



EL ROLLING BRIDGE DE LONDRES

Diana Sanabria Barboza, Asistente de Ingeniería
Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD, Coordinador

Programa de Ingeniería Estructural

Introducción

En la ciudad de Paddington, Westminster en Londres, Inglaterra se ubica el único puente enrollable del mundo: The Rolling Bridge, como se denomina, es un puente peatonal de 12,9 metros de longitud que está diseñado para enrollarse hasta formar un octágono apoyado en uno de sus extremos según se observa en la Figura 1. Esta particular característica del puente permite la navegación de botes por el canal Paddington Basin cuando el puente está enrollado y permite el tránsito de personas a lo largo del mismo una vez desenrollado.

El puente está conformado por dos cerchas de 8 paneles cada una donde las cuerdas superiores e inferiores están divididas en segmentos mediante pasadores. Un panel extremo de las cerchas se fija a la losa de cimentación mientras que los siete paneles restantes son elevados por pistones hidráulicos. Los

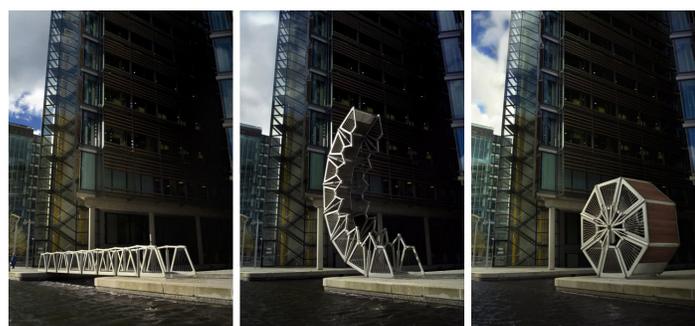


Figura 1. Rolling Bridge, Westminster, Londres, Inglaterra

Fuente: Heatherwick studio, 2005

pistones acomodan los segmentos de las cuerdas superiores y las cuerdas inferiores gracias a los pasadores que los dividen. Este acomodamiento de elementos junto con la configuración de

los paneles es lo que permite enrollar el puente conforme se eleva hasta convertirlo en un octágono. En el cuadro 1 se presenta información técnica general del puente.

Cuadro 1. Información general sobre el Rolling Bridge

Fuentes: BCSA, 2005; McManus, 2014

Estructura	
Uso	Puente peatonal
Diseño	Cercha de paso inferior tipo warren de 8 segmentos
Materiales	Elementos de acero y tableros de madera
Movimiento	Sistema hidráulico
Geometría	
Longitud total	12,9 metros
Ancho	1,4 metros
Peso	4,5 toneladas
Tiempo requerido para enrollarse o desenrollarse	3 minutos
Equipo técnico	
Análisis y Diseño Estructural	SKM Anthony Hunts and Packman Lucas
Arquitectura	Thomas Heatherwick Studio
Contratista principal	Littlehampton Welding Ltd
Cliente	Chelsfield PLC
Construcción	
Fecha de finalización	Setiembre, 2004
Costo total	\$ 500 000

Diseño

El concepto innovador de este puente implicó una serie de retos de ingeniería. Además de las consideraciones comunes de flexión, cortante, deflexiones y dinámica de estructuras, el diseño estructural también debía responder a la geometría

variable y a las condiciones de carga asociadas con el movimiento.

El marco estructural está fabricado con tubos de acero de grado S355 y la superficie de paso está conformada por un tablero de madera en su parte superior e inferior, el espacio vacío entre estas cubiertas fue utilizado para colocar los cables de alimentación hidráulica que permiten el movimiento (ver Figura 2). Se necesitaron cojinetes y pasadores de precisión con muy poca tolerancia.

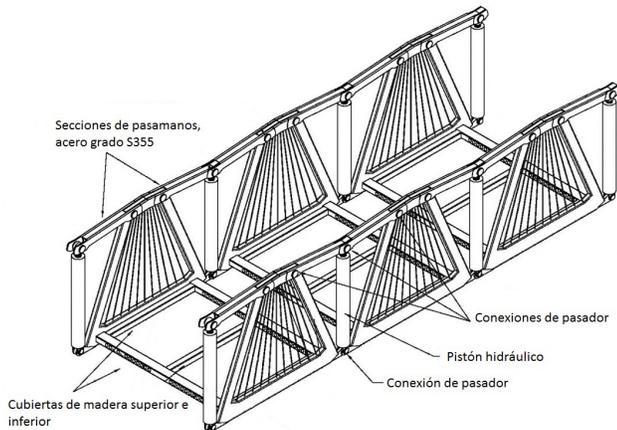


Figura 2. Detalle de la configuración del puente

Fuente: Heatherwick studio, 2005

Modificado por Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR, 2015

La cuerda superior de la cercha es sometida a una restricción lateral por el marco en U de cada segmento. Cuando el puente se desenrolla, la cuerda superior vuelve a su posición horizontal, el movimiento inicial extiende momentáneamente la cuerda superior haciendo que el puente tenga momentáneamente forma de arco (ver Figura 3), hasta llegar a la configuración horizontal donde la cuerda superior está completamente recta.

Cuando el puente pasa de una configuración horizontal a una octagonal conforme se eleva el extremo libre, la cercha pasa de ser una cercha simplemente apoyada a una cercha en voladizo generando con ello una reversión de esfuerzos entre las cuerdas superiores e inferiores. Conforme se eleva la cercha, los pistones hidráulicos se convierten en un componente estructural del puente.



Figura 3. Forma de arco del puente cuando éste se enrolla o desenrolla

Fuente: Bejarano, 2011

Sistema hidráulico

El diseño implica el delicado control del puente a través de la aplicación de hidráulica pura. Una bomba hidráulica acciona el cilindro maestro, el cual está mecánicamente vinculado a 14 cilindros hidráulicos (ver Figura 4). A la vez, dichos cilindros secundarios manejan los pistones hidráulicos del puente. El hecho de asegurar que todos los cilindros sean manejados a una velocidad constante es la clave para la operación efectiva del puente.

El funcionamiento del puente se hace con un control remoto colgante, similar a los utilizados comúnmente en instalaciones británicas de navegación (ver Figura 5). La operación es continua siempre que el interruptor se mantenga en posición cerrada, al liberar el interruptor se puede hacer una parada de emergencia. El inicio del movimiento del puente estuvo relacionado con otro importante desafío a la ingeniería: el diseño de efectos dinámicos adicionales que disparan el impulso de la estructura móvil.

Construcción

La construcción del puente demostró ser igualmente difícil. Para lograr la geometría de la configuración del puente, y más especialmente de su forma cerrada, se requirió la fabricación de tolerancias que se encuentran normalmente solo en el



Figura 4. Equipo hidráulico, disposición del cilindro maestro y cilindros secundarios
Fuente: Wenbourne, 2007



Figura 5. Control remoto para el manejo del movimiento
Fuente: Bejarano, 2011

dominio de la ingeniería mecánica. Cuando está cerrado, los componentes de la cuerda superior convergen al centro del octágono con poco menos de 10 mm de separación entre ellos (ver Figura 6).

Fueron empleados cojinetes secos impregnados con politetrafluoroetileno (PTFE) (más conocido por el nombre comercial Teflón) por su estabilidad dimensional, longevidad y mantenimiento práctico. Estos cojinetes y pasadores de acero inoxidable fueron fabricados con tolerancias de +/- 0,016 mm, con tolerancias entre los centros de pasador de apenas +/- 0,15 mm.

Cada uno de los ocho segmentos del puente está fabricado en tres secciones, dos secciones laterales soldadas y la sección del tablero.



Figura 6. Configuración cerrada del puente, convergencia de los pasamanos
Fuente: Heatherwick studio, 2005

Se utilizaron modelos del puente en CAD y en el software de análisis Robot para el análisis estático y la confirmación de la geometría. Adicionalmente se emplearon herramientas de animación y modelos de trabajo virtual para confirmar el movimiento y permitir la medición de cada componente en cualquier configuración.

The Rolling Bridge ha ganado una serie de premios por su excelente diseño incluyendo el Structural Steel Award de The British Constructional Steelwork Association. En el siguiente enlace se puede observar un video sobre el Rolling Bridge en movimiento:

<https://www.youtube.com/watch?v=x0Dj7XA77hw>



Fuentes

- Bejarano, C. (2011). Thomas Heatherwick's Rolling Bridge in Paddington Basin. [Fotografía]. Tomado de Flickr: <https://www.flickr.com/photos/cristinabe/6261587850/in/album-72157627929587722/>
- British Constructional Steelwork Association (BCSA). (2005). The Structural steel Design Awards: Rolling Bridge, Paddington Basin. Tomado de <https://www.steelconstruction.org/design-awards/2005/>
- Heatherwick studio. (2005a). Rolling Bridge, London, UK. [Fotografía]. Tomado de Heatherwick studio: <http://www.heatherwick.com/rolling-bridge/>
- McManus, D. (6 de marzo de 2014). Rolling Bridge London: Paddington Basin Architecture. Tomado de e-Architect: <http://www.e-architect.co.uk/london/rolling-bridge>
- Pycock, L. (2010). The Rolling Bridge by Thomas Heatherwick, Paddington Basin. [Fotografía]. Tomado de Flickr: <https://www.flickr.com/photos/blahflowers/5002172010/in/photostream/>
- Wenbourne, A. (2007). The hydraulic equipment, showing the master and slave cylinder drive arrangement. [Fotografía]. Tomado de South East London Meccano Club: http://www.selmec.org.uk/article_0009_the_heatherwick_rolling_bridge.aspx