

# “INSTALACION DE PUENTE COLGANTE CON TECNOLOGIA DIGITAL”

Construcción de puente inspirado en el puente inca de Q’eswachaca

Walter Hector Gonzales Arnao  
Universidad Nacional de Ingeniería

## RESUMEN

La evolución de la ingeniería desde los orígenes de la civilización en los andes, fue interrumpida por la llegada de los españoles, la tecnología de los puentes colgantes incas, no fue la excepción, que fueron dejándose de usar hasta quedar el ultimo puente colgante inca Q’eswachaca, ubicada en Canas, Cuzco.

Muchos cronistas hacen referencias, siendo Huamán Poma de Ayala (1615) quien dibuja el puente colgante de Guambochaca y el estadounidense Ephraim George Squier (1877) ilustra puentes colgantes de Ollantaytambo, Apurímac y río Pampas, como parte del sistema vial inca Capac Ñan. John Ochsendorf (1995) investiga y hace su tesis en Universidad de Cornell, sobre ingeniería de los puentes colgantes incas, como una manera de integrar la arqueología y la ingeniería en un concepto de combinación de ciencia de materiales y la experimentación con el trabajo de campo. Heather Lechtman, Dorothy Hosler y Linn Hobbs, (2007) profesores del curso “Materiales en la Experiencia de la Humanidad” y 14 estudiante del MIT, construyen una réplica del puente colgante inca, en el campus del MIT, como una manera de entender como los incas direccionaron su tecnología de los tejidos.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco, 2013) inscribió los conocimientos, técnicas y rituales vinculados a esa renovación del puente inca (Qeswachaca), elaborado con fibras vegetales, en la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad.

En este contexto de antecedentes se propone la investigación y construcción de un puente colgante con tecnologías digitales, respetando el criterio de puente tejido, incorporándole el ingrediente de la fabricación digital, para que el puente pueda ser reproducido con tecnologías mixtas.

Este proyecto está en proceso en esta primera etapa se documentó y reprodujo el puente colgante inca en el ámbito académico y también se realizó una propuestas propia y para segunda etapa del proyecto diseñaremos un puente conjuntamente, con la comunidad que fabrica el puente en Canas-Cuzco en un esfuerzo por empoderar las tecnologías digitales en esta práctica constructiva ancestral y pueda ser replicado en los lugares donde existían los estribos de puentes colgante incas para la puesta en valor y preservación de esta práctica para las nuevas generaciones.

Palabras clave

Puente colgante, Qeswachaca, diseño digital

Key words

Suspension bridge, Qeswachaca, Digital design

## 1. INTRODUCCIÓN

El puente colgante de paja sobre el río Marañón y el telar de cintura me impresionaron en mi primer viaje a los andes peruanos en 1978, ambos inventos atribuido a Mayta Capac y Mama Ocllo respectivamente según, el cronista Guamán

Poma de Ayala [1], identifica gráficamente la importancia de estas tecnologías en el imperio inca. ver figura 1 y figura 2.

El puente colgante y los avances basados en técnicas textiles, obviamente no se inventaron por una sola persona. La siguiente cita, pertenece a John Hyslop [2],

describe una visión real de lo que pudo haber pasado: “sin duda, la tecnología andina empleada para solucionar el cruce de los ríos se fue desarrollando durante varios milenios antes de la llegada de los europeos en el año 1532 d.C. Desafortunadamente, no contamos por el momento con casi ninguna evidencia arqueológica que nos permita delinear el desarrollo de tales tecnologías en tiempos preinkaicos”.

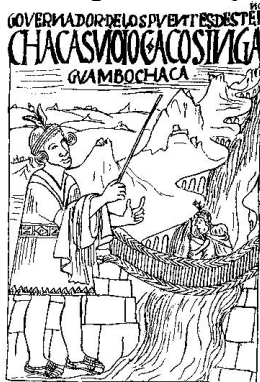


Figura 1: Nueva Crónica y Buen Gobierno (1615)



Figura 2: Nueva Crónica y Buen Gobierno (1615)

El puente fue parte de un sistema de comunicación vial, llamado Qhapaq Ñan, y para Bronowski [3], “la autoridad del inca se sostenía en tres inventos: los caminos, los puentes y los mensajes (quipus)”, estos tres eslabones permitieron enlazar todas las ciudades a lo largo de 5000 km, en América del Sur. Este sistema de comunicación vial, permitió a los españoles desplazarse a lo largo del gran imperio inca, donde el puente colgante tubo un rol protagónico.

Los cronistas y viajeros documentaron de diferente manera, siendo los más descriptivos Pedro de Cieza de León y Garcilaso de la Vega, resaltando que se desgastaban rápido. De los viajeros el que más resalta E. George Squier, por ser el que

ilustró artísticamente con mucho detalle la tecnología de los puentes colgantes ver figura 3.

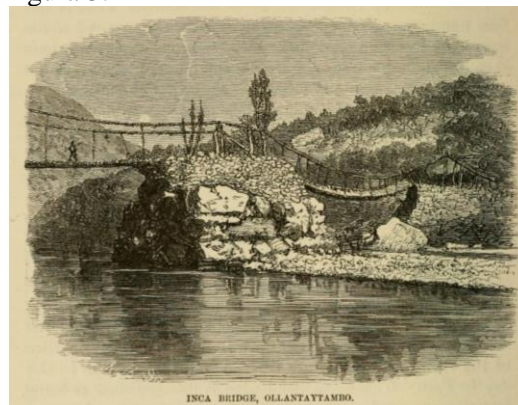


figura 3, ilustración de puente inca, en Ollantaytambo, en el libro de E. George Squier de 1877

El ingeniero civil e historiador peruano Alberto Reagal Matienzo (1892-1982), docente de la Universidad Nacional de Ingeniería, realizó estudios del Capac Ñan y sus puentes clasificándolos y ubicándolos geográficamente [4]. John Hyslop realiza una visión completa, luego de recorrer sistemáticamente las rutas identificadas. En el siguiente cuadro mostramos la evolución cronológica de cómo el conocimiento respecto a los puentes colgantes incas se fue desarrollando. ver cuadro 1

CUADRO 1 referencias de los puentes colgantes incas		
Autores	aporte	AÑO
Vaca de Castro	descripción	1543
Agustín de Zarate	descripción	1555
Pedro de Cieza de León	tecnología	1555
Pedro Pizarro	descripción	1571
Pedro Sarmiento de Gamboa	descripción	1572
Martin de Murrúa	descripción	1590
Gutierrez de Santa Clara	materiales	1603
Garcilaso de la Vega	renovación	1609
Guamán Poma de Ayala	Dibujos, describe al gobernador de puentes	1615
Anello Oliva	Origen del puente	1630
jesuita Bernabe Cobo	descripción	1653
Clements Markam	descripción	1861
Antonio Raimondi	descripción	1869
E. George Squier	ilustraciones	1877
Ernst Middendorf	descripción	1888
Víctor von Hagen	Difusión internacional	1950
León Strube Erdmann	investigación	1963
Alberto Regal	Investigación Estudio técnico	1972
John Hyslop	Visión completa	1984
Ministerio de cultura	Proyecto Capac Ñan	2004
UNESCO	Patrimonio de la humanidad	2013
Andres Chirinos Martha Zegarra	Servicio de tambos y caminos puentes (orden inca)	2103

Fuente: El Q'eswachaca de Canas, Ingeniería y tradición en las comunidades de Quehue, Ministerio de Cultura Perú 2015 [5]

Cada autor ha interpretado y descrito el puente de acuerdo a su época y visión, en el presente artículo presentamos una propuesta de construcción de puente con nuevas tecnologías digitales con la intención de rediseñar el puente con una propuesta en

una primera etapa que tiene una patente en trámite (N° de expediente 2512-2015/DIN) en el Perú (INDECOPI). En una segunda etapa se propondrá un puente que será producto de un esfuerzo de un diseño colaborativo con la comunidad que en la actualidad renueva el puente de Q'eswachaca de Canas, cada año; para tal fin en esta segunda etapa se ha incorporado al proyecto el Ing. Cesar Cruz que es miembro de la comunidad y que es un investigador que aportará dándole la dimensión de conectar la academia con la comunidad y pertenece a la Universidad San Martín de Porras.

Este proyecto de investigación pretende rescatar el puente colgante inca como una solución ancestral que puede usarse actualmente, aplicando tecnologías digitales de tal manera que sea un puente cultural entre el pasado y el presente, aportando una propuesta sostenible y que incorpore el diseño colaborativo.

Es importante mencionar que el proyecto se inició Universidad Nacional de Ingeniería, en el laboratorio de diseño digital FAB LAB UNI-FAUA, que fue iniciado en Madrid como parte de una instalación para una feria itinerante de unas estructuras tipo coberturas virtuales para el ayuntamiento de Getafe el 2015. Luego se propuso como puente para ser instalado en el Congreso de diseño digital FAB 11 en Shenzhen-China 2016, no llegando a concretarse la construcción del puente, se propone que en el congreso de diseño digital en FAB 12 Chile 2017, se logre su construcción.

Este proyecto fue presentado como ponencia en el fab lab YACHAY, y fab lab BOLIVIA. Esta investigación se encuentra en la primera fase de desarrollo y se constituye en una herramienta de integración cultural entre todos los países que conformaron el área de influencia del imperio inca.

## 2. MARCO TEORICO

El marco teórico, como es de conocimiento, los textiles son el fundamento constructivo para el diseño del puente colgante de Q'eswachaca, y para entender mejor el puente inca, la aproximación se tiene que dar aprendiendo a tejer, y la experiencia académica en la Universidad nacional de ingeniería-Facultad de Arquitectura, con

alumnos en el curso de telares 2012, nos indujo en este aprendizaje de diferentes técnicas como la de nudos (ver figura 3), telares de cintura (ver figura 4), telar de bastidor (ver figura 5) y telar de pedal (ver figura 6). En cada una de las técnicas se paso de unidimensional a lo tridimensional. Aplicando la lógica textil andina, iniciándonos, en el dominio y practica de esta tecnología, para dar el salto aplicativo [6].



figura 3. técnica de los nudos, donde se emplea como única herramienta de tejido la mano, haciendo tensión a los hilos, logrando una expresión estética y planos diseñados a manera de rombos.



figura 4. Técnica de telar de cintura, basado en un elemento fijado en la cintura con accesorios que ayudan a tejer de manera mas rápida que el tejido con la técnica de nudos.



figura 5. técnica del telar de bastidor, esta herramienta permite tener tensada entorno a un marco, con clavos en los extremos donde se sujetan la urdiembre



figura 6. Técnica del telar de pedal

Luego en el curso taller 2B (docentes, arq. Gaddy León, Juan Palacios y Walter Gonzales) 2014, realizamos aplicaciones de los textiles en instalaciones tipo coberturas virtuales, con la condición que sean construidos con cuerdas y elementos lineales estructurales para facilidad de montaje. Se empleo los criterios de trama y urdiembre y como resultado final tenia que constituirse en un espacio funcional basados en elementos lineales recreando una arquitectura con un sistema de techo tejido. Ver figura 7, figura 8, figura 9, figura 10.



figura 7. Maqueta exploratoria de propuesta tridimensional con criterios de trama y urdiembre, basado en telar de cintura.



figura 8. Propuesta de espacio funcional, con elementos lineales y cobertura tejida con cuerdas basada en telar, con criterio de trama y urdiembre.



figura 9. Vista posterior de la imagen de la figura 8



figura 10. Vista de un asiento basado en la técnica textil de los puentes colgante tejidos.

### 3. METODOLOGIA

El diseño del puente y construcción planteo problemas metodológicos desde el punto de vista de la tecnología, de la fabricación del prototipo; para desarrollar los el diseño del puente se viajó dos veces en agosto y noviembre del 2016 a la comunidad de Canas en Cuzco y contactamos con los constructores del puente que renuevan año a año.

Para efectos de la investigación encargamos la construcción de un puente a la comunidad de Canas con técnicas tradicionales de construcción de puentes de paja y nosotros aprendimos de la tecnología que explicamos a continuación.

#### 3.1 Ámbito de la comunidad de Canas.

La investigación utilizó el método de la aproximación a la tecnología del puente de paja, en una primera etapa se procedió a

analizar los antecedentes del estado de la técnica, y para tal fin identifico a los constructores en Canas, y se documentó todo el proceso de fabricación del puente de cinco metros de longitud que encargamos a la comunidad, donde el equipo de investigación documentó todo el proceso, desde la selección de la fibra hasta la construcción del puente, que explicamos a continuación, en cinco pasos que son los siguientes. ver figura 11.



Figura 11: reunión con la comunidad de Canas, realizando pago a la tierra para iniciar el proyecto de construcción del puente de paja

#### **Paso 1: Cortado y selección de fibra**

Para conocer la tecnología del puente de paja, se procedió a identificar el material en su ecosistema natural, en las alturas de Canas-Cuzco, donde esta fibra vegetal crece, y se secciona las mas largas y se corta y se deja remojando de un día para otro, en una poza de agua. ver figura 12



Figura 12: selección de la paja con fibras largas, en las alturas de Canas-Cuzco

## **Paso 2: Chancado de la fibra, torcido y fabricación de las cuerdas**

Como siguiente paso se retira de la posa de agua las fibras para ser chancada con piedra de canto rodado para darle mayor flexibilidad y luego se procede a torcer las fibras para formar las cuerdas, usando las manos, donde se va adicionando la fibra conforme se avanza, logrando de esta manera una cuerda larga. Ver figura 13



Figura 13: se tuerce la fibra y se logra la cuerda, como se aprecia en la imagen. Esta técnica es realizada a mano.

## **Paso 3: Remojado de la cuerda torcida**

Luego del torcido nuevamente se introduce la cuerda a una posa un día, para que logre flexibilidad, este proceso es importante porque permite que la cuerda pueda seguir torciéndose para lograr cuerdas mas gruesas, ya se tienen que habilitar cuerdas de diversos grosores tanto para el pasamanos, el piso del puente y los balaustres del puente. ver figura 14



Figura 14: se introduce en la posa para que se flexibilice y se pueda seguir trabajando en cuerdas mas gruesas.

## **Paso 4: Habilitado de los pasamanos y piso del puente**

En esta parte del proceso se dimensiona y corta las cuerdas ya torcidas a la sección

seleccionada. Para tal fin también se hace el control de calidad de las cuerdas torcidas, y también se verifica las secciones. Ver figura 15



Figura 15: se habilita las cuerdas torcidas desacuero a los requerimientos, de barandas balaustres, y piso del puente.

## **Paso 5: armado del puente**

Finalmente se arma el puente respetando las técnicas de tejido tradicional, conectando, la baranda, el balaustre y el piso del puente, en un proceso que dura unas 4 horas, ver figura 16, luego este puente se transporto a Lima Perú, a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA ver figura 17, para que sea caracterizado y documentado su comportamiento en la costa donde la humedad relativa es mas alta que en Canas-Cuzco.



Figura 16: en esta imagen se construye el puente de acuerdo a las dimensiones y secciones seleccionadas.

Finalmente en la instalación de puente se presento un problema del montaje del puente para tal fin se fabricaron los estribos que es una estructura para que el puente este extendió y se pueda usar, que consiste

en una viga de madera en el piso (listones de madera horizontales) y los estribos (listones de madera verticales) triangulados, en los extremos que permiten que este armado y tensionado el puente, ambos listones se conectan con refuerzos que estabiliza toda la estructura,. Ver figura 17 y figura 18.

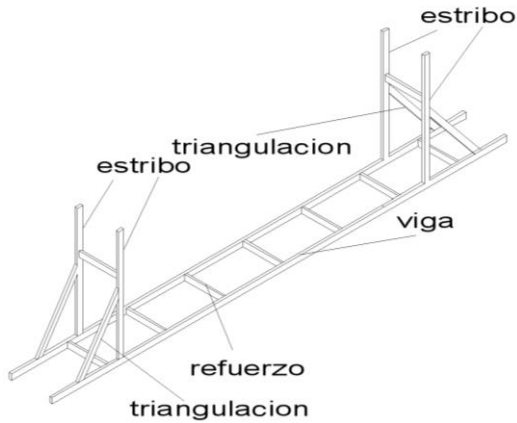


figura 17, se muestra la estructura con el estribo, que permite mantener el puente extendido.

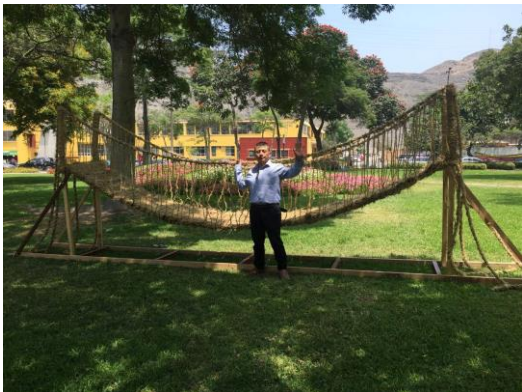


Figura 18: el puente instalado en la universidad nacional de ingeniería, frente al pabellón central, para mostrarlo a la comunidad universitaria, en el contexto de caracterizar el puente.

### 3.2 Antecedente de reproducción del puente, documentado.

Para analizar los antecedentes se tomo en cuenta las instalaciones construidas en MIT (Boston-USA), cobertura virtual (Madrid-España) y Instituto Smithsonian (Washington-USA)

#### 3.2.1 instalación del puente colgante inca en Boston-MIT

El 2007 14 estudiantes de ingeniería del MIT construyeron el puente como proyecto

del curso No. 3.094 “Materiales en la Experiencia de la Humanidad”, dictado por los profesores Heather Lechtman, Dorothy Hosler y Linn Hobbs. “Empezamos haciendo 192 segmentos de soguilla de 109 mts. de largo a partir de dos cuerdas de maguey. Luego retorcimos 12 de estas soguillas para hacer la soga. Trenzando tres sogas hicimos los 4 cables para el piso del puente, y de dos de las sogas, los pasamanos”, explica Megan Firko, estudiante del 3er año de Ingeniería Mecánica. “Nos tomó 7 sesiones de 3 horas de trabajo durante todo el semestre”, recuerda su compañero de clases Shane Treadway. “Lo mas difícil fue organizarnos en equipo para alcanzar el objetivo y aprender a mantener la tensión y torsión correcta al torcer la soguilla (paja)”. Artículo tomado del (Por Fernando Pareja - Cambridge, Massachusetts, Abril del 2007)

Ver figura 19 y figura 20



figura 19, Estudiantes y los docentes Heather Lechtman, Dorothy Hosler y Linn Hobbs, (2007) en proceso de construcción en una fosa seca en el MIT.



figura 20, Estudiantes y los docentes Heather Lechtman, Dorothy Hosler y Linn Hobbs, (2007) profesores del curso

“Materiales en la Experiencia de la Humanidad” y 14 estudiante del MIT, construyen una replica del puente colgante inca, en el campus del MIT, como una manera de entender como los incas direccionaron su tecnología de los tejidos [7].

### 3.2.2 Instalación Agroplaza, Madrid-España

Conjuntamente con el equipo de trabajo Pez Estudio, Mae Durant Vidal, Japi Contonente, Walter Gonzales y Elisa de los Reyes García López realizamos una experiencia con instalaciones de coberturas virtuales, en el ayuntamiento de Getafe en Madrid en enero 2015, [8] inspirado en las estructuras de cuerdas de los puentes colgante incas, que permitió proyectarse y plantear una estructura con tecnologías mixtas entre la ancestral y la digital para facilitar la replicación como una instalación artística itinerante; esta instalación permitio demostrar la versatilidad de la tecnología textil del puente colgante para la aplicación en coberturas virtuales de escala urbana y de armado rápido, (tres dias). Ver figura 21 y figura 22.



figura 21, se muestra la disposición de la instalación en módulos tipo mástiles que permiten el montaje rápido, según el criterio de tejido del puente inca.



figura 22, instalación de techos virtuales de cuerdas de 3000 m2 que realice en Getafe-Madrid 2015.

<http://getafe.es/getafe-acoge-agroplaza-una-iniciativa-con-instalaciones-ecologicas-urbanas/>

### 3.2.3 Instalación puente colgante inca en Washington-USA

Uno de los antecedentes mas relevantes es que los miembros de la comunidad peruana de Canas construyeron en Washington DC un puente colgante “Q’eswachaca” como parte del Festival de Tradiciones Folklóricas del Smithsonian, Perú: el evento denominado Pachamama, que se realizó del 24 de junio al 5 de julio del 2015 en el National Mall. Un segmento del puente forma parte de la muestra que se exhibió en el Museo Nacional del Indígena Americano [9], que fue un ejemplo de la versatilidad y rapidez con que ejecuta esta construcción en tan solo dos días, ver figura 23 y figura 24



figura 23, se muestra una vista de la construcción de la instalación del puente en Washington D.C.

<http://eltiempolatino.com/news/2015/jul/26/washingt-on-admira-al-gran-camino-inca/>



figura 24, se muestra una vista panorámica de la instalación del puente en Washington D.C.

<https://limanorte.wordpress.com/2015/07/08/puentes-geswachaca-construido-en-washington-d-c/>

### 3.2.4 Puentes colgantes con tecnología inca, en Cuzco, Ayacucho y Huaraz.

Cabe recalcar que existen otros puentes incas en Checacupe en Cuzco, Ayacucho distrito de Sarhua, y Ancash que presentan un antecedente diferente al de Q'eswachaca, que de la misma manera se renuevan año a año, que para la presente investigación solo lo mencionamos y mas no lo estudiaremos, además debemos precisar que existen puentes colgantes que se han reconstruido con fines turísticos pero con materiales modernos, en Huaraz, ver figura 25, figura 26 y figura 27 respectivamente.



figura 25, puente de Checacupe en Cuzco, con una construcción colonial de piedra, que están en perfecta armonía con el paisaje.



figura 26, Los comuneros de Sarhua ("comunkuna"), capital del distrito del mismo nombre en el Departamento de Ayacucho – Perú, han tendido su puente colgante (entre los días 11 y 16 de Enero), en una actividad colectiva donde celebran la construcción del puente inca, con materiales parecidos a ramas largas como lianas de arboles. [http://sarhuino.blogspot.pe/2010\\_01\\_01\\_archive.html](http://sarhuino.blogspot.pe/2010_01_01_archive.html)



figura 27, Llama y Yauya, distritos unidos por un puente inca en Áncash, que renuevan año a año, utilizando fibras naturales con proceso industrial, pero rescatan la técnica de tejido de puentes incas. <http://rpp.pe/peru/actualidad/llama-y-yauya-distritos-unidos-por-un-puente-inca-en-ancash-noticia-426528>

### 4.0 Descripción del puente propuesto

Esta propuesta de puente es una aproximación para adaptar la tecnología de los puentes colgantes de paja a las nuevas tecnologías digitales y es objeto de una patente en la oficina de patentes del Perú.

A continuación, en relación con las figuras se describe el puente colgante que se enrolla como un acordeón, y puede unir dos puntos separados en altura para distancias de 10 metros, 20 metros hasta 40 metros, para lograr unir luces de esta dimensión, se emplea, el sistema tecnológico de los puentes colgantes incas.

Tiene como elemento estructural unos anillos guías 1, que tiene doce perforaciones por donde pasan ocho cuerdas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, de fibra o sintético; complementariamente están dispuestos cuatro cables metálicos 2, 3, 4, 5, que son los elementos estructurales que estabilizan el puente, los templadores metálicos 4, 5 son los que soportan la pieza 14 que es el piso. Ver figura 28

Cada pieza 14, es un listón de madera o similar de resistencia media para soportar una persona de 120 kilos, esta pieza da origen a la superficie del piso que se desenrolla sobre los cables metálicos 4, 5; esta pieza 14 genera la superficie de estos listones tienen una banda flexible 15, 16 que puede ser de tela sintética, fibra natural, que

conectan con la pieza 14 por remaches metálicos de acero inoxidable, que le dan una separación uniforme. La pieza 14 es posible de enrollarse por la banda flexible 15, 16. Ver figura, 28 y figura 29.

Para que la pieza 14, se establezca y se asegure a los cables metálicos 4, 5, se ha dispuesto de unos ganchos 18, que muerden por el sistema de tenaza que tiene este gancho 18, que dotan de mucha estabilidad al piso del puente colgante. Ver figura 29

Para poder anclarse al piso se dispone de anclajes metálicos 20, que se fijan en los dados de concreto 20 que le dan resistencia para que no se arranque. Ver figura 31.

Para poder enrollarlo se dispone de bobinas 6', 2', 7', 8', 9', 5', 10', que facilitan el empaque y embalaje, este sistema es posible por las perforaciones que tiene la pieza 1. Ver figura 32.

El anillo guía 1, puede tener cualquier forma poligonal sin perjuicio de la forma presentada, cuando la forma del anillo 1, es uniforme toma la forma de un tubo, ver figura 33, y figura 38; además si se varía la dimensión de los anillos de forma variable se puede tener una geometría con un tubo con gargantas que le dotan de una estética lúdica heterogénea. Ver figura 34.

Cuando los anillos 1, en los extremos es mayor diámetro se obtiene una geometría de dos embudos con un cuello central. Ver figura 34.

Cuando los anillos 1, en la parte central de puente colgante tienen diámetro mayor, toma una forma de dos embudos encontrados, ver figura 35, figura 36 y figura 37

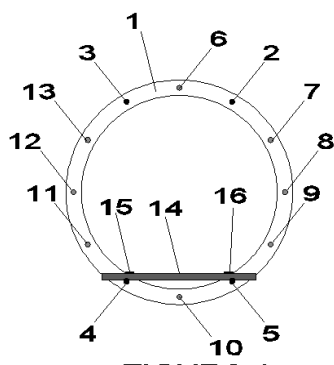


figura 28, muestra una vista del detalle en corte del puente colgante.

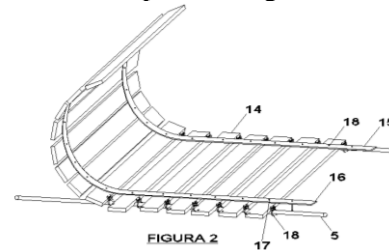


figura 29, muestra una vista isométrica en detalle del piso del puente

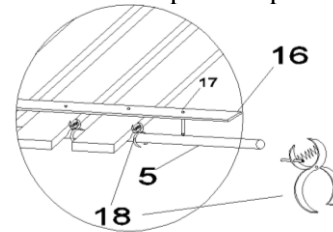


figura 30, muestra una vista isométrica en detalle del sistema de conexión entre el piso y el cable metálico del puente a través del tenazas de seguro

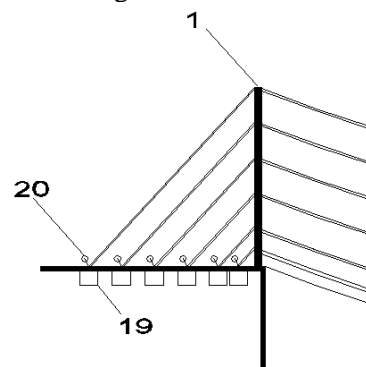


figura 31, muestra una vista en detalle del sistema de anclaje tipo arandela al piso y el cable metálico o la cuerda del puente en ambos extremos.

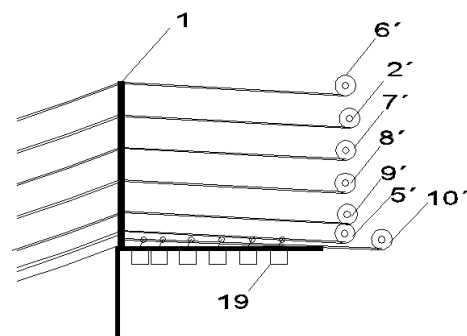


figura 32, muestra una vista en detalle del sistema de bobinas que permite desenrollar

y enrollar la cuerda, para su montaje y desmontaje haciendo practico su transporte.

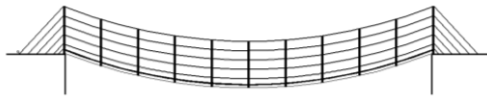


FIGURA 6

figura 33, muestra una vista de perfil del puente con los anillos de tamaños iguales.



FIGURA 7

figura 34, muestra una vista de perfil del puente con los anillos de tamaños alternados que generan una geometría, tipo cintura cada tramo



FIGURA 8

figura 35, muestra una vista de perfil del puente con los anillos de tamaños centrales angostos y los extremos anchos que generan una geometría, tipo embudo, con cuello en la parte central

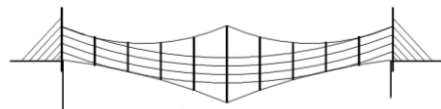


FIGURA 9

figura 36, muestra una vista de perfil del puente con los anillos de tamaños centrales anchos y los extremos angostos que generan una geometría, tipo embudo, con cuello en los extremos

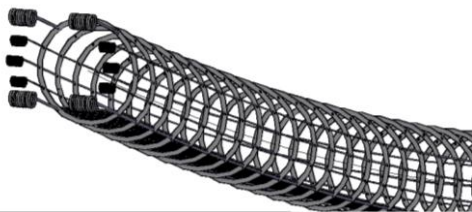


figura 37, muestra una vista isométrica del puente con los anillos y el sistema de embobinado



38, muestra una vista isométrica del puente

### 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el planteamiento del problema inicial se consideró la incorporación de tecnologías mixtas, para lograr la integración entre conocimientos ancestrales y las nuevas tecnologías digitales, sin perder el carácter cultural respetando las tradiciones textiles. Ver figura 39.



39, muestra una vista de frente el puente, y es la mitad del anillo del diseño propuesto.

#### 3.1 dimensión cultural

El tema cultural es muy latente en las comunidades, y se respeto en todo momento los rituales de pago a la tierra, y los procedimientos para la ejecución del puente en Cuzco que luego se trajo a Lima.

#### 3.2 dimensión social

El trabajo colaborativo de la construcción del puente también se refleja en el puente propuesto, ya que el proyecto se lograr contactar con, Frida Larios, (San Salvador), cuyo aporte es que se realice un trabajo con la comunidad, integrándolos al proyecto para un diseño colaborativo, incluyendo sus aportes de iconografía y textiles.

Cesar Cruz, (Cuzco), que contacto con la comunidad para que se lograra la construcción del puente, y fue el gestor operativo del puente.

#### 3.3 dimensión tecnológica

La estructura de soporte también es problema a resolver ya que sin este accesorio el puente no podría mantenerse en su posición de uso. Ver figura 17.

Para siguientes instalaciones se propondrá una estructura de soporte plegable que permita el transporte con suma facilidad.

#### 3.4 dimensión filosófica

Lo permanente de la piedra (compresión) y lo efímero de fibra vegetal (tensión), se combinan en el puente colgante inca; la obra civil del mampostería inca desafía al tiempo y el puente colgante desafía al olvido del hombre. El mantenimiento del puente exigía que cada año se fabricara uno nuevo donde no solo se renovaba el puente sino alianzas e intereses comunes que se fueron perdiendo con la colonia y la republica.

### 4 RESULTADO FINAL

Para esta primera parte se construyo un puente de cinco metros, con tecnologías mixtas. Se considero armar el puente con medio anillo, ver figura 40. Que son costillas que tiene la forma de “U” y las cuerdas atraviesa la lamina dándole forma al puente para estabilizarlo.

Los problemas presentados en este prototipo preliminar son la estabilidad y el refuerzo de los estribos que son los soportes en los extremos que mantienen al puente colgante en posición de uso.

El soporte del puente están conformado por una viga que es la base de sustentación, esta debajo del puente y tiene un estribo que es triangulado para darle estabilidad; esta estructura tiene que ser perfeccionada para ser plegable y poder ser transportada.



figura 40, muestra una vista de frente el puente, y es la mitad del anillo del diseño propuesto.

### 8. CONCLUSIONES

8.1 El puente colgante propuesto, se encuentra en etapa preliminar, faltando resolver la fiabilidad de la estructura.

8.2 El balanceo del puente también es un detalle técnico que se resolverá estabilizando.

8.3 Las costillas que tienen forma de “U”, son de MDF, (cartón prensado), son vulnerables a la humedad.

8.4 Los estribos que mantienen el puente en su posición de uso, se tiene que perfeccionar para darle portabilidad y poder transportarlo con facilidad, que fueron unos de los principales problemas que se tubo en el primer prototipo.

### 9. DISCUSIÓN EVALUACION

La aproximación al diseño del puente a través de los textiles nos obliga a entender el concepto de trama y urdiembre, que esta presente en el puente inca, la incorporación de la tecnología digital tiene que enriquecer y facilitar esta integración en la nueva propuesta del puente con tecnologías mixtas.

9.1 El proyecto PUENTE CON TECNOLOGIA DIGITAL, consiste en la puesta en valor, de la tecnología ancestral de la cultura INCA, utilizando tecnología de punta. Ver figura 41



41, muestra una vista de los dos prototipos de los puentes el de la derecha con paja al estilo tradicional inca y el puente de la izquierda diseñado y fabricado con tecnologías mixtas (ancestral y digital)

9.2 Este es un proyecto global que contempla varias etapas, la primera es el

desarrollo y perfeccionamiento del PUEENTE CON TECNOLOGIA DIGITAL,; en la segunda etapa se elabora un diseño de puente contando con la participación de la comunidad.

9.3 En este proyecto a convocado alumnos docentes autoridades de la UNI, con un interés común, reconstruir el puente colgante inca para fines culturales

9.7 Este proyecto pretende crear un puente entre el pasado y el futuro, llevando el la tecnología constructiva de puentes incas a los jóvenes, con los recurso tecnológico de la modernidad, para que las nuevas generaciones conozcan los aportes culturales de la ingeniería de la sociedad peruana al mundo. Ya que estos sistemas de comunicación mantuvieron una organización administrativa, en el estado inca.

9.8 Este proyecto con dos prototipos preliminares, se realizo porque son la base para poder perfeccionar y adaptar las tecnologías de puentes y darle aplicación practica; se propone reponer los puentes en zonas donde hay estribos inventariados e identificados por el ing. Alberto Regal, a lo lardo del Capac Ñan.

## 8 REFERENCIAS

### Libro

1. Huaman Poma de Ayala, Nueva publicación de "Nueva Crónica y Buen Gobierno", version digital web [http://www.latinamericanstudies.org/incas/Nueva\\_coronica\\_2.pdf](http://www.latinamericanstudies.org/incas/Nueva_coronica_2.pdf)
2. John Hyslop, Qhapaqñan El Sistema Vial Inkaico, edicion: Instituto Andino de Estudios Arqueologicos, Lima Peru 1992 pag. 215
3. Jacob Bronowski. El ascenso del hombre (The ascent of man), Reino Unido, Editorial: CAPITAN , pag. 40 SWING,1973. ISBN: 9788494504334
4. Alberto Regal Matienzo, Los Puentes Inca en el Antiguo Peru, Lima Peru 1972, Pag. 319.

5. Pedro Roel Mendizábal, Miguel Angel Hernández Macedo, Ingrid Huamani Rodríguez, EL Q'ESWACHACA DE CANAS, Ingeniería y tradición en las comunidades de Quehue, Ministerio de Cultura Perú 2015, pag. 10 al 35

### Artículo de revista

6. Gonzales Arnao, Walter H., "Arquitectura a Inca a Través de sus Textiles". Revista Tecnia, ISSN N° 2309-0413, pag 62-68. Vol.24, N° 2 2014, Peru 2015. <http://tecnica.uni.edu.pe/site/DataTecnia/25/arnaoarqtextil.pdf>

### Información Web

7. JOHN NOBLE WILFORD, The New York Times "How the Inca Leapt Canyons", (Como los Inkas cruzaron las quebradas), Publicado: 8 de mayo de 2007
8. Agroplaza Getafe es un proyecto piloto de laboratorios de aprendizaje en espacios públicos <https://www.facebook.com/pezestudio/photos/a.805304242857515.1073741840.273748279346450/960365547351383/?type=3>
9. Muestra en el Museo Indígena Americano destaca la extraordinaria ingeniería vial de los incas <http://eltiempolatino.com/news/2015/jul/26/washington-admira-al-gran-camino-inca/>