

MAESTRANZA CENTRAL DE LOS FF. CC. del E.

Proyecto en concreto armado de nuevos talleres para reparación de coches y carros

POR

RAIMUNDO PIWONKA J. Y MARCOS ORREGO P.

El nuevo proyecto elaborado por la Oficina de la Maestranza Central en San Bernardo comprende un grupo de edificios que se destinará a la reparación de coches de pasajeros y carros de carga; ellos vendrán a completar lo construído hasta hoy día, a saber, un taller para reparación de locomotoras y otros comunes al servicio de reparación de coches, carros y locomotoras.

El nuevo grupo comprenderá los siguientes edificios:

Taller de reparación de coches.

- » » pintura de coches.
- » » reparación de carros.
- » mecánico de coches y carros.
- » de carpintería.

Desecador de maderas.

Depósito de maderas secas.

- » » aceites y pinturas.

Edificio para la Administración de la Maestranza Central.

En el deseo de exponer brevemente a nuestros colegas las características principales de dichos edificios, como también las razones de adopción de algunos sistemas y elementos constructivos, hemos elegido para este primer artículo dos edificios de disposiciones constructivas similares: Taller mecánico de coches y carros, destinado a la reparación y confección de piezas en fierro, y Taller de carpintería destinado al laboreo de las piezas de madera.

Agregaremos también un resumen de los cálculos de algunos elementos del edificio.

Elección del tipo de edificio.

Condición impuesta para ambos edificios era, a más de su superficie, el ancho, 24 m. Por razón de la distribución de la maquinaria y del servicio mismo de

los indicados talleres, éstos sólo podían admitir una corrida central de pilares, quedando en tal caso divididos en dos naves de 12 m. de ancho cada una.

Se compararon las tres soluciones que se indican esquemáticamente en las láminas 1 a 7, las que pueden describirse como sigue:

1.ª Solución.—Dos naves con cerchas en forma de V invertida espaciadas de 6 metros en el sentido longitudinal del edificio, con luces de 12 metros cada una. Cada nave lleva una linterna con ventanas para iluminación y ventilación. La losa del techo corre entre dichas cerchas (láms. 1 y 2).

2.ª Solución.—Cerchas Shed espaciadas de 4 metros en el sentido transversal del taller y de 7 metros de luz en el sentido longitudinal, entre las cuales corre la losa del techo; el Shed tiene un elemento vertical (láms. 3 y 4).

Cada Shed ABC es considerado independiente y articulado en las respectivas vigas rectangulares V, esto último a fin de evitar torsión en las citadas vigas. Estas a su vez se consideran como continuas sobre las tres columnas que les sirven de apoyo. Las ventanas ocupan los claros hachurados en la lám. 3.

3.ª Solución.—Vigas Vierendeel dispuestas en el sentido transversal del taller reciben nervios N frente a los montantes de dichas vigas; entre los nervios corre la losa del techo (láms. 5, 6 y 7). El conjunto así formado es del tipo Shed como la solución 2.

La viga es considerada continua sobre las tres columnas que la soportan, y los claros entre montantes y cabezas son ocupados por las ventanas.

—En las tres soluciones existen ventanas en los frentes oriente y poniente y los muros se consideran como de relleno.

Las solicitaciones que se han hecho intervenir son: peso propio, a razón de 2400 k m³ concreto; viento de 100 k, m² obrando horizontalmente; diferencias de temperatura de $\pm 20^{\circ}$.

—Estudiadas en ante proyecto las soluciones con techo Shed se obtuvo una diferencia económica apreciable a favor de la última de las indicadas. A su vez, ésta era económicamente comparable con la primera de las soluciones descritas; las condiciones muy superiores de iluminación y ventilación hicieron adoptar en definitiva la solución 3.ª, la que pasamos a describir someramente.

Descripción de los elementos constitutivos del edificio.

Las vigas Vierendeel, los nervios N y las columnas serán hechas en moldes en el sitio mismo del edificio. La losa que va entre los nervios, de la sección T indicada en la lámina 8, será hecha por paños de 1' x 4 mts. en canchas que se establecerán en el suelo, para en seguida ser levantada por grúas, huinches u otros procedimientos análogos (1). Se obtendrá la unión de los paños sucesivos cruzando

(1). Cada pieza pesa m m 500 k.

las armaduras frente a los nervios y rellenando con concreto un espacio de 0.30 m. que se ha dejado entre ellos para este objeto.

Se ha adoptado el tipo de losa indicado por las razones siguientes:

1.º Por permitir, con sólo una mayor selección del ripio, dimensiones mínimas menores que las que requiere la losa confeccionada con andamios y moldes en el sitio mismo de su utilización, lo que representa una economía en el cubo; así la losa T proyectada tiene un espesor medio de 5, 5 cms., no pudiendo llegarse en las otras a espesores menores de 8 cms.

2.º Porque como consecuencia de un menor peso de la losa, se abaratan todos los demás elementos resistentes, desde los nervios hasta las fundaciones.

3.º Por ser el costo del m³ de losa confeccionada abajo y colocada en su sitio a lo más igual al que se obtendría caso de confeccionar la losa arriba.

Distribución de los elementos.

El espaciamiento de los nervios con él la longitud de los paños unitarios de la losa y el número de montantes de la viga Vierendeel) y el espaciamiento de las vigas Vierendeel fueron estudiados en conjunto y determinados sobre la base de la solución más económica y de menores dificultades para la instalación de las losas. Se llegó así a la disposición indicada en las láminas 5, 6 y 7, esto es: nervios espaciados de 4 m., y por consiguiente, paños de losa de 1 x 4 m., y vigas Vierendeel espaciadas de 8,70 m. con dos montantes intermedios en cada uno de los tramos de 12 m.

Las fachadas norte y sur no llevan viga Vierendeel sino columnas para recibir cada nervio.

Para tomar la acción del viento en las fachadas norte y sur y a la vez para establecer una buena unión entre las diversas vigas Vierendeel, se ha unido rigidamente las columnas con los nervios en cada uno de los planos CD, formando un solo conjunto de cerchas en toda la longitud del edificio. (Lám. 9)

Bases de cálculos.

Cada paño de losa se consideró simplemente apoyado sobre los nervios que la reciben.

Los nervios N se consideraron simplemente apoyados en la cabeza superior e inferior, respectivamente, de cada una de las vigas Vierendeel que lo limitan. La viga Vierendeel se consideró continua sobre tres apoyos.

Para el sistema de cerchas en los planos CD, se consideró la deformación del conjunto, tomando (lo que se realizará en la construcción) empotramiento en la sección A y articulación en la sección D de cada una de las cerchas ABCD del sistema. (1)

(1) El elemento CD es a la vez el montante central de la viga Vierendeel.

Consignaremos más abajo un resumen del cálculo de la viga Vierendeel. No creemos de interés insertar el de los paños de la losa y el de los nervios. En cuanto al sistema de cerchas, se ha tratado él en una forma general para varios otros edificios y su cálculo deseamos exponerlo en un próximo artículo.

Viga Vierendeel.—Determinación de los momentos y esfuerzos en las cabezas y montantes.

La acción transmitida por la losa y el nervio N a plomo de cada montante de la viga es de 8 toneladas. El peso propio de la viga, concentrado a plomo de los montantes, da para cada uno de éstos 3,8 toneladas. Se tiene en total 11,8 toneladas por montante.

El esquema de la viga con su sollicitación es el que se indica en lámina 10.

No se ha colocado las cargas a plomo de los montantes 1 y 4 por no tener influencia en la deformación de la viga.

Se determinó primeramente la reacción R_I y R_{II} de la viga continua sobre tres apoyos. Para este efecto se ha considerado la viga con momento de inercia constante, lo que es de una aproximación suficiente.

Se tiene:

Momento sobre los apoyos $I = 0$

M_{II} = momento sobre el apoyo II

P = carga que actúa en cada uno de los montantes intermedios = 11,8 tons.

l = Luz de los tramos = 12 m.

La ecuación de tres momentos da:

$$4 M_{II} l = 2 P \left(\frac{1}{3} \frac{8}{9} + \frac{2}{3} \frac{5}{9} \right) l^2 = \frac{4}{3} l^2 P$$

$$M_{II} = \frac{1}{3} P l = - 47,2 \text{ tonms.}$$

De aquí:

$$R_I = 11,8 - \frac{47,2}{12} = 7,867 \text{ tons.}$$

$$R_{II} = 4 \times 11,8 - 2 \times 7,867 = 31,467 \text{ tons.}$$

Calcularemos los momentos en los puntos medios de los paños, que intervienen en las ecuaciones de la Viga Vierendeel.

$$M_1^2 = 7,867 \times 2 = 15,733 \text{ tonms. } M_2^3 = 7,867 \times 6 - 11,8 \times 2 = 23,6 \text{ tonms.}$$

$$M_3^4 = 78,667 - 11,8 \times 8 = - 15,733 \text{ tonms.}$$

Se han aceptado las siguientes condiciones de cálculo:

1.º—Se consideran sólo las deformaciones por flexión de la viga, despreciándose en consecuencia las debidas a los esfuerzos de compresión o tracción y a los de cisalle.

2.º—Se acepta que la sección y momentos de inercia de las cabezas queda igual a lo largo de la viga, e igualmente, que todos los montantes tienen la misma sección y momento de inercia; se desprecia, por lo tanto, las variaciones de dichos valores por razón de los acordamientos entre cabezas y montantes.

3.º—Se acepta la igualdad entre los momentos de inercia de cabezas y montantes.

4.º—El peso propio de la viga se ha supuesto concentrado a plomo de los montantes, despreciándose con ello los momentos suplementarios que resultaría, de considerarse la flexión entre montantes debido al peso de las cabezas.

El señor Vierendeel demuestra en una de sus memorias la ninguna influencia práctica que para los resultados del cálculo significa la aceptación de las condiciones anteriormente expuestas.

Cortando la viga en dos trozos por el plano de la sección central de los montantes el esfuerzo horizontal $\pi_r + 1$ en el montante $r + 1$ del paño $r - (r + 1)$ puede definirse por la ecuación:

$$\pi_r + 1 = \pi_r + \frac{6 D}{H} \zeta_1^r \pi - \frac{6 D}{H^2} M_r^{r+1} \quad (\text{v. lám. 11})$$

$$M_r^{r+1} = \text{momento en el centro del paño } r - (r + 1),$$

En nuestro caso las otras dos reacciones, la vertical y el momento, son nulas para la sección central del montante.

Introduciendo valores:

$$\frac{6 D}{H} = \frac{6 \times 4}{36} = 6,66 \quad \frac{6 D}{H^2} = \frac{6 \times 4}{12,96} = 1,85185 \dots$$

Las ecuaciones que nos definirán los valores de π serán:

$$\pi_2 = \pi_1 + 6,66 \dots \dots \pi_1 - 1,85185 M_1^2$$

$$\pi_3 = \pi_2 + 6,66 \dots \dots \left(\pi_1 + \pi_2 \right) - 1,85185 M_2^3$$

$$\pi_4 = \pi_3 + 6,66 \dots \dots \left(\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 \right) - 1,85185 M_3^4 = 0$$

La solución de estas ecuaciones da:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 3\,955 \text{ K} \\ \pi_2 &= 1\,183 \text{ K} \\ \pi_3 &= 8\,269 \text{ K} \end{aligned}$$

La sollicitación completa de la viga será la indicada en la lámi. 12.

y obtenemos para: Nudo 1 — $3,955 \cdot 1,8 = -7,119$ tonms.

Momentos en las cabezas

}	Nudo 2	{	$y = 7,119 + 3,934 \cdot 4 = + 8,617$ tonms.	
			$d = -1,183 \cdot 1,8 = + 6,488$ tonms.	
	}	Nudo 3	{	$y = 7,119 + 3,934 \cdot 8 - 1,183 \cdot (1,8 - 5,9) \cdot 4$
				$= -1,376$ tonms.
			$d = 8,269 \cdot 1,8 = + 13,508$ tonms.	
	Nudo 4 — $7,119 + 3,934 \cdot 12 - 1,183 \cdot 1,8 - 5,9 \cdot 12 + 8,269 \cdot 1,8 = -17,956$ tonms.			

Esfuerzos en los paños:

1 — 2	+ 3 955 K	Signo +:
2 — 3	+ 5 138 K	Tracción cabeza inferior
3 — 4	— 3 131 K	Compresión cabeza superior

El diagrama de momentos para la viga es el indicado en la lámina 13.

Secciones de la viga.

Resultado de algunos cálculos previos fué la fijación de las secciones de cabezas, montantes, y acordamientos entre ellos que aparecen en la lámina 14, estos últimos sujetos también a la condición de dar ventanas proporcionadas.

Los cálculos posteriores se han limitado a fijar el trazado de las armaduras para dichas secciones.

El aumento rápido de los momentos frente al apoyo intermedio obligó a

aumentar la altura de la viga en esa parte; el ensanchamiento superior queda oculto por la losa del techo.

Fatigas admitidas en el concreto armado.

40 k cm² para el concreto de las vigas y de aquellas columnas en que interviene flexión en la sollicitación, 24 k/cm² para las columnas con sólo cargas céntricas.

Para los efectos de los esfuerzos oblicuos de extensión debidos a las fatigas de cisalle, se admitió para estas últimas 2,5 k cm² en el concreto; los esfuerzos oblicuos correspondientes al resto de la fatiga indicada serán tomados por barras inclinadas de 45° trabajando a fatigas máximas de 1000 k cm². Los estribos entran en calidad de elementos de unión y de mayor seguridad.

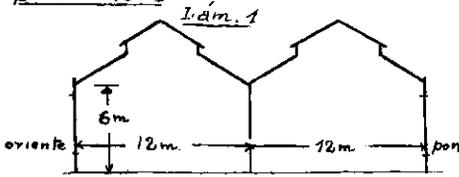
Las fatigas anteriormente citadas se adoptaron en los casos en que la combinación más desfavorable de las cargas sólo comprendiera una de las dos sollicitaciones: viento o temperatura. Al considerarse la acción simultánea de ambas con el peso propio, las fatigas admisibles aumentaban en un 50%.

La razón entre los coeficientes de elasticidad del acero y del concreto se aceptó de un valor igual a 15.

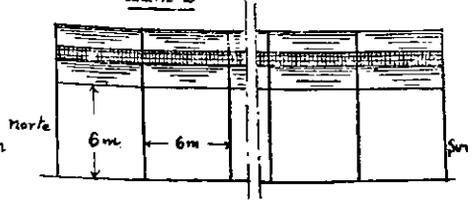
Tipo de concreto armado.

Corresponde a la dosis de 340 k cemento \times 440 litros arena \times 880 litros piedra.

Solucion 1

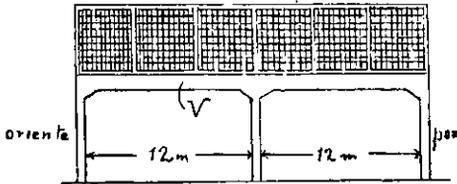


Iám. 2

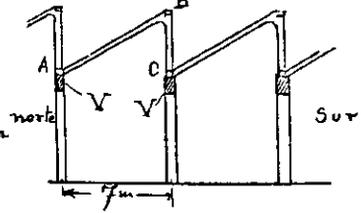


Solucion 2

Iám. 3

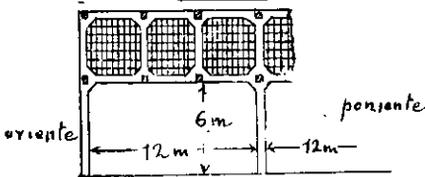


Iám. 4

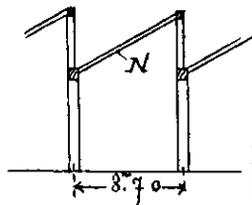


Solucion 3

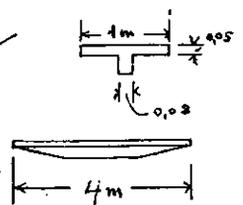
Iám. 5



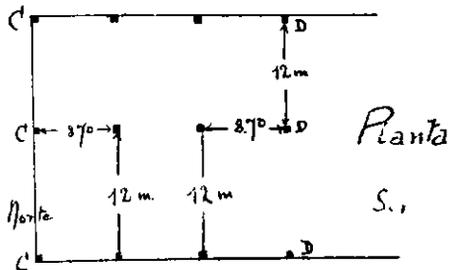
Iám. 6



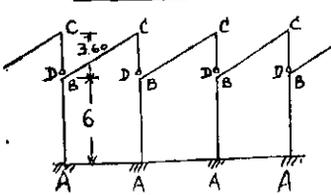
Iám. 8.



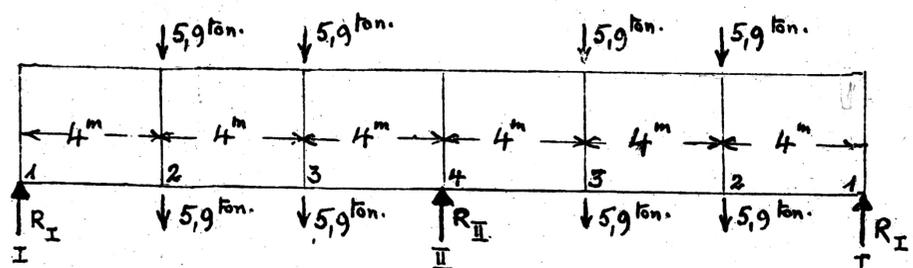
Iám. 7



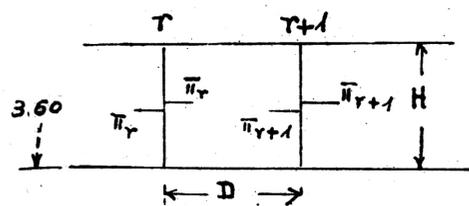
Iám. 9



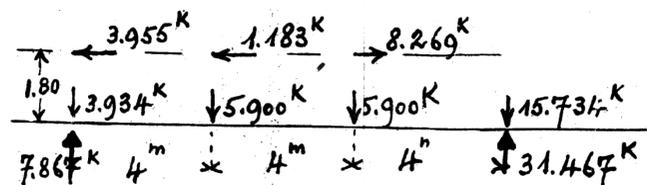
LAM 10



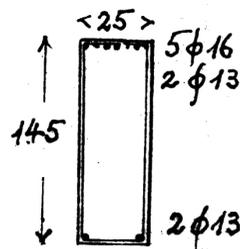
LAM 11



LAM 12



LAM 14



LAM 13

Momentos cabezas ———
 " montantes - - - - -
 1 cm. = 2 tonm.

