

# **PUENTE ATIRANTADO**

## **ESTRUCTURA:**

El puente tiene una estructura sencilla:

Los pilares: Dos verticales en cada lado de la carretera ( 4 en total) unidos en la parte superior y con una base común en los que se sostienen los tirantes en su parte superior.

Base común de los pilares: Esta base no solo une los dos pilares sino que también sujeta una estructura en forma de V por debajo de la carretera.

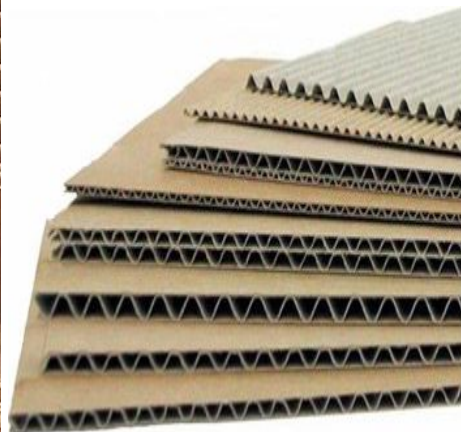
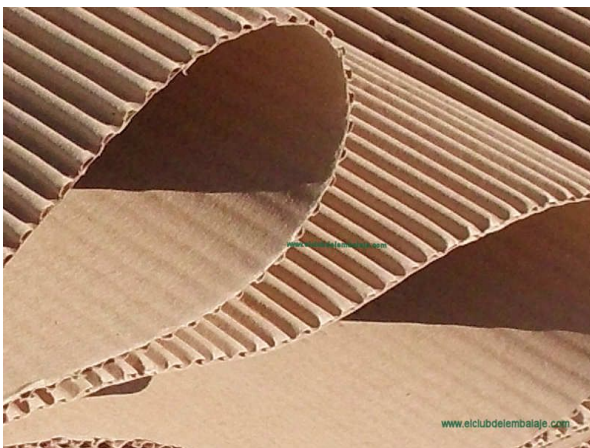
Estructura con forma de V: El fin de esta estructura es crear una mayor resistencia sobre la carretera para reducir el hundimiento de esta con la carga.

Carretera: Consta de dos partes, de tres láminas de cartón cada una, que se unen con un sistema similar a un puzzle para darle más firmeza que si se unieran dos partes planas.

Tirantes: Apoyados en los pilares y pasando por debajo de la carretera trasladan el peso de las cargas hacia los pilares. Estaban pretensados para funcionar ya desde la primera carga.

## **Materiales:**

1º Como material general y principal cabe destacar el cartón, ya que es el 90% aproximadamente del material utilizado durante el proceso, para ser exacto, cartón ondulado.



2º Como segundo material se puede decir que es la “cinta adhesiva”, que es un material utilizado para la unión de las piezas de cartón y de las cuerdas que a continuación pondré como otro material más.



3º Otro material empleado para la unión es la cola, la cual hemos utilizado para la solo y nada más que la unión, no para reforzar en ningún momento.



4º Como último material y no menos importante, de hecho se puede decir que ha sido el más importante del puente, ya que realmente se ha construido un puente tensando, son las cuerdas, sin estas cuerdas hubiera resultado imposible que el puente de cartón soportara el número de cargas que ha aguantado.



## **Proceso de construcción:**

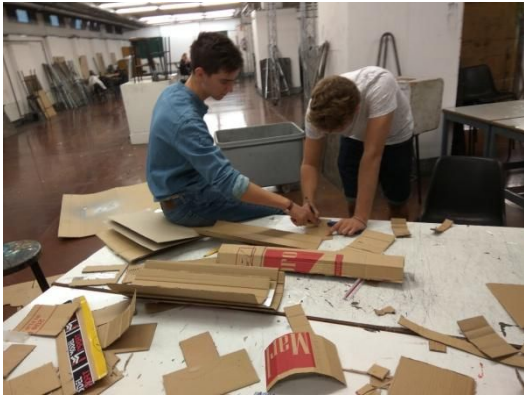
Una vez creado el primer diseño del puente comenzó la construcción. Durante los dos primeros días tomamos todas las medidas del puente y las llevamos al cartón, recortando las piezas principales como los soportes o el carril central.



En la segunda clase también realizamos el modelo de separación del carril central, con el fin de poder guardarlo en las taquillas (80 y 80) y unirlo antes de la destrucción.



En la tercera clase, ya teníamos construido el 80% de las piezas que conformaban el puente, ese mismo día añadimos dos nuevos elementos estructurales al puente con el objetivo de reforzar la resistencia a la compresión en la zona central y la flexión de los soportes. Estos elementos fueron el nervio triangular de 160 cm bajo el carril central y el soporte bajo el carril central que unía los pilares.



Entre la última clase y dos mañanas anteriores a la rotura colocamos y tensamos los tirantes, los cuales eran un elemento estructural importantísimo en este puente, también retocamos los últimos detalles.





## **Problemas y soluciones:**

Durante la construcción de nuestro puente encontramos varios problemas que tuvimos que solucionar de la mejor manera posible.

Durante los primeros días nos dimos cuenta que nuestros soportes no iban a ser suficiente para aguantar grandes pesos, por lo que decidimos poner debajo de la lámina de cartón donde se iba a apoyar el peso, una estructura con forma de prisma de base triangular que recorría todo el plano horizontal del puente. Con esto conseguimos que el puente aguantará mejor el peso.

Viendo que los vuelos eran la parte que menos peso iban a ser capaz de aguantar decidimos inclinar el puente ligeramente hacia abajo, haciendo así que los extremos del puente quedaran ligeramente más arriba que el centro del puente y por lo tanto así los vuelos tendrían que hacer menos esfuerzo.



Tuvimos varios problemas sobre donde colocar los tirantes, finalmente lo decidimos colocar entre la plataforma horizontal y el prisma de base triangular para que estuviera mejor sujeto y además de esta forma solo tendría que aguantar el peso de la plataforma y el peso que se colocara encima y no el prisma de base triangular.



Por último al colocar los tirantes observamos que se nos quedaron bastante destensados, por lo que a partir de colocar cinta sobre ellos conseguimos que

quedaran totalmente tensados con lo que conseguimos que los tirantes aguantaran mejor el peso del puente.

### **Carga del puente:**

Para cargar el puente se dispusieron dos rampas en cada lateral que permitían rodar lingotes de acero a la plataforma principal. Previamente a la carga, durante la construcción, realizamos una ligera inclinación cóncava en el tablero, colocado a modo de carril, para así conseguir que los lingotes rodaran hasta el eje de simetría vertical en el centro del puente. De esta manera lográbamos dos objetivos: el primero tenía que ver con la carga soportada por las dos piezas iguales que formaban el puente. Teniendo los cilindros en la zona central, ambas piezas soportaban la carga, y no se centraba en un solo soporte. Y el segundo objetivo es simple. Disponer el tablero de esta forma para permitir la incorporación de nuevos lingotes sin ser obstruidos por otros. En esta imagen podemos apreciar tal curvatura inicial:



Comenzaron a lanzarse los primeros lingotes que terminaban su recorrido en el centro de la estructura, como se esperaba por la preparación curva. Esta zona central perdió altura ligeramente con el peso, pero los tirantes, pretensados antes de la carga, no se encontraban soportando gran cantidad de esfuerzo todavía, puesto que los soportes suponían una gran ayuda.

Se completó la primera capa con éxito: 78 lingotes cilíndricos y 2 lingotes con forma de prisma que suponían un total de 21,714 kg. No se evidenciaba aún gran estrés en los tirantes ni tampoco en la estructura, ¡objetivo establecido por el profesor cumplido!



Se procedió a seguir cargando el puente en una segunda capa similar de 78 lingotes cilindros y 2 en forma de prisma también, aumentando el peso soportado a 43,428 kg. En esta capa pudimos evidenciar un poco más la ligera caída del centro y posterior elevación cuando se cargaron las alas del puente. Se llegó a una tercera capa constituida por 50 lingotes con forma de prisma, 25 cilíndricos y 8 placas de 2 kg cada una, en total, el puente estaba aguantando una carga de 78,818 kg. En esta tercera capa, la elasticidad del puente quedó demostrada con las deformaciones constantes que sufría en la zona central, perdiendo altura al ser cargada esta zona, y recuperándola cuando se cargaban las alas laterales del puente. Estas deformaciones son perfectamente visibles en los videos contenidos en el enlace de Google Drive adjuntado al final de este documento.







### **ROTURA:**

El puente cedió por uno de las alas, causado por la rotura de 2 de los tirantes. Esto hizo que uno de las alas se doblase hasta tocar el límite puesto.

Posteriormente, se observó como al cortar el resto de los tirantes, el puente se fue descargando poco a poco. Al descargar la otra ala, toda la fuerza del peso recayó sobre el punto medio del puente e hizo que también se doblase hasta tocar la mesa.

Continuamos descargando el puente y observamos como uno de los soportes resbaló por uno de los extremos de la mesa y se desniveló el puente. Ahí terminó la rotura y terminamos por descargar del todo el puente. Lo curioso fue que al descargarlo, el puente volvió más o menos a su posición inicial.

### **Enlaces con fotos realizadas durante la construcción y rotura del puente**

[https://drive.google.com/drive/folders/0B0XqI7\\_YqDaSTWVXM3o1Q3RaSkU](https://drive.google.com/drive/folders/0B0XqI7_YqDaSTWVXM3o1Q3RaSkU)