



Smithsonian Latino Center

# ¡DESCUBRA!

Meet the Science Expert



## ¡DESCUBRA! CIENCIA

### La ingeniería inka en un puente de hierba

#### 1. Resumen

Mientras construyen un puente colgante, los estudiantes entenderán conceptos básicos de ingeniería como “tensión” y “compresión”. Además, aprenderán sobre las extraordinarias proezas de ingeniería del imperio inka.

- Edad: 7 a 12 años
- Duración:
  - o Preparación: 30 minutos
  - o Actividad: 30 a 40 minutos

#### 2. Antecedentes

A continuación se presenta información general sobre el imperio inka y la ingeniería de los inkas. Si desea más información, consulte el sitio web del Museo Nacional del Indígena Americano (NMAI), de la Institución Smithsonian en: <http://americanindian.si.edu/inkaroad/>

- **Tawantinsuyu, el imperio inka:** En menos de 100 años, entre 1438 y 1533, los inkas construyeron Tawantinsuyu<sup>1</sup>. En ese período, los inkas transformaron su pequeño reino andino en uno de los imperios más sofisticados y variados que haya conocido el mundo, que fue posible gracias a una infraestructura social y de ingeniería muy avanzada. Hoy en día, más de siete millones de indígenas quechuas y aimaras son los descendientes directos del imperio inka.

<sup>1</sup> Tawantinsuyu significa “cuatro partes juntas” en el idioma quechua.



TELEMUNDO



- **El sistema de la Gran Ruta Inka y la ingeniería inka:** Los inkas construyeron un sistema de caminos que empezaba en la plaza mayor de Cusco y se extendía por las cuatro regiones del Tahuantinsuyu. El Qhapaq Ñan [KHAH pahk ÑAN], como se conocía el sistema de la Gran Ruta Inka, fue el proyecto de construcción más grande del hemisferio occidental, cuando el poder inka se encontraba en su apogeo. La red de caminos del Qhapaq Ñan de 25.000 millas (40.000 kilómetros) se extendía por todo el imperio, lo que les permitía a los inkas supervisar y administrar un territorio de más de 772.000 millas cuadradas (dos millones de kilómetros cuadrados), el equivalente de California, Nevada, Arizona, Nuevo México y Texas juntos. La arquitectura monumental, la agricultura en terrazas, las sofisticadas infraestructuras de gestión del agua y de almacenamiento de alimentos, la domesticación de miles de variedades de papas y de cientos de variedades de quínoa y maíz son algunos de los otros impresionantes logros de los inkas. Los ingenieros inkas tan extraordinariamente competentes diseñaron y construyeron diferentes tipos de puentes que se adaptaban a la diversidad topográfica de su imperio.

Los primeros europeos que llegaron al imperio inka nunca habían visto un puente colgante y se asombraron al encontrar cientos de ellos que se usaban a diario a lo largo del sistema de la Gran Ruta Inka. En esa época, los puentes colgantes no existían en Europa y solamente se construían puentes de piedra en arcos. A pesar de que los puentes colgantes pueden abarcar distancias más grandes, los ingenieros europeos solo construyeron un puente colgante 300 años después de los inkas. Hoy en día, las comunidades indígenas andinas están orgullosas de su herencia y viven de forma sostenible y en equilibrio con el entorno natural.

- **El puente Q'eswachaka:** El Q'eswachaka<sup>2</sup> es el último puente colgante inka construido en hierba que todavía se utiliza. Tiene una extensión de 100 pies (30 metros) y cruza una garganta a una altura de 50 pies (15 metros), por encima del río Apurímac. El puente, fabricado con hierbas, lianas y otros materiales orgánicos, se ha utilizado sin interrupción por los últimos 500 años. Todos los años, 1000 habitantes de cuatro comunidades quechuas vecinas se reúnen para torcer y trenzar a mano una planta autóctona con la que fabricarán una cuerda de 10 millas (16 kilómetros) de largo. Luego, los miembros de las cuatro comunidades trabajan juntos durante cuatro días para reconstruir el puente. Mientras reconstruyen el Q'eswachaka, le piden permiso a las Apus (las montañas sagradas) y hacen ofrendas a la Pachamama (la Madre tierra). Al finalizar las reparaciones, la comunidad participa en un festín para celebrar al nuevo puente.

---

<sup>2</sup> Q'eswachaka: en el idioma quechua, q'eswa significa fibras vegetales tejidas y chaka significa puente.





Smithsonian Latino Center

- **La ingeniería del Q'eswachaka:** El puente Q'eswachaka es un maravilloso ejemplo de sostenibilidad, tanto ambiental como en términos de la ingeniería. El puente está construido con materiales resistentes, cosechados en el lugar y que son completamente biodegradables. Los inkas entendían las características de una variedad de materiales fibrosos como las hierbas, el algodón y la lana de las llamas y los guanacos (camélidos). Por eso, para ellos era natural encontrar una solución de ingeniería que utilizara las hierbas que se encontraban en abundancia en el lugar y que podían tejerse para hacer cuerdas. Aunque las hierbas individuales de la planta pueden romperse y rasgarse fácilmente, el inka sabía que al torcerlas y tejerlas para hacer cuerdas gruesas, podía obtenerse un material mucho más resistente y flexible. La resistencia aumenta a medida que aumenta el número de elementos que comparten la carga, o fuerzas, que actúan sobre ellos. Entonces, ¿qué mejor forma de resolver el problema de cruzar un precipicio profundo sobre un río que tejiendo un puente de fibras vegetales? En los puentes colgantes, incluso en el Q'eswachaka, los cables trabajan a través de la tensión, o del esfuerzo resultante de las fuerzas de tracción, que se llaman fuerzas de tensión. Sin embargo, si un cable se hala demasiado, este terminará por romperse. Los inkas entendieron y utilizaron el concepto de la resistencia a la tracción. Es fundamental saber cuál es la resistencia a la tracción de los cables de hierba o cuánto es posible halar los cables en direcciones opuestas antes de que se rompan. Los inkas constructores del puente también sabían cuánto estiramiento podrían soportar los cables debido al peso de las personas que iban a cruzarlo. La resistencia a la tracción de una cuerda hecha de hierba depende del tipo de hierba, de cuánta hierba se haya utilizado para hacerla y de la forma en que se haya torcido y trenzado con otras cuerdas. ¿Puede adivinar cuánta carga soportaría el cable más grande del Q'eswachaka antes de romperse? Cada cable principal, del grueso del muslo de un hombre, puede sostener 5.175 libras (o 2.347 kilogramos), ¡más que el peso de un automóvil promedio o el peso de 12 llamas juntas!



TELEMUNDO

¡Descubra! Meet the Science Expert es hecho posible, en parte, por medio de patrocinio de NBCUniversal Telemundo Enterprises. Para aprender más sobre los recursos educativos de nuestro patrocinador, visite <http://www.telemundo.com/el-poder-en-ti/tu-educacion>.





Smithsonian Latino Center

### 3. Preparación

#### Materiales

- Para cada estación de exploración del puente (una estación tiene un equipo de seis niños)
  - o Dos sillas
  - o Cuerda
  - o 1 pedazo rectangular de cartón de unos 4 pies (1,2 m) de largo por 1 pie (0,33 m) de ancho
  - o Cinta adhesiva de pintor
  - o Libros para hacer peso (de 4 a 5 libros pesados)
  - o 2 pedazos de cuerda gruesa, cada uno de alrededor de 9 pies (2 metros) de largo
  - o 8 a 12 pedazos de cordel, cada uno de cerca de 2 pies (0,6 m) de largo
- **Para todos los participantes**
  - o Carteles del Tawantinsuyu, impresos en inglés y español (que pueden montarse en FoamCor)
  - o Dos juegos de fotografías laminadas que sirvan de contexto sobre la cultura inka para jugar «memoria»
  - o Un conjunto de imágenes laminadas sobre la actividad
  - o Proyección de un video TRT de 3:15 minutos sobre la construcción del Q'eswa chaka en: (<https://www.youtube.com/watch?v=dqI-D6JQ1Bc>)

#### Preparación para el adulto

- o Reunir todos los materiales
- o Colocar en una mesa los materiales para cada estación de exploración del puente
- o Colocar en una mesa los materiales para todo el grupo de participantes



TELEMUNDO

¡Descubra! Meet the Science Expert es hecho posible, en parte, por medio de patrocinio de NBCUniversal Telemundo Enterprises.  
Para aprender más sobre los recursos educativos de nuestro patrocinador, visite <http://www.telemundo.com/el-poder-en-ti/tu-educacion>.



Smithsonian Latino Center

#### 4. Construir y hacer

Los adultos pueden empezar invitando a los niños a “jugar memoria” con los dos conjuntos de imágenes laminadas; los adultos deben conocer la “clave” para las imágenes de manera que puedan explicar a qué se refieren. Esta actividad pueden hacerla los niños más pequeños o todos los niños, dependiendo de cuántos hay. El propósito es dar información básica sobre la cultura inka y las comunidades quechuas de los Andes, para que las actividades relacionadas con el puente resulten más interesantes.

#### Experimentemos con las fuerzas de compresión y de tensión

##### Definiciones de tensión y compresión

**Las fuerzas de tensión** halan y tensan los materiales en direcciones opuestas, lo que permite que un puente colgante hecho de sogas se sostenga a sí mismo y la carga que lleva. Las **fuerzas de compresión** aprietan y empujan el material hacia adentro, lo que hace que las rocas de un puente en arco se presionen unas contra otras para soportar la carga. Ambos tipos de puentes se apoyan en estribos, los componentes de un puente que soportan la presión y la disipan en la tierra. En el caso del puente Q’eswachaka, los estribos están hechos de rocas pesadas en las cuales se anclan los cables principales del puente.



TELEMUNDO

*¡Descubra!* Meet the Science Expert es hecho posible, en parte, por medio de patrocinio de NBCUniversal Telemundo Enterprises.  
Para aprender más sobre los recursos educacionales de nuestro patrocinador, visite <http://www.telemundo.com/el-poder-en-ti/tu-educacion>.



Smithsonian Latino Center

Señale las imágenes laminadas correspondientes a “tirar” (**fuerza 1**) y “halar” (**fuerza 2**) para demostrar los principios. Pídeles a los estudiantes que trabajen en parejas para demostrar la **fuerza 1 y la fuerza 2**, según se muestra en las ilustraciones que siguen. A medida que los alumnos empujen y halen, sentirán la dirección de las fuerzas. Sobre la base de las definiciones de tensión y de compresión, pregúnteles a los estudiantes ¿cuál fuerza es la tensión y cuál fuerza es la compresión?



Muestre la imagen de los dos puentes, el Q’eswachaka y el Taft en Washington, DC. Pídeles a los estudiantes que miren las imágenes de los dos puentes y que relacionen la “Fuerza 1” o la “Fuerza 2” con cada puente. Pídeles que identifiquen en cuál de los puentes las fuerzas principales son las de compresión y en cuál las principales son las fuerzas de tensión. Pídeles que expliquen y justifiquen sus respuestas.







Smithsonian Latino Center

Pídales a los estudiantes que reflexionen sobre cómo se sentían al experimentar estas fuerzas. Cuando halaban para alejarse de su compañero ¿a qué forma se asemeja la posición que de sus cuerpos? ¿Qué sucede al empujar las manos de su compañero? Observe como al tratar de alejarse de su compañero, los cuerpos de los estudiantes forman un arco suspendido muy parecido al del puente Q'eswachaka; cuando empujan hacia su compañero, sus cuerpos forman un arco similar al del puente Taft.

### Actividad 2: Construcción de un puente colgante

Es interesante y divertido descubrir cómo funciona un puente colgante. ¿Qué tipo de puente podría construirse con los siguientes materiales?

- Un pedazo rectangular de cartón de aproximadamente 4 pies (1,2 m) de largo por 1 pie (0,33 m) de ancho
- Dos sillas
- Cuatro o cinco libros pesados

Los estudiantes pueden empezar por colocar las dos sillas una frente a otra, luego colocar el cartón para que forme un puente entre los asientos. Esto se llama un puente de viga o de tablón. Este tipo de puente no es muy resistente. Pídales a los estudiantes que prueben la resistencia del puente colocando una carga pesada (una pila de libros) sobre él y que observen cuántos libros puede sostener el puente antes de caerse. Pídales a los estudiantes que consideren cuáles son las fuerzas que intervienen en este tipo de puente. ¿La compresión? ¿La tensión?



TELEMUNDO

¡Descubra! Meet the Science Expert es hecho posible, en parte, por medio de patrocinio de NBCUniversal Telemundo Enterprises.  
Para aprender más sobre los recursos educativos de nuestro patrocinador, visite <http://www.telemundo.com/el-poder-en-ti/tu-educacion>.



Smithsonian Latino Center

Para hacer un puente de tablón más resistente, pídales a los alumnos que lo modifiquen para que se convierta en un puente colgante. Incluya los siguientes materiales:

- Dos pedazos de cuerda, cada uno de aproximadamente 9 pies (2 metros) de largo
- Ocho pedazos de cordel, cada uno de 2 pies (0,6 m) de largo
- Cinta adhesiva de pintor

Pídales a los estudiantes que estiren las cuerdas por encima del cartón, pasando por encima del respaldo de las sillas y pídales a dos de ellos que las halen con fuerza sentándose en el suelo, detrás de cada una de las sillas (véase la ilustración que sigue).



Luego dígales que amarren la parte superior de por lo menos cuatro trozos de cordel a cada una de las cuerdas, a intervalos equidistantes entre las dos sillas; el proceso debe repetirse con la otra cuerda. Pídales a los estudiantes que fijen con cinta adhesiva los extremos sueltos del cordel a la parte inferior del cartón.



TELEMUNDO

¡Descubra! Meet the Science Expert es hecho posible, en parte, por medio de patrocinio de NBCUniversal Telemundo Enterprises.  
Para aprender más sobre los recursos educativos de nuestro patrocinador, visite <http://www.telemundo.com/el-poder-en-ti/tu-educacion>.





Smithsonian Latino Center



De este modo, los estudiantes han transformado un puente de tablón en un puente colgante. Pídeles a dos estudiantes que se sienten en el suelo detrás de las sillas para halar las cuerdas, mientras que otro coloca una pila de libros sobre el cartón. Los estudiantes podrán experimentar con la fuerza de tracción y con cargas diferentes para comprobar la resistencia del puente. Pregúnteles a los estudiantes ¿cuáles son las fuerzas principales que actúan en este tipo de puente? ¿La compresión? ¿La tensión? ¿Dónde sienten las fuerzas los estudiantes que halan las cuerdas mientras sus compañeros agregan más libros? Pídeles que vean las fotos del puente Q'eswachaka y que consideren en qué se parece el puente que construyeron y en qué es diferente del puente inka.



TELEMUNDO

¡Descubra! Meet the Science Expert es hecho posible, en parte, por medio de patrocinio de NBCUniversal Telemundo Enterprises. Para aprender más sobre los recursos educacionales de nuestro patrocinador, visite <http://www.telemundo.com/el-poder-en-ti/tu-educacion>.



Smithsonian Latino Center

## Mis apuntes y observaciones



TELEMUNDO

¡Descubra! Meet the Science Expert es hecho posible, en parte, por medio de patrocinio de NBCUniversal Telemundo Enterprises.  
Para aprender más sobre los recursos educativos de nuestro patrocinador, visite <http://www.telemundo.com/el-poder-en-ti-tu-educacion>.