

## **PATOLOGIA Y REPARACION ESTRUCTURAL DE UN CONJUNTO DE 21 BOVEDAS SHEED**

**Ing. Civil Eduardo Lurner**

Coordinador general Cátedra de Resistencia de Materiales y Cursos de Postgrado  
Universidad de Montevideo – Calle Prudencio de Pena 2440, Montevideo-Uruguay  
Jefe de Departamento Programación y Control  
Refinería de Petróleo ANCAP , Calle Humboldt s/n , Montevideo - Uruguay

### **ABSTRACT**

This work describes the pathologies presented, the complete study of the problem, the project and the structural repair of a group of 21 vaults sheed, of the deck of the material and workshop deposit of industry of Portland of ANCAP, Minas City, República Oriental del Uruguay.

The pathologies consist in the faults of the ceramics material, happening after every rain truly floods inside shops and were checked important deformations in the deck with a real risk of collapse.

After an exhausting study, the problem causes were diagnostic, and a repair was developed and executed that it was basically consisted in taking back to the original position throughout support with tubular scaffolding and the construction of concrete rigidization arcs.

### **RESUMEN**

Este trabajo describe las patologías presentadas, el estudio completo del problema, el proyecto y reparación estructural de un conjunto de 21 bóvedas sheed, de la cubierta del depósito de materiales y talleres de la fábrica de Portland de ANCAP, Ciudad de Minas, República Oriental del Uruguay.

Las patologías consistían en desprendimientos del material cerámico, produciéndose después de cada lluvia verdaderas “inundaciones” dentro de los locales y se verificaron importantes deformaciones en la cubierta, con riesgo real de colapso.

Luego de un exhaustivo estudio, se diagnosticaron las causas de los problemas, y se proyectó y ejecutó una reparación que básicamente consistió en volver las bóvedas a su posición original mediante apuntalamiento con andamios tubulares, y la construcción de arcos de rigidización de hormigón.

Palabras clave: desprendimientos, deformaciones, andamios, arcos.

## **ANTECEDENTES**

La cubierta del depósito de materiales y talleres de la fábrica de Portland de ANCAP, Ciudad de Minas, República Oriental del Uruguay, es un conjunto de 21 bóvedas del tipo Sheed atensoradas, de material cerámico con terminación superior de hormigón.

Las dimensiones en planta de cada bóveda son: 7m x 16,60 m.

La altura inferior es de 7m y la flecha de 2,70m.

Área total del edificio: 2440m<sup>2</sup>

El esquema de la distribución en planta se muestra en la fig.1.

Corte y detalles se ven en la fig.2.

En el momento de realizar el estudio de la patología presentada y ejecutar el proyecto de reparación motivo de este artículo, las bóvedas de referencia tenían mas de 40 años de construidas.

El primer problema que se presentó estuvo relacionado al desagüe de pluviales. En efecto, originalmente el desagüe se realizaba por cañerías verticales adosadas a los pilares; sin embargo dichos caños se obstruían en forma reiterada debido al polvo producto de las emanaciones de los hornos.

Hace ya varios años que el desagüe de pluviales es por caída libre. Para ello fue realizado un relleno con pendiente de hormigón pobre, según se muestra en la fig.3.

Es evidente que se han cargado los vanos inferiores de las vigas Vierendale con sobrecargas no previstas.

El problema es despreciable para las bóvedas 10 a la 21, pero empieza a ser importante para las demás, especialmente para la 4,5 y 6, pues sobre ellas el relleno tiene un espesor y por ende un peso grande, dado que las pluviales en este caso deben recorrer casi 25m.

Luego de cálculos realizados, se verificaron las vigas Vierendale con las sobrecargas agregadas estudiando los coeficientes de seguridad, y se optó por no hacer nada relacionado a este problema.

El segundo problema consistió en la impermeabilización de la cubierta. Bien sabido es la dificultad para lograr una correcta impermeabilización de este tipo de estructuras, pero el problema allí presentado superaba con creces lo que se podría llamar normal, con las consiguientes molestias y deterioros de equipos y materiales.

## **PROBLEMÁTICA ESTRUCTURAL**

### **Estudio del problema**

En varios lugares de detectaron desprendimientos de material cerámico, produciéndose después de cada lluvia verdaderas “inundaciones” dentro de los locales.

Debido a ello, y fundamentalmente a que se verificaron importantes deformaciones en la cubierta, es que se decidió realizar un estudio detenido del problema, y preparar un proyecto de reparación.

En primer lugar, debemos decir que, exceptuando el problema de los desagües ya descritos, el proyecto original es correcto, en lo respecta al cálculo estructural.

### **Mediciones realizadas**

En cada bóveda se marcaron varias generatrices, y sobre cada una de ellas una serie de puntos según se muestra en la fig.4

Se nivelaron, para cada una de las 21 bóvedas, todos los puntos antedichos y se graficaron los resultados de las deformaciones de cada generatriz respecto a la horizontal. (Partimos de la hipótesis de que originalmente cada generatriz era horizontal).

Los gráficos realizados tenían el aspecto que se muestra en la fig.5

Indicamos que en las bóvedas mas afectadas la deformación máxima superaba los 12 cm. Incluso en algunas zonas se verificó el curioso caso de que la cubierta cambiase la curvatura, según se muestra en la fig.6

Se midieron también las deformaciones en la “verticalidad” de los pilares.

### **Diagnóstico técnico**

Debido a FLUENCIA LENTA de los tensores y/o a un TENSADO DEFECTUOSO DE LOS MISMOS, se pudo comprobar que muchos de ellos no estaban trabajando, o lo estaban haciendo incorrectamente. Ello se traducía en un empuje de la bóveda sobre los pilares de apoyo, produciéndose desfasaje de estos respecto a la vertical y un “achatamiento” de la cubierta, según se grafica en la fig.7

### **PROYECTO Y EJECUCION DE LA REPARACION REALIZADA**

Consistió en lo posible, volver las bóvedas a su posición original, y en la construcción de arcos de rigidización de hormigón, lo que fue efectuado por etapas.

### **Apuntalamiento**

Se utilizaron andamios tubulares y gatos especiales adaptados a los mismos según figuras 8, 9 y detalles.

Se apuntaló cada una de las bóvedas en toda su extensión y se apoyó directamente sobre el piso.

La estructura prevista era capaz de soportar el peso total de la bóveda y cargas accidentales. En la fig.8 se indica el esquema básico de la distribución de parantes, aunque cabe acotar que para cada bóveda hubo una distribución adecuada a los elementos que tenía en su interior y que eran imposibles de trasladar como estanterías, máquinas, etc.

### **Movimientos**

Con ayuda de las gráficas de deformación realizadas, y mediante los gatos indicados en los detalles de la fig.9, se corrigieron en lo posible las deformaciones constatadas. Se realizó en forma iterativa y lenta, verificándose a cada momento mediante marcas en los gatos, los movimientos que se imponían a la cubierta.

## Construcción de arcos de rigidización

Con la bóveda apuntalada y con deformaciones ya corregidas, se construyeron los arcos rigidizadores de hormigón; ver detalles y cortes en las figuras 10, 11 y 12.

Las zonas de apoyo entre los arcos y las bóvedas se limpiaron exhaustivamente dejando a la vista y de forma rugosa, la capa superior de hormigón de las bóvedas.

El anclaje entre el arco y la cubierta se realizó mediante varillas  $\phi$  10 que abrazaban los nervios de hormigón existentes en las bóvedas, mediante capas de un adhesivo epóxico.

Se debe acotar que los nuevos arcos de hormigón construidos, no tienen función estructural, sino una función de rigidización de modo de minimizar los movimientos de la cubierta, hecho fundamental para que tenga éxito la etapa de impermeabilización.

## Retensado

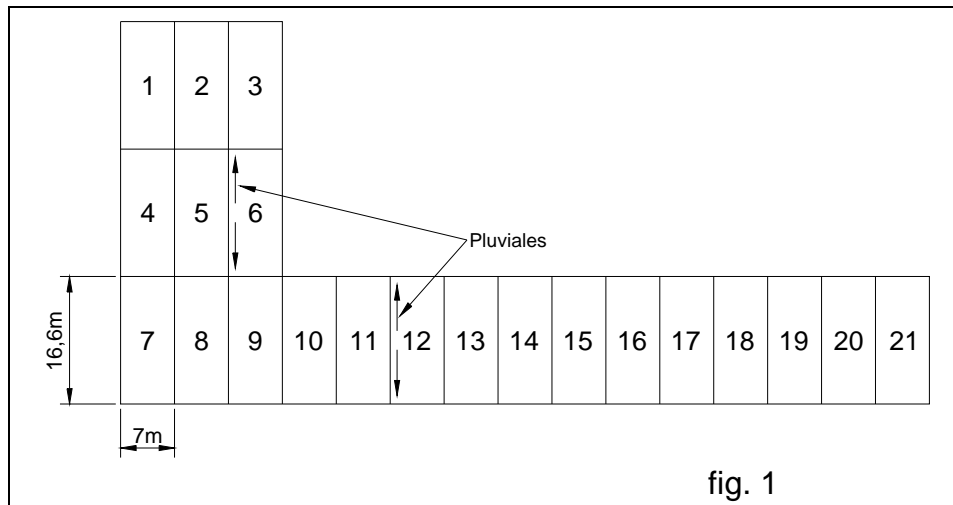
Quince días después de hormigonados los arcos de una bóveda, se retensaron con cuidado los tensores existentes. Se desapuntalaba la cubierta, se desarmaban los andamios, y se trasladaban a otra bóveda según una secuencia previamente acordada.

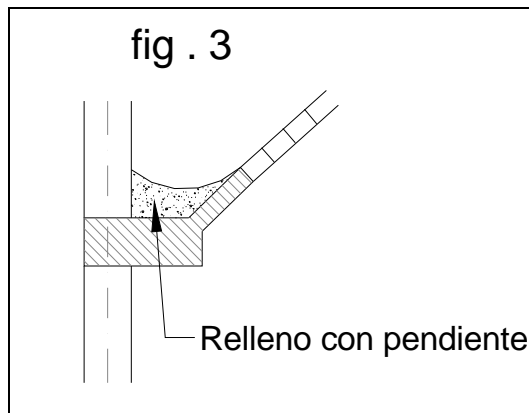
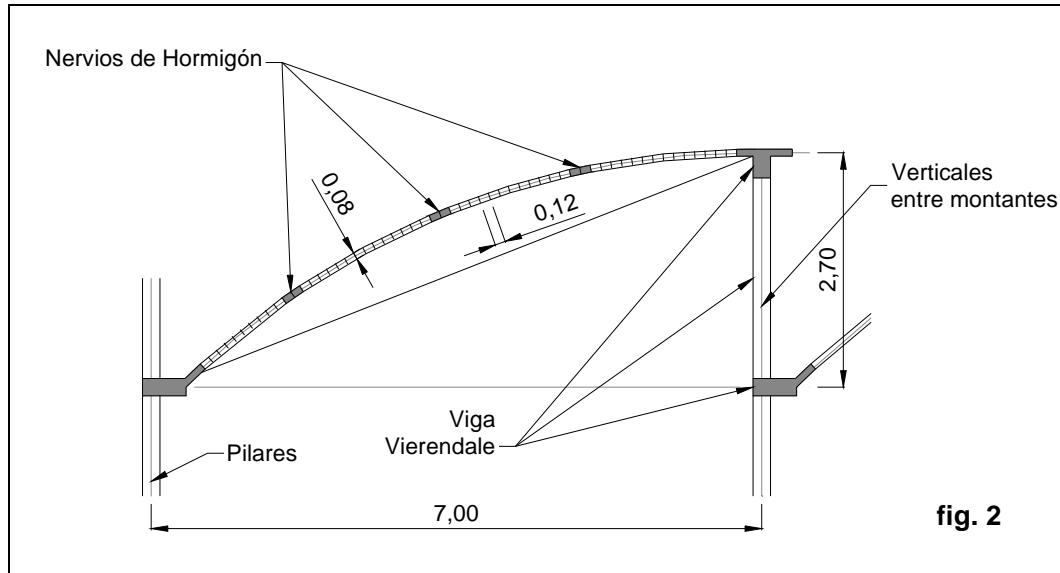
En el proceso de reparación de las 21 bóvedas, se trabajaba de a 3 a la vez.

## Impermeabilización

Por último, se realizaron en los arcos los retoques necesarios (gargantas, alisados, etc.), se limpiaron todas las bóvedas, y se impermeabilizaron totalmente con materiales y procedimiento tradicional.

*(Sigue: Figuras y Fotografías)*





BOVEDA N°1

PLANTA

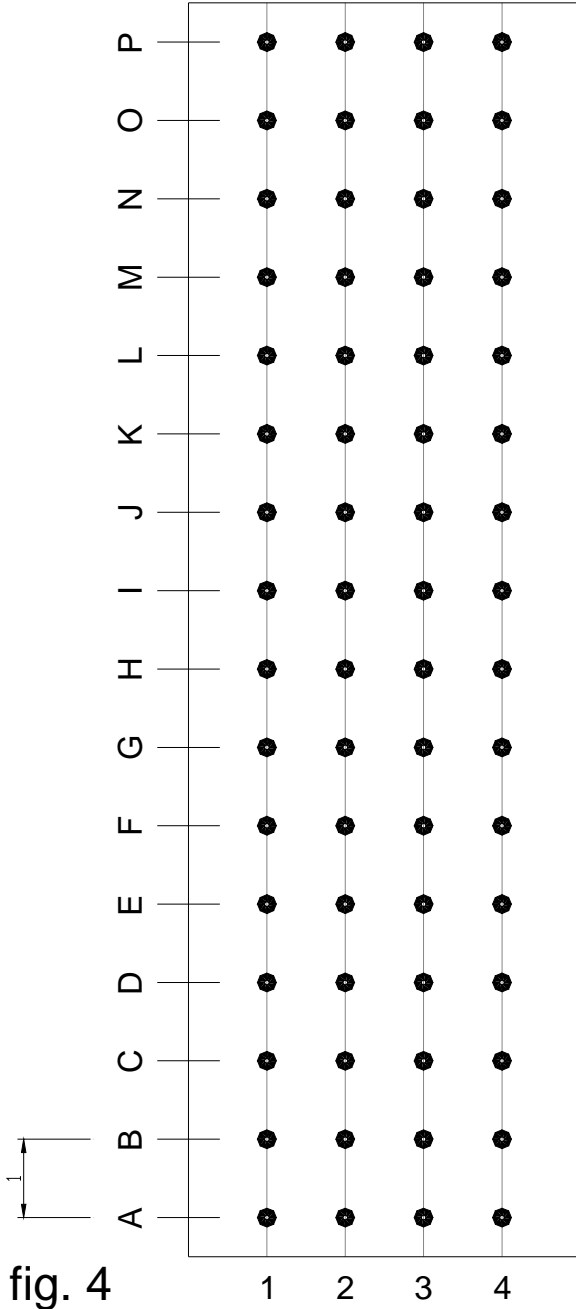


fig. 4

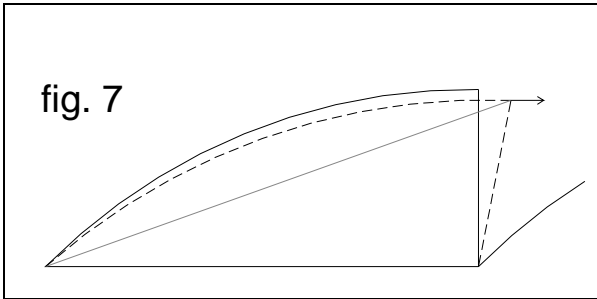
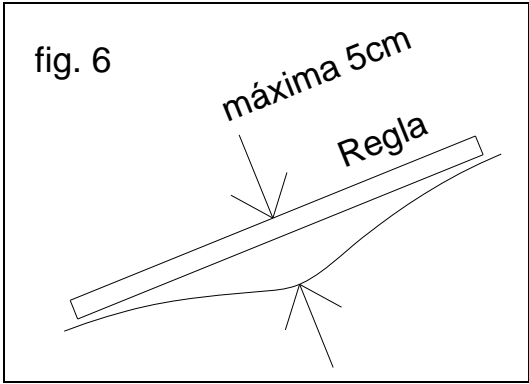
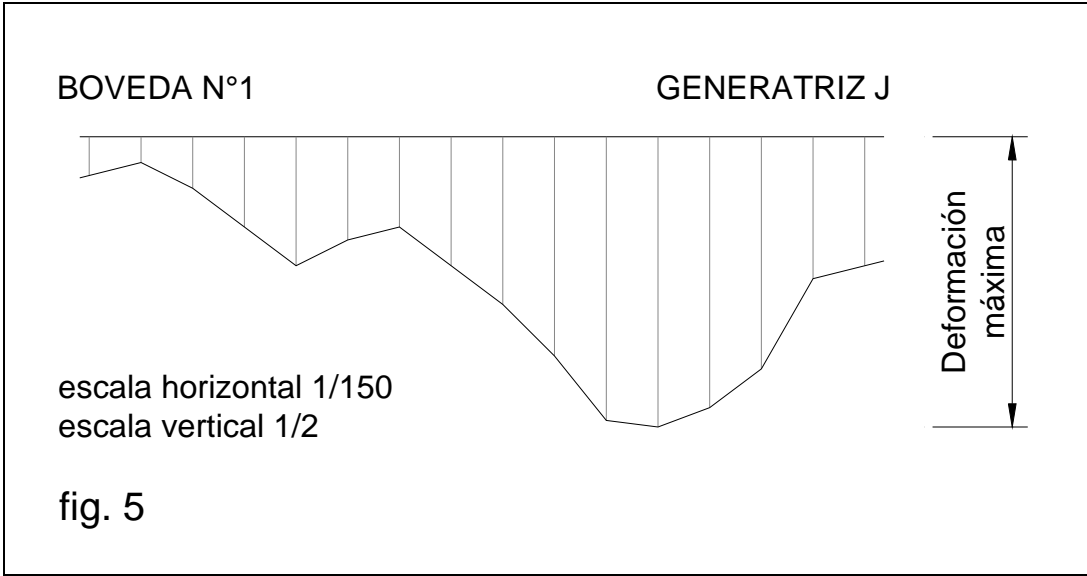
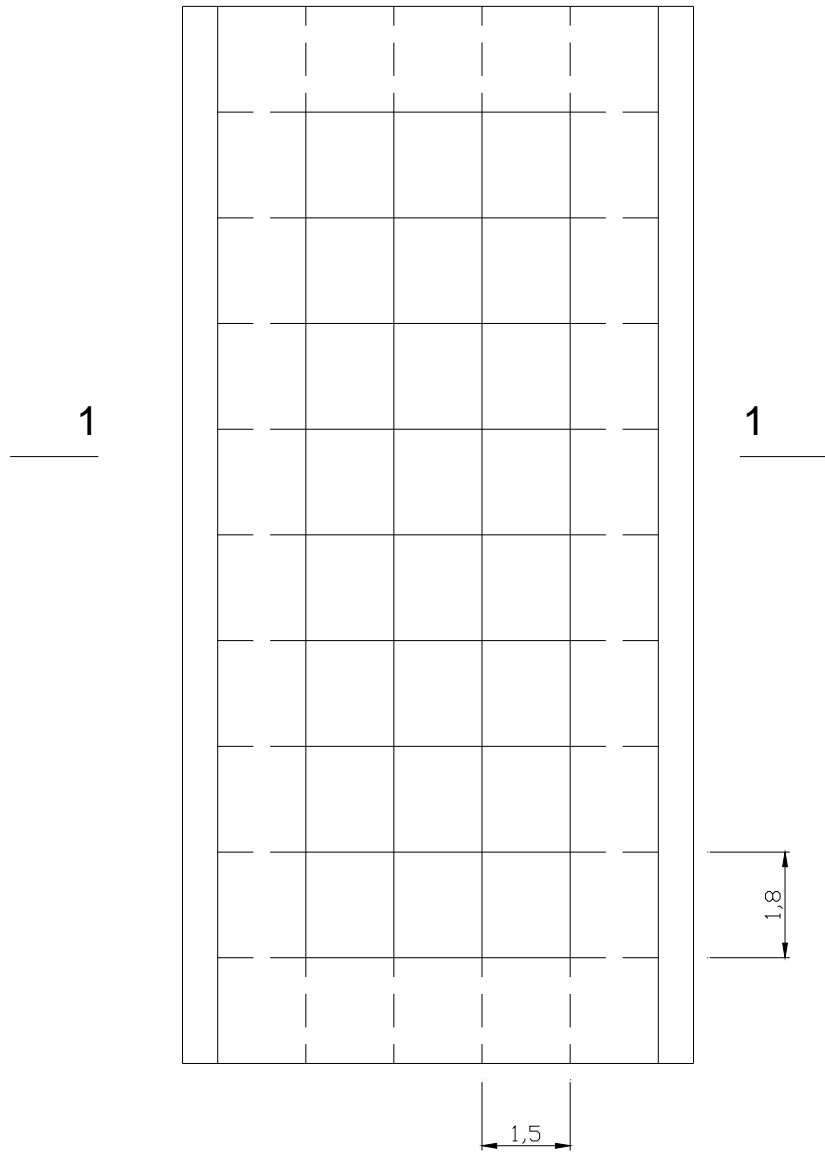


fig. 8





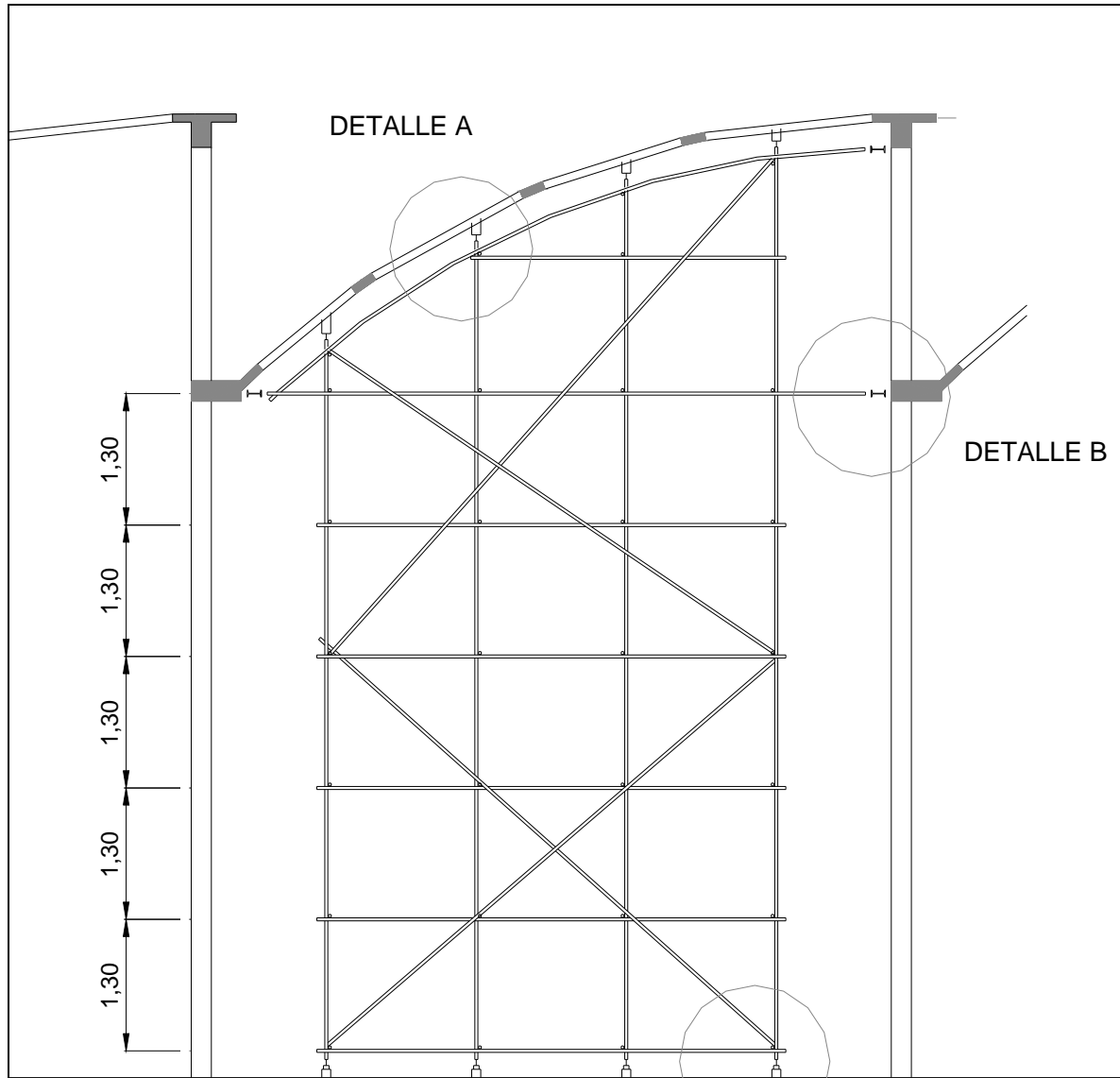


fig. 9

CORTE 1-1

DETALLE C



