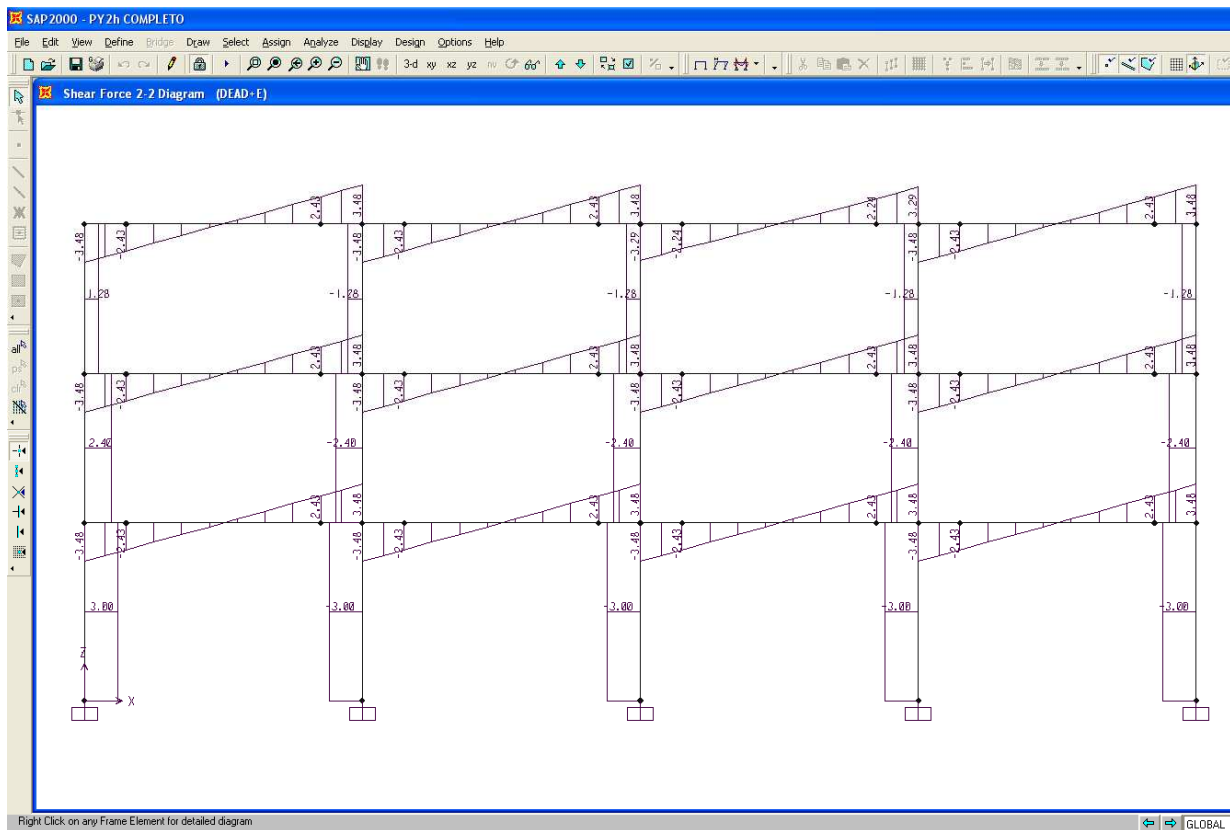


FIG 19

8.-CONCLUSIONES.-

En TABLA 1 siguiente se consignan los resultados obtenidos a los fines de comprobar la aproximación entre los mismos:

COLUMNA 6- PY2

SOLICITACIÓN	MOMENTO-SAP (Tnm)	MOMENTO/MANUAL (Tnm)	CORTE-SAP (T)	CORTE-MANUAL (T)
1NIVEL-SUP	2.22	1,35	1,28	1,3
1NIVEL- INF	5.67	6,22	1,28	1,3
2NIVEL	14.37	14,05	2,4	2,4
3NIVEL	26,18	23,65	3	3

TABLA 1

9.-ANEXO 1.-

ANÁLISIS DE CARGA DE LOSAS [según detalle adjunto - FIG 20]-

CARGA MUERTA (D).- LOSAS

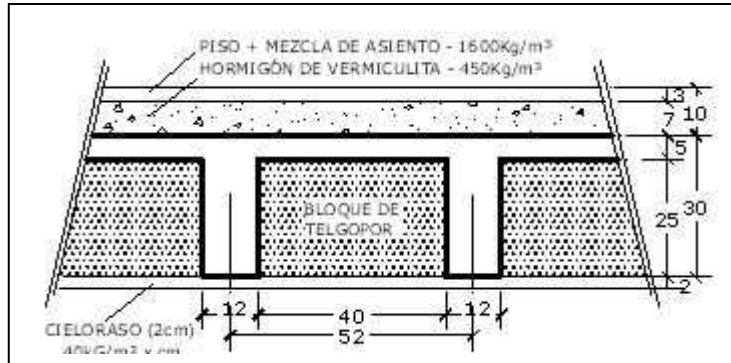


FIG 20

*de capa de compresión: $0.05m \times 2400Kg / m^3 = 120Kg / m^2$

*de nervios: $\frac{0.12m \times 0.25m \times 1m \times 2400Kg / m^3}{0.52m \times 1m} = 138Kg / m^2$

*de piso + carpeta: $0.03m \times 1600Kg / m^3 = 48Kg / m^2$

*de contrapiso: $0.07m \times 514Kg / m^3 = 21Kg / m^2$

*de cielorraso: $2.0cm \times 20Kg / m^2 \times cm = 40Kg / m^2$

TOTAL: $382Kg / m^2$

CARGA VIVA (L).- LOSAS

(según destino e indicado por CIRSOC)

*sector dormitorio-estar: $200Kg / m^2$

*sector balcones: $300Kg / m^2$

ANÁLISIS DE CARGA DE PÓRTICO P2Y

MUERTA (D)

Niveles 1 y 2

*de losa: $= 0.00Tn$

*de peso propio viga: $0.75m \times 0.30m \times 5m \times 2.4Tn / m^3 \times 4 = 10.80Tn$

*vigas perpendiculares: $(0.90 \times 0.25 + 0.30 \times 0.30)m^2 \times 6m \times 2.4Tn / m^3 \times 4 = 18.10Tn$

*columnas $0.30m \times 0.60m \times 2.45m \times 2.4Tn / m^3 \times 5 = 5.30Tn$

*de muros: $0.10m \times 2.40m \times 1.3Tn / m^3 \times 20m = 6.20Tn$

* $0.10m \times 6.00m \times 2.4m \times 1.3Tn / m^3 \times 2 = 3.70Tn$

* $0.10m \times 1.50m \times 2.4m \times 1.3Tn / m^3 \times 4 = 1.90Tn$

* $0.20m \times 6.00m \times 2.40m \times 1.3Tn / m^3 \times 2 = 7.50Tn$

TOTAL: $53.50Tn$

ADOPT.: $54.00Tn$

Carga repartida p/ml: $54Tn / 20m = 2.70Tn / m$.

Carga repartida del peso propio p/ml: $10.8Tn / 20m = 0.54Tn / m$.

Carga repartida del peso propio mayorada p/ml: $1.2 \times 0.54Tn / m = 0.65Tn / m$.

Niveles 3 (cubierta)

*de losa:	= 0.00Tn
*de peso propio viga:	$0.75m \times 0.30m \times 5m \times 2.4Tn / m3 \times 4 = 10.80Tn$
*vigas perpendiculares:	$(0.90 \times 0.25 + 0.30 \times 0.30)m2 \times 6m \times 2.4Tn / m3 \times 4 = 18.10Tn$
*columnas	$5.30 / 2 = 2.7Tn$
*de muros:	$19.30 / 2 = 9.70Tn$
TOTAL:	<u>41.30Tn</u>
	ADOPT.:42.00 Tn

Carga repartida p/ml: $42Tn/20m=2.10Tn/m$.-

Carga repartida del peso propio p/ml: $10.8Tn/20m=0.54Tn/m$.-

Carga repartida del peso propio mayorada p/ml: $1.2 \times 0.54Tn/m=0.65Tn/m$.-

ESTADO DE CARGA-MAYORACIÓN (PÓRTICO P2y): 1.2D.-

SE SINTETIZA EN EL ESQUEMA QUE SIGUE [FIG 21]:

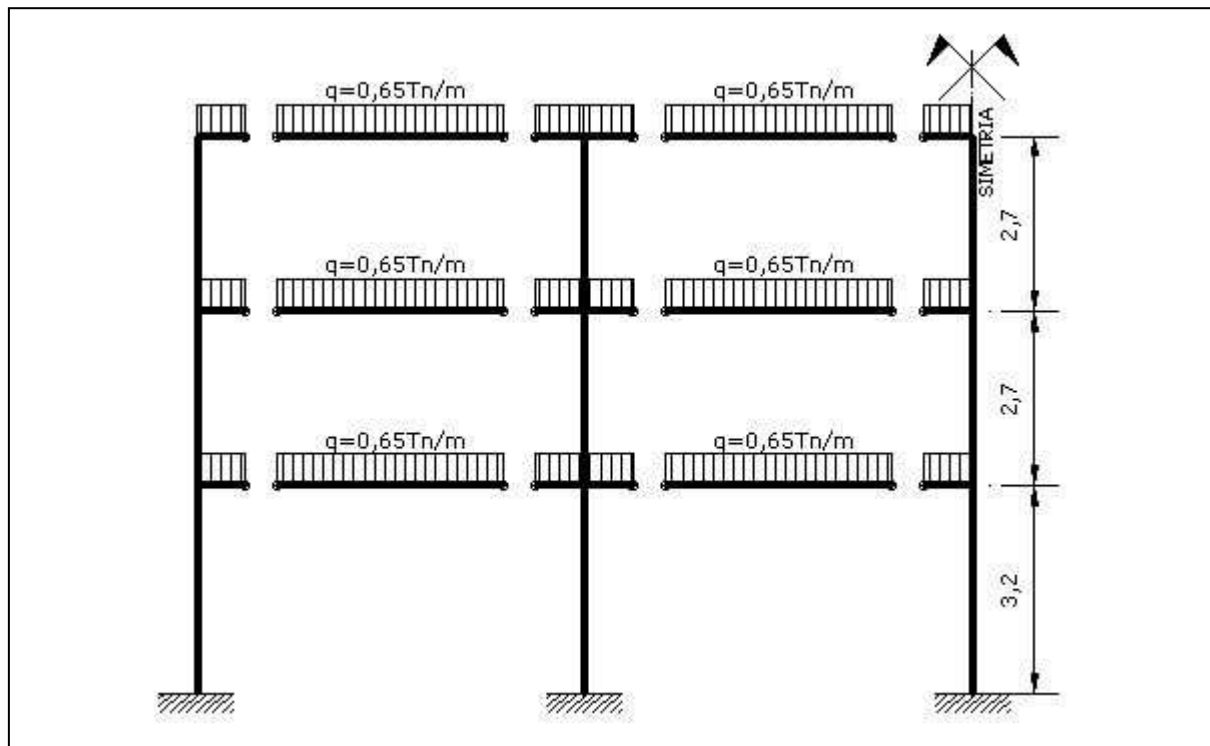


FIG 21

ESTADO DE CARGA DE SISMO: $E=E_h+E_v$

COMPONENTE E_h (horizontal)- TABLA 2 (Método Simplificado)

Masa vibrante total: $W_t=(42+54+54)Tn=150 Tn$ [FIG 22]

Coeficiente sísmico: $c=0.10$ (para zona sísmica 1)

Corte basal: $V_o= 150 \times 0.10 = 15.00 Tn$

NIVEL	$W_i(Tn)$	$H_i (m)$	$W_i \times H_i$	F_i	Corte
3	42	8.60	361.20	6.40	6.40
2	54	5.90	318.60	5.60	12.00
1	54	3.20	172.80	3.00	15.00
	150		852.60		

TABLA 2

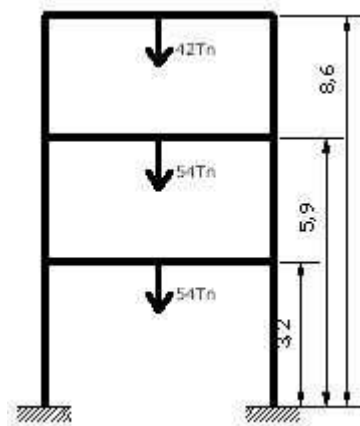


FIG 22

COMPONENTE E_v (vertical)

$$E_v = 0.20 \times b \times D \times \gamma d$$

Niveles 1 y 2: $0.20 \times 0.30 \times 54 \times 1 = 3.24 Tn$, distribuida: $3.24/20 = 0.20 Tn/m.-$

Niveles 3: $0.20 \times 0.30 \times 42 \times 1 = 2.52 Tn$, distribuida: $2.52/20 = 0.15 Tn/m.-$

SE SINTETIZA EN EL ESQUEMA QUE SIGUE [FIG 23]

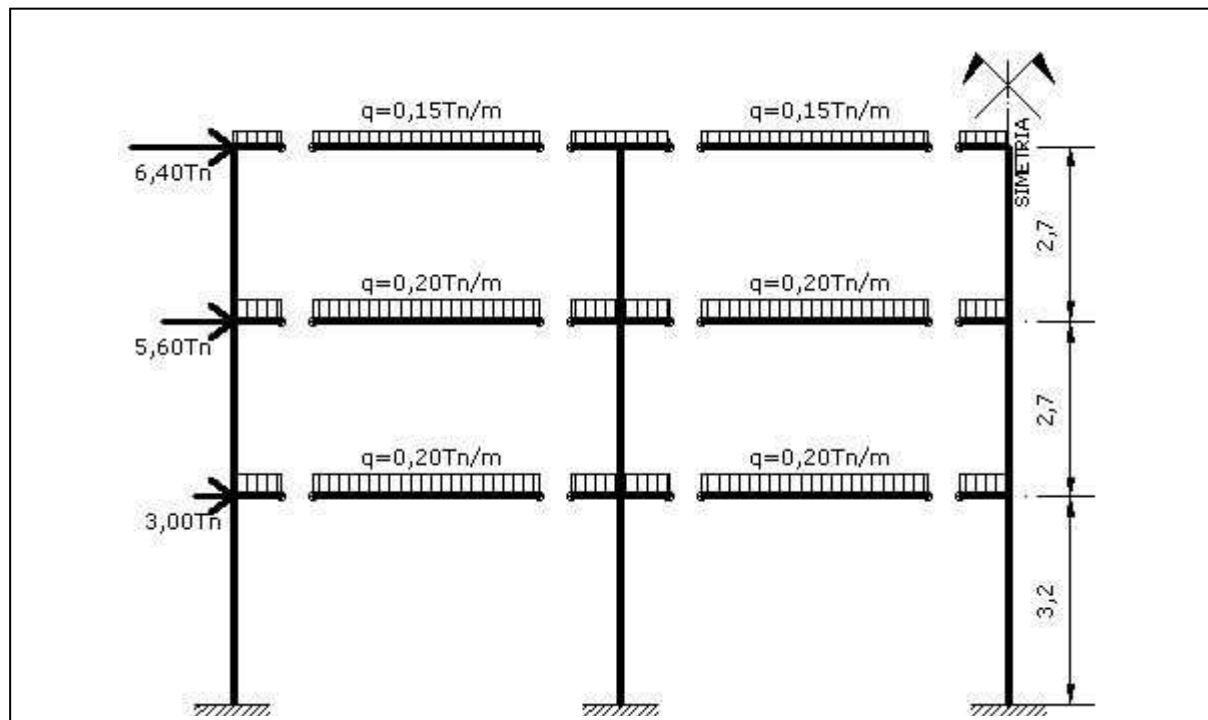


FIG 23

10.- ANEXO 2.- BIBLIOGRAFÍA.-

1.-Cudmani Roberto Oscar.-TEORIA Y PRACTICA DE LAS ESTRUCTURAS DE BARRAS,.Univ. Nac. de Tucuman.-Fac. de Ciencias Exactas y Tecnología.-Dept. de Construcc. Y Obras Civiles.-EDUNT. Editorial de la Univ. Nac. De Tucuman.-

2.-Salvadori Mario y Levy Matthys.-STRUCTURAL DESIGN IN ARCHITECTURE.-Prentice-Hall International Series in Achitecture.-1967.-Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J..-

3.-Biondini,Toniolo,Tsionis.-SEISMIC DESIGN OF MULTI-STOREY PRECAST STRUCTURES WITH HINGED BEAMS.-Studies and Reserches-V25, 2004.-Graduate School in Concrete Structures – Fratelli Pesenti.-Politecnico di Milano, Italy

4.-Reglamento INPRES-CIRSOC 103.-Reglamento Argentino Para Construcciones Sismorresistentes.-Parte II.-Construcciones de Hormigon Armado.-Julio 2000.-

5.-Llopiz Carlos Ricardo.-DISEÑO POR CAPACIDAD. CONCEPTO-CURSO DE INGENIERIA DE DISEÑO SISMO RESISTENTE.-Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Cuyo.