

INSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN UNIÓN LASHING JOINT EYE BOLT

ANDRY WIDYOWYJATNOKO EN RETICULADOS

ANDRES LEONARDO PINZON PIÑEROS



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

PROYECTO DE GRADO

BOGOTÁ, MAYO DE 2017

INSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN UNIÓN LASHING JOINT EYE BOLT

ANDRY WIDYOWYJATNOKO EN RETICULADOS

Presentado para optar al Título de  
Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas

Coordinador PTCA

Arq. Nelson Ricardo Cifuentes Villalobos

Docente De Proyecto

Arq. Andrea del Pilar Lara

ANDRES LEONARDO PINZON PIÑEROS



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

PROYECTO DE GRADO

BOGOTÁ, MAYO DE 2017

**.NOTA DE ACEPTACIÓN**

**Observaciones**

---

---

---

---

---

---

---

---

*Hilario Patiño López*

**Firma Director Trabajo de Grado**

*[Handwritten signature]*

**Firma del presidente jurado**

*Walter Barrantes*

**Firma del jurado**

**Bogotá, mayo de 2017**

## **Dedicatoria**

**Andres Leonardo Pinzón Piñeros**

Mi proyecto de grado quiero dedicárselo principalmente a Dios por nunca permitirme desfallecer gracias a el he logrado mantenerme en pie con mis estudios.

Le doy gracias a mi madre por apoyarme en todo momento, por los valores que me ha inculcado, por su confianza en mí y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

## **Agradecimientos**

**Andres Leonardo Pinzón Piñeros**

Quiero agradecer al profesor Walter Barreto por su compromiso esfuerzo y dedicación los cuales han sido de gran ayuda para llevar el proyecto de grado a un nivel más investigativo.

A decanatura por colaborarnos con las actividades realizada en la Universidad La Gran Colombia campus de chía, ya que sus aportes fueron de gran ayuda para la culminación del proceso investigativo, agradezco la intervención y colaboración de mis compañeras Widny Ardila, Luisa Garzón y Yesika Alvarez.

## Tabla de contenido

RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	8
Introducción.....	10
Objetivo General .....	12
Objetivos Específicos .....	12
Marco Teórico .....	12
Antecedentes.....	12
Antecedentes generales. ....	12
Reticulados Espaciales o Estéreo Estructuras .....	17
Uniones.....	19
Traditional and Innovative Joints in Bamboo Construction.....	22
Construcciones de Bambú Sustitutivas .....	25
Articulación de Atadura con Tornillo de Ojo.....	27
Análisis Articulación de Atadura con Tornillo de Ojo.....	30
Poliedros Factibles.....	34
Planimetría y Representación de Unión Tipo Joint.....	40
Análisis de Precios Unitarios y rendimientos.....	44
Instrucción tecnológica.....	48
Instrucción y toma de tiempos.....	52

Conclusiones y recomendaciones.....	57
Referencias .....	60

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 Estructura Cercha.....	14
Ilustración 2 símbolo propio del siglo XIX del reticulado.....	14
Ilustración 3 Reticulado Plano .....	15
Ilustración 4 Nudos de un reticulado.....	16
Ilustración 5 Reticulados espaciales, tetraedro .....	17
Ilustración 6 Domo geodésico.....	18
Ilustración 7 Triangulación espacial .....	18
Ilustración 8 Gráficos de Leonardo da Vinci (1452 – 1519) especificando detalles de uniones para puentes de madera provisorios .....	19
Ilustración 9 Unión tipo meros.....	20
Ilustración 10 Unión soldada.....	20
Ilustración 11 unión soldada (derecha) unión pernada madera (izquierda) .....	21
Ilustración 12 Diagrama .....	23
Ilustración 13 Uniones pernadas con inyección de mortero .....	24
Ilustración 14 Estructura reticulada a partir de bambúes dispuestos a formar tetraedros .....	26
Ilustración 15 Tetraedros a partir de meros y bambú.....	26
Ilustración 16 Unión joint Andry Widyowijatnoko .....	27
Ilustración 17 Unión joint Andry Widyowijatnoko armand domo .....	29
Ilustración 18 Unión joint Andry Widyowijatnoko Domo a partir de pentágonos y hexágonos..	29
Ilustración 19 Análisis Articulación de Atadura con Tornillo de Ojo .....	30
Ilustración 20 Análisis guaduatech .....	31

Ilustración 21 Análisis Oscar H. y Simón V. ....	32
Ilustración 22 Poliedros factibles .....	36
Ilustración 23 desarrollo y frecuencia en poliedros .....	37
Ilustración 24 dualidad y cuboctaedro .....	38
Ilustración 25 ángulo del poliedro.....	38
Ilustración 26 uso de platinas fuente propia.....	39
Ilustración 27 cubo octaedro prototipo.....	40
Ilustración 28 Platina, fuente propia .....	41
Ilustración 29 muestra de montura de platinas.....	42
Ilustración 30 Vista general de la estructura .....	42
Ilustración 31 Unión.....	43
Ilustración 32 Desarrollo membrana .....	43
Ilustración 33.....	44
Ilustración 34.....	44
Ilustración 35 Análisis precios unitarios .....	45
Ilustración 36 tiempos y armado .....	46
Ilustración 37 tiempos obtenidos.....	46
Ilustración 38 cuadrilla AA.....	47
Ilustración 39 Explicación de proceso constructivo.....	50
Ilustración 40 Armado de la unión .....	51
Ilustración 41 Armado de ejemplo .....	51
Ilustración 42 Unión didáctica constructiva.....	52
Ilustración 43 ciclo del desarrollo .....	53
Ilustración 44 diseño desarrollo .....	53

Ilustración 45 evaluación de medios .....	54
Ilustración 46 evaluación de medios .....	55
Ilustración 47 .....	55
Ilustración 48 propuesta de platina.....	58

## RESUMEN

Las uniones para estructuras reticuladas espaciales en guadua son limitadas en el mercado ya que empresas desarrollan todo el sistema junto al proceso técnico constructivo a partir de patentes o se emplea la inyección de mortero con varilla roscada.

Esta instrucción, busca detallar las variedades de aplicación de la unión tipo joint por parte del arquitecto indonesio Andry Widyowijatnoko en estructuras reticuladas espaciales para el uso arquitectónico, aplicando los conocimientos dados por el programa tecnológico de la facultad de arquitectura, utilizando las herramientas tecnológicas de representación asistida por computadora para enseñar este conocimiento a un sector social.

Para esto se es necesario examinar y exponer el trabajo doctoral de innovación del arquitecto indonesio y así basar desde un punto de vista técnico constructivo la aplicabilidad de esta unión. Pero para ello es importante conocer el material como lo es la guadua y sus procesos en función de elemento de conformación de una retícula para poder proponer una aplicación.

Compilando esta instrucción se pueden desglosar y avanzar en el desarrollo de la unión, con miras en el semillero de investigación que permitan abrir el uso de la propuesta del arquitecto indonesio al lenguaje general de la arquitectura y a la técnica constructiva con guadua.

Esta instrucción tecnológica está prevista para ser desarrollada en tres etapas. La primera etapa es de documentación y su objetivo es fundamentar las bases teóricas acerca de los reticulados y los polígonos o formas factibles en la construcción de reticulados espaciales. En esta etapa se recopila la información existente proveniente de las fuentes bibliográficas y de la

tesis doctoral del arquitecto Andry Widyowijatnoko también se tomara la información expertos en cada tema, luego se revisa, se analiza y se sacan conclusiones.

La segunda etapa es la proposición, el objetivo en esta etapa es decidir y proponer los elementos componentes de la estructura, que va a ser evaluado; así como la aplicación y el proceso de modelar y representación planimétrica.

La tercera etapa es la evaluación, el objetivo es evaluar los elementos componentes de unión del sistema y evaluar la eficiencia constructiva, los beneficios de la aplicación propuesta. En esta etapa, se calculan los precios unitarios de los elementos. También se evalúan los procesos propuestos sobre la fabricación y la construcción.

## ABSTRACT

The joints for space reticulated structures in guadua are limited in the market since companies develop the whole system together with the technical construction process from patents or the injection of mortar with threaded rod is used.

This instruction seeks to detail the varieties of application of joint type joint by the Indonesian architect Andry Widyowijatnoko in space reticulated structures for architectural use, applying the knowledge given by the technological program of the faculty of architecture, using the technological tools of representation Assisted by computer to teach this knowledge to a social sector.

For this it is necessary to examine and expose the doctoral work of innovation of the Indonesian architect and thus base from a technical constructive point of view the applicability of this union. But for this it is important to know the material as it is the guadua and its processes in function of element of conformation of a grid to be able to propose an application.

Compiling this instruction can be broken down and progress in the development of the union, with a view in the research field to open the use of the proposal of the Indonesian architect to the general language of architecture and constructive technique with guadua.

This technological instruction is planned to be developed in three stages.

The first stage is documentation and its objective is to base the theoretical bases about lattices and polygons or feasible forms in the construction of space lattices. At this stage, the existing information from the bibliographical sources and the doctoral thesis of the architect Andry

Widyowijatnoko will also be collected, experts will be taken in each topic, then reviewed, analyzed and conclusions drawn.

The second stage is the proposition, the objective in this stage is to decide and propose the component elements of the structure, which will be evaluated; As well as the application and process of modeling and planimetric representation.

The third stage is the evaluation, the objective is to evaluate the component elements of joining the system and evaluate the constructive efficiency, the benefits of the proposed application. At this stage, the unit prices of the elements are calculated. The proposed processes on manufacturing and construction are also evaluated.

## Introducción

Las uniones para estructuras reticuladas espaciales en guadua son limitadas en el mercado ya que empresas desarrollan todo el sistema junto al proceso técnico constructivo a partir de patentes o se emplea la inyección de mortero con varilla roscada.

Esta instrucción, busca detallar las variedades de aplicación de la unión tipo joint por parte del arquitecto indonesio Andry Widyowijatnoko en estructuras reticuladas espaciales para el uso arquitectónico, aplicando los conocimientos dados por el programa tecnológico de la facultad de arquitectura, utilizando las herramientas tecnológicas de representación asistida por computadora para enseñar este conocimiento a un sector social.

Para esto se es necesario examinar y exponer el trabajo doctoral de innovación del arquitecto indonesio y así basar desde un punto de vista técnico constructivo la aplicabilidad de esta unión. Pero para ello es importante conocer el material como lo es la guadua y sus procesos en función de elemento de conformación de una retícula para poder proponer una aplicación.

Compilando esta instrucción se pueden desglosar y avanzar en el desarrollo de la unión, con miras en el semillero de investigación que permitan abrir el uso de la propuesta del arquitecto indonesio al lenguaje general de la arquitectura y a la técnica constructiva con guadua.

Esta instrucción tecnológica está prevista para ser desarrollada en tres etapas.

La primera etapa es de documentación y su objetivo es fundamentar las bases teóricas acerca de los reticulados y los polígonos o formas factibles en la construcción de reticulados espaciales. En esta etapa se recopila la información existente proveniente de las fuentes bibliográficas y de la tesis doctoral del arquitecto Andry Widyowijatnoko también se tomará la información expertos en cada tema, luego se revisa, se analiza y se sacan conclusiones.

La segunda etapa es la proposición, el objetivo en esta etapa es decidir y proponer los elementos componentes de la estructura, que va a ser evaluado; así como la aplicación y el proceso de modelar y representación planimetría.

La tercera etapa es la evaluación, el objetivo es evaluar los elementos componentes de unión del sistema y evaluar la eficiencia constructiva, los beneficios de la aplicación propuesta. En esta etapa, se calculan los precios unitarios de los elementos. También se evalúan los procesos propuestos sobre la fabricación y la construcción.

### Objetivo General

Desarrollar bajo la unión tipo joint del arquitecto Andry Widyowijatnoko un proceso de instrucción para su fácil construcción e implementación en estructuras espaciales.

### Objetivos Específicos

1. Analizar y comparar las uniones de punta en guadua, respecto la propuesta dada del arquitecto Andry Widyowijatnoko (articulación de atadura con tornillo de ojo) para estructuras reticuladas a nivel nacional.
2. Mediante la planimetría y representación de la unión tipo Joint se demostraran tipologías de estructura que se pueden efectuar analizando los poliedros como sus características.
3. Proponer los procesos de fabricación y construcción del sistema, como instrucción del armado de la unión en estructuras reticuladas, demostrando su aplicación en un modelo arquitectónico.

## Marco Teórico

### Antecedentes

Los antecedentes básicamente se dividen, sobre la unión tipo joint de Andry Widyowijatnoko, los reticulados espaciales y la guadua como material constructivo para así desarrollar esta instrucción.

### Antecedentes generales.

La guadua como material se encuentra en un entorno de ámbito popular en el sector de la construcción, haciéndose un lugar en la arquitectura colombiana y en los lugares donde el bambú es utilizado como material de construcción tales como parte de Latinoamérica y Asia por sus cualidades físicas ante esfuerzos de cargas, tanto así que en Colombia se le llama coloquialmente como el acero vegetal.

La guadua es definida según (Hidalgo Lopez, 2002, pág. 2) como. “El bambú no es un árbol, ya que es considerado por la mayoría de la gente, pero una hierba arborescente gigante, o en otras palabras, un pasto gigante”.

Pero cabe anotar su resistencia equiparable con las maderables, que si bien se relacionan el bambú supera y en términos ambientales, el bambú es único por su crecimiento rápido. Según (Rubio Luna, 2015, pág. 24) “la guadua está dotada y rodeada de condiciones que la hacen ideal para distintos campos de aprovechamiento”. Señala, por ejemplo, que se trata de un recurso sostenible y renovable porque se automultiplica vegetativamente, es decir, que no necesita de semilla para reproducirse como ocurre con algunas especies maderables.

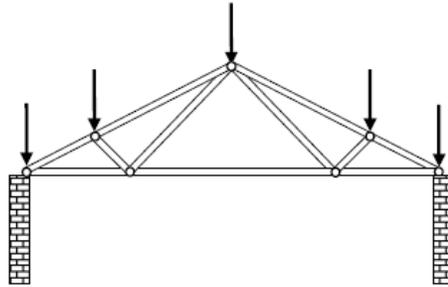
Tiene además alta velocidad de crecimiento, casi 14 cm de altura por día se afirma que en sólo 6 meses puede lograr su altura total, hechos positivos si se tiene en cuenta que uno de los problemas acusados para la siembra de especies maderables y reforestación, es el tiempo extremadamente largo para la obtención del material (Rubio Luna, 2015, pág. 24).

Esto hace que la guadua sea el material predilecto para el desarrollo de una estructura que trabaje a tracción y compresión, como lo es una retícula.

Las estructuras reticuladas, tiene una tradición longeva remontándonos en las primeras cubiertas inclinadas, usando piezas de maderas que conforman la chercha y a su vez el polígono más sustentable en términos de distribución de cargas como lo es el triángulo (ver figura 1) para posteriormente evolucionar de acuerdo al nacimiento de nuevos materiales, llegando a la revolución industrial para suplir la necesidad de cubrir grandes luces si apoyos intermedios. (Ver figura 2)

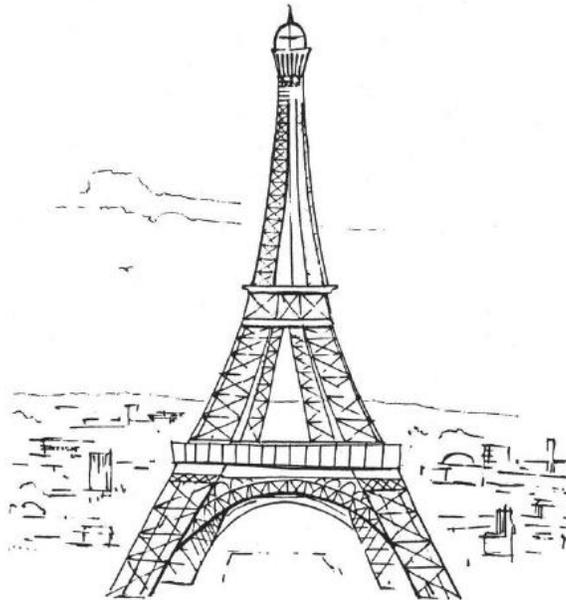
Los reticulados se desarrollaron a finales de siglo XIX como la solución a un problema de distribución de cargas en grandes luces como también alternativa de estructuras ligeras prefabricadas donde la mecanización es el factor de gran importancia. Hasta llegar a la actualidad en donde los reticulados tienen diversos propósitos y materialidades.

[Ilustración 1 Estructura Cercha](#)



Fuente: [http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/juliomerchan-estructurasmetalicas-2/analisis\\_de\\_cerchas\\_metalicas.html](http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/juliomerchan-estructurasmetalicas-2/analisis_de_cerchas_metalicas.html)

[Ilustración 2 símbolo propio del siglo XIX del reticulado](#)

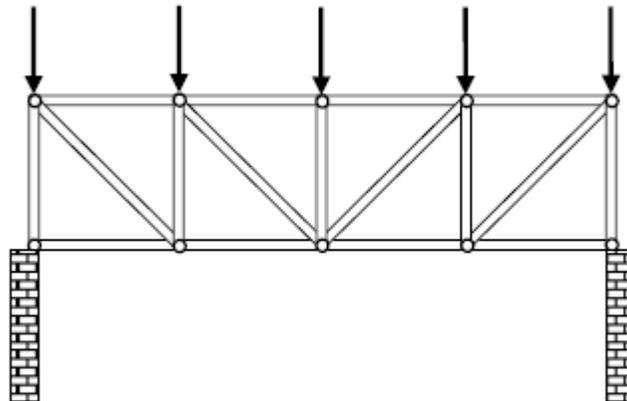


Fuente: <http://edificios.dibujos.net/monumentos/la-torre-eiffel.html>

Una armadura, cercha, cabreada, viga de alma calada o reticulado es un conjunto de elementos resistentes (barras) ubicados en un plano o en el espacio que constituyen una estructura rígida y liviana. (Gordon, pág. 161).

“Debido a estas condiciones es capaz de cubrir luces relativamente grandes y por su configuración, plana o espacial, soportar cargas de entresijos y cubiertas, planas o inclinadas derivando las mismas a los apoyos mediante esfuerzos axiales, ya sea de tracción o de compresión.” (Gordon, pág. 169)(Ver figura 3).

Ilustración 3 Reticulado Plano



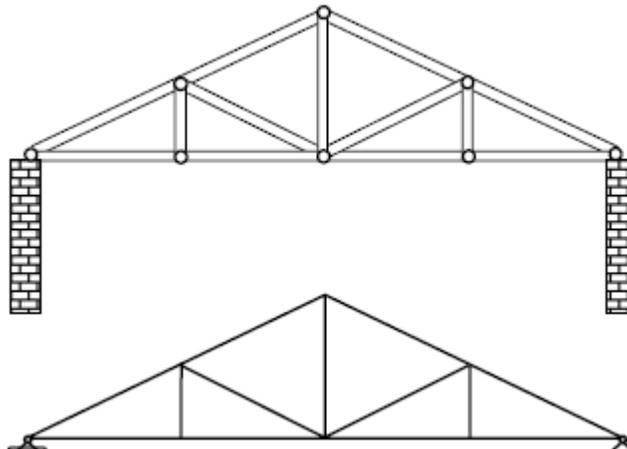
Fuente: <http://bit.ly/2lwd611>

En síntesis un sistema de reticulado es un conjunto de barras dispuestas, unidas de manera tal que los esfuerzos de tensión internas por flexión, corte son eliminadas y reemplazadas por tracción y compresión.

La configuración geométrica involucra un proceso de optimización donde la masa es minimizada mediante el uso racional de la forma resistente, tales formas poseen valores específicos asociables al diseño creativo de las mismas determinado por el arquitecto.

Los nudos son las piezas de transición en donde las cargas inciden de manera que sean distribuidas en la estructura hasta llegar a los cimientos con respuesta del suelo portante (ver figura 4).

[Ilustración 4 Nudos de un reticulado](#)



Fuente: [http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/julioerchan-estructurasmetalicas-2/analisis\\_de\\_cerchas\\_metalicas.html](http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/julioerchan-estructurasmetalicas-2/analisis_de_cerchas_metalicas.html)

Los nudos pueden ser articulados generando así en retícula restricciones de momentos o giros de barras, esto también facilita su acople con otras barras.

“Un nudo es rígido si una vez deformada la estructura el ángulo formado inicialmente por todas las barras se mantiene a pesar de que globalmente todo el nudo ha podido haber girado un ángulo finito. Una celosía de nudos rígidos es un tipo de estructura hiperestática que

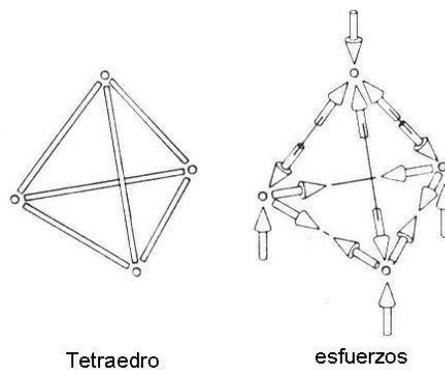
geométricamente puede ser similar a una celosía estáticamente determinada pero estructuralmente sus barras experimentan esfuerzos de flexión”.\_(Gordon, pág. 173)

### Reticulados Espaciales o Estéreo Estructuras

Los reticulados espaciales poseen la característica de que todas las barras y las cargas aplicadas se encuentran en un mismo plano. Estos reticulados se encargan de transmitir esfuerzos que logran el equilibrio estático de cada nudo. \_(Gordon, pág. 178)

El elemento básico repetitivo en los reticulados espaciales es el tetraedro (ver figura 5). Los principios de los reticulados planos generalmente son aplicables también a los espaciales. Deben existir triangulaciones o en su defecto, rigidizaciones de los nudos tales que permitan la estabilidad.

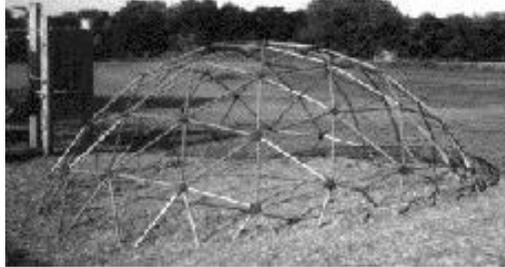
Ilustración 5 Reticulados espaciales, tetraedro



Fuente: <http://www.cimm.com.br/portal/produtos/exibir/26169-tetraedro-de-verificacao-de-maquinas-3d>

Si las barras se disponen en una superficie de una sola curvatura puede generarse un domo geodésico con la triangulación de los elementos (ver figura 6).

[Ilustración 6 Domo geodésico](#)

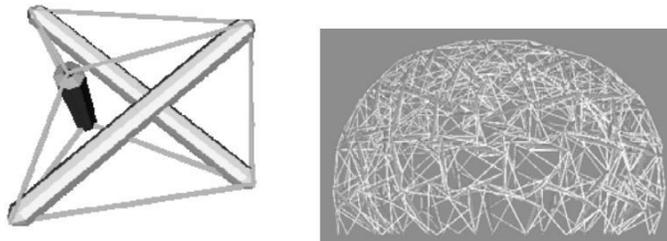


*Fuente:* <https://midas.revues.org/101>

En 1964 Richard Buckminster Fuller patentó su invento, una estructura espacial de elementos traccionados y comprimidos denominados tensegrity.

Estas estructuras, de triangulación espacial compleja que no se encuadra en los principios básicos de los reticulados, cubren construcciones de muy grandes luces (ver figura 7).

[Ilustración 7 Triangulación espacial](#)

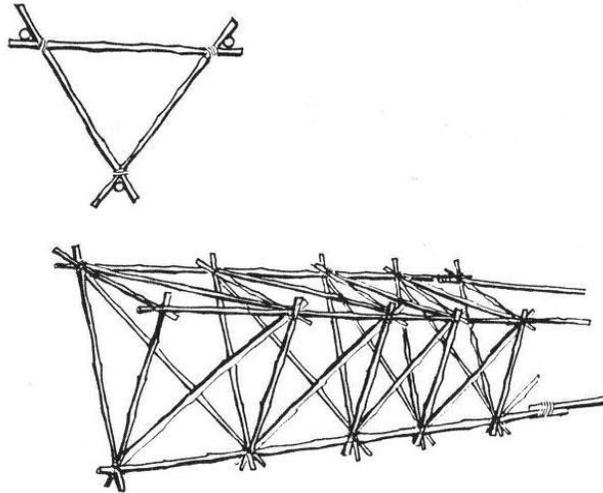


*Fuente:* <http://mariabelenseguro-imd2013.blogspot.com.co/2013/05/evolucion-historica-mediante-ejemplos.html>

## Uniones

Los nudos de un reticulado son los puntos donde se unen dos o más barras. La solución constructiva dada a un conjunto de barras que deben unirse en un punto que se denomina “unión” (ver figura 8).

[Ilustración 8 Gráficos de Leonardo da Vinci \(1452 – 1519\) especificando detalles de uniones para puentes de madera provisorios](#)



Fuente:[http://ocwus.us.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/calculo-de-estructuras-1/apartados/apartado2\\_2.html](http://ocwus.us.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/calculo-de-estructuras-1/apartados/apartado2_2.html)

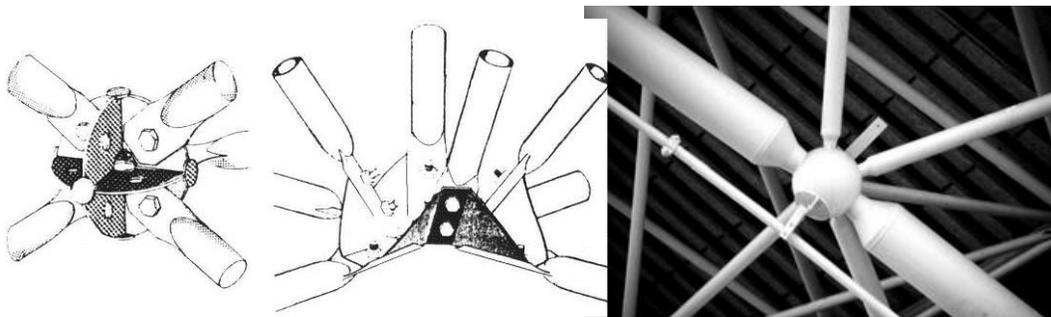
Para los distintos materiales utilizados en la ejecución de los reticulados, las uniones podrán ser.

- acero
- Soldada
- Remachada
- Abullonada
- madera
- Clavada

- Abullonada
- Con conectores metálico
- Hormigón armado
- Se logra por medio de la armadura interna

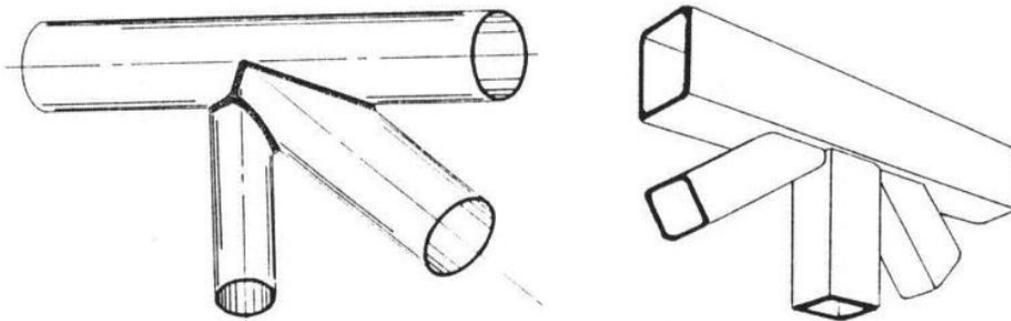
Algunos Ejemplos.

[Ilustración 9 Unión tipo meros](#)



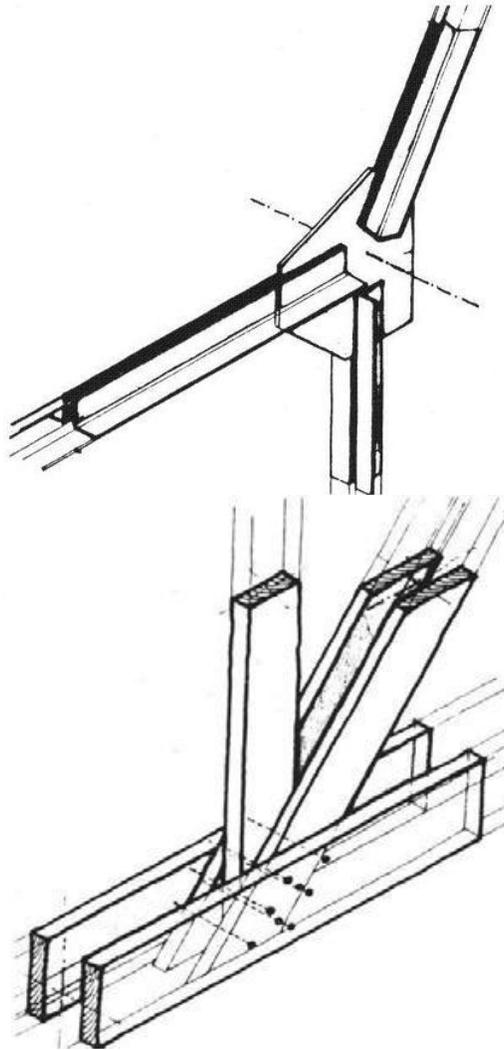
Fuente: [http://www.wikiwand.com/es/Malla\\_especial\\_nodos](http://www.wikiwand.com/es/Malla_especial_nodos)

[Ilustración 10 Unión soldada](#)



Fuente: [http://ocwus.us.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/calculo-de-estructuras-1/apartados/apartado2\\_2.html](http://ocwus.us.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/calculo-de-estructuras-1/apartados/apartado2_2.html)

[Ilustración 11 unión soldada \(derecha\) unión pernada madera \(izquierda\)](#)



Fuente: <http://ow.ly/4hK73098rf2>

Así podemos concluir el tema de los reticulados, citando Jules Arthur Vierendeel Ingeniero Belga 1852 – 1940 quien dijo “Si a una estructura de reticulado de cordones paralelos se le suprimen las diagonales, se torna inestable. Pero si se rigidizan todos los nudos, es capaz de tomar cargas y resistir los esfuerzos que se generan en cada una de las barras”

### [Traditional and Innovative Joints in Bamboo Construction](#)

Con este antecedente se tomara la unión tipo joint de ojo, que se aplicara en estructuras espaciales para usos arquitectónicos.

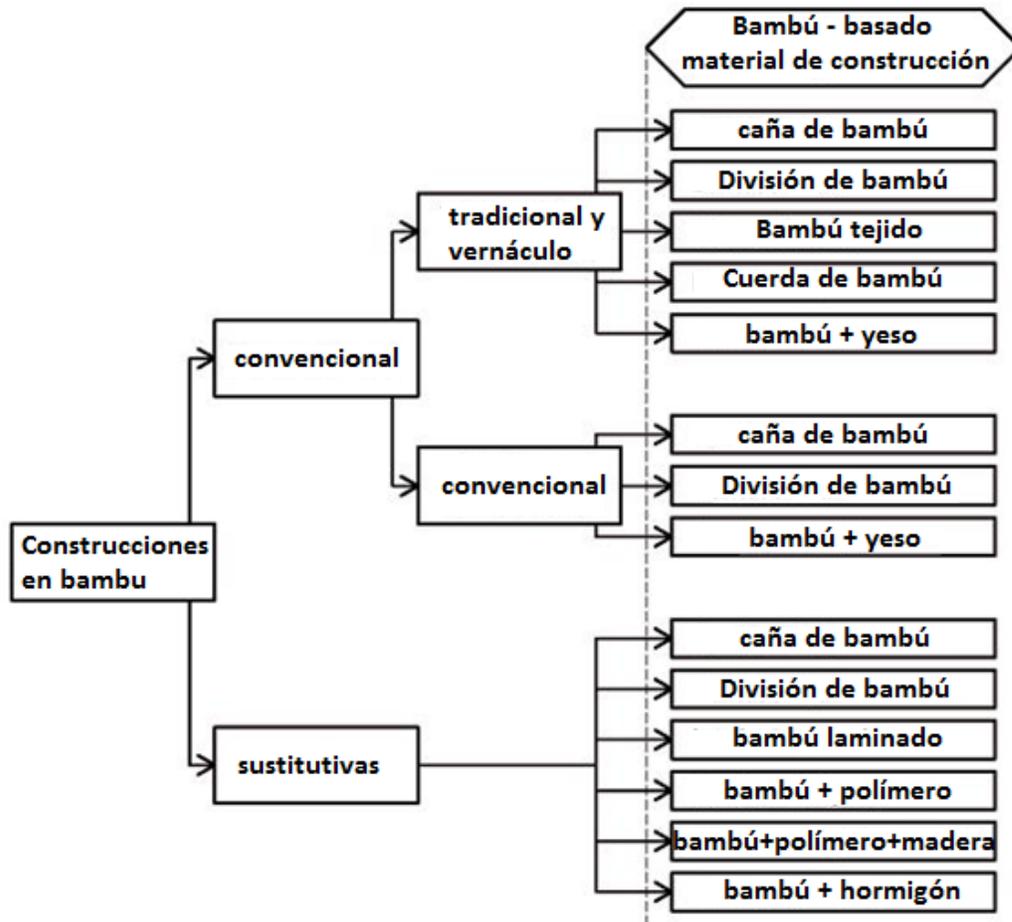
“El uso de bambú como material de construcción ha estado ascendiendo recientemente debido al aumento de la conciencia ambiental pública. El bambú es uno de los materiales de construcción más sostenibles. Es un recurso renovable que crece rápidamente. Como un material de construcción de baja energía en su forma natural, el bambú se asocia tradicionalmente con las culturas de Asia y América del Sur. Su fuerza, su enorme disponibilidad y su facilidad de trabajo la han convertido en un material de construcción dominante en gran parte del mundo, donde ha crecido de forma nativa durante siglos. Su uso en la construcción moderna, principal, sin embargo, es raro. Unos pocos arquitectos e ingenieros pioneros en Sudamérica.

Asia ha demostrado el potencial del bambú para los edificios de gama alta, pero siguen siendo las excepciones”. [\\_\(Widywijatnoko, 17 septiembre del 2012\)\\_](#).

De este modo la guadua en especial toma un valor ambiental como sustentable en construcción, ahondando en el desarrollo de nuevas técnicas para su utilización en proyectos arquitectónicos, generando la investigación e innovación.

Para ello el arquitecto Andry Widyowijatnoko clasifica las construcciones de bambú que se dividen en dos categorías principales: las construcciones de bambú convencionales y sustitutivas, como se indica en el siguiente diagrama de la figura 12.

Ilustración 12 Diagrama



Fuente: traducido por Andres Leonardo -ANDRY WIDYOWIJATNOKO -LIBRO TRADITIONAL AND INNOVATIVE JOINTS IN BAMBOO CONSTRUCTION- EDITORIAL NACH DRUCKVORLAGE DES AUTORS UMSCHLAGGESTALTUNG: DRUCKEREI MAINZ PÁGINA 22

Basado en técnicas tradicionales o convencionales de construcción de bambú, muchos arquitectos e ingenieros desarrollan los usos adicionales del bambú que son científicamente aceptables. Los enfoques científicos, tales como la investigación básica y los cálculos se llevan a cabo para determinar la fuerza y la constructibilidad del bambú. Por lo tanto, esta utilización se clasifica como construcción convencional de bambú.

[Ilustración 13 Uniones pernadas con inyección de mortero](#)



*Fuente:* ANDRY WIDYOWIJATNOKO –LIBRO TRADITIONAL AND INNOVATIVE JOINTS IN BAMBOO CONSTRUCTION- EDITORIAL NACH DRUCKVORLAGEDES AUTORS UMSCHLAGGESTALTUNG: DRUCKEREI MAINZ PÁGINA 25

La construcción con bambú convencional que se desarrolla sobre la base de las características evolutivas de técnica. La mayor mejora de la tradicional construcción de bambú convencional es el uso de junta atornillada con o sin inyección de mortero, empleando un taladro. Con el taladro, se pueden perforar dos o más postes de bambú a la vez para fijar una barra larga (ver figura 13). Después de eso, pueden ser atados y apretados juntos con la ayuda de un par de

tornillos. Sin una máquina de perforación es difícil unir los bastones de bambú con métodos tradicionales.

### Construcciones de Bambú Sustitutivas

“Más allá de la convencionalidad, el bambú se utiliza para reemplazar otros materiales establecidos en la construcción de edificios. Hoy en día existen muchos tipos de construcción con muchos tipos de material de construcción. Las partes de estos materiales se producen con el alto costo, ponen en peligro el desarrollo sostenible o no están disponibles en algunos lugares. Por lo tanto, la nueva idea viene a reemplazar esos materiales con bambú. Por esa razón, este tipo de construcción de bambú se llama” construcción de bambú sustitutiva. [\\_\(Widywijatnoko, 17 septiembre del 2012, págs. 28 - 3.3\)](#)

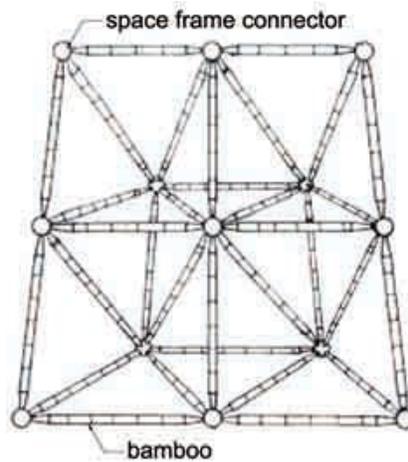
Las estructuras espaciales presentan la mejor resistencia de las propiedades geométricas para cubrir grandes áreas con unas pocas columnas (ver figura 23). Las estructuras espaciales son la respuesta a la demanda de estructuras de largos alcances eficientes y adaptables. Principalmente las estructuras están compuestas por capas dobles en una capa superior y una inferior está constituidas por barras lineales, interconectadas por miembros verticales o inclinados.

Las retículas espaciales de doble capa son uno de los sistemas estructurales más eficientes y ligeros debido a su capacidad para compartir la tarea de carga que transporta toda la estructura (ver figura 14). Las estructuras espaciales se desarrollan para tener una alta eficiencia usando sus miembros puramente a tracción o compresión y evitando excentricidades de transferencia de carga.

Aunque no hay un gran salto en cuanto al diseño de estructuras de bambú, el gran logro radica en el desarrollo de las juntas para acomodar estos requisitos (ver figura 13). El diseño de las

articulaciones entre el bambú y la estructura espacial es más un desafío. Es ampliamente conocido que la conexión constituye el problema más difícil en la construcción de bambú.

[Ilustración 14 Estructura reticulada a partir de bambúes dispuestos a formar tetraedros](#)



Fuente: <http://ow.ly/1Fnb3098uLE>

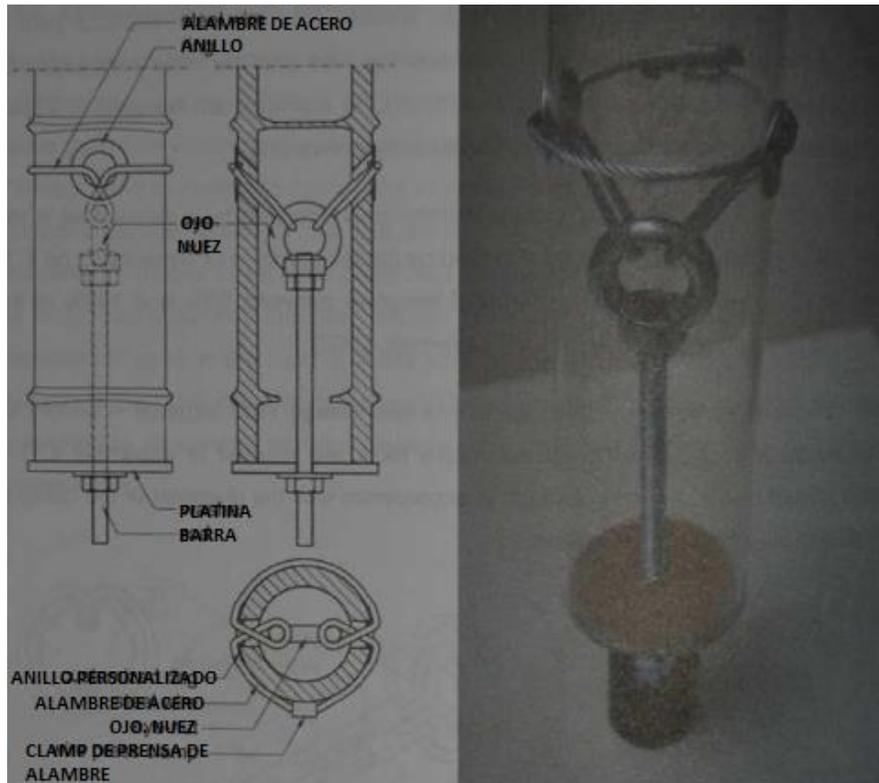
[Ilustración 15 Tetraedros a partir de meros y bambú](#)



Fuente: <http://ow.ly/1Fnb3098uLE>

Articulación de Atadura con Tornillo de Ojo

Ilustración 16 Unión joint Andry Widyowijatnoko



Fuente: traducido por Andres Leonardo-traditional and innovative joints in bamboo construction- editorial nach druckvorlage des autors umschlaggestaltung: druckerei mainz

La compresión se transferirá de la placa a toda la sección de bambú y la tensión se transferirá de la placa a la varilla y luego al cable de acero y continúa hasta el exterior del bambú en compresión radial.

Basándose en la misma configuración de amarre, se propone otra alternativa para juntas de bambú para simplificar la conexión entre el cable y los otros conectadores usando terminales de tacos de conexión. Un ejemplo puede verse en la Figura 15. Este conector de extremo se puede emplear sólo para cable de acero.

La varilla con anillo es un terminal común de cuerda de sujeción caracterizado por una abrazadera que se desliza sobre el extremo del alambre de acero y se fija presionando, rodando o martillando sobre él. En una prueba de tracción, este terminal de alambre transfiere entre el 90% y el 100% de la resistencia a la rotura del cable de alambre usado. [\\_\(Widywijatnoko, 17 septiembre del 2012, págs. 22 - 1.3\)](#)

Con terminal y pernos de conexión Se debe utilizar un par de conectores y fijarlos en una posición opuesta para tener una transferencia de fuerza de equilibrio. Sin embargo, con dos salidas de ojo es difícil asegurar la igualdad de transferencia de fuerza entre ellas. Una desventaja de esta junta es la fuerza de compresión diametral inesperada desde el interior hasta el fondo de la pared de bambú que rodea el agujero. Sucede cuando la tensión se induce generando fuerza en los tacos de ajuste, y se endereza el cable. Estas fuerzas causan el aplastamiento local y el fallo de corte que conduce a la división, ya que el bambú tiene baja resistencia a la tracción y al corte perpendicular a las fibras. [\\_\(Widywijatnoko, 17 septiembre del 2012, págs. 28-3.3\). \)](#).

La unión de ojo funciona a compresión radial, llevando las cargas de tensión generadas por la sujeción del alambre de acero y el gancho de ojo a la parte exterior del bambú, de manera que esta unión es una alternativa al no utilizar mortero para generar estructura en retícula o espacial que trabaja puramente a tracción.

[Ilustración 17 Unión joint Andry Widoywijatnoko armand domo](#)



Fuente: <https://goo.gl/QXmkr1>

[Ilustración 18 Unión joint Andry Widoywijatnoko Domo a partir de pentágonos y hexágonos](#)

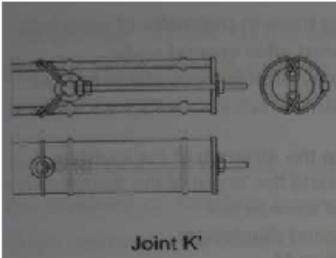
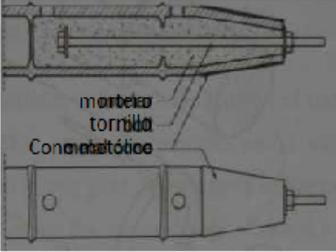
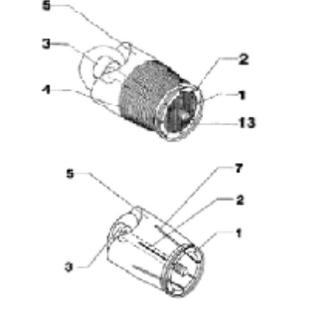


Fuente: <https://goo.gl/QXmkr1>

**Análisis Articulación de Atadura con Tornillo de Ojo**

En este capítulo se analiza y comparan las uniones de punta en guadua, respecto la propuesta dada del Arquitecto Andry Widyowijatnoko (articulación de atadura con tornillo de ojo) para estructuras reticuladas a nivel nacional.

Ilustración 19 Análisis Articulación de Atadura con Tornillo de Ojo

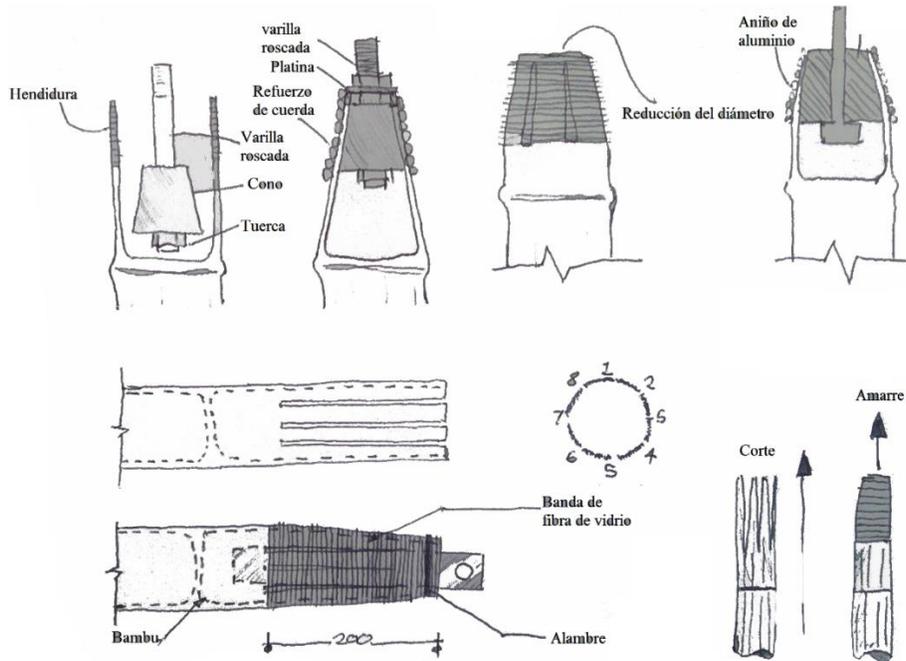
union	+ventaja / -desvantaja	análisis
 <p>Joint K' Andry Widyowijatnoko</p>	<p>+ la posición de la tuerca ocular es más estable frente a la torsión</p> <p>+ las cargas se transmiten en una compresion radial</p> <p>- los agujeros restan fuerza en el perímetro de la guadua</p>	<p>El desarrollo de la unión de amarre con el perno de ojo se propone para resolver las mayores desventajas de las articulaciones anteriores. El empalme con la terminal de cono y mortero es caro. El empalme de la atadura con la torsión de la cuerda como poste-tensionar es difícil de hacer en algunos casos y por lo tanto reduce la fuerza. También es científicamente inaceptable. Aunque se utiliza la misma configuración de amarre y los mismos principios. La diferencia de este desarrollo es en el uso de ojo-tuerca para conectar el cable de alambre y varilla roscada</p>
 <p>Hidalgo Lopez / Simon Velez</p>	<p>+ se genera una union monolítica entre el perno</p> <p>- hay que generar una platina conica a la medida</p> <p>+ las fuerzas son trasmitidas de manera axial.</p>	<p>la unión utiliza un perno como conector, que se conecta a un cono de acero. Este conector se inserta en el interior del extremo cónico y se aprieta con una cuerda o un anillo de acero. Esto mantendrá el conector dentro de la tensión por fricción. Una arandela se une entre el extremo del palo de bambú y la tuerca para transferir la compresión al contacto a la sección entera.</p>
 <p>Guaduatech/ patente</p>	<p>+ Concentra las cargas a nivel radial de la punta del elemento</p> <p>- hay que generar una platina conica a la medida</p> <p>- la torsion del elemento puede generar corte en sentido de las fibras</p> <p>+ su resitencia a compresion y tension es equiparable con las anteriores</p>	<p>desarrollaron esta articulacion con el mismo de Hidalgo Lopez.</p> <p>la unión utiliza un perno como conector, que se conecta a un cono de acero. Este conector se inserta en el interior del extremo cónico y se aprieta con una cuerda o un anillo de acero.</p>

Fuente: propia

Para ente fin es importante reconocer las ventajas y desventajas que tienen las uniones de punta para reticulados espaciales en el mercado a nivel nacional, como la propuesta del

arquitecto Andry Widyowijatnoko de modo que se ilustra mediante un diagrama este análisis y comparación de las mismas.

[Ilustración 20 Análisis guaduatech](#)



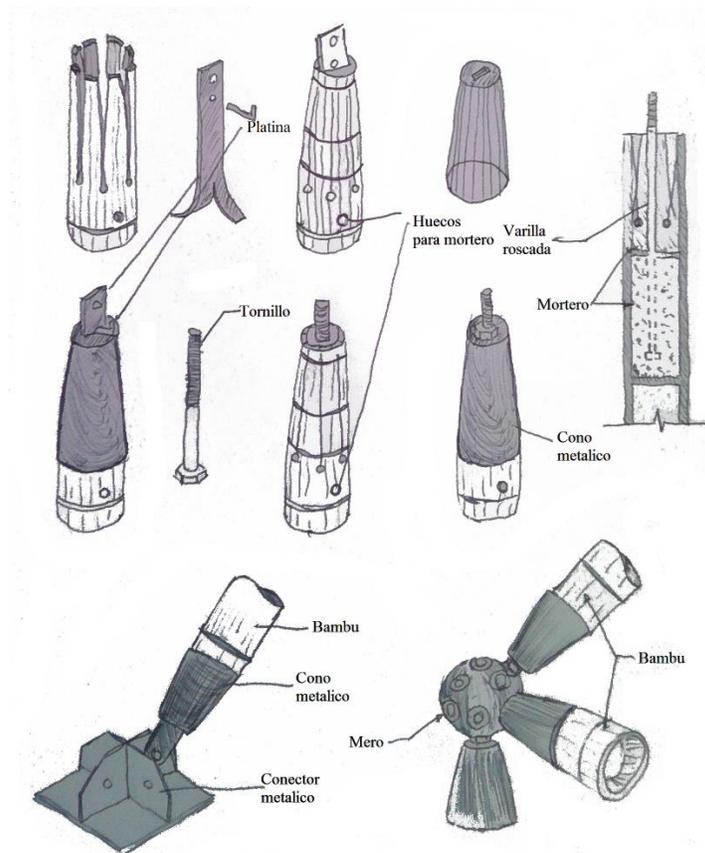
Fuente: dibujado de bambu the gift of the gods pag 328

Guaduatech propuso una conexión extensible hecha de conector de acero, la idea de esta articulación es insertar un elemento de acero o madera dentro del bambú como se muestra en la tabla. Un par de tapones de forma cónica que deben ser tirados dentro de un tubo de acero por un alambre extraído por una palanca para apretar este conector dentro del bambú. Al aumentar la fricción tangencial a la parte interior del bambú, es necesario unir un alambre de acero alrededor del bambú para evitar la división mediante el ajuste excesivo de la conexión. Este cable o abrazadera de manguera reacciona contra la compresión radial desde el interior hacia el exterior.

Hidalgo López y Simón Vélez propusieron otra articulación insertando una varilla de acero en la cavidad del bambú con mortero, en esta articulación un clip de ajuste que se aprieta para reducir el diámetro del bambú. Esto evitará que el cono de acero se salga.

Como parte de este grupo, es la inyección de mortero a la cavidad del bambú para anclar la varilla como se muestra en la tabla. Garzón y Díaz (1996) investigaron este tipo de articulaciones, seguido por una amplia aplicación por el arquitecto Simón Vélez. En una aplicación real, esta junta tiene que ser combinada con otro principio para transferir la compresión, transfiriendo la compresión a través del mortero a toda la sección del bambú.

[Ilustración 21 Análisis Oscar H. y Simón V.](#)



Fuente: dibujado de bambu the gift of the gods pag 329

Este tipo de junta en la que se utiliza un perno o una hoja de metal y dos entrenudos con mortero se pueden utilizar un cono de metal o aluminio que reemplazar las cuerdas y da un mejor aspecto a las puntas con una mayor resistencia pero debe ser a la medida del bambú generando mayor costes en elementos repetitivos.

Hay un problema con la inyección del mortero el encogimiento del mismo por curado, esto se resuelve con aditivos pero pueden afectar la resistencia e incrementar los costos.

Analizando a Guaduatech y Oscar Hidalgo el bambú debe ser dividido al menos en 8 partes. Si se divide en 4 partes no es posible doblar cada división. En cada división es necesario retirar una tira en forma de "V" como se muestra en los dibujos, Si los lados de la tira son paralelos a la parte inferior de la grieta no puede cerrarse. Esto asume la complejidad de las uniones respecto la facilidad de la unión de ojo del indonesio.

### Poliedros Factibles

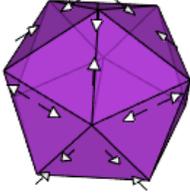
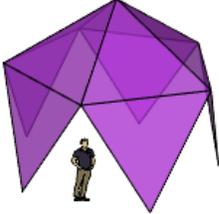
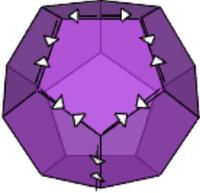
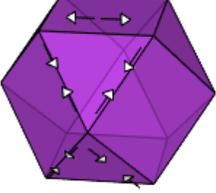
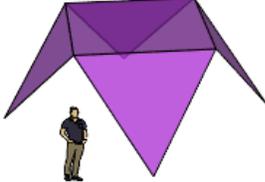
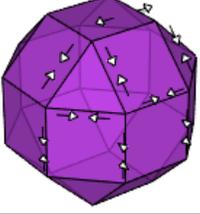
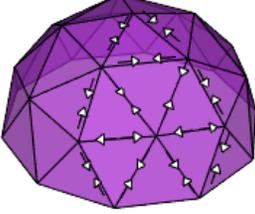
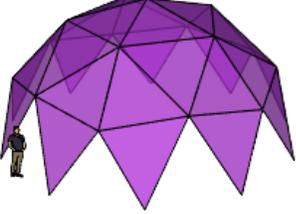
Identificar los tipos de poliedros que espacialmente pueden confinar una estructura reticulada espacial. En el lenguaje cotidiano se entiende que un polígono es una región del plano determinada por un número finito de segmentos. Estos segmentos se denominan lados o aristas y sus extremos vértices del polígono. [La H. S. M. Coxeter, Fundamentos de Geometría, Limusa-Wiley, México, 1971](#) define polígono como:

El polígono se llama regular si todos sus lados son iguales y todos los ángulos determinados por las aristas en los vértices también son iguales. Se dice que el polígono es convexo si es una región convexa; es decir, que el segmento que une dos puntos cualesquiera de la región está contenido en ella. De modo análogo, pensando en el espacio tridimensional, se dice que un poliedro es un cuerpo sólido limitado por una superficie que consta de un número finito de polígonos no coplanarios a los que se denomina caras del poliedro. Se llama regular si sus caras son polígonos regulares iguales y se dice que es convexo si es una región convexa. De forma parecida puede pensarse en dimensiones sucesivamente mayores para obtener lo que comúnmente se llaman poli topos, y en particular los poli topos regulares y convexos, cuya existencia y número están bien determinados [5]. En este trabajo muchas veces la palabra poliedro o estructura poliedra se utilizar en un sentido más general para nombrar espacios construidos con piezas sencillas, de diversas dimensiones, llamadas celdas (copias topológicas de discos de la correspondiente dimensión). Se forman a partir de un espacio discreto de puntos (0-celdas), al que se le va pegando sucesivamente una colección (quizás vacía) de

celdas, de dimensión cada vez mayor, por los bordes de éstas. Estas estructuras poliedrales o poliedros generales pueden tener un número finito o infinito de piezas y en este último caso ser su dimensión finita o infinita. Muchos de los objetos matemáticos que se estudian en Geometría, Topología y otras áreas tienen esta estructura. Entre los más sencillos se encuentran los polígonos y poliedros geométricos descritos al inicio de esta sección, que han sido utilizados y estudiados desde la antigüedad. Hace aproximadamente dos mil cuatrocientos años ya se conocía que únicamente existen cinco poliedros regulares convexos: el tetraedro (cuatro caras triangulares), el cubo o hexaedro (seis caras cuadradas), el octaedro (ocho caras triangulares), el dodecaedro (doce caras pentagonales) y el icosaedro (veinte caras triangulares). [\(Coxeter MacDonald, 1971, pág. 10\)](#)

De estos, se clasifican los poliedros que pueden conformar una estructura espacial lo cual se analiza mediante el siguiente cuadro, teniendo en cuenta la aplicación de la unión del arquitecto Andry Widyowijatnoko. Para ello se debe entender que estas estructuras deben suplir la transferencia de las cargas como también brindar un espacio amplio para su uso. En esta tabla comparativa se muestra el poliedro geométrico consecutivamente su funcionamiento como estructura y posterior como supuesto uso.

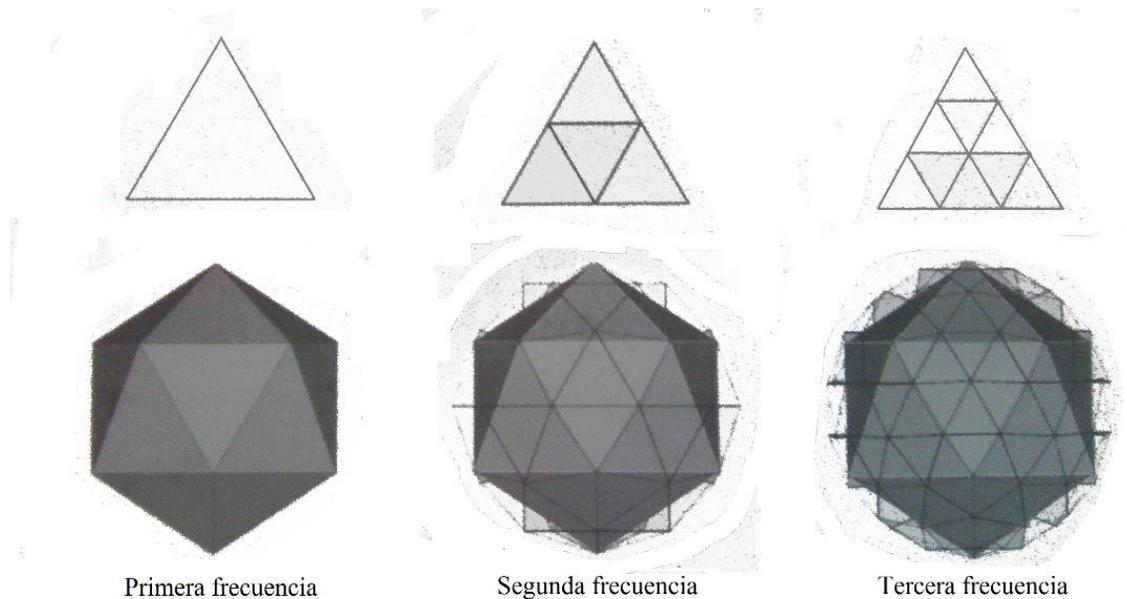
Ilustración 22 Poliedros factibles

DESCRIPCIÓN	ESTRUCTURA	USO
 <p>Un icosaedro es un poliedro de veinte caras, convexo o cóncavo.</p>		
 <p>Un dodecaedro en geometría un poliedro de doce caras, convexo o cóncavo. Sus caras han de ser polígonos de once lados o menos.</p>		
 <p>El cuboctaedro es un sólido de Arquímedes que se obtiene truncando cada vértice de un cubo con lo que resultan 14 caras: 6 del cubo, que continúan cuadradas y 8 nuevas que resultan del truncamiento de los vértices</p>		
<p>El rombicuboctaedro o pequeño rombicuboctaedro es un sólido de Arquímedes que se obtiene truncando cada vértice de un cuboctaedro con lo que resultan 8 caras: 4 del tetraedro original que se convierten de triangulares a hexagonales y 4 nuevas que resultan de los vértices.</p> 		
<p>El Icosidodecaedro es un poliedro con doce caras pentagonales y veinte triangulares. Cuenta con 30 vértices idénticos, en los que se unen dos triángulos y dos pentágonos en cada uno de ellos. 60 aristas idénticas separan a cada triángulo de un pentágono</p> 		
<p>Un domo geodésico es parte de una esfera geodésica, un poliedro generado a partir de un icosaedro o un dodecaedro, aunque puede generarse de cualquiera de los sólidos platónicos. Las caras de una cúpula geodésica pueden ser triángulos, hexágonos o cualquier otro polígono.</p> 		

Fuente: propia

Se analiza que los poliedros dependen de su frecuencia, que en términos generales es la cantidad de segmentos o divisiones que necesita para volverse en proyección un círculo y en tres dimensiones como una esfera. [\(Hoyos Mora, 1976, pág. 25\)](#)

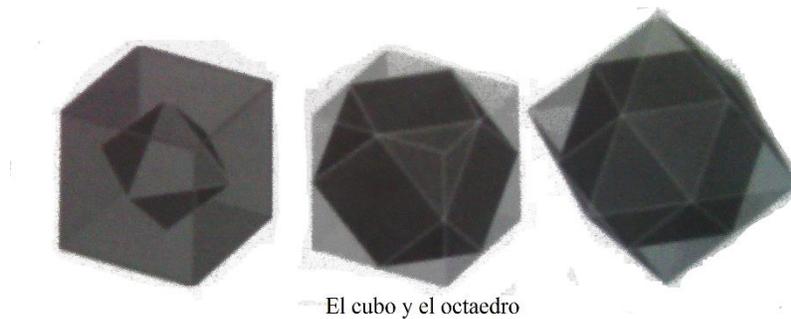
[Ilustración 23 desarrollo y frecuencia en poliedros](#)



*Fuente: Las estructuras de tensegrity Juan Manuel Hoyos, pag 25*

“De la frecuencia se desprende la dualidad que difiere entre el número de caras y el número de vértices en dos poliedros” [\(Hoyos Mora, 1976, pág. 24\)](#), es decir que cada centro de cada cara si se une con una línea genera un sólido dual. El cuboctaedro se constituye a partir del cubo como se ve en la figura (23)

[Ilustración 24 dualidad y cuboctaedro](#)

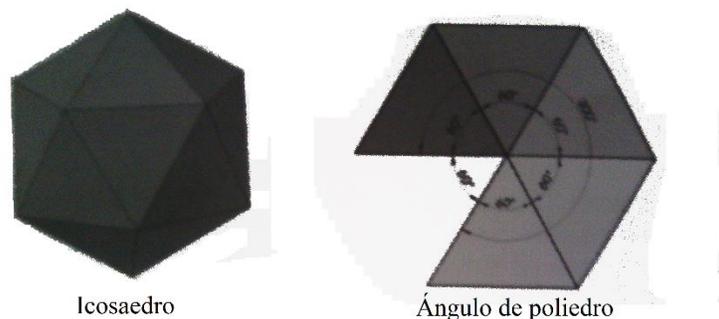


El cubo y el octaedro

*Fuente:* Las estructuras de tensegrity juan manuel hoyos,pag 24

Los poliedros para su conformación dependen de su ángulo que se desarrollan a partir de las aristas que confluyen en un vértice del plano, un claro ejemplo de ello es el icosaedro el cual su ángulo es menor a  $360^\circ$ . (Hoyos Mora, 1976, pág. 25)

[Ilustración 25 ángulo del poliedro](#)



Icosaedro

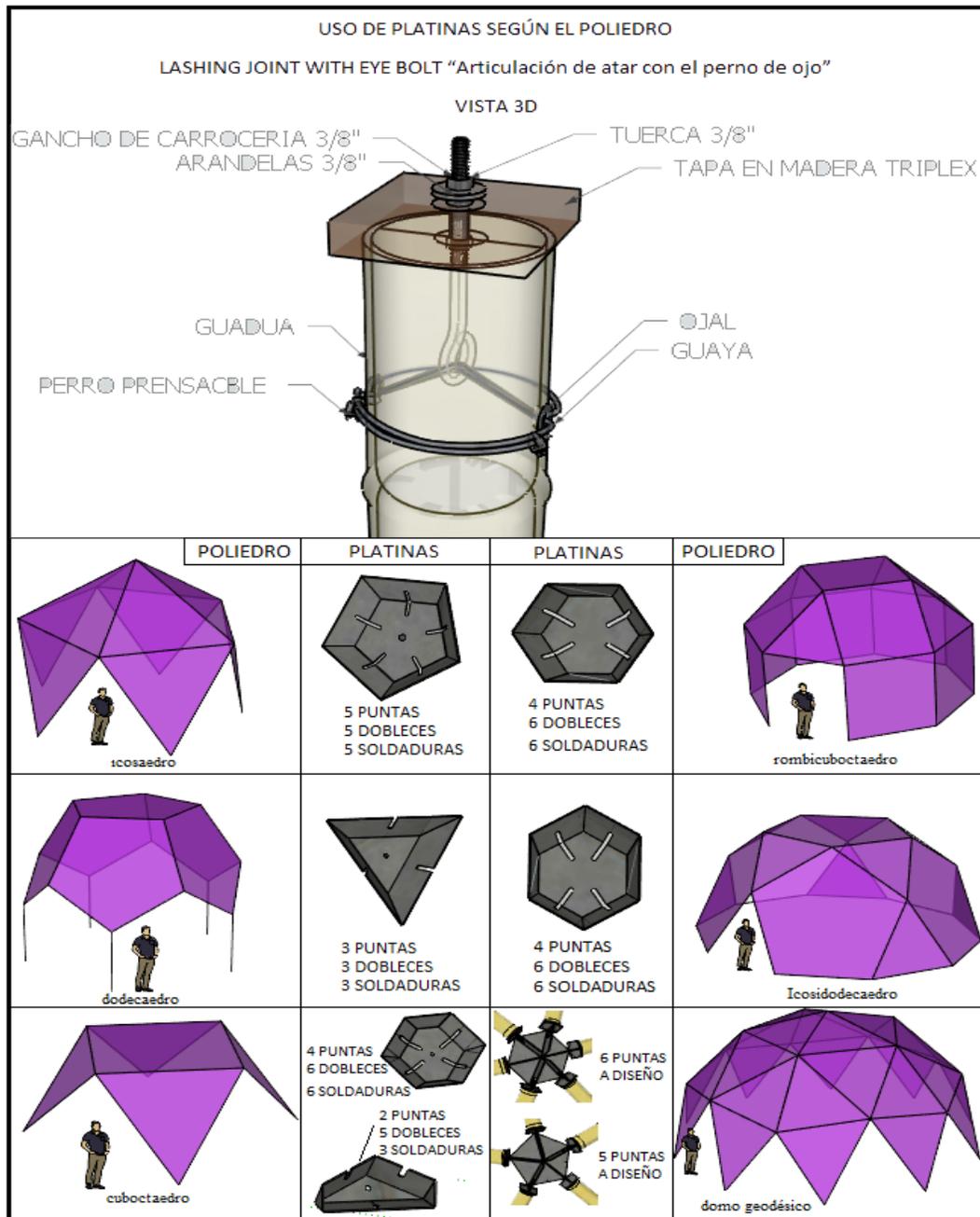
Ángulo de poliedro

*Fuente:*Las estructuras de tensegrity juan manuel hoyos,pag 26

De lo anterior se interpreta que estos solidos representan los sólidos platónicos que tienen sus caras constituidas por un poliedro regular y estos se comprenden en esta figura (24).

Aplicando los análisis de las atablas anteriores se puede determinar que poliedro se quiere construir, dependiendo de las variables costo y cantidad (ver figura 25). Para esta instrucción se ha determinado construir un cuboctaedro.

Ilustración 26 uso de platinas fuente propia



Fuente: propia

### Planimetría y Representación de Unión Tipo Joint

[Ilustración 27 cubo octaedro prototipo](#)



*Fuente: propia*

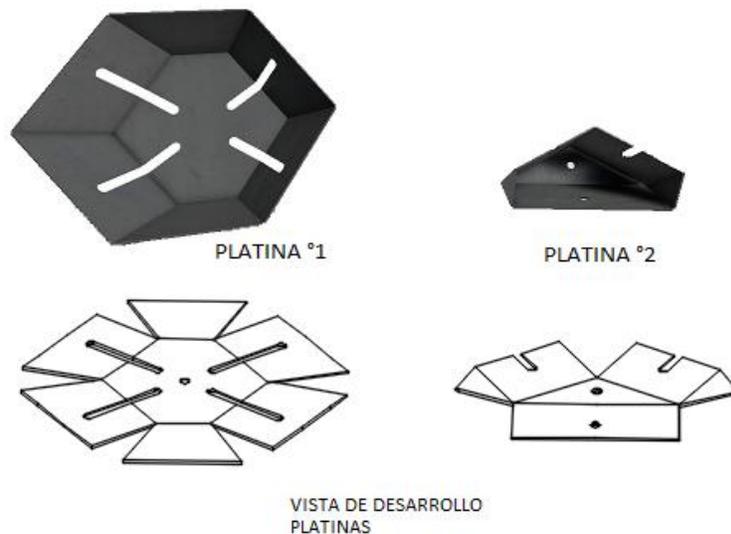
Para este capítulo mediante la planimetría y representación de uniones tipo Joint se demostraran una de las tipologías de estructura que se puede efectuar con la unión, es importante mostrar representaciones didácticas de algunos detalles del cubo octaedro, de ese modo en los anexos se disponen los planos completos del mismo.

El cubo octaedro será el mecanismo de instrucción en donde se evidencia un proceso planimetrico basado en 3D, para así tener un alcance total de los elementos a emplear en esta estructura y como herramienta principal.

Para esta estructura es necesario fabricar unas platinas que recibirán las puntas y de allí trasmitan las cargas al suelo, por lo cual es necesario diseñar y proponer procesos de construcción para el armado de estas platinas. La unión propuesta será desglosada y analizada.

Para su instrucción y fácil aplicación en el cuboetaedro para ello es importante representar en esquemas su conformación y elementos.

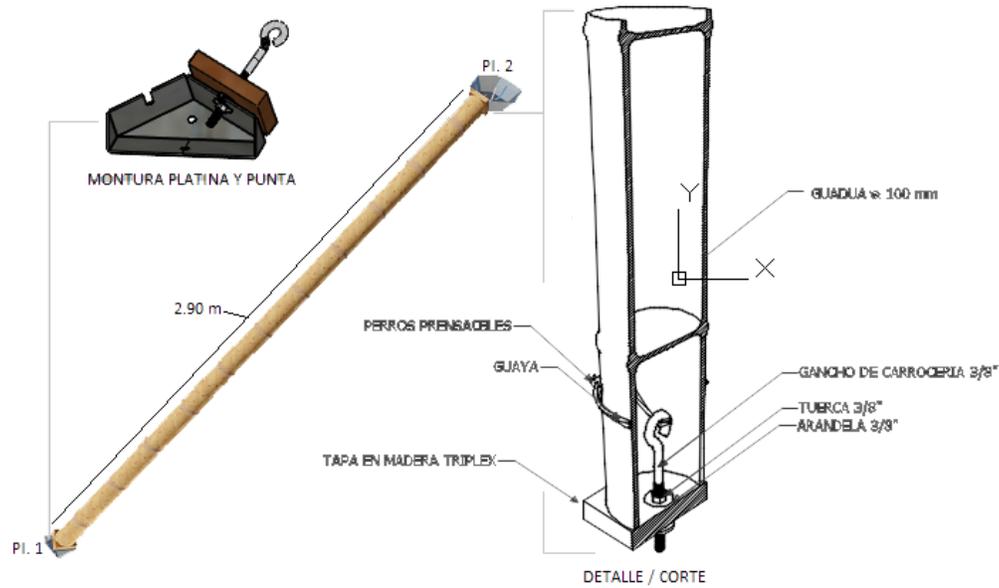
[Ilustración 28 Platina, fuente propia](#)



*Fuente: propia*

Para el cuboetaedro se utilizarán dos tipologías de uniones cuatro tipo 1 y cuatro tipo 2 en donde se entregarán los planos de desarrollo para su corte utilizando una lámina de calibre 11.

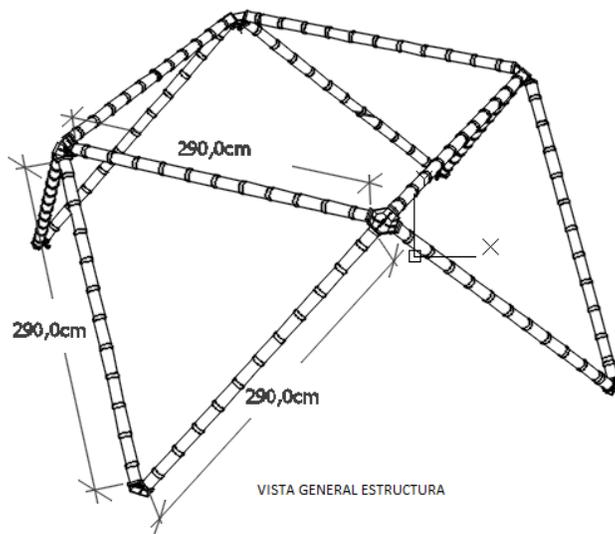
[Ilustración 29 muestra de montura de platinas](#)



fuelle propia

Se emplearan guaduas con un diámetro aproximado de 100 milímetros y un largo de 2.90 metros para la conformación de la retícula espacial.

[Ilustración 30 Vista general de la estructura](#)



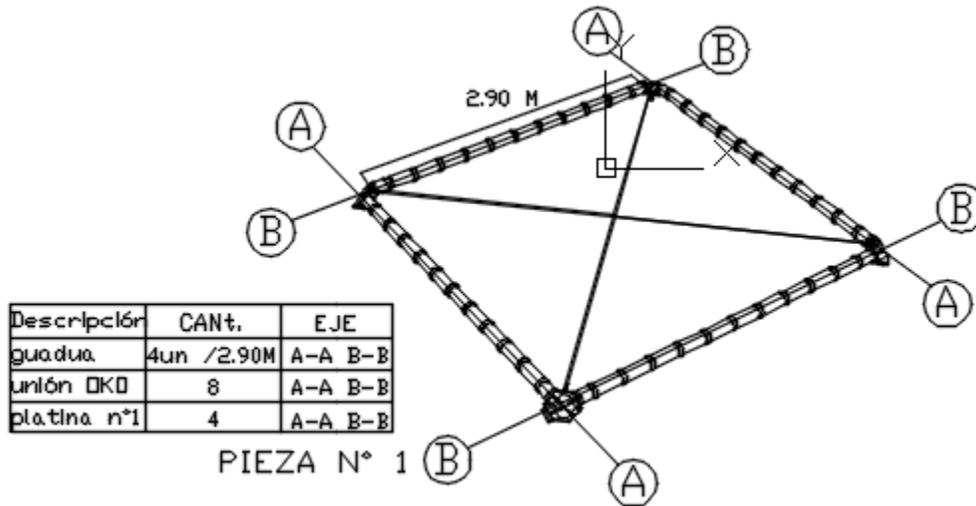
Fuente: propia



**Análisis de Precios Unitarios y rendimientos**

En este capítulo se mostraran la memoria y demás aspectos de cantidades.

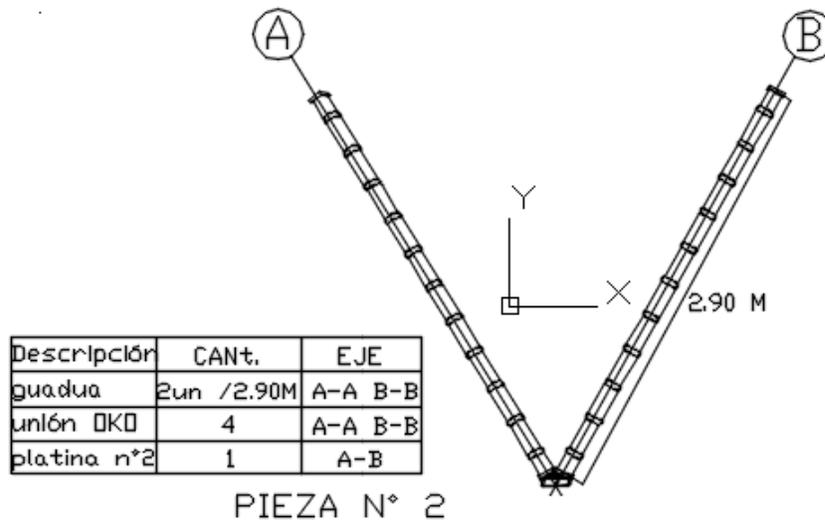
Ilustración 33



La pieza uno solo se repite una vez, ya que es la parte superior del cubo octaedro. fuente propia

*Fuente: propia*

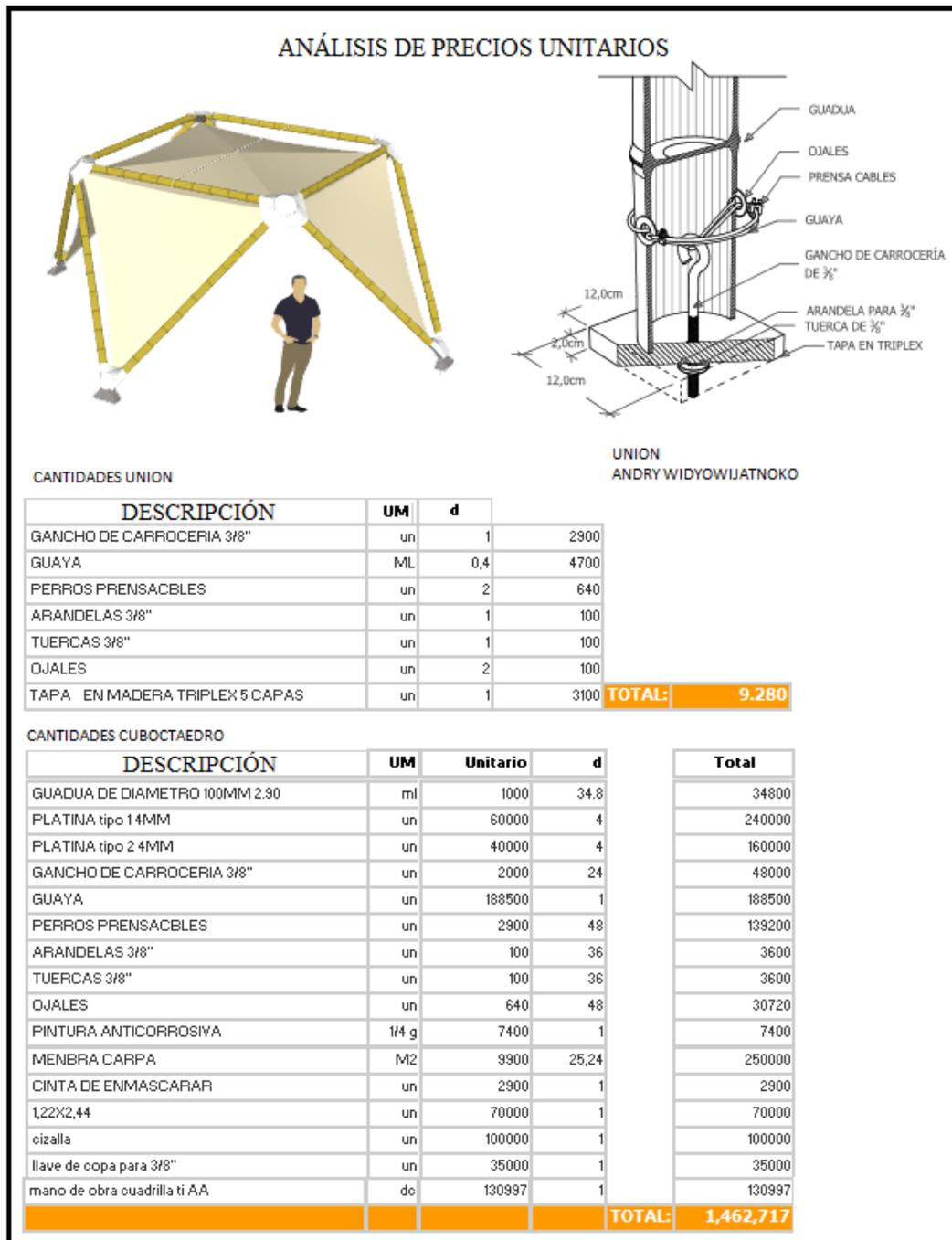
Ilustración 34



La pieza dos se repite cuatro veces. De estos gráficos se puede interpretar la siguiente figura. fuente propia

*Fuente: propia*

Ilustración 35 Análisis precios unitarios



Fuente: propia

Los rendimientos y mano de obra se obtuvieron de las mediciones y análisis hechos en campo donde se obtuvieron, 5 de medir y perforar, 2 de medir, cortar y armar unión.

[Ilustración 36 tiempos y armado](#)



*Fuente: propia*

[Ilustración 37 tiempos obtenidos](#)

Toma n°	Tiempos
n°1	4.20 minutos
n°2	3.36 minutos
n°3	2.52 minutos
n°4	1.57 minutos
n°5	1.42 minutos
Media 2.61	

Toma n°	Tiempos
n°1	7.25 minutos
n°2	5.36 minutos
Media 6.30 minutos	

*Fuente: propia*

De lo anterior se entiende que el tiempo puede reducirse, teniendo las herramientas adecuadas con la reincidencia del armado y entender el proceso concluyendo que una persona puede de morar entre 12 minutos en el armado de todo la unión en la guadua.

Para la mano de obra se basara en una cuadrilla tipo AA incluyendo el (SVR)

[Ilustración 38 cuadrilla AA](#)

<b>OFICIAL (1)</b>	
<b>Conocimientos:</b> Interpretación de planos, manejo y dosificación de materiales. Uso adecuado de herramientas y equipos. Conocimiento específico en mampostería, formaletas, estructuras en concreto, cimentación, fachadas y cubiertas, entre otros.	
<b>SALARIO PROMEDIO DÍA:</b> Día sobre 1.5 SMMLV	<b>\$ 77 216</b>
<b>AYUDANTE (1)</b>	
<b>Conocimientos:</b> Uso adecuado de herramientas, conocimientos básicos en nivel, plomada, armado de andamios y formaletas y cargue y descargue de materiales.	
<b>SALARIO PROMEDIO DÍA:</b> Día sobre 1 SMMLV	<b>\$ 53 781</b>

*Fuente:* <https://goo.gl/kg4ZFt>

Así que un ayudante puede generar unas 4 uniones de cero en una hora, concluyendo que para el cubo octaedro se necesitan 12 guaduas y 24 uniones de punta. Esto depende de la cantidad de ayudantes, si estos aumentan el tiempo se reduce, pero se incrementa el valor de mano de obra junto con herramientas y equipos.

### Instrucción tecnológica

Según [\(Grosse, 1996\)](#) generaliza el concepto de instrucción tecnológica como el proceso en el que se instruyen habilidades, conocimiento, tecnologías, métodos de fabricación, muestras de fabricación e instalaciones entre los gobiernos o las universidades y otras instituciones para asegurar que los avances científicos y tecnológicos sean accesibles a un mayor número de usuarios que puedan desarrollar y explotar aún más esas tecnologías en nuevos productos, procesos, aplicaciones, materiales o servicios.

De modo que la instrucción es impulsar el desarrollo y crecimiento de los diversos sectores de la sociedad mediante el acceso al conocimiento y experiencia de los grupos de investigación, innovación y desarrollo o evolución tecnológica.

Los objetivos específicos se pueden calificar como:

- Transferir conocimiento y habilidades entre los diferentes sectores productivos para estimular la economía.
- Impulsar el desarrollo, formación y capacitación de excelencia de los integrantes de las diversas organizaciones e instituciones.
- Incrementar el interés por las actividades de investigación y formación académica en el sector productivo de la región.
- Generar productos y actividades explotables desde el punto de vista comercial, derivados de la innovación tecnológica.
- Generar nuevos espacios de inversión para el sector privado en las áreas de innovación tecnológica, basados en activos de propiedad industrial tales como patentes.

- Crear espacios de colaboración y licencia tecnológica entre los diferentes sectores involucrados.

Los talleres de instrucción y cursos especializados han formado a cientos de técnicos y usuarios de ámbitos muy distintos, comunidades de autogestión de viviendas, industria de la construcción, organizaciones no gubernamentales, organismos de cooperación internacional, centros de investigación y desarrollo universidades, colegios profesionales.

Esto supone el inicio de un proceso de información y formación que, en la mayoría de los casos, no acaba en el usuario, sino que éste se convierte a su vez en un nuevo núcleo de formación e información para quien lo necesite.

Se inicia la instrucción con los estudiantes del curso de patología en guadua, en donde se da una argumentación en el trabajo del indonesio y de la instrucción, la cual su objetivo es analizar y compara en tiempos de la explicación de la unión como su construcción y el tiempo de ejecución. Pará ello se contó con 5 grupos de 4 personas, los cuales se tomó los tiempos.

[Ilustración 39 Explicación de proceso constructivo](#)



*Fuente: propia*

Se da inicio con la explicación en cada grupo sobre los elementos que conforman la unión como el armado de la misma.

[Ilustración 40 Armado de la unión](#)



*Fuente: propia*

[Ilustración 41 Armado de ejemplo](#)



*Fuente: propia*

**Instrucción y toma de tiempos**

Tomados los tiempos, los cuales se analizaros en dos etapas de construcción de la unión junto con el tiempo de explicación de armado que dura aproximadamente 20 minutos con la propuesta de enseñanza del acrílico, que muestra completamente el funcionamiento de la unión.

Ilustración 42 Unión didáctica constructiva



TIEMPO ENSEÑANZA EXPLICACIÓN: 20 MINUTOS	
ETAPA 1	ETAPA 2
media general 13.5 minutos	media general 6.8 minutos

*Fuente: propia*

Se llega la conclusión de que demostrar y explicar la unión junto a un medio didáctico, da mayor facilidad en su enseñanza de armado, pero con falencias de pasos omitidos o mal armado por parte del individuo, por lo cual se genera una herramienta física y visual del armado como lo es un manual y animación el cual es evaluado por un grupo.

[Ilustración 43 ciclo del desarrollo](#)

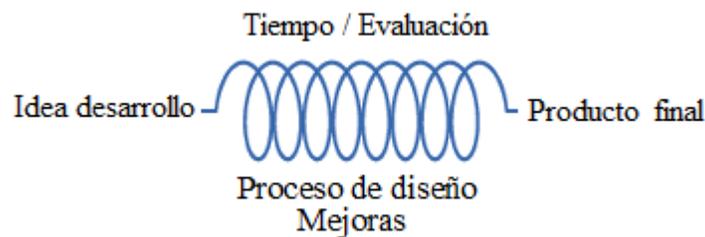


*Fuente:* propia

De manera que el sentido de esta instrucción es el enseñar bajo un mecanismo de diseño y desarrollo interactivo de unos medios que faciliten la interpretación, para la ejecución final del producto, lo cual se crean el manual y una serie de animaciones que serán evaluadas por un grupo de personas, que determinaran cuál de los medios instruye mejor.

Estos medios se diseñaron en programas CAD y de ilustración de medios visuales, con la asesoría de un diseñador, por lo tanto estos medios no son el producto final ya que hacen parte de un proceso de ensayo y evaluación que se puede determinar con la figura.

[Ilustración 44 diseño desarrollo](#)

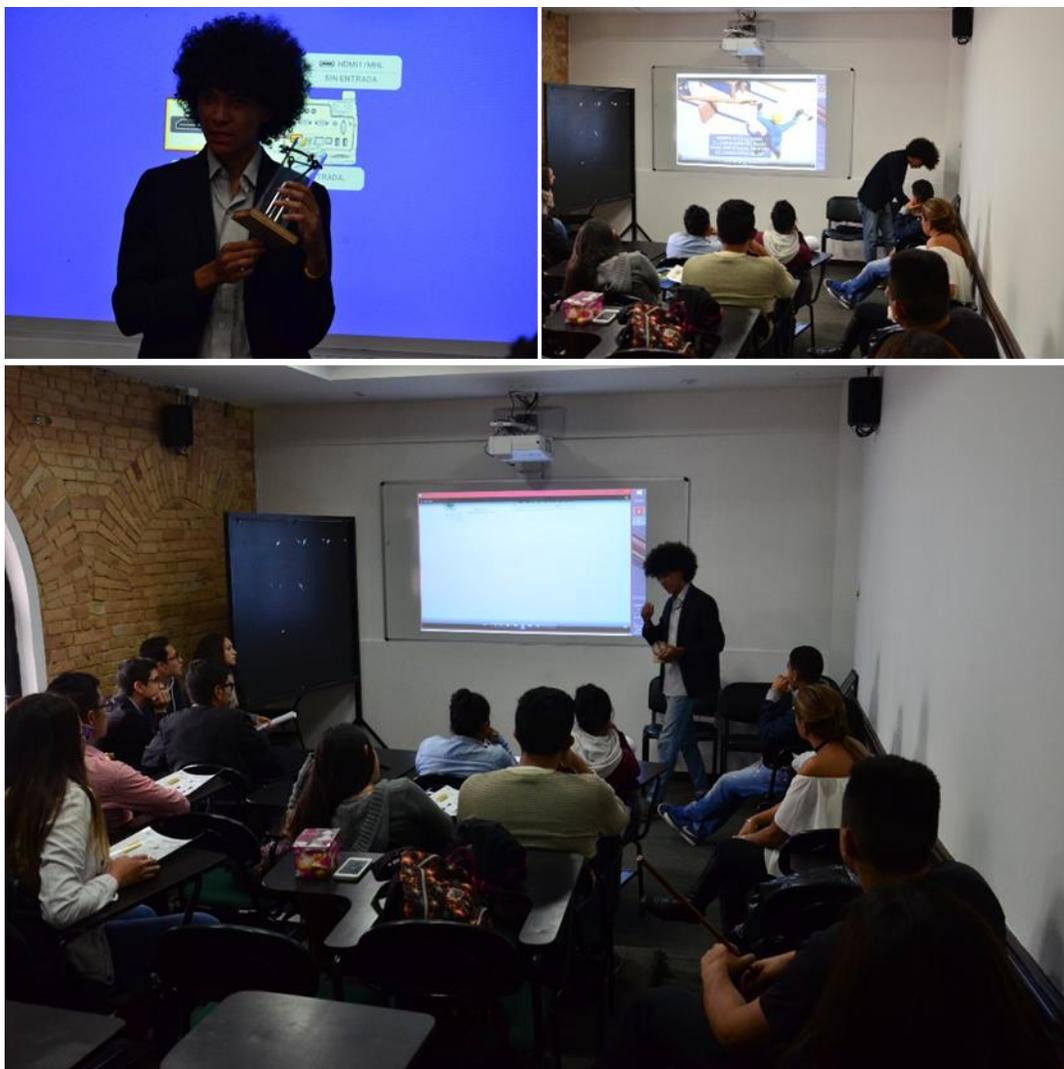


*Fuente:* propia

Se desarrolla esta evolución con un grupo de estudiantes de quinto semestre de arquitectura, los cuales no tienen conocimiento de la unión.

Se les induce en una breve explicación de la unión como la propuesta a realizar, de manera que haya una contextualización del desarrollo, para posteriormente entregar el manual y los medios visuales donde se concluye esto.

[Ilustración 45 evaluación de medios](#)



*Fuente: propia*

Se analiza que el manual globaliza la ida principal, que es el armado pero hace falta el medio que desglose y sintetice la instrucción como el video apoyado de una didáctica física de la unión.

Ilustración 46 evaluación de medios

CALIFICACIÓN DE MEDIOS		Calificación
Grupo	Video y medios didácticos	4.7
	Manual de armado	4.3
	Presentación	4.6

*Fuente: propia*

Se comprendió que los tres medios son la mejor manera de instruir la unión, aunque se debe continuar con el desarrollo para un producto que combine estos y logre expresar el proceso,

De esta evolución se tomara posturas para el desarrollo y construcción del cubo octaedro que será el producto final de aplicación de la unión en una estructura espacial.

Ilustración 47



*Fuente: propia*



*Fuente: propia*

### Conclusiones y recomendaciones

#### CONCLUSIONES

El análisis de los resultados de la de instrucción de armado de la unión lashing joint eye bolt que se presentó arrojó los siguientes resultados.

- El balance la prueba piloto es satisfactorio, ya que el taller ha logrado transmitir los conceptos clave de la unión con sus medio visuales. Aunque para lograr una mayor efectividad y resultados sobre la instrucción es ideal contar con más tiempo para la ejecución de la enseñanza, con el fin de que los participantes refuercen conocimientos previos y se solucionen dudas.

- La propuesta se orienta en ofrecer un acercamiento y propuesta para una transferencia tecnológica, donde es evidente evaluar y conocer los medios para llegar a ella. De manera que es importante seguir con el proceso y desarrollo de medios para su interpretación.

- Se reconoce la necesidad de realizar trabajos con comunidades en las cuales los conocimientos y experiencias de esta instrucción sean aplicables pero se identifica que el trabajo con comunidades, por su contexto, es también un gran reto que se debe enfrentar.

- El modelo de instrucción para la comprensión que se propone es una guía fundamental en el desarrollo de este trabajo, ya que articulando los hilos conductores con los tópicos generativos, los desempeños para la comprensión y la valoración continua, se obtuvo la planeación de un programa bien estructurado y fundamentado.

## RECOMENDACIONES

Es importante dejar por sentado que cualquier persona que desee continuar con este proyecto de instrucción o comenzar con los procesos de transferencia tenga en cuenta lo siguiente.

- La instrucción de desarrollo que se presentó es una propuesta que se puede fortalecer con el uso de otros medios visuales. Es decir, no necesariamente debe continuar de la mano con medio digital sino que puede involucrar otros recursos (lúdicas, maquetas, prototipos a escala real y otros) que puedan acercar más al entendimiento de la unión.

### [Ilustración 48 propuesta de platina](#)



*Fuente: propia*

- El desarrollo tecnológico que puede iniciarse con la propuesta y diseño del ojal que se coloca en la guadua para evitar estrangulamiento por parte del cable de acero en el elemento paralelo a las fibras, es un proceso de transferencia.

- Proceder a realizar pruebas de laboratorio con los materiales encontrados en el medio local para determinar resistencias y cálculo de una estructura.

- Es importante hacer mediciones de armado con las propuestas de Guadatech, Oscar Hidalgo y Simón veles, para concluir tiempos y rendimientos que después se puedan comparar con la propuesta dada del indonesio.

### Referencias

Coxeter MacDonald, H. S. (1971). *H. S. M. Coxeter, Fundamentos de Geometria*. Mexico: Limusa-Wiley.

Gordon. (1999). *DISEÑO ESTRUCTURAS O POR QUE LAS COSAS NO SE CAEN*. CELESTE.

Grosse, R. (1996). international technology transfer in services. *JOURNAL ARTICLE*, 27, 781-800.

Hidalgo Lopez, O. (2002). *Bambu the gift of the gods*. bamboscar.

Hoyos Mora, J. M. (1976). *Las estructuras de tensegrity Juan Manuel Hoyos Mora*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes 2009.

Rubio Luna, G. (2015). *Arte y Mañas de la Guadua, una Guía Sobre el Uso Productivo de un Bambú Gigante*. Info-Art.

Widywijatnoko, A. (17 septiembre del 2012). *TRADITIONAL AND INNOVATIVE JOINTS IN BAMBOO CONSTRUCTION*. India: Taschenbuch.