

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

DISEÑO DE ESTRUCTURA MODULAR PARA LA UBICACIÓN DE CÁMARAS DE CAPTURA DE MARCHA HUMANA

JOSE ANDRES SIERRA QUIÑONES
EDWIN ESTIVEN PACHÓN RONCANCIO
BRAYAN FELIPE PINZON GARZON

UNIVERSIDAD ECCI
INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ, D.C.
2020

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA MODULAR PARA LA UBICACIÓN DE CÁMARAS DE CAPTURA DE MARCHA HUMANA

**JOSE ANDRES SIERRA QUIÑONES
EDWIN ESTIVEN PACHÓN RONCANCIO
BRAYAN FELIPE PINZON GARZON**

Proyecto de Investigación

**José Alejandro Guerrero Vargas
PhD Ingeniería Mecánica y Mecatrónica**

**UNIVERSIDAD ECCI
INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTA D.C.
2020**

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

RESUMEN

El laboratorio de biomecánica de la Universidad ECCI se encuentra ubicado en el campus de la 170, en el norte de la ciudad, aislado de la comunidad estudiantil, por tal motivo a las personas no se les facilita tener acceso a este espacio. Esto implica que no se pueda obtener una gran cantidad de datos en un tiempo determinado, ocasionando que se dificulte el estudio y la comparación de estas muestras. En el análisis del movimiento humano se utiliza la estadística la cual depende de un alto flujo de información para obtener resultados representativos del fenómeno analizado.

Por esta razón se necesita que las personas tengan fácil acceso al laboratorio para que, con ello, se pueda obtener una gran cuantía de información mejorando los resultados en los análisis. Por ende, se propone como solución realizar una estructura modular la cual sea portable y de fácil ensamble para lograr ser transportada a las demás sedes de la Universidad ECCI.

Con los parámetros definidos para la elaboración del diseño de la estructura se realizaron dos bocetos en un software CAD que cumplan con las características mínimas para una buena recolección de información. Además, se simuló por medio de elementos finitos el comportamiento del armazón en funcionamiento con la ayuda del software Ansys Workbench. A través de estas herramientas se escogió el armazón que satisfacía los requerimientos mínimos para un laboratorio de biomecánica, que soporta la instrumentación necesaria para los análisis y cuyo valor era el más económico.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ABSTRACT

ECCI University's biomechanics laboratory is located on the 170 campus, in the north of the city, it is isolated from the student community, and for that reason it is difficult for people to have access to this place. This implies that a large amount of data cannot be obtained in certain time, making it difficult to study and compare these samples. In the analysis of human movement statistics are used, which depend on a high flow of information to obtain representative results of the analyzed phenomenon.

For this reason, it is necessary that people have easy access to the laboratory so that a great deal of information can be obtained by improving the results of the analysis. Therefore, the solution proposed is to make a modular structure which is portable and easy to assemble to be transported to other sites of the ECCI university.

With the parameters defined for the elaboration of the structure design, two sketches were made in a CAD program which accomplish the minimum characteristics for a good collection of information. In addition, the behavior of the frame in operation was simulated by means of finite elements with the help of the Ansys Workbench software. Through these tools, the frame that satisfied the minimum requirements for a biomechanics laboratory was chosen, which supports the necessary instrumentation for the analysis and the one that was the most economical.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 BIOMECÁNICA.....	12
1.2 ANTECEDENTES.....	13
1.2.1 PORTABLE LAB.....	14
1.2.2 FREEMG.....	15
1.2.3 INSERTO DE MOVILIDAD Y BIOMECÁNICA PARA EVALUACIÓN DE CARGA (MoBILE).....	15
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	17
1.4 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO.....	17
CAPÍTULO 2.....	18
2. MARCO CONCEPTUAL.....	18
2.1 ESTRUCTURAS.....	18
2.1.1 TIPOS DE ESTRUCTURAS.....	18
2.1.2 TIPOS DE MATERIALES.....	19
2.2 CONCEPTOS DEL LABORATORIO DE BIOMECÁNICA.....	21
2.3 VIGAS.....	23
2.4 RESISTENCIA DE MATERIALES.....	25
2.5 MÓDULO DE SECCIÓN Y MOMENTO FLECTOR.....	27
2.6 DEFLEXION DE COLUMNAS.....	29
2.6.1 COLUMNAS LARGAS CON CARGA CENTRADA.....	30
2.6.2 COLUMNAS DE LONGITUD INTERMEDIA CON CARGA CENTRADA..	32
2.6.3 COLUMNA CON CARGA EXCENTRICA.....	33
2.6.4 PUNTUALES O ELEMENTOS CORTOS SOMETIDOS A COMPRESIÓN..	35
2.7 ESFUERZO EFECTIVO DE VON-MISES.....	36

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

2.8	ELEMENTOS FINITOS	39
	CAPÍTULO 3.....	43
3.	METODOLOGÍA.....	43
3.1	CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA	43
3.2	GENERACIÓN DEL MODELO CAD	44
3.3	ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO	45
3.4	ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS	45
	CAPÍTULO 4.....	51
4.	RESULTADOS	51
4.1.1	SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA	51
4.1.2	ELABORACIÓN DE LOS DISEÑOS CAD.....	52
4.1.3	PRESUPUESTO.....	53
4.1.4	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	56
	CAPÍTULO 5.....	80
5.	CONCLUSIONES.....	80
6.	TRABAJO A FUTURO	81
	REFERENCIAS	82
	ANEXOS.....	89

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Laboratorio Portátil. FREEMG.	14
Figura 2. FREEMG.	15
Figura 3. MoBILE.	16
Figura 4. Posibles distribuciones de cargas en una viga.	24
Figura 5. Apoyos para vigas estáticamente determinadas.	25
Figura 6. Apoyos para vigas estáticamente indeterminadas.	25
Figura 7. Módulo de sección de una viga en I que trabaja en el eje x-x.	29
Figura 8. Módulo de sección de una viga en I que trabaja en el eje y-y.	29
Figura 9. Condición de los extremos de las columnas bajo carga centrada.	30
Figura 10. Curva de Euler.	32
Figura 11. Aplicación de la carga excéntrica.	33
Figura 12. Carga puntual excéntricamente cargado.	36
Figura 13. Grafico tridimensional de Von mises.	37
Figura 14. MEF Deformación.	41
Figura 15. Elemento Lineal.	41
Figura 16. Área Rectangular.	42
Figura 17. Volumen prisma.	42
Figura 18. Laboratorio de biomecánica Universidad ECCI.	43
Figura 19. Geometría importada.	47
Figura 20. Condiciones de frontera de la estructura.	49

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Figura 21. Condiciones de frontera de la estructura con persona recostada.....	50
Figura 22. Stand Backing.....	51
Figura 23. Diseño CAD primera estructura.....	52
Figura 24. Diseño CAD segunda estructura.....	53
Figura 25. Cotización de los perfiles para la primera estructura.....	54
Figura 26. Cotización de las estibas para la primera estructura.....	55
Figura 27. Cotización de la estructura dos.....	56
Figura 28. Perfiles de la estructura.....	57
Figura 29. Vistas de la estructura.....	60
Figura 30. Partes de la carpa.....	60
Figura 31. Carga en Columna.....	63
Figura 32. Carga en Columna Ansys Workbench.....	66
Figura 33. Deformación total Columna Ansys Workbench.....	67
Figura 34. Esfuerzo axial Columna Ansys Workbench.....	68
Figura 35. Esfuerzo von Mises de Columna Ansys Workbench.....	68
Figura 36. Soportes de la estructura.....	69
Figura 37. Carga de la carpa.....	70
Figura 38. Deformación total sin persona recostada.....	70
Figura 39. Factor de seguridad sin persona recostada.....	71
Figura 40. Esfuerzo von Mises sin persona recostada.....	71
Figura 41. Posición de la carga de la persona recostada.....	72

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Figura 42. Segunda posición de la carga de la persona recostada.	73
Figura 43. Deformación total con persona recostada	73
Figura 44. Factor de seguridad con persona recostada.	74
Figura 45. Esfuerzo von Mises con persona recostada.	74
Figura 46. Deformación total con persona recostada (Segunda situación).....	75
Figura 47. Factor de seguridad con persona recostada (Segunda situación).	76
Figura 48. Esfuerzo von Mises con persona recostada (Segunda situación).....	76
Figura 49. Ubicación de cargas y soportes de las tijeras en Ansys Workbench.....	77
Figura 50. Deformación total Tijeras Ansys Workbench	78
Figura 51. Esfuerzo de von Mises Tijeras Ansys Workbench.....	78
Figura 52. Factor de seguridad tijeras.....	79
Figura 53. Plano descripción de piezas.....	89
Figura 54. Plano columna	90
Figura 55. Plano del buje	91
Figura 56. Plano del Buje perfil Central	92
Figura 57. Plano Unión de buje	93
Figura 58. Plano junta en L.....	94
Figura 59. Plano junta del perfil	95
Figura 60. Plano soporte inferior	96
Figura 61. Plano Viga 2	97
Figura 62. Plano junta de Columna	98

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Figura 63. Plano Viga 1	99
Figura 64. Partes de la estructura.....	100
Figura 65. Ensamble perfil rectangular.....	100
Figura 66. Ensamble de la tijera	101
Figura 67. Unión de dos tijeras.....	101
Figura 68. Acercamiento unión de dos tijeras.	102
Figura 69. Unión de las tijeras con las columnas.	102
Figura 70. Acercamiento de la unión de las tijeras con las columnas.	103
Figura 71. Ensamble de las tijeras con un extremo.	103
Figura 72. Acercamiento de ensamble de las tijeras con un extremo.....	104
Figura 73. Unión de las tijeras centrales de la estructura.	104
Figura 74. Acercamiento de la unión de las tijeras centrales de la estructura.	105
Figura 75. Ensamble de la segunda sección central.....	105
Figura 76. ensamble de la mitad de la estructura.....	106
Figura 77. Acercamiento del ensamble de la mitad de la estructura.	106
Figura 78. Ensamble segunda parte de la estructura.....	107
Figura 79. Acercamiento del ensamble segunda parte de la estructura..	108
Figura 80. Unión de las tijeras a la segunda sección de la estructura.....	108
Figura 81. Ensamble parte del medio de la segunda sección.....	109
Figura 82. Acercamiento del ensamble parte del medio de la segunda sección.....	109
Figura 83. Ensamble parte final de la estructura.	110

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Figura 84. Ensamblaje total. 110

Figura 85. Acercamiento ensamblaje final. 111

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores de la constante C.	31
Tabla 2. Propiedades físicas y mecánicas de los materiales.	46
Tabla 3. Reacción en los apoyos.....	79

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Lista de Símbolos y abreviaturas

A continuación, se muestran los símbolos y abreviaturas utilizados a lo largo del proyecto.

Símbolo	Término	Unidad <i>SI</i>	Definición
a	Aceleración	$\frac{m}{s^2}$	Un metro por segundo cuadrado (m/s^2 o $m \cdot s^{-2}$) es la aceleración de un cuerpo, animado de movimiento uniformemente variado, cuya velocidad varía cada segundo, 1 m/s. (Franco Garcia, 2009)
A	Área	m^2	Magnitud métrica para dar una medida a una superficie. (Spiegel, 1991)
P	Fuerza	$F = m \cdot a$	En física, la fuerza es una magnitud vectorial que mide la intensidad del intercambio de momento lineal entre dos cuerpos (CENAM, 2012)
kg	Kilogramo kg		El kilogramo es la masa de un cuerpo en reposo tal que el valor de la constante de

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
			<p>Avogadro NA es exactamente igual a 6,022 141 527 x 10²³ mol⁻¹ (Hernandez, 2009)</p>
<i>m</i>	Metro	<i>m</i>	<p>Es la distancia recorrida por un haz de luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $\frac{1}{299\,792\,458}$ seg. (Bureau International Des Poids Et Mesures, 1983)</p>
<i>m</i> ³	Metro cúbico	<i>m</i> ³	<p>Equivale al volumen de un cubo de 1 metro de lado. (Salazar Trujillo, 2007)</p>
<i>N</i>	Newton	$N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$	<p>El newton es una unidad derivada del SI que se define como la fuerza necesaria para proporcionar una aceleración de 1 m/s² a un objeto de 1 kg de masa (CENAM, 2012)</p>
<i>Pa</i>	Pascal	$Pa = \frac{N}{m^2}$	<p>Es la presión que ejerce 1 Newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado. (Xunta de Galicia, 2017)</p>
<i>s</i>	Segundo	<i>s</i>	<p>El segundo (s) es la duración de 9 192 631 770 periodos de la radiación correspondiente</p>

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Símbolo Término Unidad SI Definición

a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133. (Franco Garcia, 2009)

Símbolos con letras griegas

Símbolo Término Unidad SI Definición

σ_{Per}	Esfuerzo admisible	$\sigma_{Admi} = \frac{\sigma_{ResisMate}}{F.S}$	Se calcula dividiendo el esfuerzo que resiste el material por el factor de seguridad (mayor que 1) (Salazar Trujillo, 2007)
----------------	--------------------	--	---

δ	Deformación	$\delta = \frac{FL}{AE}$	Un cuerpo sometido a la acción de fuerzas aplicadas, y con vínculos suficientes como para impedirle movimientos del sólido, las fuerzas se traducen en que el cuerpo se deforma, es decir, cambia de tamaño y de forma (Cevera, 2015)
----------	-------------	--------------------------	---

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
σ_{Axial}	Esfuerzo axial	$\sigma_{Axial} = \frac{F}{A}$	Fuerzas normales a las secciones y aplicadas en sus respectivos centros de gravedad (Cevera, 2015)
$\sigma_{Flexionante}$	Esfuerzo flexionante	$\sigma_{Flexionante} = \frac{MC}{I}$	Se genera al aplicar un par de fuerzas sobre algún elemento, esto produce una flexión en el objeto, pudiendo ser esta una flexión negativa o positiva.
$\tau_{Cortante}$	Esfuerzo cortante	$\tau_{Cortante} = \frac{V}{A}$	Una sección de una pieza está sometida a cizallamiento o cortadura cuando sobre ella actúa un esfuerzo cortante, es decir, una resultante de fuerzas paralelas al plano de la sección (Cevera, 2015)
ω	Carga Distribuida	$\omega = \frac{N}{m}$	Son las cargas que se distribuyen a lo largo de la pieza, no se tiene punto fijo (Beer, Johnston, Dewolf, & Mazurek, 2010)

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Las cámaras *Flex 3* son dispositivos empleados para la captura del movimiento del cuerpo humano y están diseñados para ser usados dentro de un recinto cerrado, el cual debe tener las características apropiadas para la toma de datos y la realización de diferentes acciones. Este recinto tiene que estar acondicionado en espacio y en objetos para que la toma de datos sea lo más precisa posible.

El laboratorio de biomecánica de la Universidad ECCI cuenta con este tipo de cámaras. No obstante, la ubicación geográfica del laboratorio impide la interacción de los dispositivos con el grueso de la población que tiene algún vínculo con la Universidad. Lo anterior genera efectos adversos en las investigaciones que se están llevando a cabo al interior de la institución y que requieren el uso de estos dispositivos. La razón es que este tipo de investigaciones necesitan tomar datos sobre una cantidad considerable de personas para que sean representativos. El laboratorio, al estar localizado en la sede de la 170 no puede aprovechar el volumen de personas que tienen relación con la Universidad, ya que éstas se encuentran en su mayoría en la sede principal y sus alrededores, lo cual limita los estudios que se hacen acerca del movimiento del cuerpo humano.

Con este proyecto se desea brindar versatilidad al laboratorio de biomecánica para que cumpla con todas las condiciones espaciales (altura, ancho, largo), con los equipos necesarios y con la intensidad lumínica requerida. En otras palabras, se busca replicar el laboratorio de biomecánica de la Universidad ECCI en una estructura que se pueda montar y desmontar fácilmente, haciendo posible la toma de datos en distintos lugares y a diferentes personas. Además, va a permitir obtener

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

información de una gran variedad de actividades en un mayor volumen de individuos y de esta forma, se generará una amplia cantidad de datos para conocer más acerca del movimiento del cuerpo humano.

1.1 BIOMECÁNICA

La biomecánica es la disciplina que estudia fenómenos que ocurren a nivel macro motor en el cuerpo de los seres vivos, esta analiza las fuerzas que se generan en el sistema locomotor con el fin de analizar la magnitud y naturaleza de las fuerzas implicadas en articulaciones y músculos. En esta doctrina intervienen la fisiología, la anatomía, la mecánica y la ingeniería. Por tal motivo, se centra en estudiar las cargas mecánicas que se generan por diferentes acciones o movimientos realizados, logrando definir la dirección y el rango de movimiento. (Margareta & Victor H, 2004)

La biomecánica es utilizada para estudiar una gran cantidad de movimientos, como lo son los gestos cotidianos, actividades laborales, físicos, entre otros. Por esta razón esta disciplina está dividida en varias ramas como lo son la biomecánica médica, deportiva o de trabajo. Estas doctrinas analizan los movimientos de traslación, rotación y los mixtos, ayudándose de descriptores de movimiento que aportan información de los miembros que realizan una acción. (Oleari, 2018)

Para el estudio del movimiento del cuerpo humano se utilizan dos tipos de análisis:

- **Análisis cualitativo:** escribe la calidad del movimiento sin cálculos, ni mediciones con este tipo de análisis se puede determinar cuáles son los componentes que se encuentran involucrados en el movimiento. Un breve ejemplo de un análisis cualitativo es el de un entrenador, este se tiene que basar en su habilidad para reconocer los movimientos o momentos críticos en un deportista (Domingo, 2006)

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- **Análisis cuantitativo:** escribe la calidad del movimiento mediante mediciones o términos numéricos debido a esto es necesario tener el equipo ideal para medir las variables cinemáticas del movimiento, mediante este análisis se llega a reducir el margen de error, haciéndolo un análisis más preciso y seguro. (Domingo, 2006)

El análisis cuantitativo del movimiento del cuerpo humano se puede realizar por medio de un laboratorio o algún tipo de instalación, los cuales deben cumplir con unos parámetros necesarios para la obtención precisa de datos. El color de los elementos que conforman estos sitios como las paredes, pisos, ventanas, perfiles deben ser mates o de una terminación satinada, debido a que si estos generan un brillo excesivo las cámaras tomarían datos erróneos. Los marcadores que se utilizan para captar el movimiento del cuerpo deben ser colocados en puntos estratégicos para que se pueda obtener información más precisa. El tamaño del recinto no está predeterminado, esto depende directamente del tipo de estudio que se vaya a realizar (análisis de marcha, salto, velocidad, etc.). Las cámaras deben estar ubicadas en lugares tácticos donde mínimo 3 o 4 de éstas puedan estar sincronizadas con los marcadores reflectantes. (OptiTrack, 2019)

1.2 ANTECEDENTES

Al realizar la búsqueda de un laboratorio de biomecánica se encontró diferentes prototipos de laboratorios portátiles, los cuales no tienen parecido con la estructura que se desea implementar, pero en todo caso tienen el mismo objetivo, hacer toma de datos sin necesidad de un recinto cerrado.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

1.2.1 PORTABLE LAB

Portable Lab como se ve en la Figura 1 es un laboratorio portátil que facilita capturar, procesar y analizar datos en su entorno natural como lo puede ser un jugador de futbol en el césped, un lanzador en un montículo, o un bailarín en un escenario, entre otros ejemplos. Solo es necesario tener un computador para visualizar la información que van generando los sensores puestos en el cuerpo de estudio para luego poder analizar y comparar cualquier tipo de movimiento. Esto ayuda a la recopilación de información por medio de un desplazamiento, el cual puede ser una medición inercial de la fuerza, velocidad y orientación de un punto establecido. (NORAXON, 2020)

El portable Lab tiene la capacidad de producir un reporte en el mismo instante en que los sensores captan el movimiento, obteniendo la misma calidad en los datos como en un laboratorio de biomecánica tradicional. Este cuenta con una conexión inalámbrica para recibir la información que toman los sensores, los cuales capturan el movimiento en 3D, también tiene cámaras de alta resolución y velocidad para el análisis de video. Este se centra en la obtención de datos de acciones deportivas, ya que este busca realizar evaluaciones las cuales ayudan a la recuperación de alguna lesión y aportar información de cómo se adapta el cuerpo a alguna actividad. (BioSpace, 2020)



Figura 1. Laboratorio Portátil. FREEMG. Figura tomada de (NORAXON, 2020).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

1.2.2 FREEMG

Freeemg permite registrar el movimiento por medio de sensores inalámbricos miniaturizados los cuales tienen la capacidad de percibir señales débiles con una buena precisión y nitidez, los cuales se pueden ver en la Figura 2. Este se conecta a un computador para recibir las señales generadas por los sensores para poder ser analizadas. Cada uno de los sensores está equipado con una memoria interna para garantizar que cada acción que se genere sea guardada por si ocurre alguna pérdida de conexión con el equipo que se está haciendo la toma de datos, lo cual le proporciona la capacidad de hacer este tipo de investigación a grandes distancias o en campo abierto. Este permite captar procesar y analizar cualquier tipo de acción, estos se pueden utilizar en diferentes campos como lo son la medicina y el deporte. (BTS Bioengineering, 2020)



Figura 2. FREEMG. Figura tomada de (BTS Bioengineering, 2020)

1.2.3 INSERTO DE MOVILIDAD Y BIOMECÁNICA PARA EVALUACIÓN DE CARGA (MoBILE)

MoBILE es un laboratorio de biomecánica el cual está integrado por dos dispositivos, el primero se encuentra en la suela del zapato y el segundo es un sensor que se ubica en el tobillo de la persona

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

tal como se ve en la Figura 3. El primario se encarga de medir la tensión de corte y la deformación producida al ejercer presión y el segundo se enfoca en detectar el movimiento realizado en la extremidad inferior de la persona y tiene la capacidad de medir la fuerza ejercida en tiempo real. Estos instrumentos poseen la facultad de calcular el peso de la persona y los movimientos generados por la pierna, con los datos obtenidos por estos utensilios es posible detectar cambios drásticos en la marcha humana logrando prevenir posibles lesiones graves. (Lincoln Laboratory, 2020)



Figura 3. MoBILE. Figura tomada de (Lincoln Laboratory, 2020)

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una estructura modular para la ubicación de cámaras de captura de marcha humana en lugares diferentes al laboratorio de biomecánica de la Universidad ECCI.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Evaluar el estado del arte de estructuras modulares y recintos relacionados con la toma de datos del cuerpo humano y uso de cámaras *Flex 3* para obtener los datos de base para el diseño de la estructura.
- Realizar el diseño y análisis estructural del armazón que satisfaga los requerimientos mínimos para la toma de datos con las cámaras *Flex 3*.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Este proyecto parte de la problemática de la ubicación y el difícil acceso por parte de la comunidad estudiantil al laboratorio de biomecánica de la Universidad ECCI, al determinar la necesidad se definieron los objetivos. En el capítulo 2 se muestra el componente teórico que se requiere para definir las propiedades de los posibles materiales de construcción, además de los temas necesarios para el análisis e interpretación de los datos que se obtuvieron al momento de realizar los cálculos del armazón. En el tercer capítulo se encuentra la metodología donde se describen las características mínimas de la estructura para una buena toma de datos, luego el proceso para obtener el diseño final de la estructura y el análisis de elementos finitos. En el cuarto capítulo se determinó la estructura que se va a utilizar para el laboratorio de biomecánica, se presentan los cálculos matemáticos que se realizaron y las comparaciones con los obtenidos en Ansys Workbench. En el último capítulo se exponen las conclusiones obtenidas como producto de este trabajo.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 2

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 ESTRUCTURAS

Las estructuras son un mecanismo que lo conforma un ensamblaje de distintas piezas, en un orden específico, sirviendo como soporte a distintos objetos sin perder su forma original. (Glez Glez, 2019, pág. 3). El diseño estructural es un proceso creativo con el fin de generar una solución a través de una estructura que tenga estabilidad y confiabilidad, por medio de un buen uso de los materiales, aprovechando sus características y propiedades mecánicas; Creando así un sistema armónico que cumpla de forma óptima con los objetivos requeridos (EcuRed, 2018). Un diseño modular es aquel el cual permite ahorrar y optimizar el tiempo de construcción de una estructura gracias a que esta permite que sea desarmable y armable cuantas veces se desee, además permite ser transportada a cualquier lugar donde se pretenda llevar. (Barrios & Leiva, 2018)

2.1.1 TIPOS DE ESTRUCTURAS

Gran parte de lo que observa en el día a día son estructuras (casas, edificios, puentes, etc.) las cuales se diferencian por su funcionamiento y capacidad, entre estas se encuentran las estructuras masivas que cuentan con una excelente rigidez y estabilidad ya que se emplea mucho material (Pirámides, Represas). Las estructuras abovedadas reparten el peso, dan equilibrio y son implementadas en los arcos o cúpulas. La estructura entramada es utilizada en la fabricación de rascacielos, edificios, etc. se emplea gran cantidad de vigas, columnas y pilares.

Las estructuras colgantes están conformadas por cuerdas o tirantes las cuales soportan los elementos inferiores y cuentan con pilares para dar estabilidad, este tipo de armazón normalmente

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

se usa en los puentes colgantes. Por otra parte, la estructura laminar está conformada por capas de material simple (Hierro, acero, aluminio, etc.), su espesor es muy pequeño con respecto al esqueleto, logrando resistir su peso y las cargas externas a la que está siendo sometido, las principales aplicaciones son en naves industriales, bodegas y cúpulas. (Basset Salom, 2013).

Las estructuras modulares son cuerpos hechos por láminas, perfiles o escuadras, son utilizadas en la industria por su fácil transporte, instalación y bajo costo. Se elaboran en aluminio industrial o en materiales livianos y resistentes, lo que la vuelve ligera pero igualmente capaz de soportar fuerzas externas. Al ser un armazón liviano permite que sea sencillo de transportar, además puede ser armada y desarmada con gran rapidez y facilidad. (Diccionario de arquitectura y construcción, 2019).

Un ejemplo de estructuras modulares son las cubiertas o los stands, la cubierta es usada gracias a su poco peso y rápido montaje, además, de tener un bajo costo respecto a otros sistemas de cobertura. (Tamborero del Pino). Los stands, por su parte, también son fáciles de armar y desarmar, actividad que puede ser desarrollada por una sola persona. Además, ocupan poco espacio de almacenamiento, permitiendo ser transportados mediante un vehículo de uso cotidiano de forma segura y cómoda. (ExpoStand, 2019).

2.1.2 TIPOS DE MATERIALES

En este apartado se muestran los materiales que normalmente se utilizan para la fabricación de este tipo de estructuras, mostrando las propiedades y las características que poseen cada uno de estos con el fin de demostrar porque son aptos para la construcción de este armazón.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

HIERRO: Es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, este se combina con otros metales o minerales para mejorar sus características y convertirlo en material idóneo para el trabajo donde se desee utilizar, además de mejorar su resistencia a la oxidación. Entre las propiedades principales se encuentra la maleabilidad, la dureza, su alta conductividad térmica y su baja capacidad de conducir de la electricidad. Se utiliza para la obtención de aceros estructurales, hierro fundido y hierro forjado, en la industria es utilizado en la fabricación de edificios, casas, entre otros. (Mejía Díaz, 2018)

ACERO: Es una aleación donde se combinan varios elementos donde los principales son el hierro y el carbono, al tener diferentes alternativas en su composición y en el tratamiento térmico se pueden tener variaciones en las propiedades físicas y mecánicas. A pesar de esto se logra obtener algunas características genéricas como lo es la tenacidad, maleabilidad, ductilidad, posee una alta conductividad eléctrica, dependiendo de su constitución puede que se oxide con mayor o menor facilidad (Moffit, 1998). Es usado para la construcción de estructuras metálicas por su alta resistencia, lo cual hace que a diferencia de otros materiales no sea necesario tener perfiles de una gran dimensión lo cual se produce que se ahorre en espacio y en costos. (SERYCOIN, 2019)

ALUMINIO: Es un metal no ferromagnético, entre sus propiedades se puede encontrar que tiene poca resistencia mecánica, es resistente a la corrosión, es liviano, es buen conductor de la electricidad y su punto de fusión es de 660.3°C. Es el tercer elemento más común en la tierra ya que se encuentra en la corteza terrestre, por tal razón es uno de los elementos más empleados industrialmente. Se puede encontrar en la fabricación de piezas metálicas y componentes de mecanismos, contenedores de diversa índole y en ocasiones como componente de soldadura, lo

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

cual lo hace en un material sumamente versátil. Las aleaciones de este material son ligeras, fuertes y de fácil formación, la mayoría de las veces se utiliza este proceso para hacerlo un metal con mayor resistencia a la tracción mecánica lo cual lo hace viable para ser utilizado estructuralmente. (MIPSA, 2019).

PLÁSTICO: Es un material sintético que está compuesto por proteínas, resinas u otras sustancias, este es moldeable al exponerse a altas temperaturas teniendo la capacidad de adaptarse a cualquier forma. Este elemento posee una gran flexibilidad, elasticidad, y gran resistencia al encontrarse en su forma final, por tal razón este es usado en la construcción de botellas, mesas, floreros, entre otros. Es uno de los elementos más utilizados en la industria, ya que cuenta con un bajo costo de fabricación y esto lo hace que sea apetecido, uno de sus grandes problemas es la contaminación que genera. Es un material aislante que no permite el paso de la corriente por su estructura y tiene alta resistencia a la corrosión facilitando que sean mucho más duraderos, contienen una alta impermeabilidad lo cual lo hace dúctil a la hora de estar en ambientes abiertos el rango de temperatura que soportan varía dependiendo del tipo de polímero que se use, con un valor mínimo de 60°C y un máximo de 260°C. (Raffino, 2020)

2.2 CONCEPTOS DEL LABORATORIO DE BIOMECÁNICA

Para poder entender a plenitud esta sección es necesario tener claros los siguientes conceptos:

FPS se logra definir como fotogramas o imágenes por segundo, es una de las características más importantes en las cámaras o videos, esta define la calidad de resolución, entendiéndose que una grabación simplemente son imágenes consecutivas que se pasan a gran velocidad proporcionando

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

al cerebro la sensación de movimiento, si se dice que un video tiene 40 FPS se refiere a que pasan 40 imágenes por segundo, entre más FPS mejor definición. (Sales, 2015)

Mocap son las siglas para el concepto de Motion Capture esta es una tecnología que permite grabar los movimientos del cuerpo humano o de animales, a través de sensores y mapear estos digitalmente en técnicas de fotogrametría, el cual es una técnica utilizada en las industrias del cine para dar vida a animales o personajes de ciencia ficción en formas 3D. Uno de sus grandes usos es en la industria médica, el cual permite el análisis del movimiento ayudando a deportistas a detectar lesiones internas, con una tecnología que accede a marcas fijas la que puede ser activas o pasivas estas son detectadas por cámaras infrarrojas o por ultrasonido. (Schulz, 2010, pág. 3)

El OptiSync es un router encargado de recibir y enviar señales a los elementos que estén conectados a él por medio de un cable USB, cuenta con la capacidad de enlazar tres elementos al mismo tiempo haciendo que estén sincronizadas al momento de hacer la toma de datos. Esta herramienta ayuda a configurar y a calibrar las cámaras que estén conectadas a él de forma rápida y sencilla con el fin de obtener los datos con mayor precisión. (OptiTrack, 2019)

Estas cámaras son de gama media, logran captar movimientos como la marcha humana debido a que tienen una velocidad de captura de 100 FPS. Las imágenes se logran gracias a marcadores que están ubicados en el cuerpo, divididos uniformemente sobre el área a estudiar para que las cámaras puedan detectarlos sin perder secuencia del movimiento. Uno de los beneficios de las cámaras Optitrack flex 3 es que, al poder captar una acción con una velocidad tan alta, puede obtener un rastreo muy eficiente y confiable del desplazamiento, logrando así que sean muy precisos los datos analizados. Estas cámaras ayudan al procesamiento de las imágenes ya que tienen

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

la capacidad de seguir la actividad con una gran eficiencia, lo que genera que la transferencia de datos con el computador sea más fluida. También consiguen optimizar el tiempo de renderizado de datos, ya que estas ayudan al computador a elaborar el esquema de la traslación del humano. (Menendez Mendoza & Rodriguez Marante, 2019)

Los lugares donde se ubiquen estos laboratorios deben ser de poca iluminación, los cuartos deben ser de colores claros y si es una estructura metálica esta se debe ser de mate o simplemente quitarle el brillo para no generar algún tipo de reflejo que pueda provocar errores en el estudio. Por otro lado, se deben colocar los marcadores en forma estratégica a lo largo de la zona que se desee estudiar con el fin de que los modelos generados por el software no se vean afectados. El funcionamiento de estos elementos es en 2D, para modelar el área de estudio en 3D las cámaras tienen que estar sincronizadas y alrededor del objeto que se va a analizar, ya realizada la toma de fotos por cada cámara en 2D se calculan todas las posiciones para calcular la posición 3D. Las cámaras logran capturar cualquier tipo de movimiento, para ello se necesitan mínimo tres marcadores puestos sobre el objeto o la persona de estudio. Entre más emisores se encuentren en la zona se obtienen resultados más reales. (OptiTrack, 2019)

2.3 VIGAS

Las vigas son elementos estructurales utilizados para soportar y distribuir las cargas transversales a los puntos de apoyo, normalmente se ubican de manera horizontal son diseñadas para soportar cargas a lo largo de su sección. Las fuerzas que se aplican inciden perpendicularmente al eje de flexión, la viga cuenta con dos apoyos verticales en los cuales se reparte la carga. Esto

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

ocasiona que no se genere ningún empuje lateral, pero si produce un esfuerzo cortante y un momento flector. (McCormac, Jack C; Csernak, Stephen F., 2005)

Las vigas pueden ser sometidas a tres tipos de esfuerzos entre los que se encuentran las cargas uniformemente distribuidas en las cuales se reparte la fuerza a lo largo del elemento, esta se expresa como fuerza sobre unidad de longitud. El segundo tipo son las cargas concentradas donde el peso se ubica en un lugar puntual del componente, este se expresa en unidades de fuerza. Por último, se encuentra la unión de los dos tipos de cargas mencionados anteriormente. En la Figura 4 se puede observar los tipos de configuraciones que se acaban de explicar. (Escamilla, 2002)

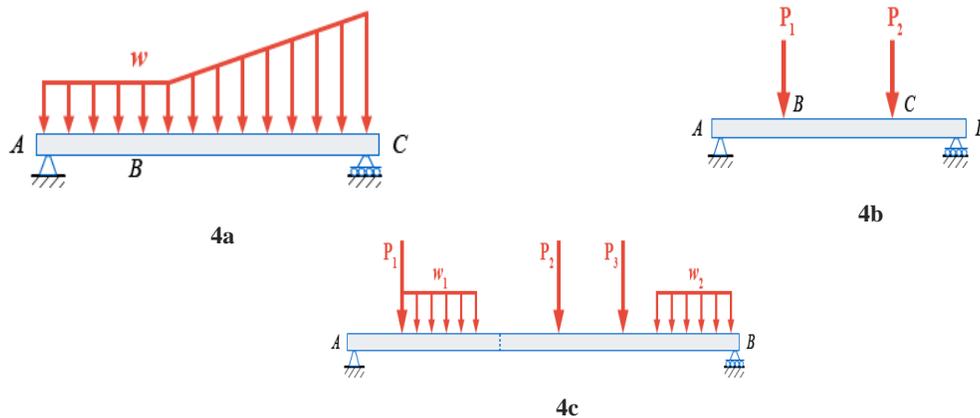


Figura 4. Posibles distribuciones de cargas en una viga. Figura tomada de (Universidad de Lleida, 2015). 4a) Carga distribuida. 4b) Carga concentrada. 4c) Carga Mixta.

Las vigas se clasifican de acuerdo a la manera en que se encuentran apoyadas, además se dividen en vigas estáticamente determinadas e indeterminadas a continuación, se muestra las distintas formas en las que se puede encontrar los soportes de una viga. La distancia L se denomina como el claro, es el espacio entre un soporte y otro. Además, cuando estos elementos no se encuentran apoyadas en alguno de sus extremos se puede decir que la viga se encuentra en voladizo. En la

	GUÍA PARA ANTEPROYECTO (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	PRESENTACIÓN DE INVESTIGACIÓN	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Figura 5 se pueden observar algunos tipos de vigas estáticamente determinadas, en la Figura 6 se encuentran algunas vigas estáticamente indeterminadas.

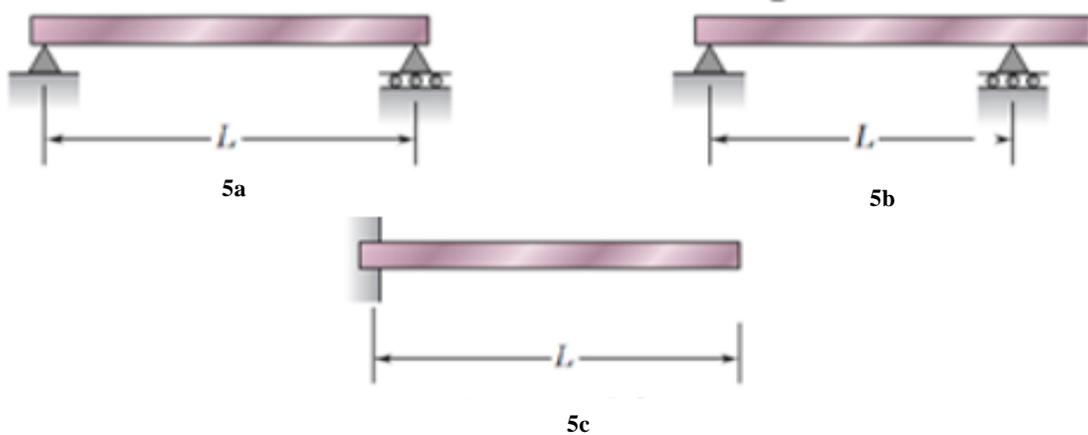


Figura 5. Apoyos para vigas estáticamente determinadas. Figura tomada de (Proyecto multimedia, 2016). 5a) Viga simplemente apoyada. 5b) Viga con un tramo en voladizo. 5c) Viga en voladizo

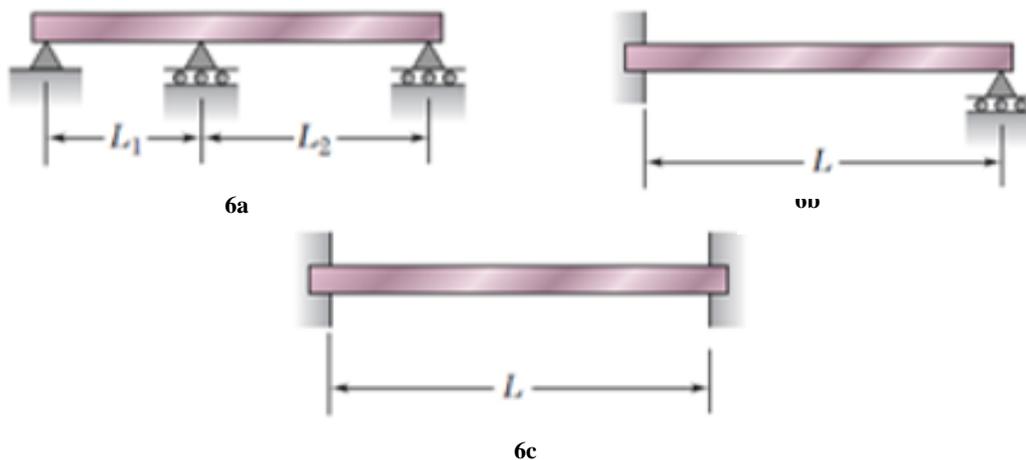


Figura 6. Apoyos para vigas estáticamente indeterminadas. Figura tomada de (Proyecto multimedia, 2016). 6a) Viga continuada. 6b) Viga empotrada en un extremo y simplemente apoyada en el otro extremo. 6c) Viga empotrada.

2.4 RESISTENCIA DE MATERIALES

La resistencia de materiales y la teoría de elasticidad son importantes en la mecánica de sólidos deformables, debido a que se puede llegar a la solución de una serie de incógnitas presentes en la

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ingeniería estructural de manera analítica. Es muy aplicada en piezas como columnas, vigas, barras, y láminas, estas se pueden encontrar empotradas o articuladas, sometándose a esfuerzos en puntos específicos o repartidos de manera homogénea a lo largo del fragmento. (Carrión, Coraisaca, & Loja, 2019)

Al someter dichos objetos a un esfuerzo se produce una deformación, esta se puede conocer por dos métodos, en el primero se define como un problema lineal o unidimensional el cual puede ser resuelto por medio de un diagrama de cuerpo libre. Esta es una herramienta para encontrar las fuerzas desconocidas que aparecen en las ecuaciones de movimiento del elemento. La segunda es plantear un problema tridimensional, para encontrar las incógnitas se utilizan centros instantáneos, cargas transversales, momentos de inercia y flexión pura, este análisis es más complejo y extenso. (Cervera & Blanco, 2015)

Las deformaciones se pueden denominar como lesiones mecánicas, se producen por cargas externas o internas que logran afectar las características físico-mecánicas de la pieza, el comportamiento elástico determina qué cantidad de fuerza puede soportar el objeto sin alterar la forma original. Cuando el material se encuentra en la región plástica la deformación es irreversible, el material no vuelve a su estado inicial a pesar de que se retiren las cargas que produjeron la alteración. La zona de elasticidad y plasticidad son tomados en cuenta en el análisis estructural al momento de escoger un material ya que estos determinan cual puede ser utilizado para determinada aplicación. (Avila, Franco, & Jaramillo, 2012)

Es importante determinar el comportamiento de la estructura cuando es sometida a las cargas que debe soportar en su entorno de trabajo, al conocer el resultado se logra definir si las fuerzas se

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

encuentran en tensión, compresión o torsión. Conociendo el estado de tensión o compresión se logra verificar el cumplimiento de los criterios de resistencia que establecen las normativas, de cara a garantizar la seguridad de las estructuras. (Cervera Ruiz & Blanco Diaz, 2015).

Para conocer la fiabilidad de un armazón se puede utilizar el factor de seguridad. Es un coeficiente que se determina por medio de una división entre el esfuerzo último y el admisible, se busca que este valor sea mayor a uno, si el resultado de la fracción se acerca a uno indica que es más propenso a sufrir fallos. Existen parámetros los cuales definen los coeficientes óptimos para cada tipo de estructura o armazón.

2.5 MÓDULO DE SECCIÓN Y MOMENTO FLECTOR

Esta es una propiedad muy importante al momento de seleccionar una viga, el momento flector es la distribución de cargas sobre un plano perpendicular al eje longitudinal donde se genera la flexión del elemento, este desarrolla esfuerzos de tracción y compresión, estos esfuerzos se simbolizan con σ y se calculan por medio de las siguientes ecuaciones.

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\frac{M}{\sigma} = \frac{I}{c}$$

$$S = \frac{I}{c}$$

Donde:

S es el módulo de la sección las unidades de este son in^3 o cm^3 .

I es el momento de inercia de una sección con respecto a un eje que pasa por el centroide $x - x$ o $y - y$ este se expresa en in^4 o cm^4 , este momento es diferente para cada viga.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

c es la distancia desde la orilla más alejada de la sección hasta su eje sus unidades son *in* o *cm*.

Debido a que I está en pulgadas o centímetros a la cuarta potencia (in^4 o cm^4) y c es una dimensión lineal en pulgadas o centímetros, el módulo de la sección S es dada en pulgadas o centímetros a la tercera potencia (*pulg*³ o *cm*³). (Propiedades de las Selecciones, 2020)

El módulo de sección de una viga es la resistencia de un área con respecto al eje X o Y , se calcula como la relación entre el momento de inercia y la distancia más alejada del eje de referencia; con un subíndice S , normalmente se expresa en cm^3 , mm^3 o in , este se puede hallar con las siguientes ecuaciones. (Definicion.DE, 2020)

$$S = \frac{M}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Donde:

σ es el esfuerzo producido por tracción o compresión

M es el momento flector del elemento

De acuerdo con esto se puede decir que el módulo de sección de una viga que trabaja en el eje $x-x$ (Figura 7) es la misma que trabaja en el eje $y-y$ (Figura 8), esta propiedad requiere directamente de la inercia que al mismo tiempo depende de la geometría del perfil. Cuando este no es simétrico la inercia en las coordenadas X y Y van a ser diferentes, por lo cual se debe hallar el eje en el que el objeto se encuentre trabajando.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

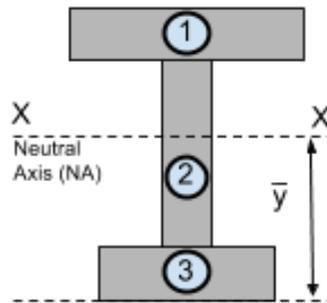


Figura 7. Módulo de sección de una viga en I que trabaja en el eje x-x. Figura tomada de (SkyCiv, 2020)



Figura 8. Módulo de sección de una viga en I que trabaja en el eje y-y

2.6 DEFLEXION DE COLUMNAS

Una columna es un elemento que se encuentra sometido a compresión, esta pieza es lo suficientemente delgada respecto a su longitud para que cuando se encuentre bajo una carga pueda romperse por flexión lateral o pandeo. Además, esta parte es la que otorga estabilidad y confiabilidad a una estructura, por tal motivo es importante conocer la capacidad que tiene este componente para soportar una fuerza sin experimentar un cambio drástico en su geometría.

Para el análisis de una columna se tiene en cuenta a todos aquellos elementos que se encuentren bajo una carga a compresión y que su tamaño sea igual o diez veces la dimensión menor de la sección transversal. Por dicha razón estos elementos se pueden clasificar de acuerdo a su longitud y si la carga es centrada o excéntrica, entre los cuales se pueden encontrar las columnas largas con carga centrada, columnas de longitud intermedia con carga centrada, columnas con carga

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

excéntrica y finalmente puntuales o columnas cortas con carga excéntrica. (Universidad de los Andes)

2.6.1 COLUMNAS LARGAS CON CARGA CENTRADA

Este caso ocurre cuando la carga axial actúa a lo largo del eje centroidal de la columna ocasionando compresión simple y inestabilidad, estas dos condiciones desarrollan rápidamente una flexión a lo largo del elemento. Para el análisis de estas piezas se tiene que tener en cuenta las circunstancias en las que se encuentra, uno de los factores más importantes a considerar es los soportes que tiene la columna. En la Figura 9 se puede ver como se generan los diferentes tipos de flexiones dependiendo de las condiciones de los extremos.

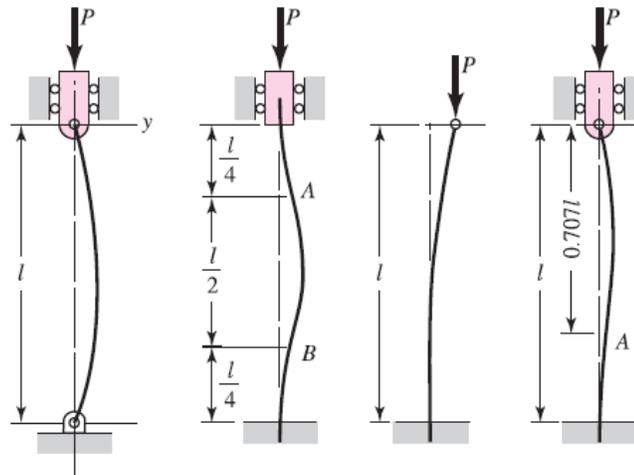


Figura 9. Condición de los extremos de las columnas bajo carga centrada. (Beer & Johnston, 2013)

El factor C se conoce como la constante de condiciones en los extremos, estas cifras se pueden encontrar en la Tabla 1, en este lugar se logran ver los valores de C dependiendo de cómo se esté aplicando la carga. El número de la constante también puede variar por la situación que se desee calcular, entre estos se puede encontrar la condición teórica que ocurre cuando es un caso ideal, también está la conservadora que se utiliza cuando se desea tener resultados antes de la falla y

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

finalmente los recomendados que son valores más cercanos a los que se puede ver en una aplicación real.

Condición de extremos de columnas	Constante C en valor teórico	Constante C en valor conservador	Constante C en valor recomendado
Empotrado libre	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Articulado- Articulado	1	1	1
Empotrado-articulado	2	1	1.2
Empotrado-empotrado	4	1	1.2

Tabla 1. Valores de la constante C. (Beer & Johnston, 2013)

La fuerza que actúa en la columna se puede determinar a través de una ecuación diferencial donde al aplicar las condiciones de frontera se obtiene la carga crítica de la flexión, más conocida como la fórmula de Euler para columnas.

$$P_{cr} = \frac{C\pi^2 EI}{l^2}$$

Esta fórmula se puede reacomodar de tal forma que sea más conveniente y sencilla al momento de usarla, el cambio se realiza mediante la relación de $I = A * K^2$.

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{C\pi^2 E}{(l/k)^2}$$

De esta ecuación se puede concluir que l/k es la relación de esbeltez la cual ayuda a clasificar la columna de acuerdo a las categorías anteriormente mencionadas. Además, se puede conocer la carga crítica unitaria necesaria para colocar la pieza en una condición de inestabilidad a través de P_{cr}/A y que esta relación depende del módulo de elasticidad y de la relación de esbeltez.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

2.6.2 COLUMNAS DE LONGITUD INTERMEDIA CON CARGA CENTRADA.

Cuando en las columnas cargadas empieza a presentarse el fenómeno de pandeo la ecuación de Euler no se aproxima satisfactoriamente al comportamiento de la columna debido a que en esta fórmula se tiene en cuenta una razón lineal entre la relación de esbeltez y la carga unitaria. Por tal motivo para los casos donde se cataloga la pieza con una longitud intermedia se suele usar la fórmula parabólica o también llamada la fórmula de J.B Johnson. (Universidad de los Andes)

$$\frac{P_{cr}}{A} = a - b \left(\frac{l}{k}\right)^2$$

En la Figura 10 se logra ver una línea punteada en la zona de la curva de Euler la cual permite obtener los valores de las constantes a y b , si esta parábola inicia en S_y se puede decir que $a = S_y$ y esta constante da como resultado la relación de esbeltez, por otro lado la constante b se determina a través de una ecuación.

$$b = \left(\frac{S_y}{2\pi}\right)^2 \frac{1}{CE}$$

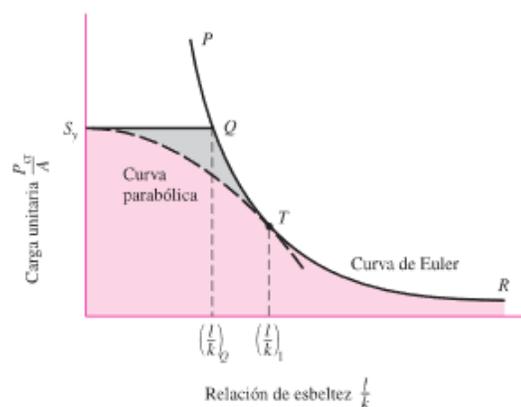


Figura 10. Curva de Euler. (Beer & Johnston, 2013).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Al sustituir la condición de la constante a y la forma de calcular la constante b en la ecuación general se obtiene como resultado la siguiente fórmula para el cálculo de la carga crítica.

$$\frac{P_{cr}}{A} = S_y - \left(\frac{S_y}{2\pi k} \right)^2 \frac{1}{CE}$$

2.6.3 COLUMNA CON CARGA EXCÉNTRICA

La ecuación de Euler se utiliza cuando la carga es aplicada en el centroide de la sección transversal de la columna y que esta se encuentre perfectamente recta, pero esto no siempre ocurre debido a que esto es un caso muy ideal. En realidad, las columnas cuando pasan por el proceso de fabricación y ensamble obtienen una pequeña desviación la cual ocasiona que la pieza no se pandee repentinamente si no que vaya flexionándose hasta que ocurre la falla, por tal motivo es conveniente tener un método para el desarrollo de estos casos. En la Figura 11 se puede ver una columna en la cual se está aplicando una fuerza y esta no se encuentra ubicada en el eje centroidal de la sección transversal de la pieza, a esta excentricidad se le conoce como e .

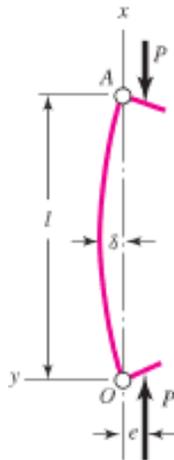


Figura 11. Aplicación de la carga excéntrica. (Beer & Johnston, 2013)

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

De esta forma se puede plantear una expresión para determinar el momento flector en cualquier sección transversal.

$$M = -P_{cr} * (e + \delta)$$

Al plantear la ecuación de la elástica se genera la siguiente ecuación diferencial.

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{P}{EI}y = \frac{Pe}{EI}$$

Solucionando la ecuación anterior y colocando una condiciones de frontera en donde $y = 0$ en $x = 0$ se obtienen como resultado.

$$y = e \left[\tan\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{P}{EI}}\right) * \sin\left(\sqrt{\frac{P}{EI}}x\right) + \cos\left(\sqrt{\frac{P}{EI}}x\right) - 1 \right]$$

Sustituyendo el valor de x por $l/2$ en la ecuación anterior y usando una identidad trigonométrica se obtiene

$$\delta = e \left[\sec\left(\sqrt{\frac{P}{EI}} \frac{l}{2}\right) - 1 \right]$$

Reemplazando lo obtenido en la ecuación de momento flector se obtiene

$$M = -P_{cr} * (e + \delta) = -P_{cr}e \sec\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{P}{EI}}\right)$$

La magnitud del esfuerzo de compresión máximo a la mitad de la longitud se determina superponiendo la componente axial y la componente de la flexión y se obtiene

$$\sigma_c = \frac{P}{A} - \frac{Mc}{l} = \frac{P}{A} - \frac{Mc}{Ak^2}$$

Sustituyendo el momento flector en la ecuación anterior se obtiene

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \left[1 + \frac{ec}{k^2} \sec \left(\frac{1}{2k} \sqrt{\frac{P}{EA}} \right) \right]$$

Al imponer la resistencia a la fluencia compresiva S_{yc} como el valor máximo de σ_c se puede expresar la ecuación anterior como

$$\frac{P}{A} = \frac{S_{yc}}{1 + (ec/k^2) \sec(1/2k) \sqrt{P/AE}}$$

A esta fórmula se le conoce como la fórmula de la secante de la columna, el termino ec/k^2 es la relación de excentricidad.

2.6.4 PUNTUALES O ELEMENTOS CORTOS SOMETIDOS A COMPRESIÓN

En estos elementos cargados axialmente a compresión se obtienen relación de esbeltez muy bajas en los que no se produce el pandeo y la falla ocurre cuando se alcanza el límite de elasticidad del material. En la Figura 12 se puede ver una pieza corta, en esta hay un esfuerzo de compresión en la dirección x , en el punto B que es una sección intermedia de la columna se tienen una componente simple P/A y una flexionante Mc/I que se puede ver en la siguiente ecuación:

$$\sigma_c = \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I} = \frac{P}{A} + \frac{PecA}{lA} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{ec}{k^2} \right)$$

Donde $k = (I/A)^{1/2}$ es el radio de giro, c es la coordenada del punto B y e es la excentricidad de la carga.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

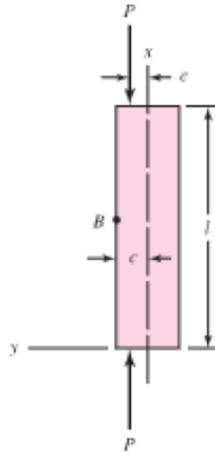


Figura 12. Carga puntual excéntricamente cargado. (Beer & Johnston, 2013)

La diferencia entre una columna secante y un elemento corto a compresión es que el efecto de la deflexión ocasionado por la flexión en un elemento puntual es que se debe limitar un pequeño porcentaje de la excentricidad ocasionando que la relación de esbeltez se convierta.

$$\left(\frac{l}{k}\right)_2 = 0.282 \left(\frac{AE}{P}\right)^{1/2}$$

Esta última ecuación proporciona la relación de la esbeltez limite que se debe usar en la ecuación original, si esta relación es mayor que $(l/k)_2$ entonces se debe emplear la ecuación de la secante de lo contrario si se puede usar esta última.

2.7 ESFUERZO EFECTIVO DE VON-MISES

Los materiales se dividen en dúctil y frágil, la ductilidad es una propiedad que está limitada por la resistencia última a cargas estáticas cortantes, eso quiere decir que el elemento cuando es sometido a una carga se deforma, pero no llega a la ruptura. Por otro lado, la fragilidad es una característica la cual está limitada por la resistencia última a las cargas estáticas de tensión, en

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

pocas palabras es que el componente se romperá rápidamente cuando se sobrepase el valor que resiste. (Norton, 2011)

Para hablar del esfuerzo efectivo de von-Mises es necesario dar una explicación de las fuerzas que se pueden encontrar al momento de hacer un análisis de este tipo. En primer lugar, están las cargas estáticas que es el peso que se aplica consecutivamente en un intervalo de tiempo, esta puede ser a tensión, flexión o compresión. En segundo lugar, están las dinámicas, estas son las cargas de impacto y las cargas cíclicas, estas provocan que el material sufra esfuerzos en su estructura lo cual genera una deformación en el material o pieza. Por tal motivo se llega a la conclusión de que un elemento que se encuentra sometido a fuerzas en sus tres ejes x, y, z puede presentar esfuerzos en cada una de estas direcciones $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ como se puede ver en la Figura 13.

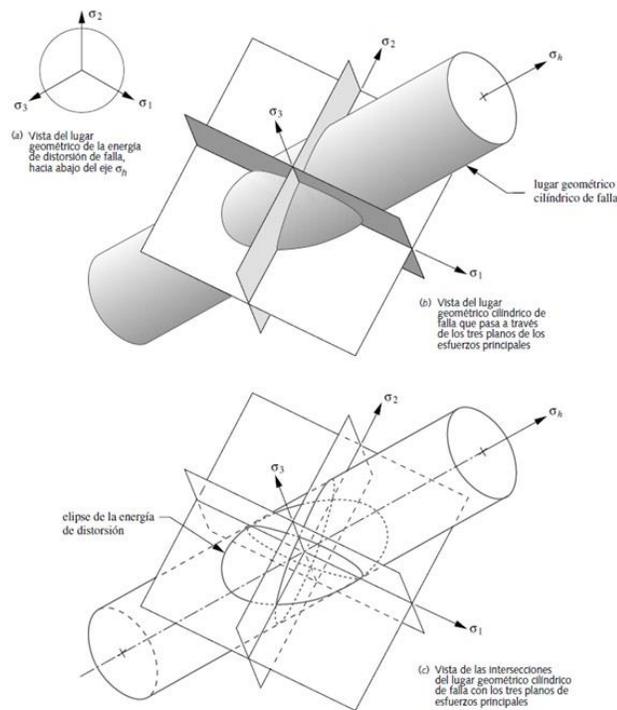


Figura 13. Grafico tridimensional de Von mises

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Cuando se realiza una fuerza cortante y de tensión sobre un mismo punto es conveniente definir un esfuerzo efectivo que represente la combinación de estas cargas. La teoría de von Mises se define como el esfuerzo de tensión uniaxial el cual crearía la misma energía de distorsión que la combinación real de los esfuerzos aplicados. Esto permite realizar casos donde se encuentre una combinación multiaxial de esfuerzos cortantes y de tensión como si fueran el resultado de una carga de tensión pura. (Norton, 2011)

Esta teoría sirve para comparar la tensión de von Mises con la tensión máxima admisible por el material, de esta forma conocer cómo se comporta la pieza. De esta manera se concluye si va a aguantar la carga para la cual fue diseñado o simplemente este se va a romper, además, conocer el factor de seguridad de la estructura que se esté creando. (Pereiras, 2018)

El esfuerzo efectivo de von Mises tridimensional se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3}$$

También se expresa en términos de los esfuerzos aplicados a partir de la siguiente ecuación en las direcciones x, y, z :

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}}$$

Para los casos en los cuales se presenta de una forma bidimensional se realiza por la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_3 + \sigma_3^2}$$

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Si se expresa en términos de esfuerzos aplicados se presenta por la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

Se usan estos esfuerzos efectivos para cualquier situación de esfuerzos combinados y para poder calcular el Factor de seguridad bajo el criterio de von Mises se divide el límite de fluencia del material entre el valor del esfuerzo de von Mises determinado.

$$S = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Para esfuerzo tridimensional se utiliza esta fórmula:

$$\frac{S_y}{N} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_2 \sigma_3 - \sigma_1 \sigma_3}$$

Y para esfuerzo bidimensional se utiliza esta fórmula:

$$\frac{S_y}{N} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_3 + \sigma_3^2}$$

2.8 ELEMENTOS FINITOS

Los elementos finitos son un procedimiento numérico computarizado el cual se utiliza para dar solución a problemas de mecánica de sólidos, esta es una herramienta de cálculo bastante potente que permite tener una respuesta aproximada al instante. Este divide el sólido en un número finitos de partes los cuales están definidos por unos parámetros que están asociados a puntos característicos llamados nodos. Estos puntos muestran la unión de cada elemento con sus adyacentes, para esto se utiliza la matriz de rigidez de cada objeto, esta permite suponer el campo de desplazamiento en el interior de cada componente. Por medio de esta logra conocer de forma

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

aproximada las tensiones y deformaciones que sufre cada parte de la estructura. (Frias Valero, 2004)

Por lo tanto, el MEF se basa en transformar un cuerpo de naturaleza continua en un modelo discreto aproximado, este cambio es conocido como la discretización del modelo. El conocimiento de lo que sucede internamente en la estructura se logra por medio de la interpolación, este método llega a la respuesta por medio de ecuaciones diferenciales. El MEF reduce el problema a un número finito de incógnitas, dividiendo el dominio por elementos y expresando una variable desconocida en términos de funciones dentro de cada elemento discretizado.

Hoy en día existen múltiples programas de MEF los cuales ayudan en diferentes ramas del estudio a llegar a diferentes soluciones, entre estos encontramos a Ansys®, NASTRAN®, DEFORM®, PRO-ENGINEER®. (Laura Melissa & Jessica Paola Gomez Cadena, 2017)

Para realizar un análisis por el método de elementos finitos existen los siguientes pasos:

- Discretización del dominio en un número finito de elementos.
- Selección de funciones de interpolación.
- Desarrollo de la matriz de elementos para el elemento finito.
- Montaje de las matrices de elementos de cada elemento finito para obtener la matriz global para todo el dominio.
- Imposición de las condiciones de borde, es decir parámetros reales a los que se encontrará sometido el dominio.
- Solución de ecuaciones algebraicas.
- Análisis de resultados y propuesta de mejora

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

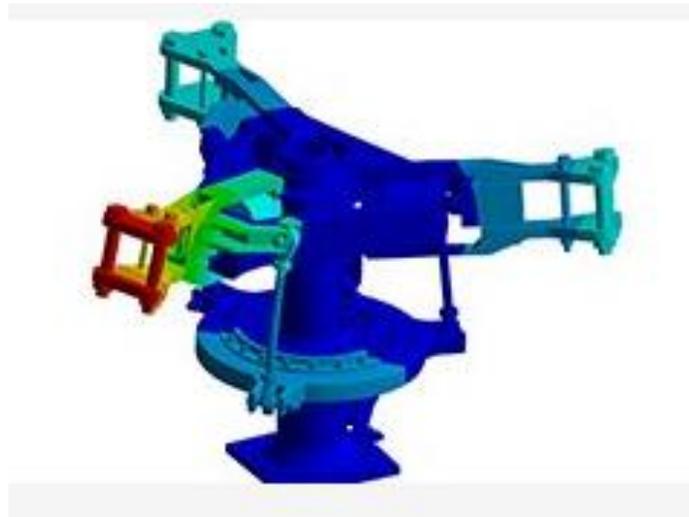


Figura 14. MEF Deformación. Figura tomada de (Ansys, 2020)

Un elemento es la unión de varios nodos que tienen un grado de libertad dentro de un conjunto de piezas, en los que se encuentran tres rotacionales y tres translaciones en los ejes X Y y Z para problemas estructurales. Los nodos dependen de la geometría del elemento, ya que de esta forma se puede precisar el tipo de discretizado, esto se puede realizar en línea, en área o en volumen.

- Lineal: La unión de dos nodos genera una línea como se ve en la Figura 15.

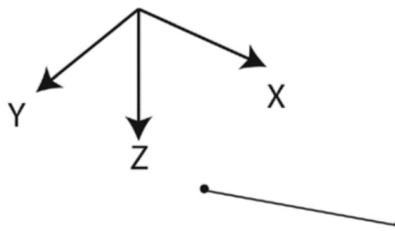


Figura 15. Elemento Lineal. Figura tomada de (Pallares Muñoz & Pulecio Díaz, 2017)

- Área: Los nodos se pueden modelar de forma triangular, rectangular y cuadrilateral, como se ve en la Figura 16.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

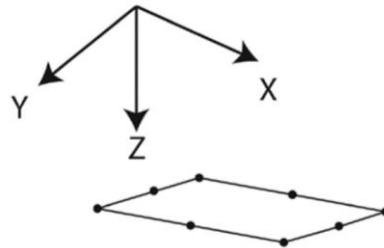


Figura 16. Área Rectangular. Figura tomada de (Pallares Muñoz & Pulecio Díaz, 2017)

- Volumen: Los nodos pueden ser tetraedros y prismas como se ve en la Figura 17.

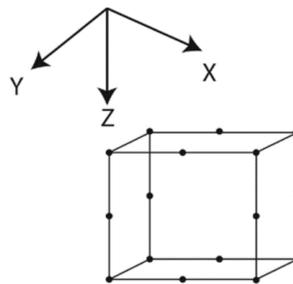


Figura 17. Volumen prisma. Figura tomada de (Pallares Muñoz & Pulecio Díaz, 2017)

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Lo primero que se realizó fue conocer las características que debía tener el armazón con el fin de obtener las medidas mínimas para una buena toma de datos y de esta manera empezar con un boceto. Para dimensionar el tamaño de la estructura, se visitó las instalaciones del laboratorio de biomecánica de la Universidad ECCI el cual se encuentra en la 170 el cual se puede ver en la Figura 18. Luego se buscó en la página del fabricante de las cámaras las medidas en las cuales estos dispositivos tienen un correcto funcionamiento para la toma de datos, con esta información se dieron las medidas finales del armazón.



Figura 18. Laboratorio de biomecánica Universidad ECCI

En la página del fabricante se buscaron las propiedades de las Cámaras Flex 3 para conocer cuál es el entorno favorable para que dichos accesorios tengan un buen desempeño dentro del armazón, garantizando que al realizar la toma de datos sea lo más parecido posible al laboratorio de biomecánica de la Universidad ECCI de la 170.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Teniendo los parámetros generales del almacén se hizo la búsqueda de las estructuras que existen en el mercado para conocer las cualidades principales de cada una de estas. Con esta investigación se comparó la armadura que se va a diseñar y las estructuras que se comercializan, logrando conocer con cual hay mayor compatibilidad. Al obtener las propiedades de cada tipo de almacén se realizó un debate de cuál de estas es la que más convenía diseñar, teniendo en cuenta la versatilidad de transporte y la facilidad de construcción al momento de ensamblar en los diferentes lugares que se le va a dar uso.

3.2 GENERACIÓN DEL MODELO CAD

Para el realizar el modelo de la estructura modular se estableció en primer lugar las condiciones de diseño (qué función cumple, sus limitaciones, las características que debe tener). Con estas condiciones se realizó una lluvia de ideas dando como resultado dos estructuras que se adaptan a las características que debe tener la estructura para su correcto funcionamiento.

Estos diseños se implementaron en el programa CAD SolidWorks 2019 el cual permite diseñar las diferentes piezas que componen el almacén, además, permite realizar el ensamble de estas piezas obteniendo el diseño final de la estructura. Con ayuda de su biblioteca (Toolbox) se colocaron los diferentes elementos de unión necesarios para su correcto ensamble y de esta forma conocer la totalidad de piezas de la estructura.

Con los diseños se realizó un estudio de los diferentes materiales que existen con el fin de conocer las características de cada uno de estos y de esta forma saber cuál es el que más conviene usar para la construcción de la estructura. Este tiene que ser un compuesto liviano porque el almacén debe ser de fácil transporte, ser resistente a las abolladuras, que no se oxide cuando se

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

expone a la intemperie y que tenga un color mate para no generar problemas con las cámaras. Por último, debe ser un material comercial para tener fácil acceso al momento de realizar la compra, la investigación se realizó mediante consultas en internet, libros (resistencia de materiales y/o mecánica de materiales) y artículos. (Shanley, 2012) (Hibbeler, 2011) (Beer & Johnston, 2013)

3.3 ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO

El presupuesto se obtuvo a partir de cotizaciones de diferentes páginas de internet las cuales tuvieran los productos necesarios para la construcción de la estructura. Al tiempo se fue a tiendas ubicadas en la Av. Cr 68 de la ciudad de Bogotá, logrando encontrar el lugar con los mejores precios. De esta forma se logró descartar una de las estructuras, debido a que sobrepasaba el presupuesto que se había conseguido en el semillero de investigación, por tal motivo se hicieron los cálculos MEF a un solo armazón.

3.4 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS

El programa que se utilizó para el análisis de elementos finitos fue Ansys 17.0- Workbench en el cual se hizo un estudio de la deformación que presenta la estructura al ser sometida a las fuerzas de trabajo. Este programa permite simular y analizar el comportamiento de un objeto cuando es sometido a diferentes cargas y con sus respectivas restricciones. Esta herramienta computacional se utiliza para la predicción de los esfuerzos mecánicos, los desplazamientos y las deformaciones, entre otras variables. En el caso de esta estructura se realizaron tres análisis, en el primer estudio se utilizaron la carga de la carpa que va a cubrir la estructura. En segundo lugar, se aplicó el peso de la lona y el de una persona recostándose sobre una de las columnas para así imitar una de las

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

probables situaciones que se presenten cuando el armazón esté en funcionamiento. Por último, se hizo el análisis las tijeras del esqueleto, en este se colocó la carga de la lona.

Para comenzar con el estudio de la estructura lo primero que se realizó fue seleccionar el módulo de estructura estática (Static Structural) esta opción tiene 6 subceldas, en cada una se tiene que realizar un procedimiento para obtener un correcto resultado. La primera subcelda que se encuentra se llama datos de ingeniería (engineering data) en la cual se ingresan las propiedades mecánicas o físicas necesarias para que el sistema pueda encontrar la respuesta deseada. En este caso el material de construcción que se utilizó para los perfiles fue el acero estructural A36 y en el software se introdujeron los valores de densidad, el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson estos valores se pueden ver en la Tabla 2a (Grados Material Mundial, 2019). El segundo material que se tuvo en cuenta fue el polipropileno el cual está presente en las tapas de los perfiles, las propiedades se obtuvieron de (Elasplas, 2019) y se pueden observar en la Tabla 2b.

ACEROA36	
Densidad	7,85 g/cc
Módulo de elasticidad	200 GPa
Relación de poisson	0,26

2a

POLIPROPILENO	
Densidad	0,90 g/cc
Módulo de elasticidad	1300 MPa
Relación de poisson	0,4

2b

Tabla 2. Propiedades físicas y mecánicas de los materiales. Figura tomada de (MatWeb, 2020). 2a) Propiedades del acero A36. 2b) Propiedades del polipropileno.

Luego de definir los materiales se inició con la segunda sección que se llama geometría (Geometry) en la cual se puede realizar o importar el modelo CAD de estudio. En este caso se importó el diseño de SolidWorks 2019 el cual se guardó con una terminación IGS para que se

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

pueda visualizar en Ansys. Como se mencionó en la sección anterior se escogió el diseño que cuenta con 6 columnas el cual se puede ver en la Figura 19.

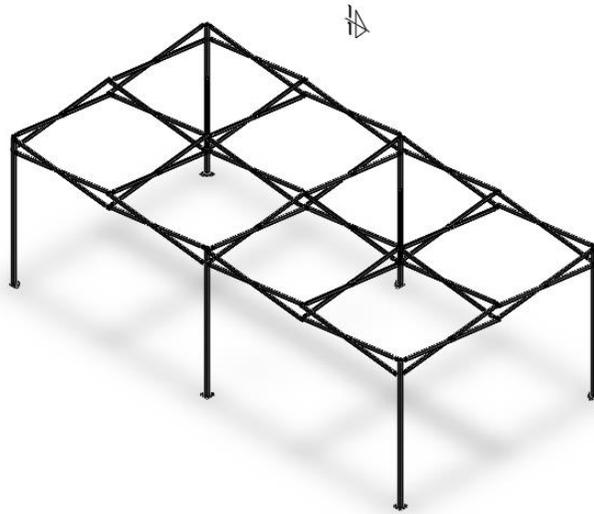


Figura 19. Geometría importada

En tercer lugar, se encuentra la subcelda llamada modelo (Model) en este lugar se puede observar el diseño en 3D, además ver las partes que componen el sólido y conocer los contactos existentes entre piezas. En la cuarta subcelda se encuentra la opción configuración (Setup) en la cual se puede definir el tipo de carga que se presenta y la clase de restricciones que se van a utilizar para el análisis. En primer lugar, se definieron los soportes de la estructura, el armazón tiene 6 soportes fijos los cuales se encuentran en las bases de las columnas, luego para el tercer análisis se definieron 2 soportes fijos y 2 de rodete para las restricciones de las tijeras.

Luego se definieron las cargas que va a soportar el esqueleto y los perfiles, se despreció el peso de las 6 cámaras que se van a utilizar, ya que al tener una masa de 0.1 kg (Optitrack, 2019) no logra alterar el correcto funcionamiento del armazón. Por tal motivo en el primer análisis solo se

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

tuvo en cuenta el peso de los perfiles y el de la carpa. Para el segundo estudio se tomó la masa promedio de una persona en Colombia, para los hombres es de 73.7 kg y para las mujeres es de 65 kg (Meisel R & Vela A, 2004).

En el estudio se quiere encontrar el funcionamiento de la estructura en un estado crítico por tal motivo se utilizó la masa del hombre ya que al ser la mayor se puede considerar que va a resistir la carga generada por el peso de la mujer. Lo primero que se realizó fue tomar la masa del hombre y multiplicarla por 9.8 que es la gravedad de la tierra, al hacer esta operación da como resultado 722.6 N , este valor se descompuso en las componentes X y Y para conocer la verdadera dirección de la fuerza que se va a aplicar en la pieza.

Como se puede ver el Figura 20a se colocaron las cargas ocasionadas por la carpa, la fuerza A y B conforman la totalidad del peso de la lona y esta puesta sobre los perfiles cuadrados centrales debido a que estos son los que van a formar la parte piramidal de la estructura. Por otro lado, la fuerza C se encuentra en la parte superior de las columnas debido a que en este punto la carpa va a ser amarrada por medio de velcro para así obtener mayor seguridad del armazón. Por último, se realizó una situación atípica para conocer el comportamiento de la estructura frente a este tipo de situaciones, para esto se utilizaron los valores de las cargas anteriormente mencionadas y se agregó el peso de un individuo recostado sobre una de las columnas como se puede ver en la Figura 21.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

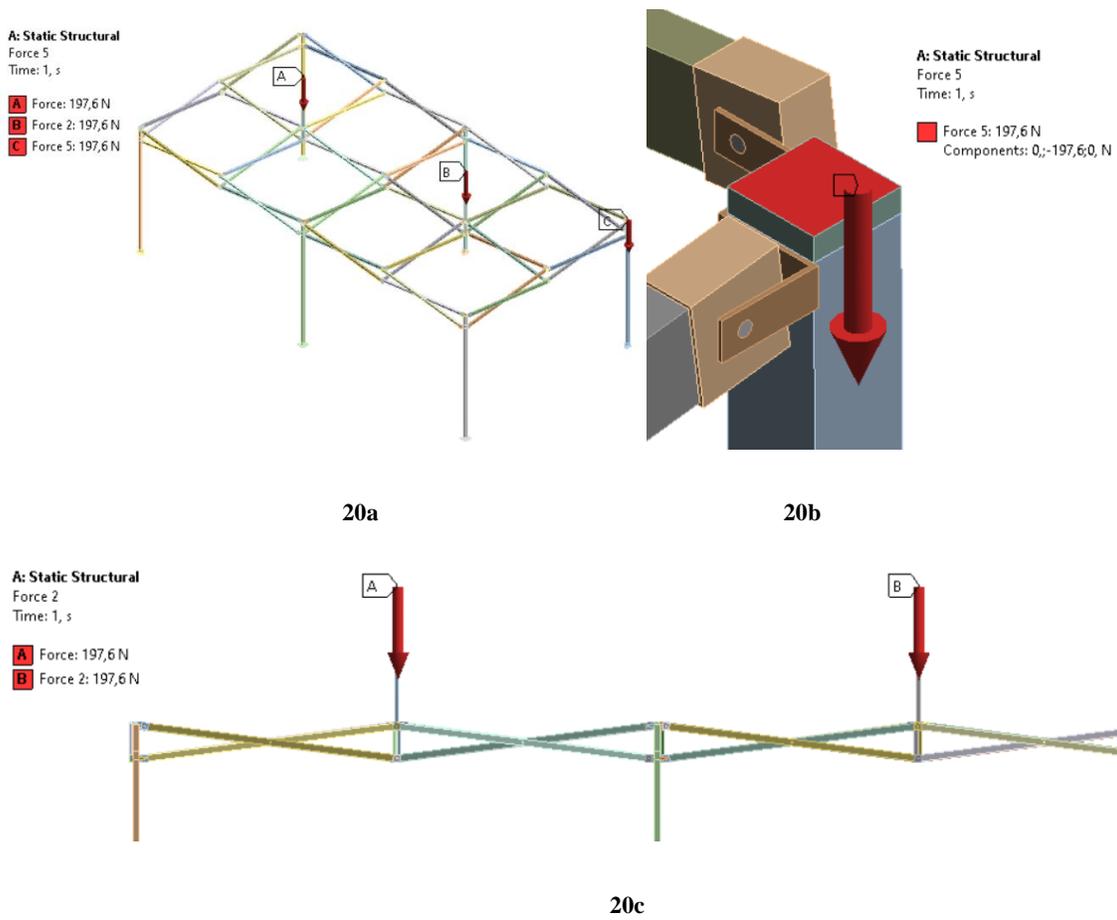


Figura 20. Condiciones de frontera de la estructura. 20a) Cargas usadas. 20b.) Detalle de la carga en columna. 20c) Posición de las cargas piramidales.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

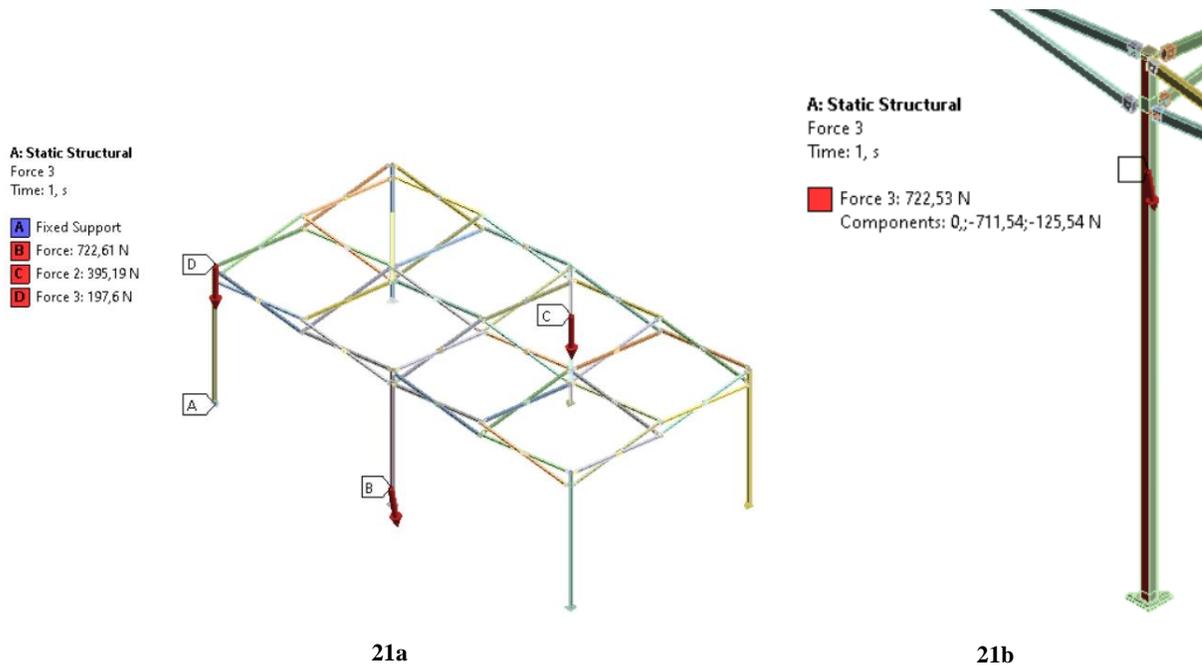


Figura 21. Condiciones de frontera de la estructura con persona recostada. 21a.) Cargas usadas. 21b.) Posición carga persona recostada.

Este proceso se hizo construyendo un triángulo; para ello, se recostó a una persona sobre una superficie plana (pared) y se midió la distancia del individuo frente al piso y el muro. Las medidas tomadas se utilizaron como catetos para la construcción del triángulo, luego se empleó el teorema de Pitágoras para conocer la hipotenusa y por último se usó la ley de senos para encontrar los ángulos faltantes.

La cuarta subcelda que se encuentra es solución (Solution) en este lugar se colocan las incógnitas que se desean hallar. En este caso se calculó la deformación total (Total Deformation), la Tensión de von Mises (Equivalent Stress) y el factor de seguridad (Safety Factor). Por último, se tuvo como incógnita la reacción en cada apoyo de las tijeras (Force Reaction). Finalmente, se encuentra el apartado de resultados (Result) los cuales se mostrarán en el siguiente capítulo.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA

De acuerdo con los requerimientos del proyecto, la estructura que satisface las necesidades corresponde a un stand. Como este armazón tiene que ser transportado a diferentes lugares (eventos, centros comerciales, Universidades), y debe ocupar el menor espacio posible, se ajustó con las características de los Backings y Backwalls. Estos dispositivos son sistemas modulares tipo araña que logran ampliarse a 6 veces su tamaño cuando se despliega como se muestra en la Figura 22.



Figura 22. Stand Backing

Los stands normalmente tienen dimensiones de 1.5 x 1.5 metros, estas se usan abiertas en sus 4 lados, están compuestas por dos piezas, el marco del quiosco y el dosel superior. El marco del quiosco son los perfiles que conforman el esqueleto de la estructura y le proporcionan su forma característica. La parte del dosel superior es la parte piramidal o cónica de la carpa y está normalmente está elaborada de poliéster.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

4.1.2 ELABORACIÓN DE LOS DISEÑOS CAD

Para iniciar se tuvo presente que el laboratorio cuenta con seis cámaras Optitrack *flex 3*, que están ubicadas en un espacio de 4 metros de ancho, 8 metros de largo y 3 metros de altura, puestas en distintas posiciones y a diferentes distancias, las cámaras cuentan con una altura de 74.7 mm, un ancho de 45.2 mm y un grosor de 36.6 mm. Sin embargo, para la estructura diseñada se utilizaron las medias mínimas aconsejadas por el fabricante de las cámaras que son 3 metros de ancho, 6 metros de largo y 3 metros de altura. (OptiTrack, 2020)

Para la primera estructura se utilizó el tipo de perfil modular de aluminio, este perfil cuenta con ranuras para alojar los elementos de unión y ubicar accesorios, paneles, cables, etc. La sección transversal de los perfiles es de 40 mm x 20 mm. Con el propósito de mejorar la estabilidad se implementaron unas estibas de 60 mm x 60 mm, las cuales iban ancladas entre sí y con la estructura. El diseño se puede ver en la Figura 23.

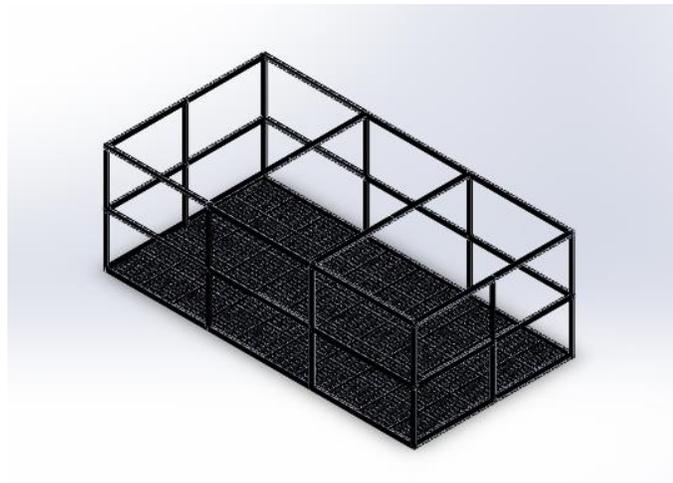


Figura 23. Diseño CAD primera estructura

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Para la segunda estructura se utilizaron dos perfiles de acero A36, uno para las columnas y el otro para conformar las tijeras de los laterales. El primero corresponde a perfil cuadrado tubular con medidas de $38.1\text{ mm} \times 38.1\text{ mm} \times 1.5\text{ mm}$, el segundo a un perfil rectangular tubular con dimensiones de $38.1\text{ mm} \times 19\text{ mm} \times 1.5\text{ mm}$. Además, el armazón cuenta con componentes de polipropileno para las tapas de los perfiles y sus uniones, la estructura se puede ver en la Figura 24.

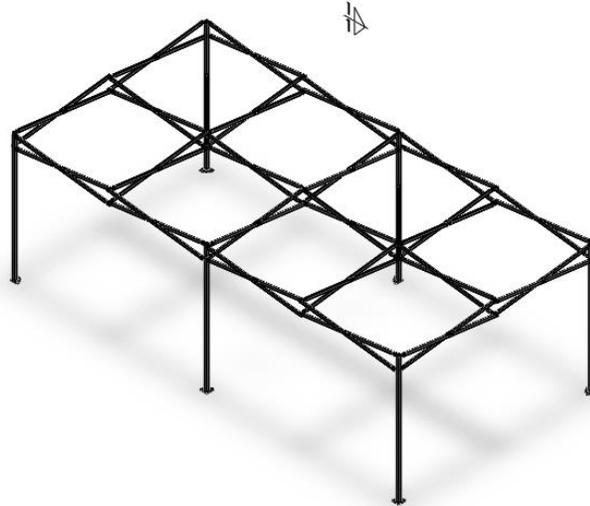


Figura 24. Diseño CAD segunda estructura

4.1.3 PRESUPUESTO

Es importante resaltar que el presupuesto con el que se contaba para adquirir los componentes de la estructura era de \$ 3'000.000 debido a que el proyecto hacía parte de la convocatoria de semilleros de investigación de la Universidad. Por lo tanto, se procedió a realizar en primer lugar la cotización de las dos estructuras con el fin de conocer cuál era viable para su construcción.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Se cotizó la estructura cerrada en la cual se necesitan 74 metros de perfil, al no ser convencional en el mercado su precio es elevado. A continuación, en la Figura 25, se puede observar una cotización de una empresa en Cali que se encarga de elaborar y distribuir este tipo de perfiles.

ROLL CNC - NIT 1118.296.848-8

Componentes mecánicos, eléctricos y herramientas de corte para maquinas CNC
 Construcción de Maquinas automaticas CNC
 Perfilieria modular de aluminio

COTIZACION
 A-52229-9



Atendiendo su amable solicitud estamos enviando cotización de los productos requeridos, para nosotros es un placer poner nuestra compañía a su servicio.

NIT	CLIENTE	CONTACTO	FECHA	CIUDAD		
860401496-0	FELIPE PINZON	UNIVERSIDAD ECCI	09-sep-2019	BOGOTA		
TELEFONO	DIRECCION	E-MAIL	DESCUENTO	T. PAGO		
3138619394		bryanf.pinzon@ecci.edu.co	20%	A CONVENIR		
ITEM	ENTREG	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
1	INMEDIA	PERFIL 2040 X MT	74	PZA	\$56.000	\$4,144,000
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
						\$0

VALIDEZ DE LA OFERTA 15 DIAS. Cuenta ahorro DAVIVIENDA Nro 016770680409 Titular: Doney Felipe Mejia Pefia Cuenta ahorro BANCOLOMBIA Nro 91200932515 Titular: Doney Felipe Mejia Pefia - EFECTY Doney Felipe Mejia Pefia CC 1118 296 848	GRAN TOTAL	\$4,144,000
	DTO	-\$828,800
	SUBTOTAL	\$3,315,200
	LV.A 19%	\$0
	VALOR TOTAL	\$ 3,315,200

Figura 25. Cotización de los perfiles para la primera estructura

Luego de esto se cotizaron las estibas las cuales tienen una medida de 60x60x2.5 cm, se necesitaba una cantidad de 50 unidades para que se pudiera rellenar la distancia necesaria, la cotización se puede ver en la Figura 26. Teniendo la cotización de los perfiles y de las estibas se descartó este prototipo ya que sobrepasa el presupuesto en \$910.200.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Descripción del ítem	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Estiba plastica 60 x 60, color negro.	50	\$ 10.000	\$ 500.000
iva			\$ 95.000
Subtotal			\$ 595.000
Total			\$ 595.000



Figura 26. Cotización de las estibas para la primera estructura

Luego de descartar la primera estructura se empezó a cotizar el segundo armazón. En este caso se encontró un depósito en la Av. Cr 68 donde se encontraron todos los componentes necesarios para la construcción de la estructura (perfiles, carpa, accesorios de unión). Como se puede observar en la Figura 27 el precio obtenido es menor al del primer armazón e incluía el precio de la carpa que cubre la totalidad del esqueleto.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CANT.	ARTICULO	VALOR
2	<i>perfiles cuadrados de 6 mts calibre 20 de 1½" con terminación en pintura electrostática color blanco</i>	\$ 160.000
10	<i>perfiles rectangulares de de 6mts 1" x ½" calibre 20 con terminación en pintura electrostática color blanco</i>	\$ 420.000
1	<i>perfil cuadrado de 6 mts calibre 20 de 1¼" con terminación en pintura electrostática color blanco</i>	\$ 70.000
16	<i>acoples W esquineros en platina de 1" calibre 3/16 cincados y perforados.</i>	\$ 80.000
12	<i>acoples L centrales en platina de 1" calibre 3/16 cincados y perforados.</i>	\$ 50.000
6	<i>Flanches circulares de 10cmts de diámetro en lamina de ¼ cincados</i>	\$ 50.000
6	<i>bujes cuadrados de 2"calibre 20 con terminación en pintura electrostática</i>	\$ 80.000
6	<i>Empaques plásticos blancos para tubo 2"</i>	\$ 30.000
4	<i>taponos cuadrados plásticos negros para tubo de 1 ½"</i>	\$ 10.000
72	<i>taponos plásticos negros para puntas de perfil rectangular de 1" x ½"</i>	\$ 120.000
36	<i>tapas plásticas negras para centros de perfil rectangular de 1" x ½"</i>	\$ 60.000
1	<i>Carpa impermeable para estructura de 6mts x 3mts de color azul oscuro</i>	\$ 650.000
2	<i>lonas impermeables laterales planas de 3mts x 2mts</i>	\$ 240.000
2	<i>lonas impermeables laterales planas de 6mts x 2mts</i>	\$ 480.000
2	<i>impresiones de publicidad de 2mts x 70 cmts</i>	\$ 200.000
	VALOR TOTAL	\$ 2.700.000

Figura 27. Cotización de la estructura dos

De esta forma se llegó a la conclusión de que la estructura más viable para la construcción es la segunda, ya que el valor de los componentes se encuentra dentro del presupuesto de la Universidad, además, es más versátil y de menor tiempo de ensamble. Los planos del armazón se pueden ver en el Anexo A.

4.1.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En esta sección se van a mostrar los análisis que se llevaron a cabo con el objetivo de conocer los distintos factores que se tienen en cuenta para el análisis de una estructura (pandeo, deformación total y el factor de seguridad). En primer lugar, se va a calcular el área transversal, el volumen y el

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

peso del perfil. En la estructura se utilizan 2 tipos de perfiles uno es de forma rectangular y el otro es de forma cuadrada, como se puede ver en la Figura 28a y 28b.

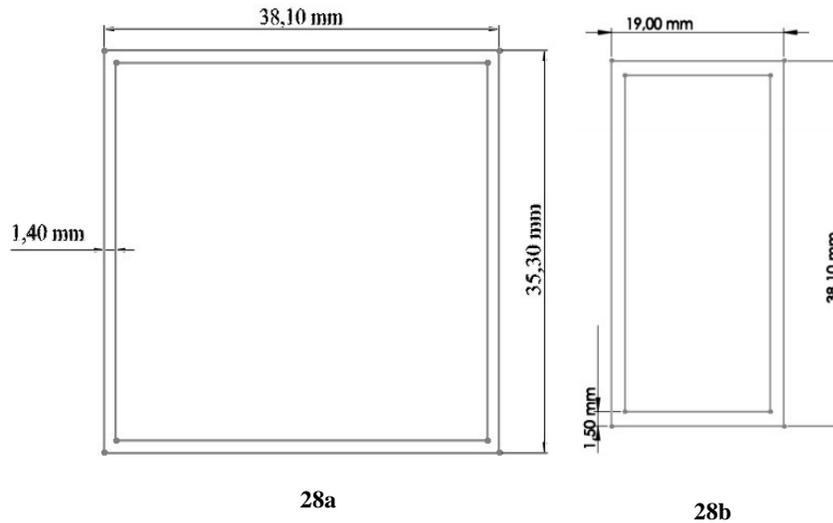


Figura 28. Perfiles de la estructura. 28a) Perfil cuadrado. 28b) Perfil rectangular.

En primer lugar, se calculó el área del perfil cuadrado tubular, para esto se calcularon dos áreas al hacer esto se resta el área menor al área mayor para encontrar el área total.

$$A_{Cu} = L * L$$

$$A_{Cu1} = 38.1mm * 38.1mm$$

$$A_{Cu1} = 1451.61 mm^2$$

$$A_{Cu2} = 36.7mm * 36.7mm$$

$$A_{Cu2} = 1346.69mm^2$$

$$A_{CuT} = A_{Cu1} - A_{Cu2}$$

$$A_{CuT} = 1452.61 mm^2 - 1346.69mm^2$$

$$A_{CuT} = 104.92mm^2$$

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Al tener el área total se multiplicó por la longitud de este perfil (2m) para obtener el volumen del elemento.

$$V_{CuT} = A_{CuT} * Longitud$$

$$V_{CuT} = 104.92mm^2 * 2000mm$$

$$V_{CuT} = 209.84x10^3mm^3$$

A este valor se le realizó un factor de conversión para convertirlo a metros.

$$209.84x10^3mm^3 * \left(\frac{1m}{1000mm}\right)^3 = 2.0984x10^{-4}m^3$$

Con este dato y conociendo la densidad del acero A36 ($\rho = 7850 \frac{kg}{m^3}$) se procedió a realizar el cálculo de la masa de dicho perfil.

$$m = \rho * v$$

$$m = 7850 \frac{kg}{m^3} * 2.0984x10^{-4}m^3$$

$$m = 1.647 Kg$$

Por último, se calcula el peso de este perfil sabiendo que la gravedad de la tierra es de $9.81 \frac{m}{s^2}$

$$W_{Cu} = m * g$$

$$W_{Cu} = 1.647 Kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{Cu} = 16.157 N$$

Este mismo proceso se realizó para obtener la masa del perfil rectangular

$$A_{Rec} = b * h$$

$$A_{Rec1} = 19 mm * 38.1mm$$

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

$$A_{Rec1} = 723.9 \text{ mm}^2$$

$$A_{Rec2} = 17.5 \text{ mm} * 36.6 \text{ mm}$$

$$A_{Rec2} = 640.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{RecT} = A_{Rec1} - A_{Rec2}$$

$$A_{RecT} = 723.9 \text{ mm}^2 - 640.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{RecT} = 83.4 \text{ mm}^2$$

Para calcular el volumen del perfil rectangular se toma como longitud el valor de 1.5m, las medidas finales de la estructura se pueden ver en las Figuras 29a y 29b.

$$V_{RecT} = A_{RecT} * Longitud$$

$$V_{CuT} = 83.4 \text{ mm}^2 * 1500 \text{ mm}$$

$$V_{CuT} = 125.1 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$125.1 \times 10^3 \text{ mm}^3 * \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right)^3 = 1.251 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$m = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1.251 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$m = 0.982 \text{ Kg}$$

$$W_{Rec} = 0.982 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{Rec} = 9.633 \text{ N}$$

En el cálculo estático se necesitó saber el peso de la carpa debido a que esta genera una carga externa. Para obtener la masa se dividió la lona en 5 secciones con el fin de encontrar el área total

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

que se va a utilizar, posteriormente se multiplico por el peso de $680 \text{ g}/\text{m}^2$ obteniendo la masa total.

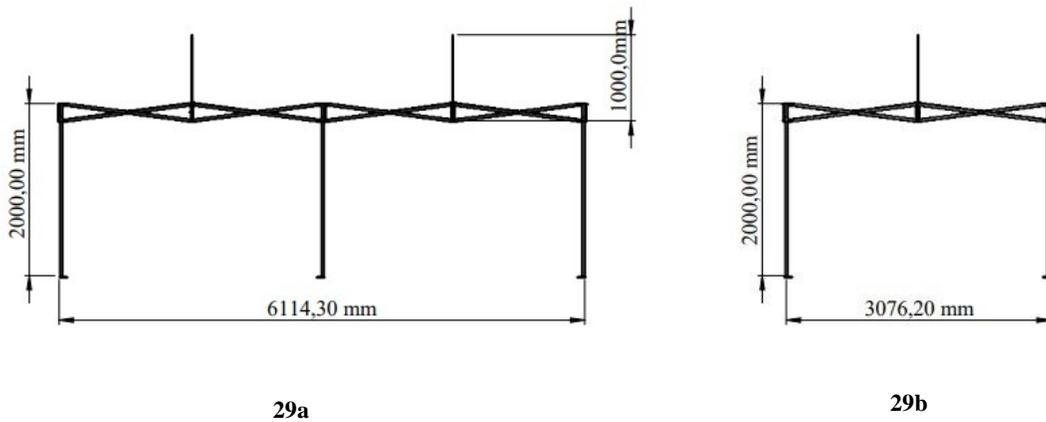


Figura 29. Vistas de la estructura. 29a) Vista Frontal de la estructura. 29b) Vista Lateral de la estructura.

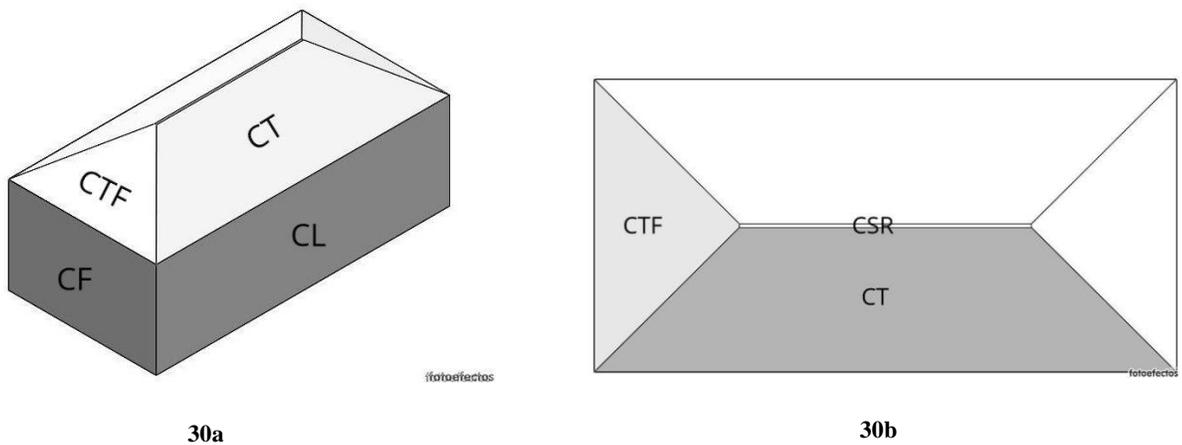


Figura 30. Partes de la carpa. 30a) Laterales de la carpa. 30b) Partes superiores de la carpa.

Como se puede ver en las Figuras 30a y 30b la carpa está compuesta por 5 rectángulos y 4 prismas trapezoidales.

Área CL

$$2 \text{ m} \cdot 6,114 \text{ m} = 12,228 \text{ m}^2$$

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

2 secciones

$$12,228 \text{ m}^2 \cdot 2 = 24,456 \text{ m}^2$$

Área CF

$$2 \text{ m} \cdot 3,076 \text{ m} = 6,152 \text{ m}^2$$

2 secciones

$$6,152 \text{ m}^2 \cdot 2 = 12,304 \text{ m}^2$$

Área CT

$$CT_{RECT} = 3,064 \text{ m} \cdot 1,819 \text{ m} = 5,573 \text{ m}^2$$

$$CT_{TRIANG} = \frac{1,524 \text{ m} \cdot 1,819 \text{ m}}{2} = 2,772 \text{ m}^2$$

$$CT = 5,573 \text{ m}^2 + 2,772 \text{ m}^2 = 8,345 \text{ m}^2$$

2 secciones

$$8,345 \text{ m}^2 \cdot 2 = 16,69 \text{ m}^2$$

Área CTF

$$CTF_{TRIANG} = \frac{1,51862 \text{ m} \cdot 1,82325 \text{ m}}{2} = 1,3844 \text{ m}^2$$

2 triángulos

$$1,3844 \text{ m}^2 \cdot 2 = 2,7688 \text{ m}^2$$

$$CTF_{RECT} = 1,82325 \text{ m} \cdot 0,0381 \text{ m} = 0,069465 \text{ m}^2$$

$$CTF_{Total} = 2,7688 \text{ m}^2 + 0,069465 \text{ m}^2$$

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

$$CTF_{Total} = 2,83826 \text{ m}^2$$

2 secciones

$$2,83826 \text{ m}^2 \cdot 2 = 5,67655 \text{ m}^2$$

Área CSR

$$0,0381 \text{ m} \cdot 3,0652 \text{ m} = 0,11678 \text{ m}^2$$

Se suman todas las áreas halladas para determinar el área total de la carpa

$$Area \text{ Total Carpa} = CL + CF + CT + CTF + CSR$$

$$Area_{TC} = 24,456 \text{ m}^2 + 12,304 \text{ m}^2 + 16,69 \text{ m}^2 + 5,67655 \text{ m}^2 + 0,11678 \text{ m}^2$$

$$Area \text{ Total Carpa} = 59,2433 \text{ m}^2$$

$$Peso \text{ de carpa: } 680 \text{ g/m}^2 \rightarrow 0,680 \text{ Kg/m}^2$$

Para determinar la masa de la carpa se multiplica el peso por el área total

$$m_{lona} = 0,680 \text{ Kg/m}^2 \cdot 59,2433 \text{ m}^2$$

$$m_{lona} = 40,285 \text{ Kg}$$

$$W_{Lona} = 40,285 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{Lona} = 395,19 \text{ N}$$

Este valor se dividió en 6 ya que se concluyó que el peso va a estar dividido en cada una de las columnas del armazón.

$$W_{xColumna} = \frac{395,19 \text{ N}}{6}$$

$$W_{xColumna} = 65,865 \text{ N}$$

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

Con este valor se procedió a realizar el cálculo estático de la columna, además, se hizo el cálculo de la deformación y del esfuerzo que sufre la pieza y por último se hizo el análisis de pandeo. Para calcular la deformación y el esfuerzo se conoce que el módulo de elasticidad del acero A36 es $200 \times 10^9 Pa$.

Para el análisis estático se tomó que una columna resiste el peso $W_{xColumna} = 65.865 N$ y la carga de $W_{Rec} = 9.633 N$ multiplicado por 4 debido a que esta es la cantidad de perfiles que componen una tijera. El diagrama de cuerpo libre se puede ver representado en la Figura 31.

$$W_T = 65.865 N + (4)(9.633 N)$$

$$W_T = 104.397 N$$



Figura 31. Carga en Columna

En primer lugar, se hizo sumatoria de fuerzas en el eje Y para obtener el valor de la reacción en el apoyo de la columna.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

$$\sum F_y = 0$$

$$-W_T + R_A = 0$$

$$R_A = W_T$$

$$R_A = 104.397 \text{ N}$$

Posteriormente debido a que es una carga axial se utilizó la fórmula de $\sigma = \frac{F}{A}$ para encontrar el esfuerzo que está sufriendo la pieza.

$$\sigma = \frac{104.397 \text{ N}}{1.0492 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 995.015 \times 10^3 \text{ Pa}$$

Por último, se hizo el cálculo de deformación sufrido en la barra.

$$\delta = \frac{F * L}{A * E}$$

$$\delta = \frac{104.397 \text{ N} * 2 \text{ m}}{1.0492 \times 10^{-4} \text{ m}^2 * 200 \times 10^9 \text{ Pa}}$$

$$\delta = 9.9501 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Luego se hizo el análisis de pandeo de la columna para conocer el comportamiento de esta frente a al peso que va a ser sometida. Para esto se consideró que la columna se encuentra sometida a una carga centrada.

$$W = 104.397 \text{ N}$$

$$A = bh$$

$$A = 1.049 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Para esto se calcula el momento de inercia de la sección transversal de la pieza.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{(0.0381m)(0.0381m)^3}{12}$$

$$I = 1.7559 \times 10^{-7} m^4$$

Con este valor se obtiene la carga critica antes del pandeo.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{(L)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 200 \times 10^9 Pa * 1.7559 \times 10^{-7} m^4}{(2m)^2}$$

$$P_{cr} = 86.65 KN$$

Luego se calculó el radio de pandeo K para posteriormente obtener el esfuerzo crítico.

$$K = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$K = \sqrt{\frac{1.7559 \times 10^{-7} m^4}{1.049 \times 10^{-4} m^2}}$$

$$K = 0.0409 m$$

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{l}{K}\right)^2}$$

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 * 200 \times 10^9 Pa}{\left(\frac{2m}{0.0409 m}\right)^2}$$

$$\sigma_{cr} = 825.49 MPa$$

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Terminando el procedimiento analítico de la columna se procedió a rectificar los resultados en el programa Ansys Workbench. En primer lugar, se importó la geometría de SolidWorks para luego posicionar la carga y la restricción fija como se ve en la Figura 32.



Figura 32. Carga en Columna Ansys Workbench

Para realizar la comparación de los resultados obtenidos anteriormente se analizó en el software la deformación total, el esfuerzo axial, el esfuerzo von Mises y el factor de seguridad. Como se puede ver en la Figura 33 la deformación que se encontró de forma numérica es de $9.6371 \times 10^{-6}m$ que si se compara con la obtenida analíticamente que tiene un valor de $9.9501 \times 10^{-6}m$. De estos resultados se puede concluir que son valores similares, que la desviación obtenida es debido a que el software toma todas las décimas y ocasiona que la cifra sea exacta.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

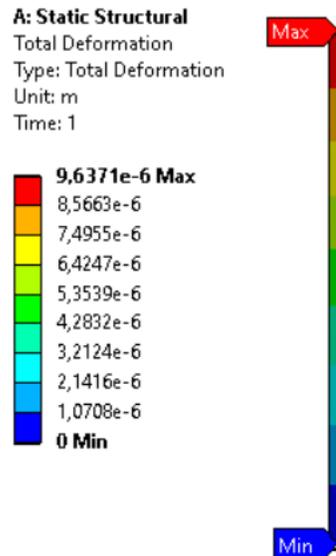


Figura 33. Deformación total Columna Ansys Workbench

En segundo lugar, se realizó el estudio del esfuerzo mínimo principal debido a que la carga se encuentra comprimiendo la columna. El valor obtenido al hacer este análisis es de $-1063.4 \times 10^3 Pa$, como se ve en la Figura 34 este esfuerzo se encuentra localizado en la parte superior del perfil donde se ubicó la carga de $104.397 N$. Por otro lado, si se compara con la cifra conseguida de forma analítica que es de $995.015 \times 10^3 Pa$, se puede concluir que son valores muy cercanos que la incertidumbre que existe entre los números puede ser ocasionada porque el programa utiliza todas las cifras significativas, provocando que el resultado sea exacto.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009



Figura 34. Esfuerzo axial Columna Ansys Workbench

En tercer lugar, se calculó el esfuerzo von Mises para conocer el esfuerzo total que está sufriendo la columna al momento de aplicarle la carga de la carpa, el esfuerzo tiene un valor de $1063.4 \times 10^3 Pa$, en la Figura 35 se puede ver que se encuentra localizado en la parte superior del perfil.

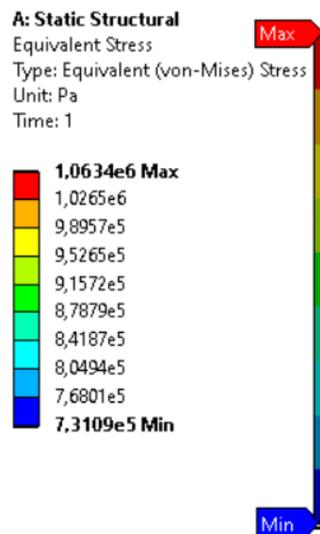


Figura 35. Esfuerzo von Mises de Columna Ansys Workbench

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Luego se analizó el armazón sin ninguna carga externa, con el fin de conocer el comportamiento en condiciones de trabajo. El armazón cuenta con 6 columnas, cada una de estas tiene en la parte inferior un soporte el cual sirve para darle mayor estabilidad a la estructura, por esta razón estos puntos fueron definidos como soportes fijos, estos anclajes se pueden ver en la Figura 36. Por otro lado, estos apoyos también se podrían tomar como móviles ya que la estructura en ocasiones no va a tener puntos de anclaje

A: Static Structural
Fixed Support
Time: 1, s

 Fixed Support

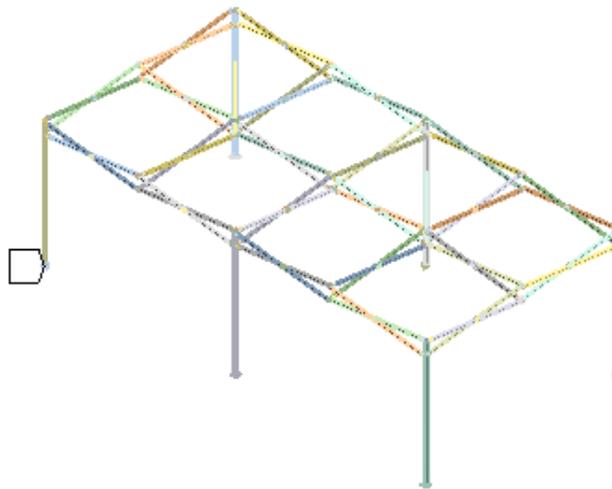


Figura 36. Soportes de la estructura

Luego se agregaron 2 fuerzas para simular el peso de la carpa que va a cubrir la estructura. Se encontró que los perfiles que sostienen la lona van a soportar una fuerza de 395.19 N y las 6 columnas una carga de 197.6 N ; la posición de los pesos se puede observar en la Figura 37.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

A: Static Structural
 Force 5
 Time: 1, s
A Force: 197,6 N
B Force 2: 197,6 N
C Force 5: 197,6 N

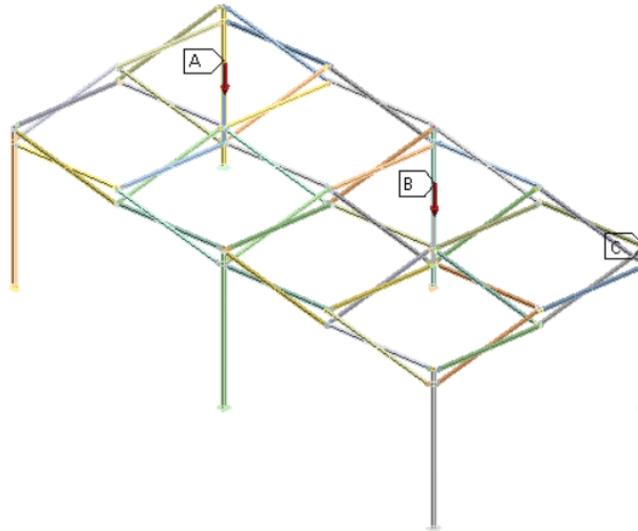


Figura 37. Carga de la carpa

En este caso se analizó la deformación total y el factor de seguridad. En la Figura 38 se puede ver el resultado de la deformación total, el cual tiene un valor máximo de 2.017 mm , este se localiza en los perfiles que sostienen la carpa.

A: Static Structural
 Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Unit: mm
 Time: 1

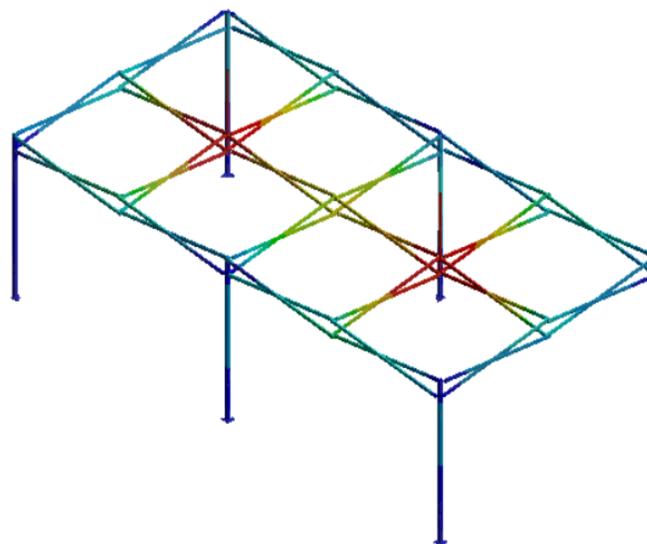
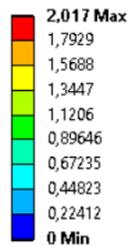


Figura 38. Deformación total sin persona recostada

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Como se puede ver en la Figura 39 el factor de seguridad mínimo para la estructura con el peso de la carpa es de 1.9849, lo que demuestra un comportamiento admisible de la estructura.

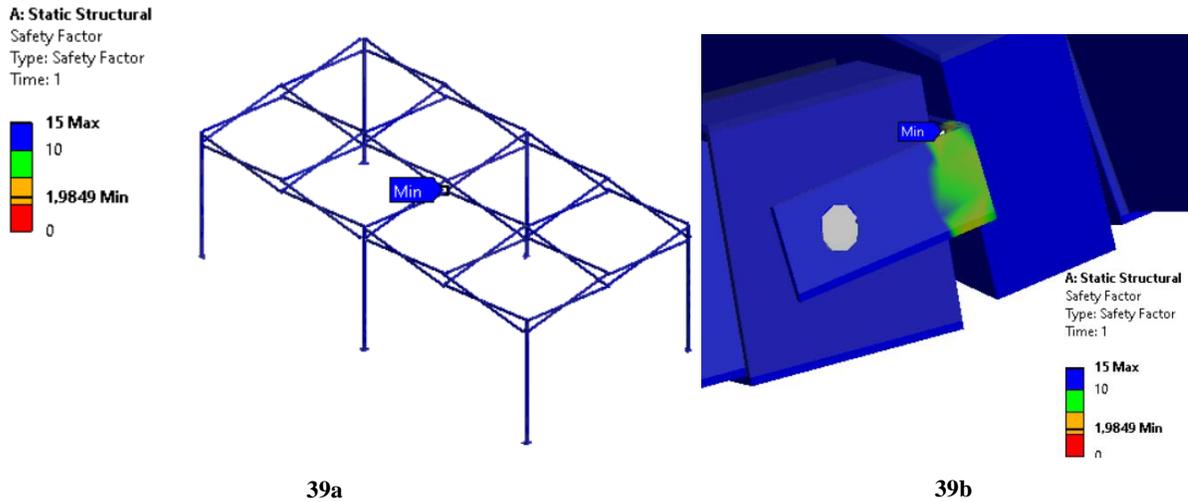


Figura 39. Factor de seguridad sin persona recostada. 39a.) Vista general de la estructura. 39b.) Ubicación del factor de seguridad mínimo.

Como se puede ver en la Figura 40 el esfuerzo von Mises tiene un valor máximo de 125.95 MPa.

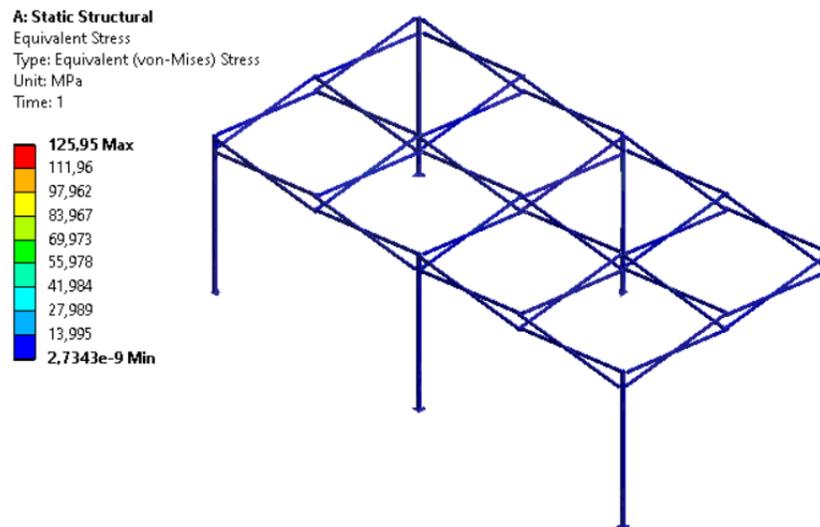


Figura 40. Esfuerzo von Mises sin persona recostada.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Luego se realizó el análisis de la estructura completa donde se colocó el peso de una persona promedio sobre una de las columnas con el fin de simular una de las posibles situaciones que se puedan presentar mientras el armazón esté en funcionamiento. Para obtener estos valores se tomó un peso de 722.6 N y se multiplicó por el seno y el coseno de 80° para obtener los valores de la fuerza en las componentes X y Y .

$$X = 125.47N$$

$$Y = 711.62N$$

En este estudio se analizó la deformación total, el factor de seguridad y el esfuerzo de von Mises. Para esto se utilizaron los soportes que se mostraron anteriormente, el peso de la carpa y se agregó el peso de la persona descompuesta en los ejes XY en la columna central de la estructura. Para conocer mejor el comportamiento del armazón la carga se aplicó en de los dos perfiles del centro como se puede ver en la Figura 41 y 42.

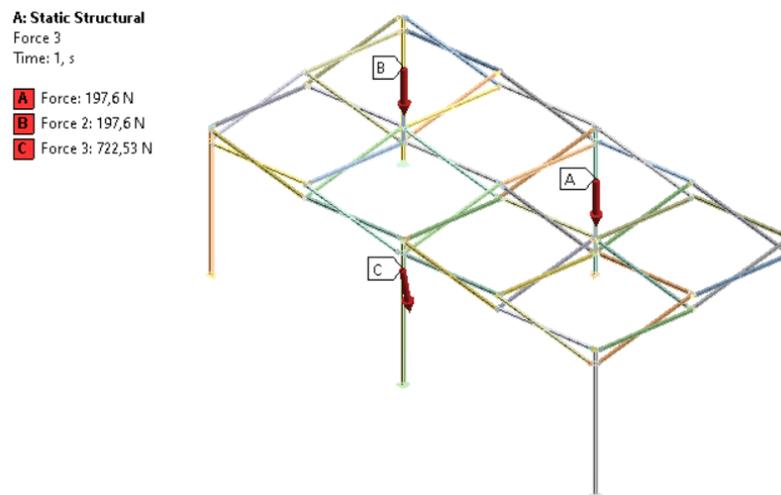


Figura 41. Posición de la carga de la persona recostada.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

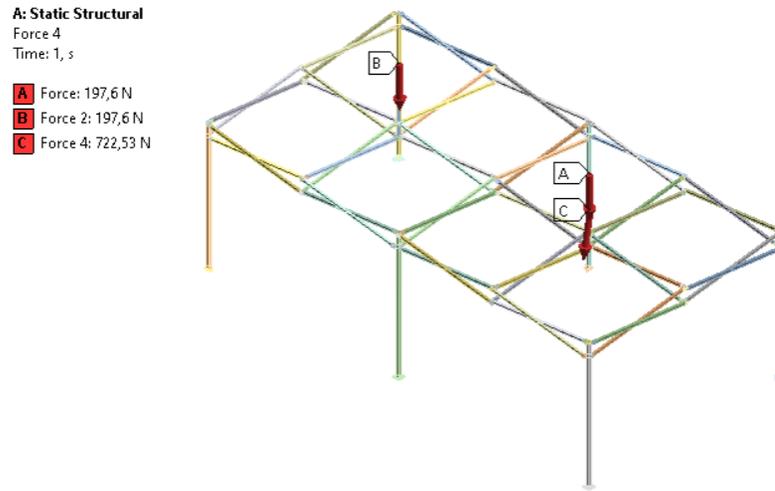


Figura 42. Segunda posición de la carga de la persona recostada.

Para la primera situación en la que la carga se encuentra ubicada como en la Figura 41 se obtiene como resultado que la deformación máxima es de 2.4723 mm y esta ocurre en la sección central de la izquierda. Esto ocurre debido a que la estructura no es 100% simétrica ya que los perfiles que componen la parte central se encuentran ubicados de forma contraria ocasionando que la deformación no sea distribuida uniformemente.

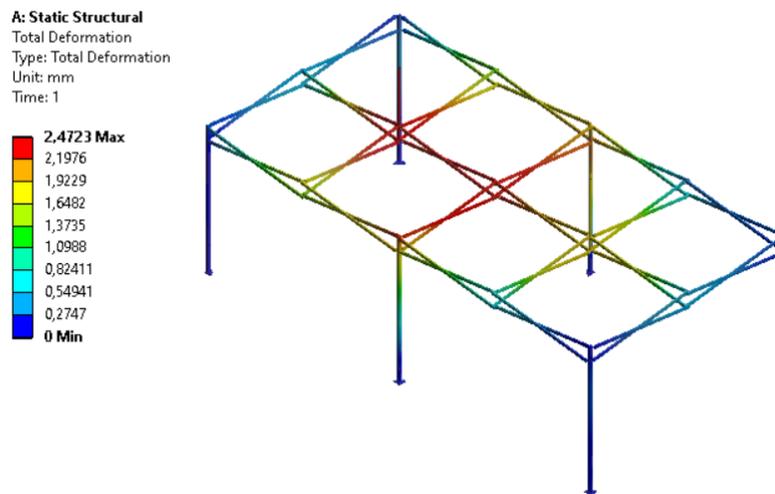


Figura 43. Deformación total con persona recostada

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Como se puede ver en la Figura 44 el armazón luego de aplicarle el peso de carpa y el de la persona recostada recibió un valor del factor de seguridad mínimo de 1,6441, que se encuentra ubicado en la columna central inferior.

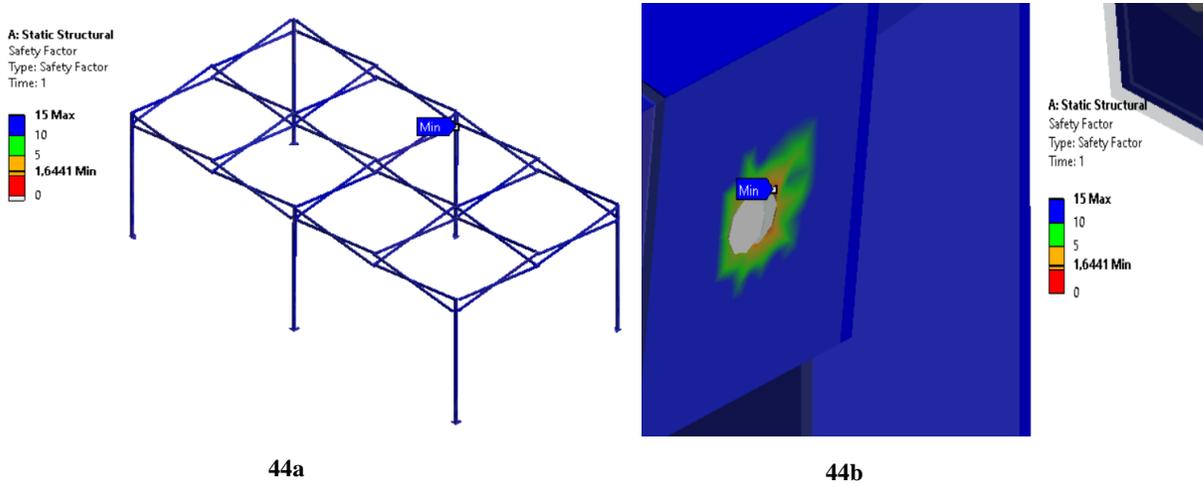


Figura 44. Factor de seguridad con persona recostada. 44a.) Vista general de la estructura. 44b.) Ubicación del factor de seguridad mínimo.

Como se puede ver en la Figura 45 el esfuerzo Von Mises con una persona recostada sobre una de las columnas tiene un valor máximo de 152.06 MPa, que se encuentra ubicado en la junta de la columna central superior.

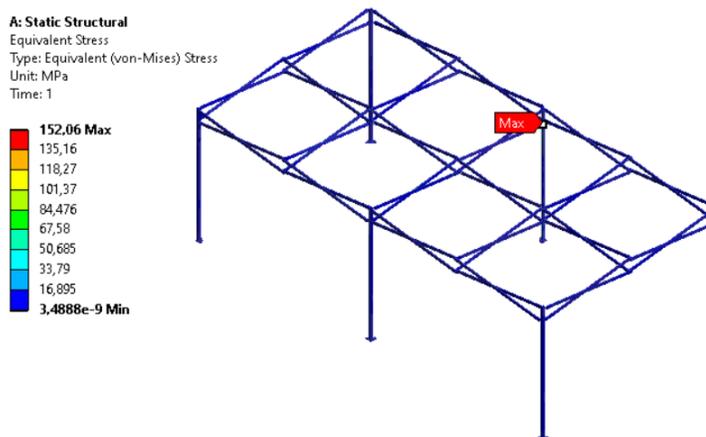


Figura 45. Esfuerzo von Mises con persona recostada.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

En la segunda situación donde la carga se encuentra ubicada como en la Figura 42 se obtuvo como resultado una deformación máxima de 2.4493 mm la cual ocurre en la sección central derecha de la estructura. Como se mencionó anteriormente, al no ser un armazón totalmente simétrico la deformación se evidencia solamente en una de sus partes centrales.

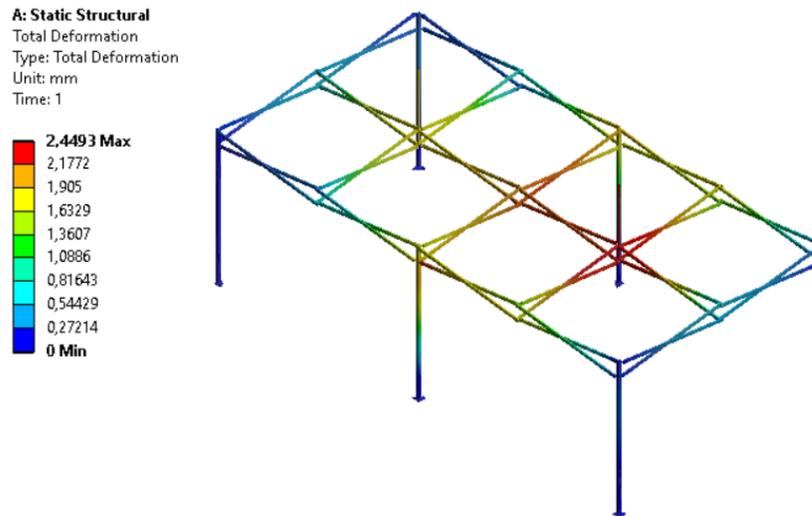


Figura 46. Deformación total con persona recostada (Segunda situación)

Como se puede ver en la Figura 47 el factor de seguridad mínimo de la estructura después de aplicar el peso de la carpa y el de persona recostada es de 1.7584, este se encuentra ubicado en la junta central de la estructura.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

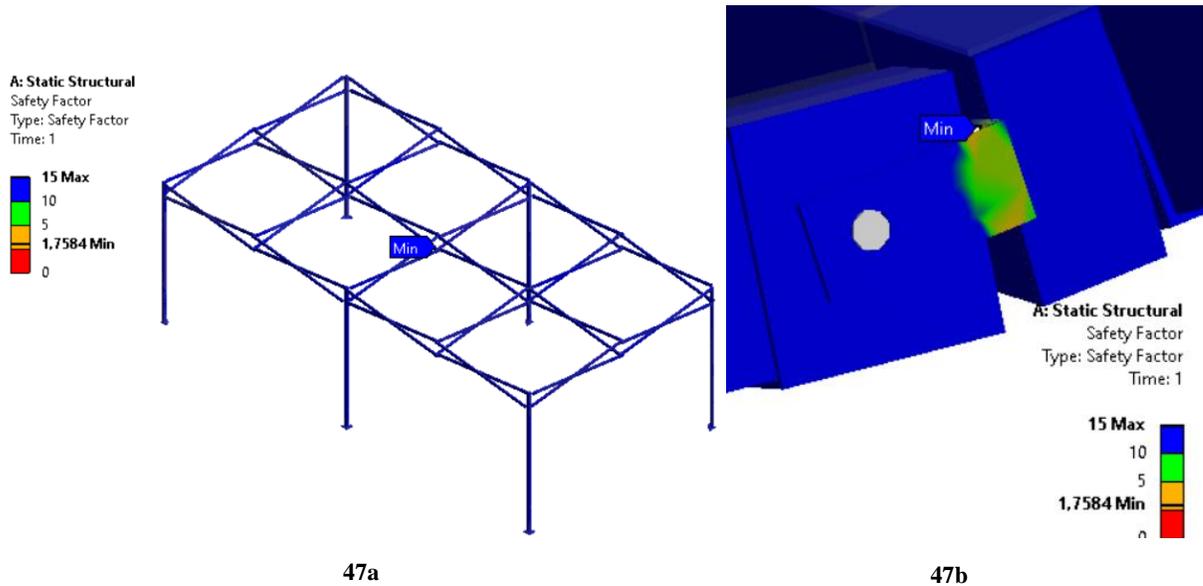


Figura 47. Factor de seguridad con persona recostada (Segunda situación). 47a.) Vista general de la estructura. 47b.) Ubicación del factor de seguridad mínimo.

Como se puede ver en la Figura 48 el esfuerzo Von Mises con una persona recostada sobre una de las columnas tiene un valor máximo de 142.17 MPa, este se encuentra ubicado en la junta central de la estructura.

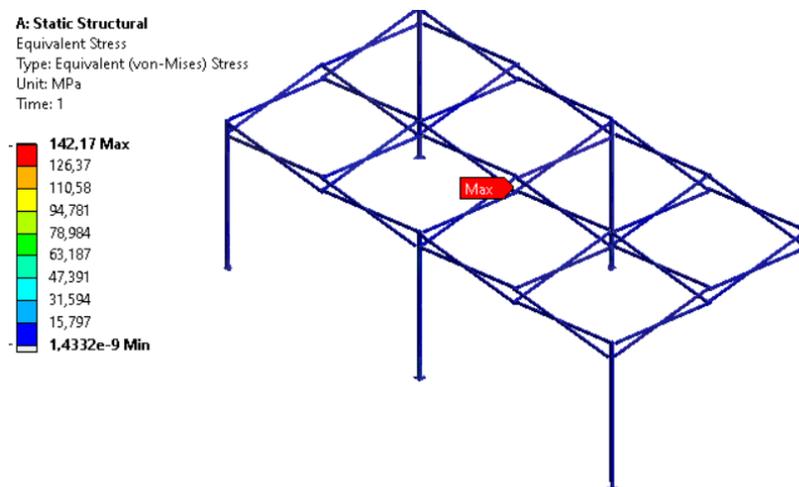


Figura 48. Esfuerzo von Mises con persona recostada (Segunda situación)

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Por último, se realizó el estudio estático de las tijeras del armazón, como se puede ver en la Figura 49 se definieron apoyos fijos en los perfiles superiores y rodillos en los inferiores. Luego se tomó la carga que genera la lona sobre cada columna $W_{xColumna} = 65.865 N$ y se llegó a la conclusión que esta fuerza va a estar dividida entre la columna y los perfiles superiores de las tijeras. Por esta razón se realizó el cociente de $W_{xColumna}$ entre 2 para obtener el valor de la carga que se va a aplicar en cada perfil de la tijera, este resultado dio $32.9325 N$ y se ubicó como se puede ver en la Figura 49.

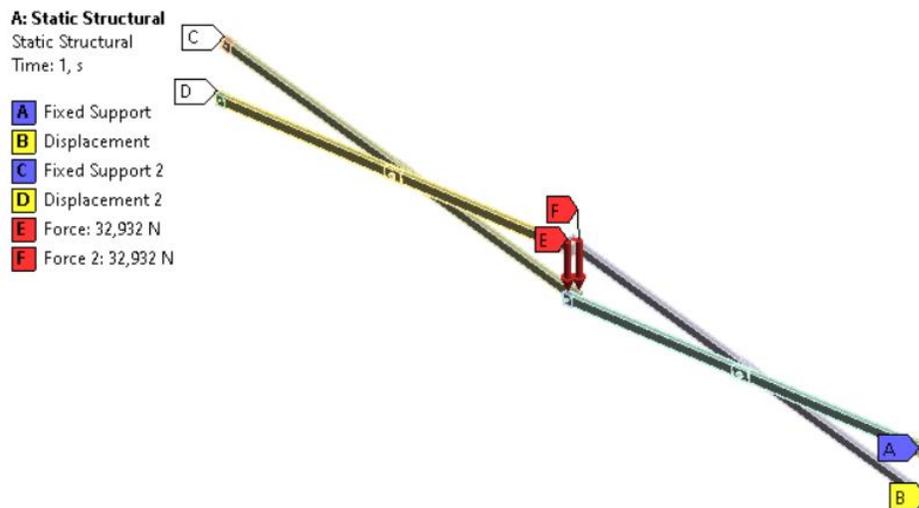


Figura 49. Ubicación de cargas y soportes de las tijeras en Ansys Workbench

Luego de ello, se configuró el software para calcular la deformación total, el esfuerzo de von Mises y la fuerza de reacción en los cuatro apoyos. Como se puede ver en la Figura 50 la deformación máxima obtenida en las tijeras después de aplicar una carga de $32.932 N$ en cada perfil es de $0.31373 mm$. Este se encuentra ubicado en la zona donde se colocó la fuerza.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

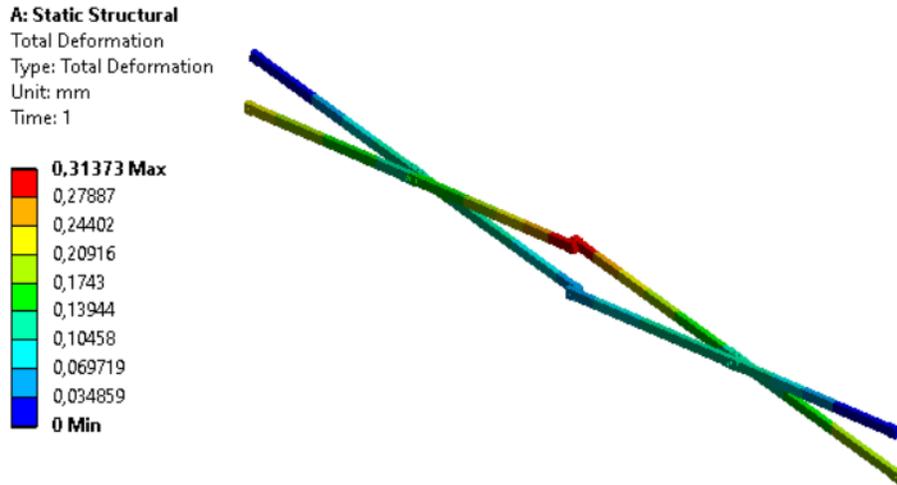


Figura 50. Deformación total Tijeras Ansys Workbench

Como se puede observar en la Figura 51 el esfuerzo de Von Mises máximo es de 115.4 MPa, este se encuentra en la unión central superior de los perfiles.

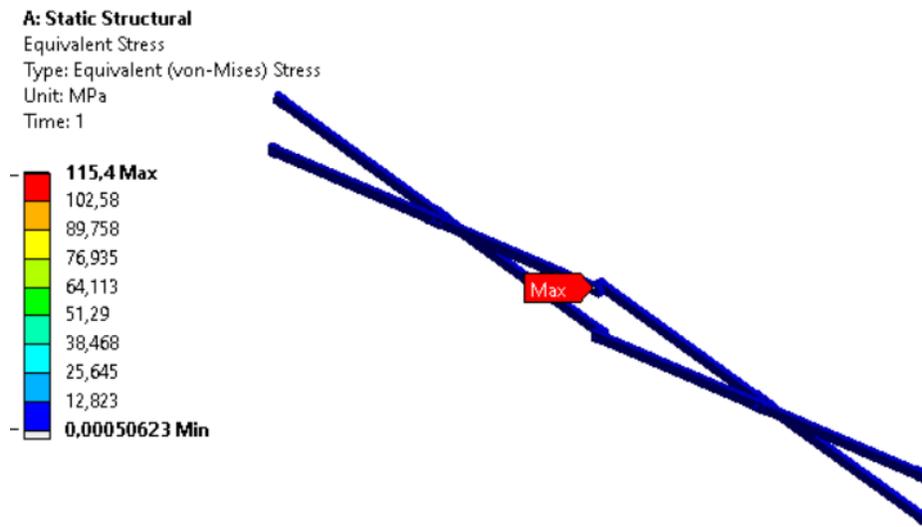


Figura 51. Esfuerzo de von Mises Tijeras Ansys Workbench

En la Figura 52 se puede ver que el valor mínimo obtenido para el factor de seguridad en las tijeras es de 2.1663, este se encuentra en la unión central superior de los perfiles.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

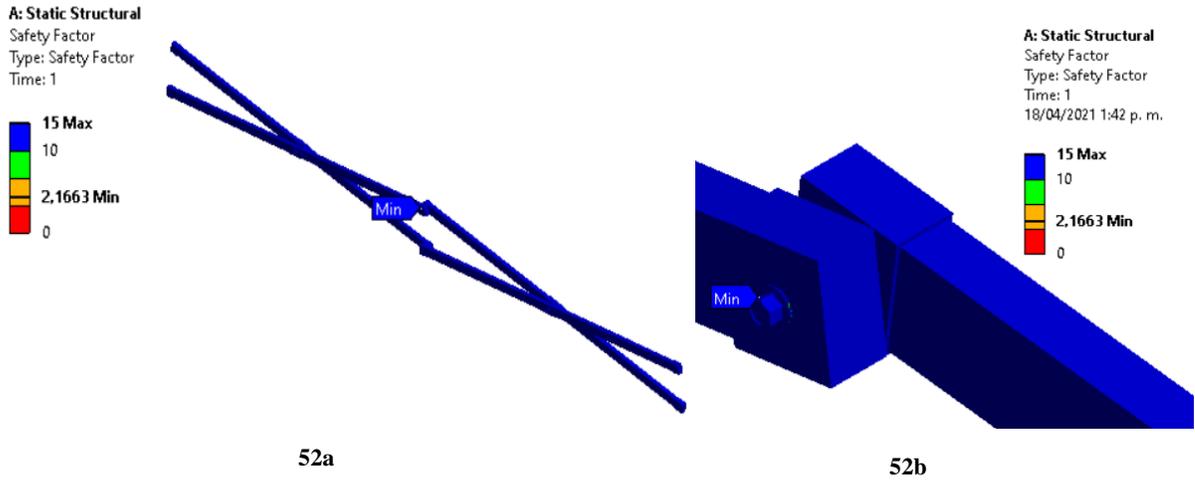


Figura 52. Factor de seguridad tijeras. 52a.) Factor de seguridad del conjunto. 52b.) Ubicación del factor de seguridad mínimo.

Por último, se obtuvieron los valores de las reacciones en los 4 apoyos conociendo si estos se encontraban a tensión o compresión como se puede ver en la Tabla 3.

$R_A = Tensión$	$R_B = Compresión$	$R_C = Tensión$	$R_D = Compresión$
$R_A = 113.22 N$	$R_B = 146.22 N$	$R_C = 115.44 N$	$R_D = 148.48 N$
$R_{Ax} = 108.34 N$	$R_{Bx} = -146.22 N$	$R_{Cx} = -110.6 N$	$R_{Dx} = 148.47 N$
$R_{Ay} = 32.818 N$	$R_{By} = 0 N$	$R_{Cy} = 33.047 N$	$R_{Dy} = 0 N$
$R_{Az} = 1.8395 N$	$R_{Bz} = 1.3527 N$	$R_{Cz} = -1.8908 N$	$R_{Dz} = -1.3014 N$

Tabla 3. Reacción en los apoyos

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES

Mediante la investigación realizada se determinó que la estructura modular tipo stand es la más conveniente para cubrir los requerimientos planteados. Con la información obtenida de las cámaras *Optitrack Flex 3* y del laboratorio de biomecánica de la Universidad ECCECI, se realizó el diseño cumpliendo con el espacio mínimo necesario para la toma de datos y la adecuación de las cámaras a la estructura mediante abrazaderas, las cuales permiten una mejor disposición de la ubicación de las mismas. Además, se hizo un modelo el cual permite un ensamble rápido y dinámico. Se dispuso de distintas condiciones de trabajo en el software para analizar el comportamiento de la estructura y si estas están en el rango para que el armazón tenga un buen funcionamiento y no se vea afectada la toma de datos.

De los cálculos realizados se obtuvieron los resultados de esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad con esto se determinó que la estructura puede soportar su propio peso junto con los accesorios, debido a que la deformación es mínima y el factor de seguridad está por encima de lo requerido, evitando alteraciones en el correcto funcionamiento del conjunto.

En el segundo análisis, donde se encuentra el peso de la persona apoyada en una de sus columnas se obtiene una deformación de 1.8447 mm la cual ocasiona que el perfil izquierdo central que sostiene la carpa del armazón sufra la mayor deformación. Con esta carga se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 1,5881, este valor se presenta en una situación atípica y es una cifra que se encuentra por encima de 1, por lo cual se puede concluir que el esqueleto se encuentra dentro de los parámetros aceptables para este tipo de estructuras.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

6. TRABAJO A FUTURO

Este trabajo es la base para construir una estructura modular, la cual pueda ser llevada a las instalaciones de la Universidad ECCI, se sugiere realizar una mejora en el diseño de la columna del armazón por un sistema telescópico para poder transportarla en un automóvil con mayor facilidad. Los soportes inferiores de los perfiles tubulares cuadrados se podrían cambiar por unos más comerciales, además cambiar las juntas superiores por una platina que pueda soldarse en la columna para eliminar piezas sueltas innecesarias.

Para obtener una estructura más confiable en un futuro se puede mejorar la estabilidad del armazón por medio de diferentes análisis en situaciones a la intemperie, como cargas de viento. Además, utilizar unas estibas en la cuales se puedan anclar las columnas para lograr ubicarla en ambientes robustos o no muy planos, para que así se logren hacer estudios en zonas alternas a la Universidad ECCI.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

REFERENCIAS

Ansys. (n.f). Obtenido de Strength Analysis: <https://www.ansys.com/products/structures/strength-analysis>

Avila, J., Franco, F., & Jaramillo, H. (jun de 2012). Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales. 32.

Barrios, V., & Leiva, K. (16 de 01 de 2018). *Casiopea*. Obtenido de Diseño Modular: <https://wiki.ead.pucv.cl/images/1/1f/Katiyvane.pdf>

Basset Salom, L. (2013). *Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de Estructuras laminares: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30402/Estructuras%20laminares.pdf>

Beer, F. P., Johnston, E. R., Mazurek, D. F., & Eisenberg, E. R. (2010). *Mecánica Vectorial para Ingenieros Estatica* (Novena ed.). McGraw-hill/interamericana editores, S.A de C.V. Recuperado el 01 de 04 de 2020

Beer, F., & Johnston, E. (2013). *Mecánica de materiales* (Quinta ed.). McGraw-hill/interamericana editores, S.A. de C.V.

BioSpace. (14 de 06 de 2020). Obtenido de Noraxon Launches First Comprehensive Portable Biomechanics Lab: <https://www.biospace.com/article/releases/-b-noraxon-b-launches-first-comprehensive-portable-biomechanics-lab/>

BTS Bioengineering. (14 de 06 de 2020). Obtenido de FREEMG: <https://www.btsbioengineering.com/es/products/freeemg/>

Carrión, A., Coraisaca, R., & Loja, O. (2019). Concentración de Esfuerzos en cargas axiales. 3-7.

CENAM. (2012). *Centro Nacional de Metrología*.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Cervera Ruiz, M., & Blanco Diaz, E. (2015). *Resistencia de materiales*. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería .

Cervera, M., & Blanco, E. (2015). *Resistencia de materiales*. Barcelona.

Cervera, M. (2015). *Resistencia de materiales*. Barcelona: CIMNE.

Datosmundial.com. (2019). *Tallas medias de hombres y mujeres*. Obtenido de Altura por país:
<https://www.datosmundial.com/estatura-promedio.php>

Definicion.DE. (01 de 04 de 2020). *Momento Flexor*. Obtenido de <https://definicion.de/momento-flexor/>

Diccionario de arquitectura y construcción. (2019). *Estructuras*. Obtenido de Estructura modular:
<https://www.parro.com.ar/definicion-de-estructura+isost%e1tica>

Domingo, B. (2006). *Evaluar en Educación Física* (9 ed.). Barcelona: INDE Publicaciones.

EcuRed. (16 de 01 de 2018). Obtenido de Diseño Estructural:
https://www.ecured.cu/index.php?title=Dise%C3%B1o_estructural&oldid=3048883

Elasplas. (2019). *Elastomeros y plasticos*. Obtenido de propiedades físicas polipropileno (PP):
<http://www.elasplas.es/wp-content/uploads/polipropileno.pdf>

Escacena Ventura, J. (s.f.). *Caracterización de las propiedades mecánicas del aluminio*. Obtenido de la fatiga: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4089/fichero/4.pdf>

Escamilla, J. U. (2002). *Analisis de estructuras*. Obtenido de https://www.academia.edu/12475425/1_4_Tipos_de_estructuras_de_elementos_y_de_apoyo

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ExpoStand. (2019). *Backwalls*. Obtenido de

https://www.expostands.co/ExpoStands_Productos.php

Fernández S, P., & Díaz S, P. (27 de 06 de 2020). *Fisterra*. Obtenido de Estadística descriptiva de

los datos: <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/10descriptiva/10descriptiva2.pdf>

Franco Garcia, A. (2009). *Unidaddes y medidas*. Obtenido de

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/unidades/unidades/unidades_1.xhtml

Frias Valero, E. (2004). *Aportaciones al estudio de las maquinas electricas de flujo axial mediante*

la aplicacion del metodo de los elementos finitos. tesis doctoral. Obtenido de el método de

los elementos finitos (MEF ó FEM):

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6294/06Efv06de23.pdf;sequence=6>

Glez Glez, A. (12 de 03 de 2019). *Aprendemos Tecnologia*. Obtenido de Estructuras:

<https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/10/estructuras-revisic3b3n-2012.pdf>

Grados Material Mundial. (2019). *Acero ASTM A36, Acero A36 Propiedades, Ficha Tecnica,*

Dureza, Densidad Estructural PDF. Obtenido de [https://www.materialmundial.com/acero-](https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/)

[astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/](https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/)

Hernandez, L. B.-I. (2009). Sobre la redefinición del kilogramo. *Metrologia*.

Hibbeler, R. (2011). *Mecanica de materiales* (Octava ed.). (L. M. Castillo, Ed.) Mexico: Pearson

Educación .

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Laura Melissa, A., & Jessica Paola Gomez Cadena. (2017). *Diseño y simulación por medio de análisis de elementos finitos de una estructura portátil para el proceso de pre-mezclado de concreto.*

Lincoln Laboratory. (2020). Obtenido de The Mobile Device Lab offers a way to experiment with mobile device technology in a private setting separate from a public wireless network.: <https://www.ll.mit.edu/about/facilities/mobile-device-lab>

Lincoln Laboratory. (2020). Obtenido de New wearable technology to lighten load for Marines: <https://www.ll.mit.edu/news/new-wearable-technology-lighten-load-marines>

Margareta, N., & Victor H, F. (2004). *Biomecanica básica del sistema musculoesquelético.* Madrid: McGraw-Hill/ Interamericana de España.

MatWeb. (19 de 07 de 2020). *Acero A36.* Obtenido de <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=d1844977c5c8440cb9a3a967f8909c3a>

McCormac, Jack C; Csernak, Stephen F. (2005). *Diseño de Estructuras de Acero.* Obtenido de Introducción al estudio de vigas: <https://gmoralex.weebly.com/uploads/2/8/0/5/28058651/flexion-mccormac.pdf>

Meisel R, A., & Vela A, M. (2004). *La estatura de los colombianos: un ensayo de antropometria historica 1910-2002.* Cartagena de Indias: Banco de la Republica.

Mejía Díaz, D. (2018). Propiedades físicas y químicas del Hierro. *infoquimica UNAM*, 2.

Menendez Mendoza, S., & Rodriguez Marante, J. (12 de 03 de 2019). *Universidad de La Laguna.* Obtenido de Protocolo de trabajo y banco de pruebas para el uso del equipo de captura de

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

movimiento

mocap-optitrack:

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1111/Protocolo%20de%20trabajo%20y%20banco%20de%20pruebas%20para%20el%20uso%20del%20equipo%20de%20captura%20de%20movimientos%20MOCAP-optitrack.pdf;jsessionid=885228ffa58fa557bbdaad827cbfcfe0?sequence=1>

MIPSA. (2019). *Expertos procesando metales*. Obtenido de Propiedades del aluminio:

<https://www.mipsa.com.mx/dotnetnuke/Sabias-que/Que-es-aluminio>

Moffit, A. (1998). Hierro y acero. En J. Mager Stellman, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Madrid: Chantal Dufresne.

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de mquinas* (Cuarta ed.). Mexico: Pearson prentice hal.

Nisbett, B., & Budynas, R. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica Shigley*. Monterrey: Mc Graw Hill.

NORAXON. (14 de 06 de 2020). Obtenido de Portable Lab: <https://www.noraxon.com/our-products/portable-lab/>

Norton, R. (2011). *Diseño de Maquinas*. Mexico: Pearson.

Oleari, C. (2018). *Universidad de Buenos Aires*. Obtenido de Anatomia Funcional y Biomecanica:

<https://www.fmed.uba.ar/sites/default/files/2019-04/biomecanica%20y%20anatomia%20funcional.pdf>

OptiTrack. (12 de 03 de 2019). Obtenido de Flex 3: <https://optitrack.com/products/flex-3/specs.html>

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

OptiTrack. (11 de 11 de 2020). *Build my sistem*. Obtenido de <https://www.optitrack.com/systems/#movement/flex-3/8>

Pallares Muñoz , M. R., & Pulecio Díaz, J. A. (Nov de 2017). *ResearchGate*. Obtenido de Aplicabilidad del método de los elementos finitos en el análisis y dimensionamiento de losas JCPC para carreteras de dos carriles: https://www.researchgate.net/figure/elemento-finito-interface-con-16-nodos_fig3_321201593

Pereiras, J. (7 de 08 de 2018). *Linked in*. Obtenido de ¿Qué es y para qué sirve la tensión de von Mises?: <https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-y-para-sirve-la-tensi%C3%B3n-de-von-mises-jose-manuel-pereiras>

Plastico. (27 de 06 de 2020). Obtenido de Características: [https://www.caracteristicas.co/plastico/Propiedades de las Selecciones](https://www.caracteristicas.co/plastico/Propiedades%20de%20las%20Selecciones). (01 de 04 de 2020). Obtenido de http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio_sin_paredes/fac_arqui/dis_simpli_estruc/05.pdf

Proyecto multimedia. (2016). *Clasificacion de vigas*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/proyectomultimedialeonardo/home/clasificacion-de-vigas>

Raffino, M. E. (2020). Concepto de Plastico. *Concepto de*, 3.

Salazar Trujillo, J. E. (2007). *Resistencia de Materiales para la univeridad*. Manizales.

Sales, E. (2015). *Tecnologías de la imagen II*. Obtenido de Conceptos iniciales formatos y compresión de vídeo: https://tecnologiasdelaimagendos.blogs.upv.es/files/2016/02/Introduccion_video_digital_Formatos_y_compresion.pdf

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Schulz, A. (2010). *Instituto nacional de matemática pra e aplicada*. Obtenido de Motion Capture:

<http://w3.impa.br/~aschulz/anim/mocap.pdf>

SERYCOIN. (20 de 04 de 2019). Obtenido de Por qué las estructuras metalicas son la mejor

eleccion para tu edificio: <http://serycoin.com/2018/03/las-estructuras-metalicas-la-mejor-eleccion-edificio/>

Shanley, F. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica* (novena edición ed.). (P. E. Vázquez, Ed., & J.

E. Murrieta, Trad.) México: McGraw-hill/interamericana editores, S.A. de C.V.

SkyCiv. (n.f). *Segmento de la sección de la viga en partes*. Obtenido de Cálculo del momento de

inercia de una sección de la viga: <https://skyciv.com/es/docs/tutorials/section-tutorials/calculating-the-moment-of-inertia-of-a-beam-section/>

Tamborero del Pino, J. (s.f.). *Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo*. Obtenido de

Trabajos sobre cubiertas de materiales ligeros.

Universidad de Lleida. (2015). *Fuerzas Internas en Elementos Estructurales*. Obtenido de

http://cv.udl.cat/cursos/101606gea/continguts/modul1_nou/tema5.htm

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ANEXOS

Anexo A. Planos

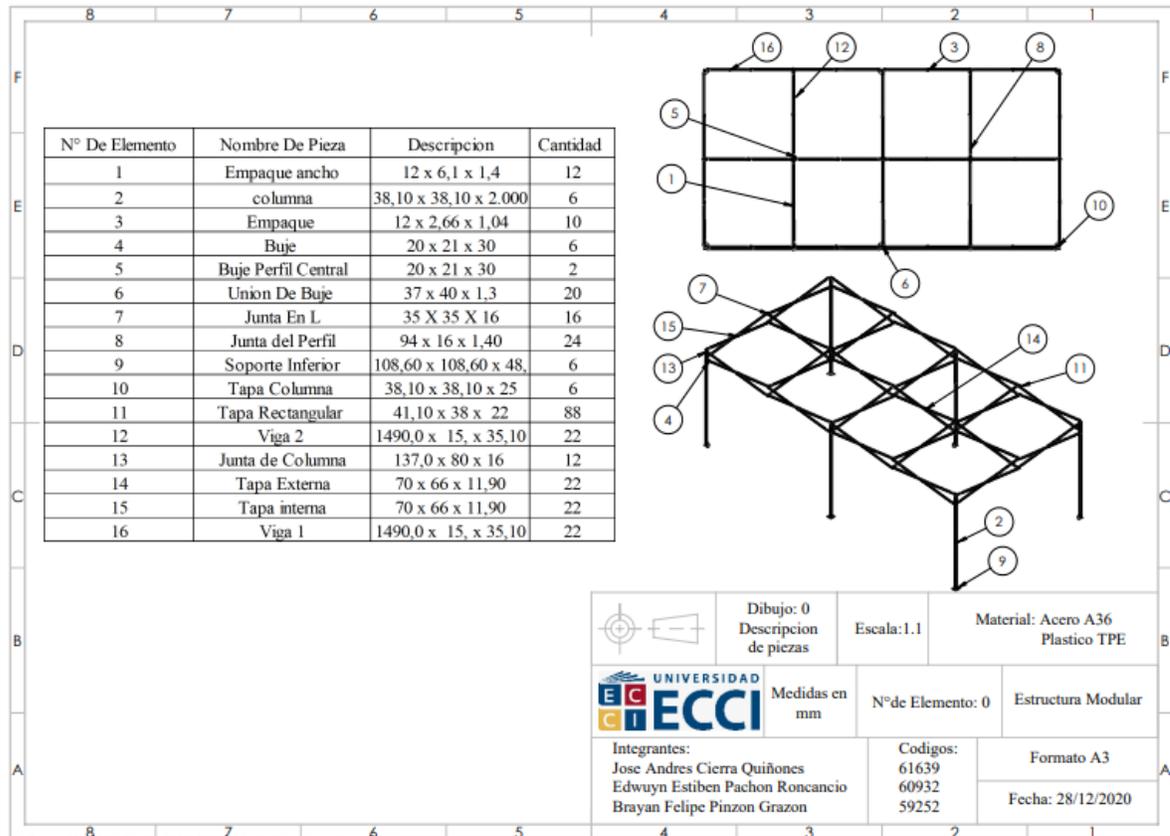


Figura 53. Plano descripción de piezas

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

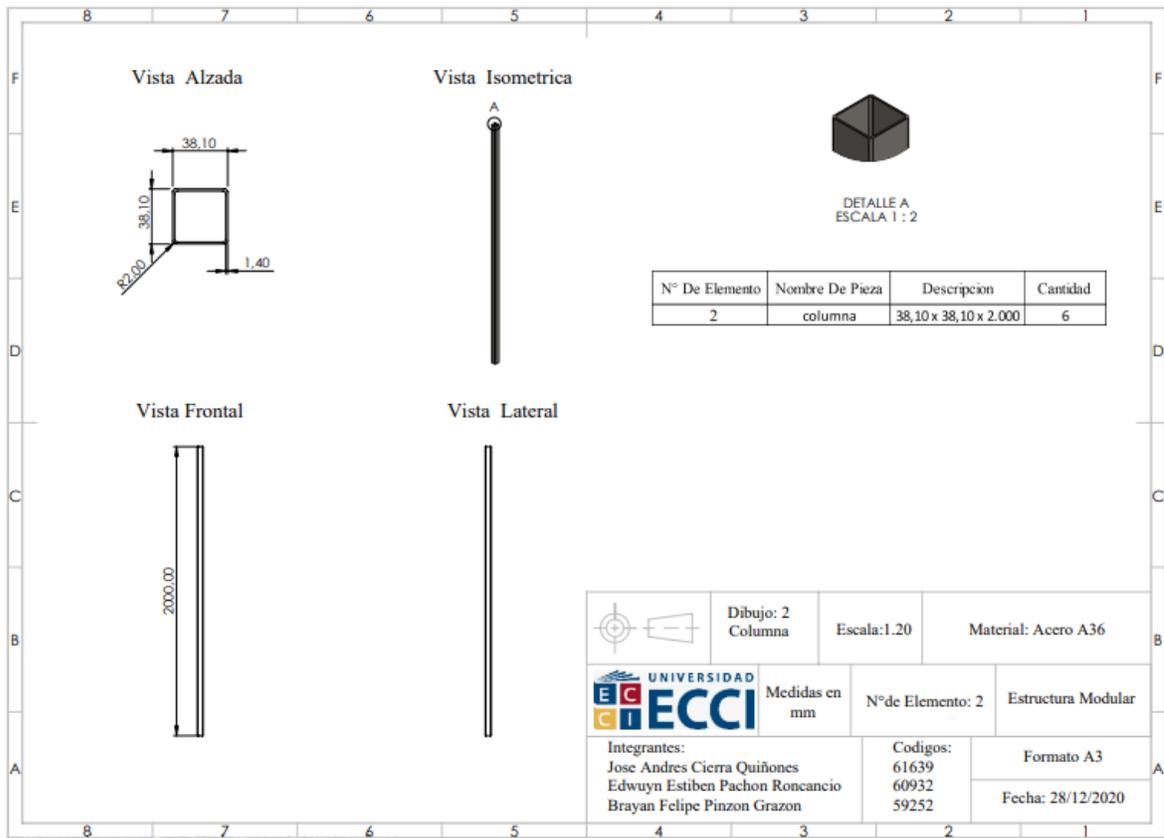


Figura 54. Plano columna

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

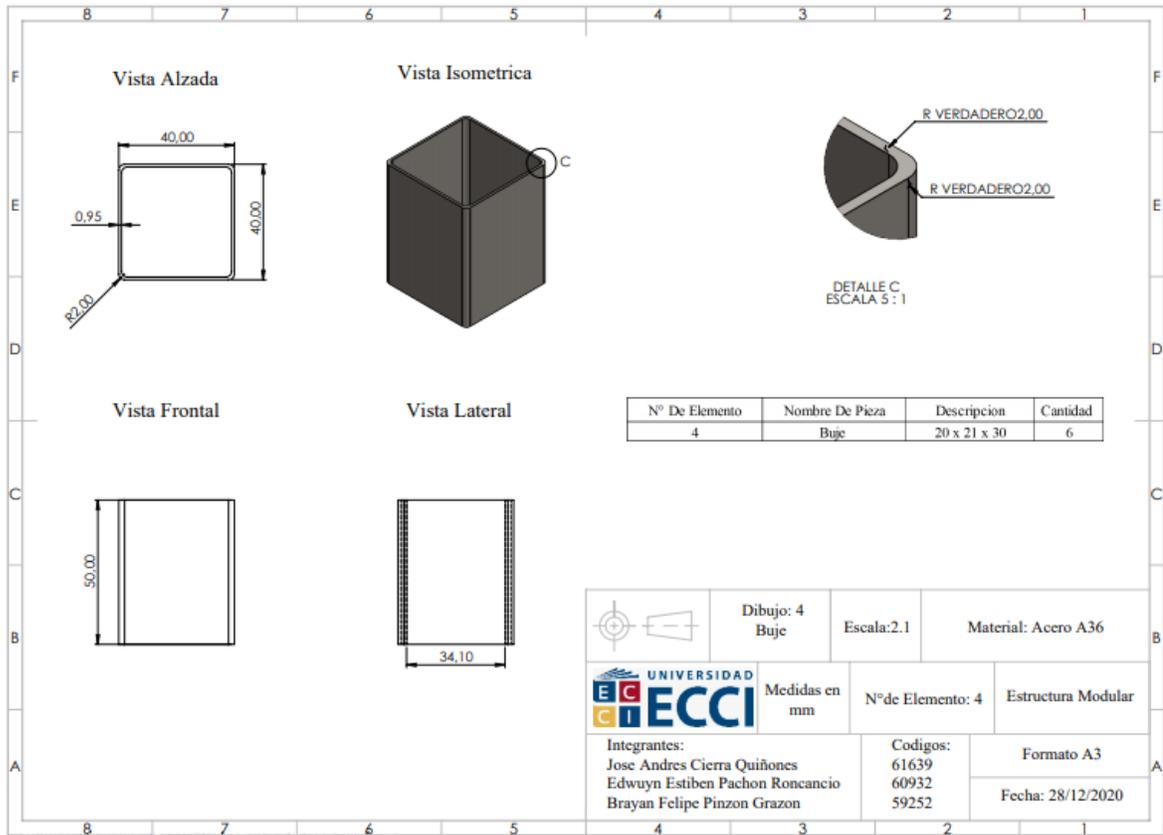


Figura 55. Plano del buje

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

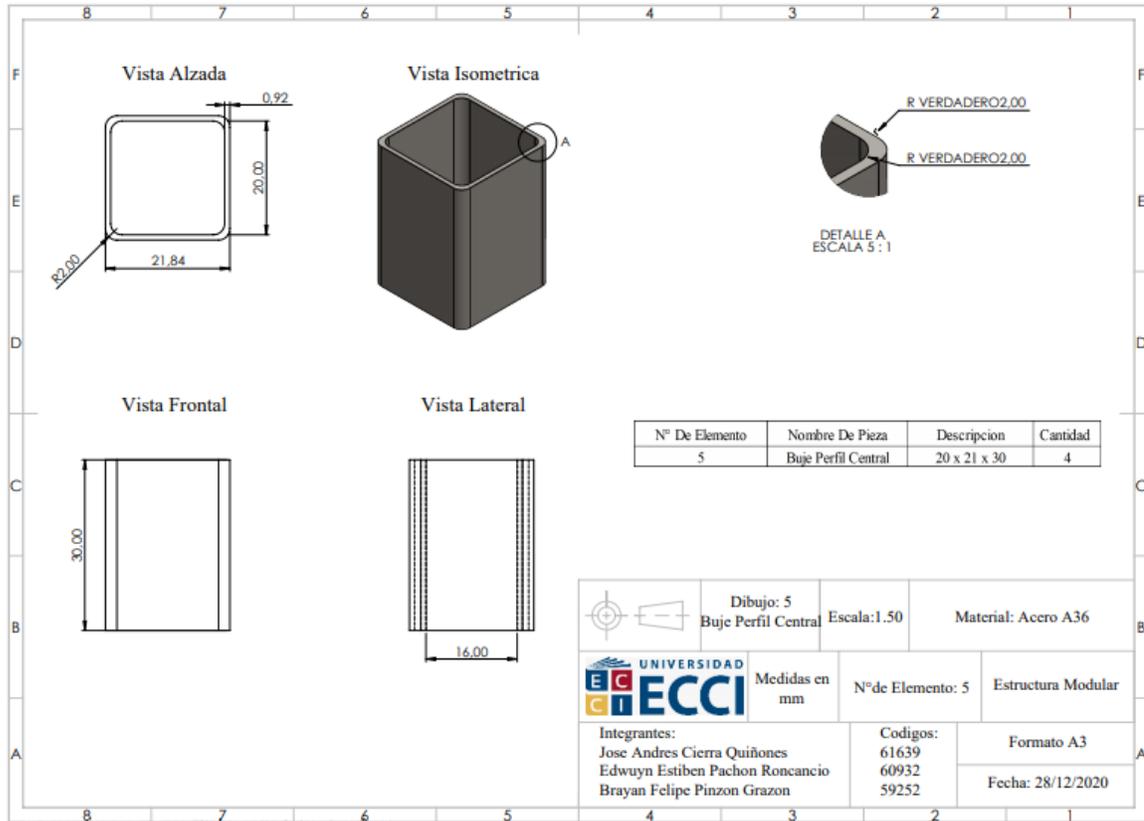


Figura 56. Plano del Buje perfil Central

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

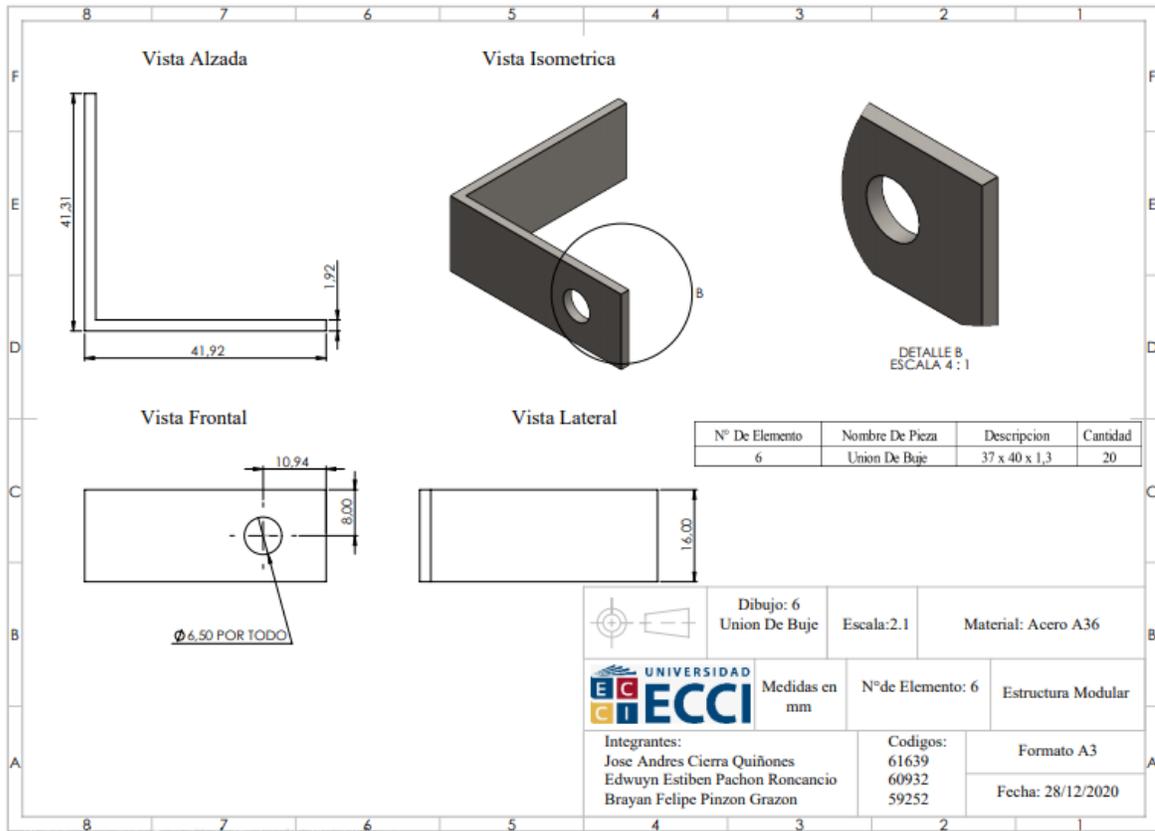


Figura 57. Plano Unión de buje

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

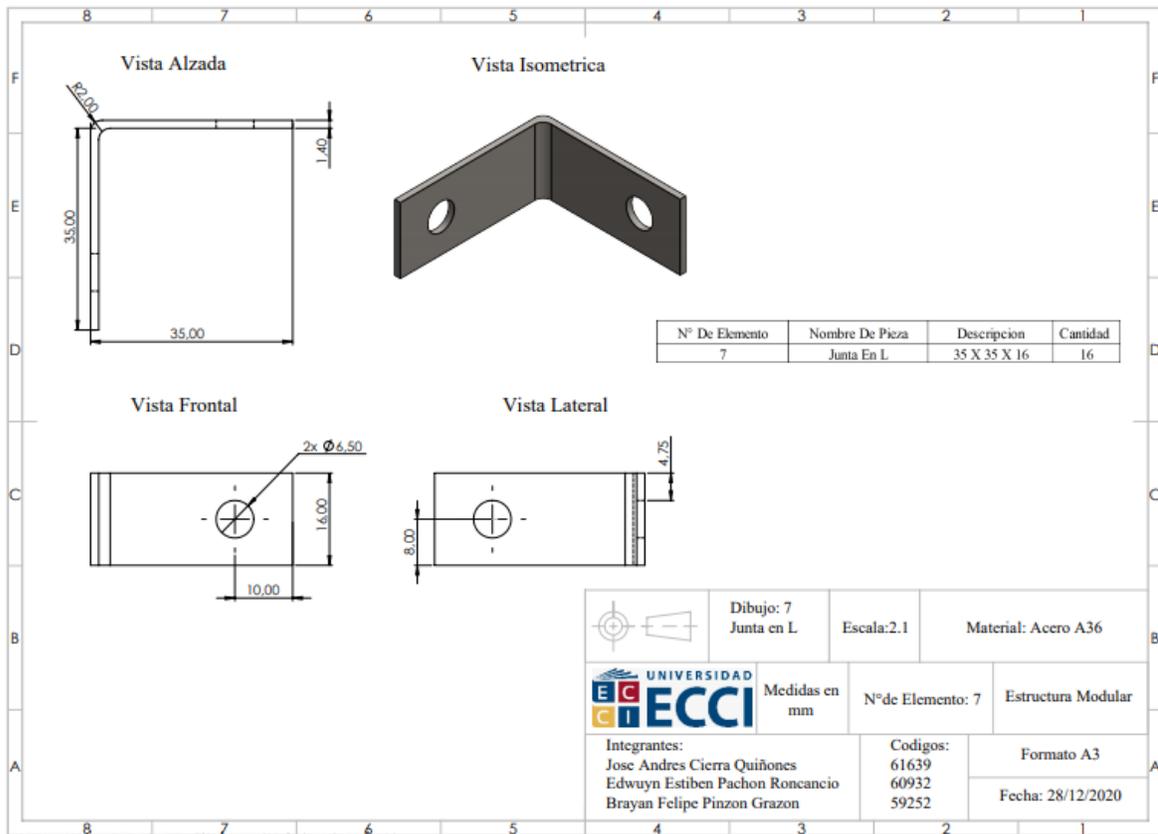


Figura 58. Plano junta en L

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

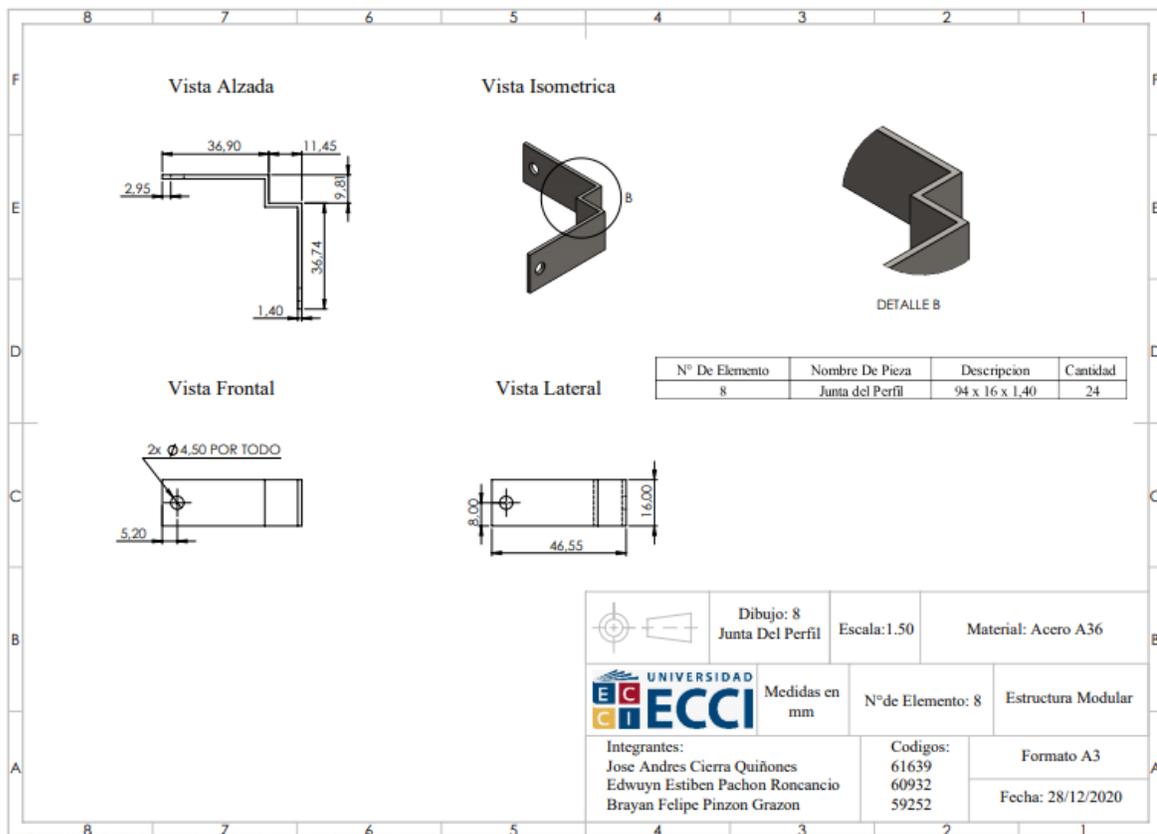


Figura 59. Plano junta del perfil

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

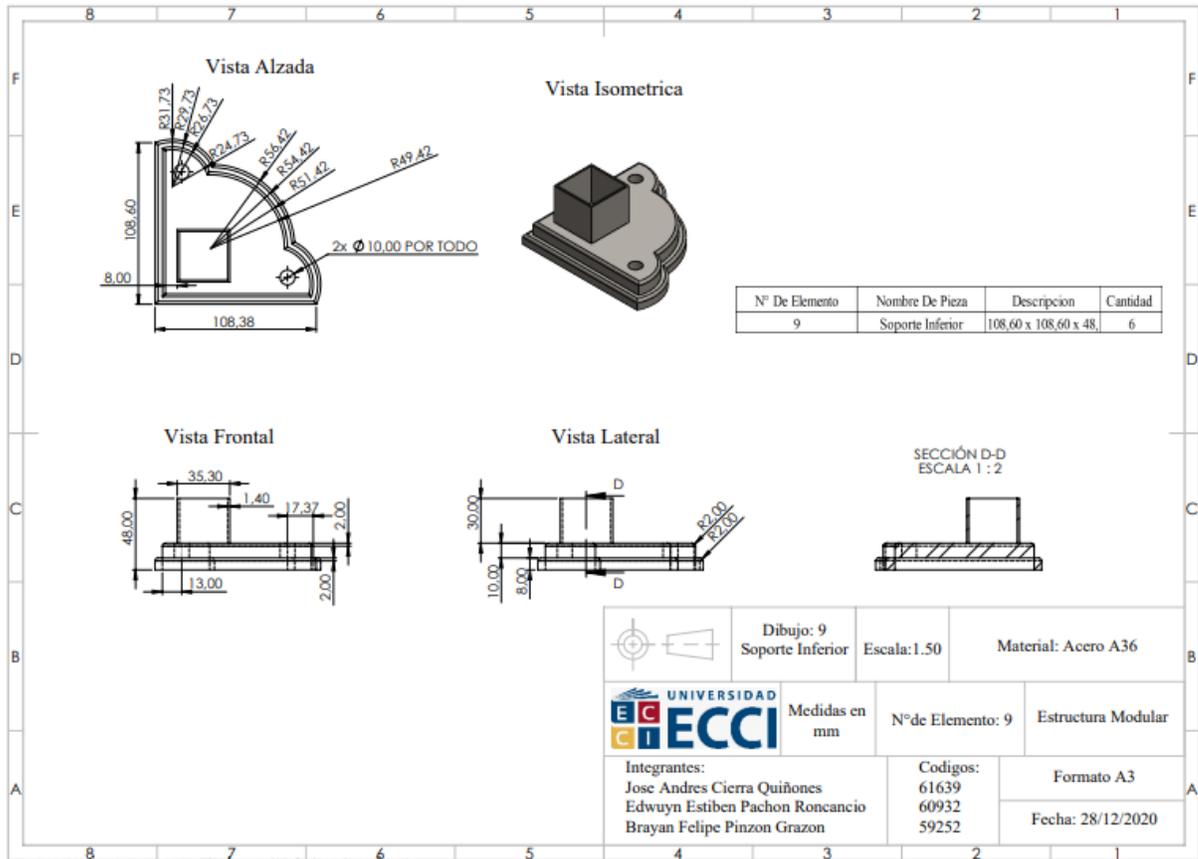


Figura 60. Plano soporte inferior

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

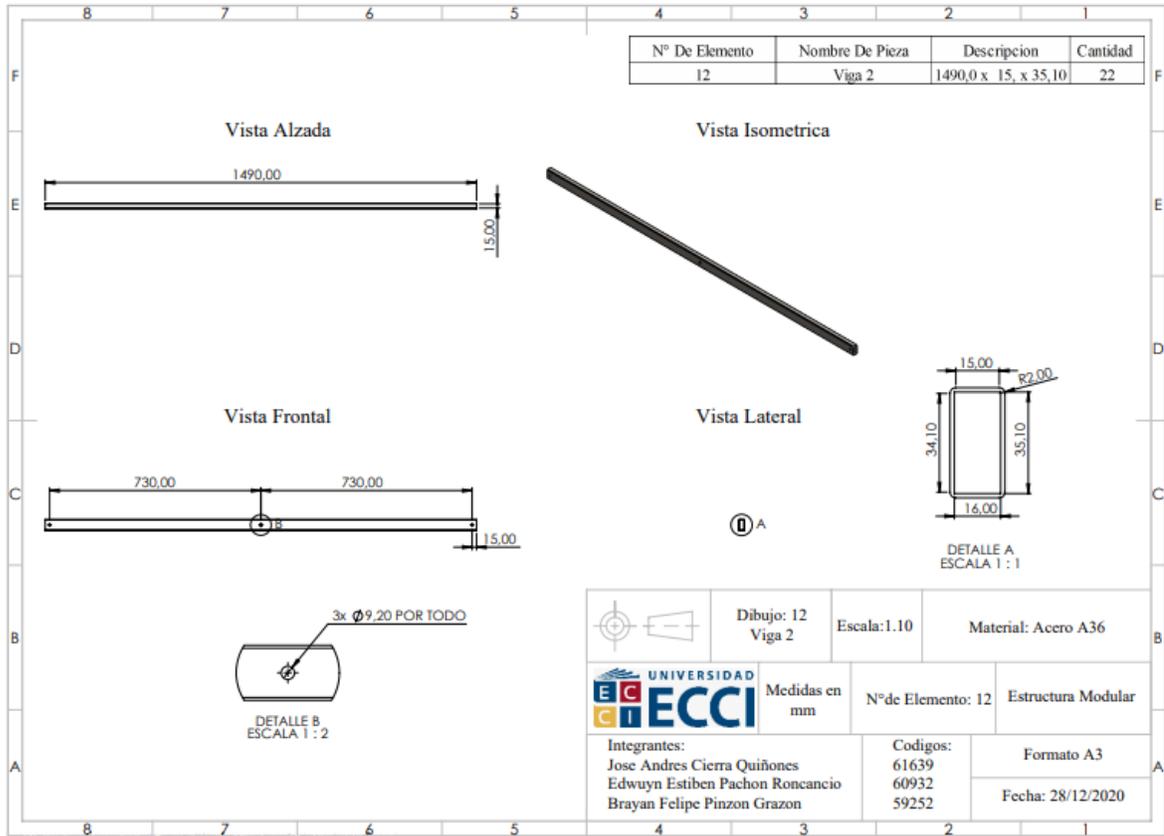


Figura 61. Plano Viga 2

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

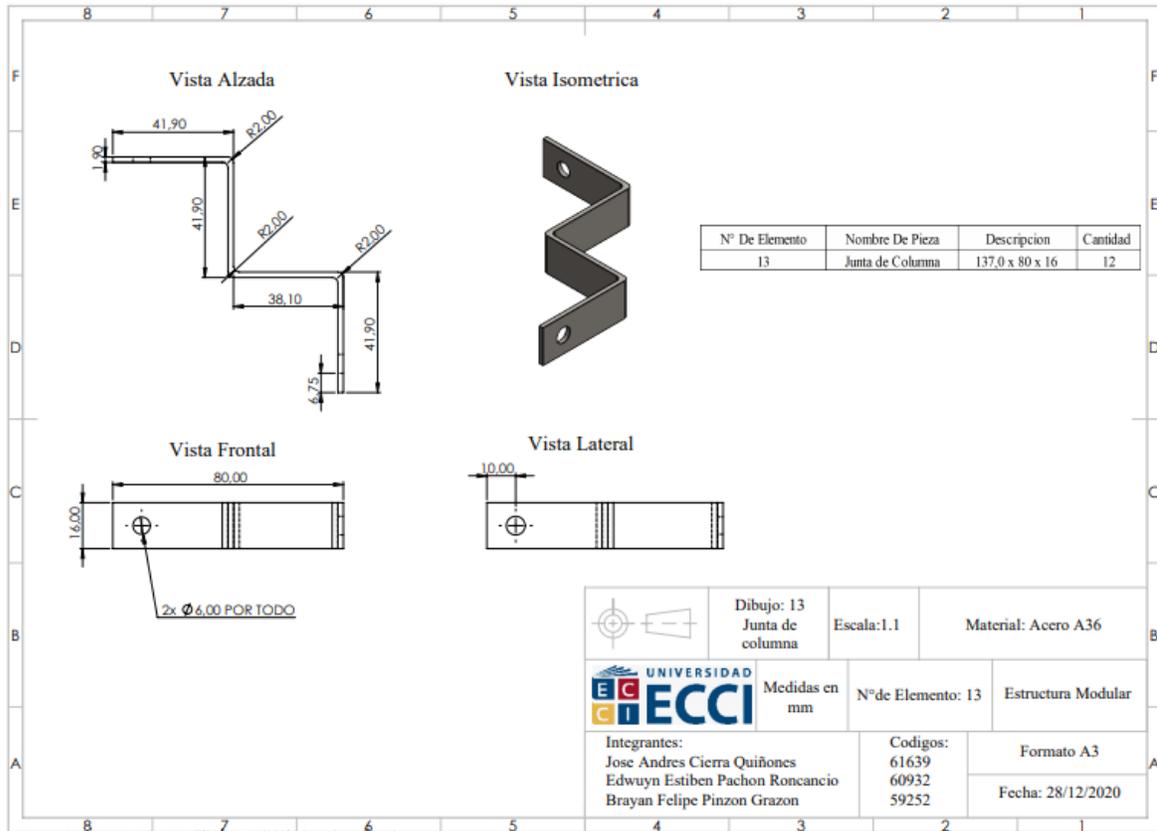


Figura 62. Plano junta de Columna

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

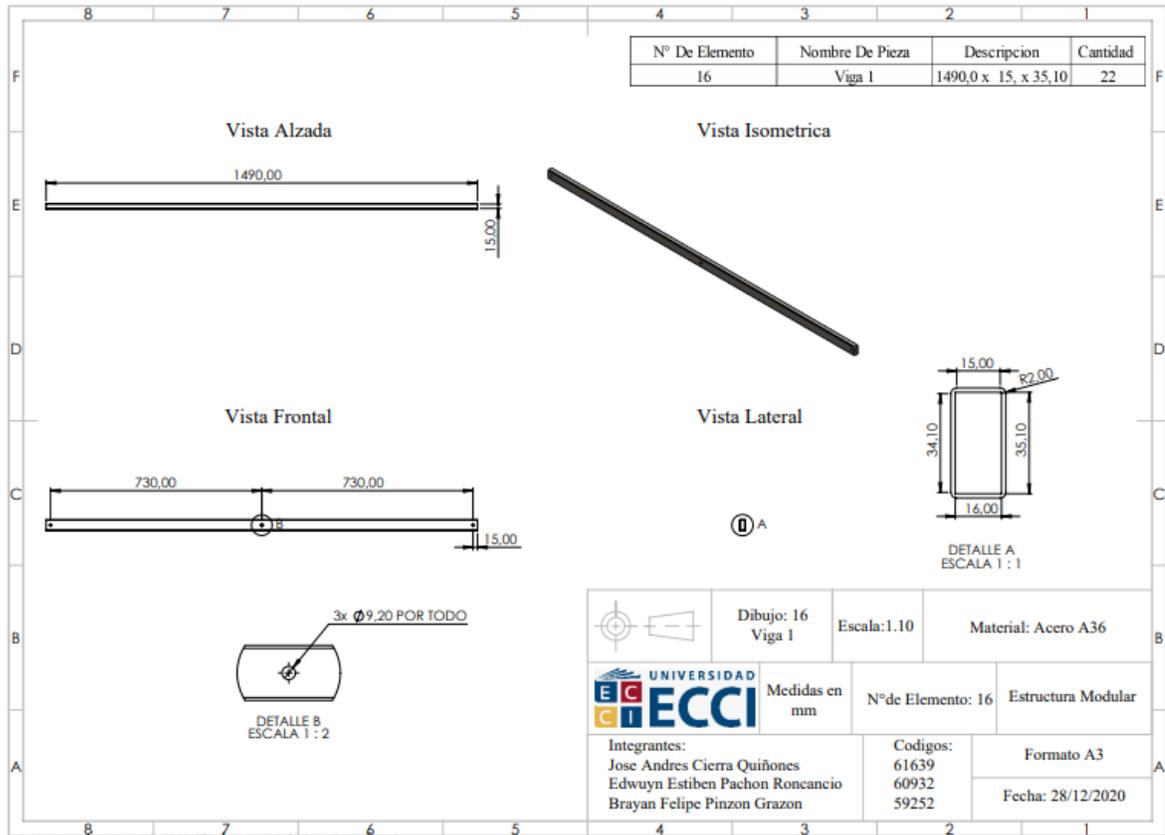


Figura 63. Plano Viga 1

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Anexo B. MANUAL DE ENSAMBLAJE

N° De Elemento	Nombre De Pieza	Descripción	Cantidad
1	Empaque ancho	12 x 6,1 x 1,4	12
2	columna	38,10 x 38,10 x 2.000	6
3	Empaque	12 x 2,66 x 1,04	10
4	Buje	20 x 21 x 30	6
5	Buje Perfil Central	20 x 21 x 30	2
6	Union De Buje	37 x 40 x 1,3	20
7	Junta En L	35 X 35 X 16	16
8	Junta del Perfil	94 x 16 x 1,40	24
9	SopORTE Inferior	108,60 x 108,60 x 48,	6
10	Tapa Columna	38,10 x 38,10 x 25	6
11	Tapa Rectangular	41,10 x 38 x 22	88
12	Viga 2	1490,0 x 15, x 35,10	22
13	Junta de Columna	137,0 x 80 x 16	12
14	Tapa Externa	70 x 66 x 11,90	22
15	Tapa interna	70 x 66 x 11,90	22
16	Viga 1	1490,0 x 15, x 35,10	22

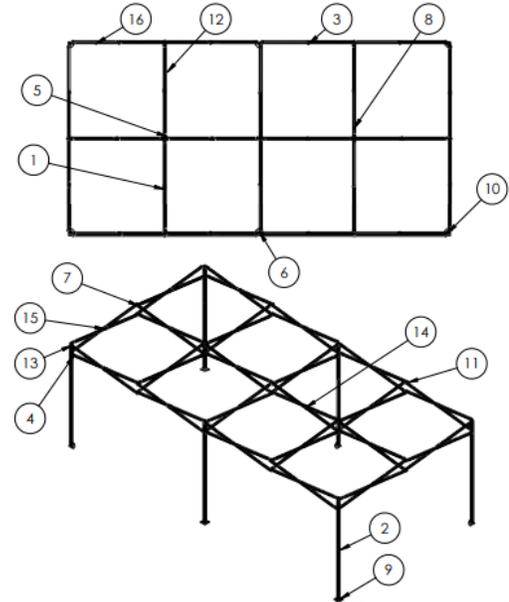


Figura 64. Partes de la estructura

Asegúrese que todas las partes queden bien apretadas. Se toma la viga No 16 y se colocan dos tapas rectangulares No 11 en cada extremo de la columna, se pone un tornillo una tuerca, como se muestra en la Figura 65 (se repite este procedimiento 44 veces).

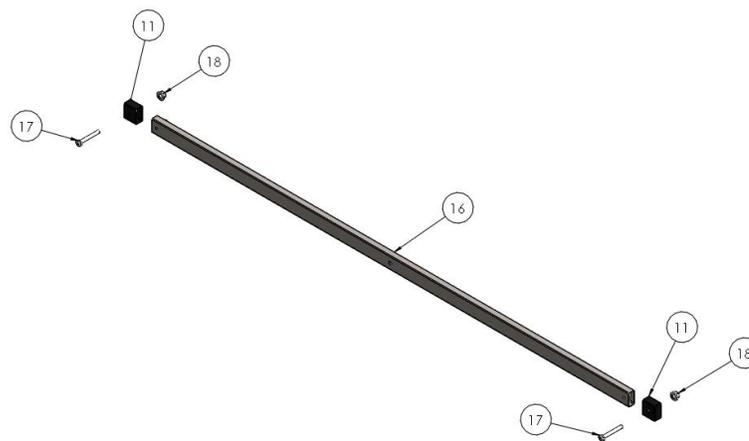


Figura 65. Ensamble perfil rectangular

Se toman dos partes iguales como se muestran en la Figura 65 y se coloca un empaque No 3 en

	GUÍA PARA ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	PRESENTACIÓN DE INVESTIGACIÓN	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

sus centros, al respaldo se añade una tapa externa No 14, y en su otro costado se pone la tapa interna No 15, por último, se utilizan tornillos con su respectiva tuerca y se aprieta suavemente, (se repite este procedimiento 22 veces).



Figura 66. Ensamble de la tijera

Se toman dos secciones de la Figura 66, se unen por sus extremos, en la tapa rectangular No 11 con dos tornillos y dos tuercas, se aprietan suavemente, para una mejor proyección podemos observar la Figura 67 (se repite este procedimiento 6 veces).

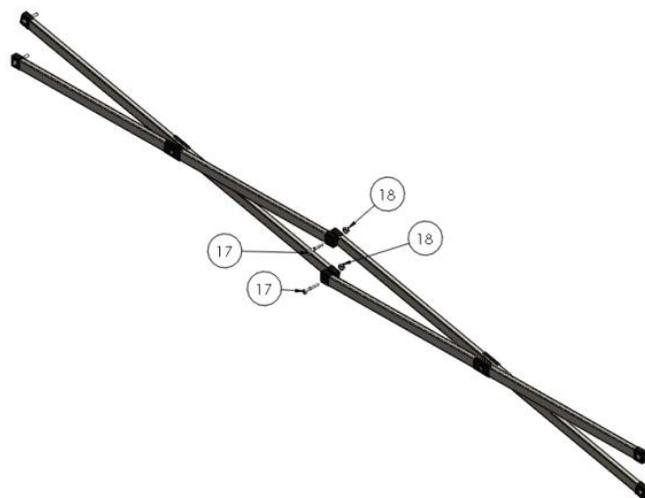


Figura 67. Unión de dos tijeras.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

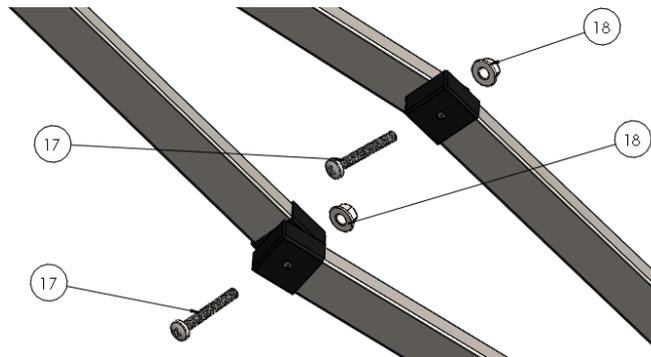


Figura 68. Acercamiento unión de dos tijeras.

Para la unión de las tijeras con las columnas como se puede ver en la Figura 69 en cada uno de los extremos se colocan juntas de columna No 13 entrelazadas, se sujetan con la columna No 2 mediante tornillos, también se le acomoda una tapa columna No 10 y un soporte inferior No 9, podemos mirar la Figura 70 donde se demuestra claramente la unión de las diversas piezas, (se repite este procedimiento en su otro extremo).

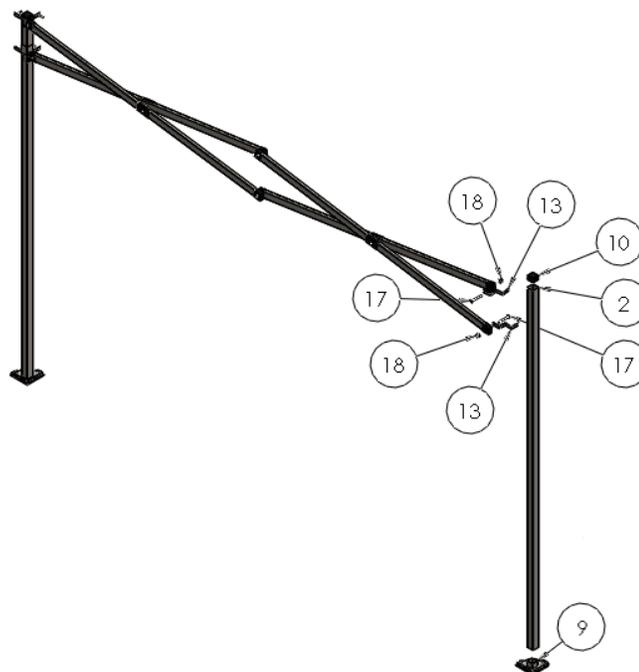


Figura 69. Unión de las tijeras con las columnas.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

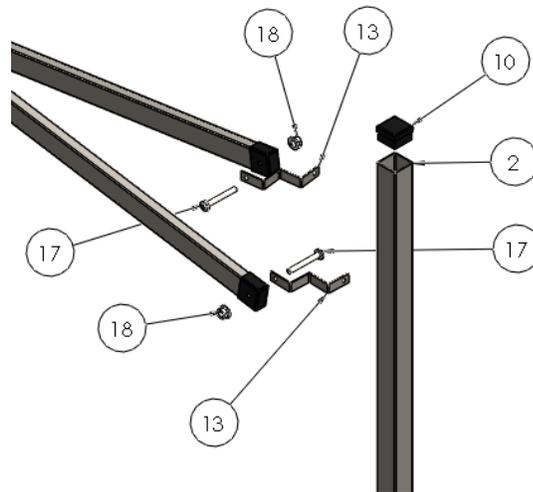


Figura 70. Acercamiento de la unión de las tijeras con las columnas.

Se toma la pieza de la Figura 69, se coloca en los extremos y en el medio de forma perpendicular el ensamble de la Figura 66, luego se sujetan con las juntas de la columna No 13 mediante dos tornillos y dos tuercas apretando suavemente, (Se repite este procedimiento en cada uno de sus extremos y en la parte centran con la única diferencia que se sujeta de la junta en L No 7).

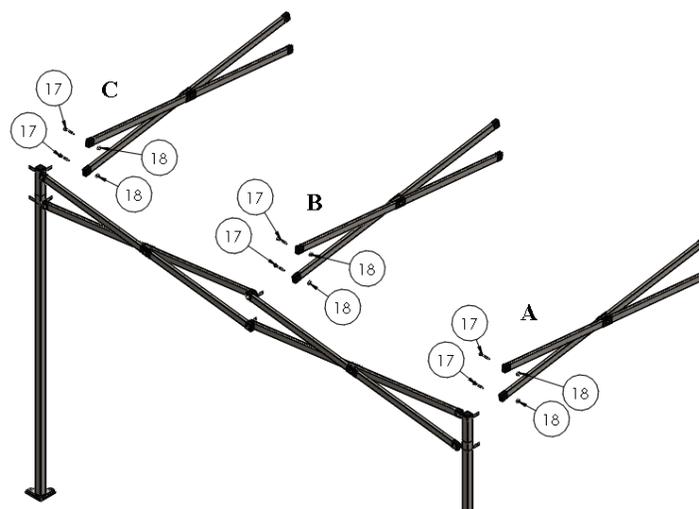


Figura 71. Ensamble de las tijeras con un extremo.

	GUÍA PARA ANTEPROYECTO (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	PRESENTACIÓN DE INVESTIGACIÓN	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

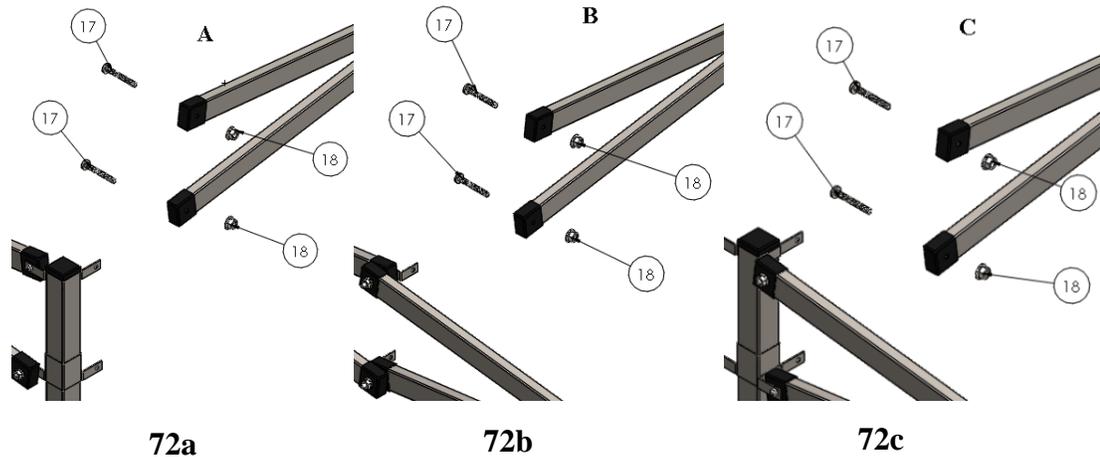


Figura 72. Acercamiento de ensamble de las tijeras con un extremo. 72a) Unión sección A. 72b) Unión sección B. 72c) Unión sección C

Se toman las piezas de la Figura 71 y se sitúa al frente la Figura 66 en la parte A y C se sujetan mediante la junta en L No 7 con dos tornillos y dos tuercas apretando suave mente, como se muestra en la Figura 74a y Figura 74c. En la parte B el perfil se sujeta por medio de la junta No 8 en cada uno de sus extremos con su respectivo tornillo y tuerca como se muestra en la Figura 74b.

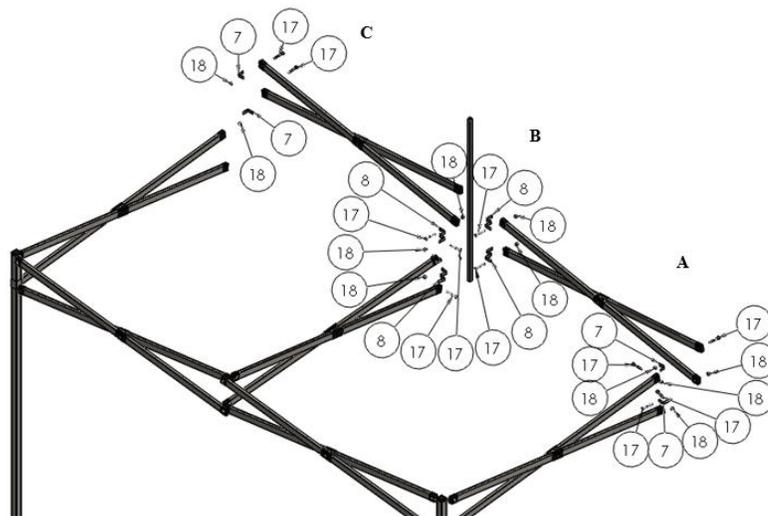


Figura 73. Unión de las tijeras centrales de la estructura.

	GUÍA PARA ANTEPROYECTO (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	PRESENTACIÓN DE INVESTIGACIÓN	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

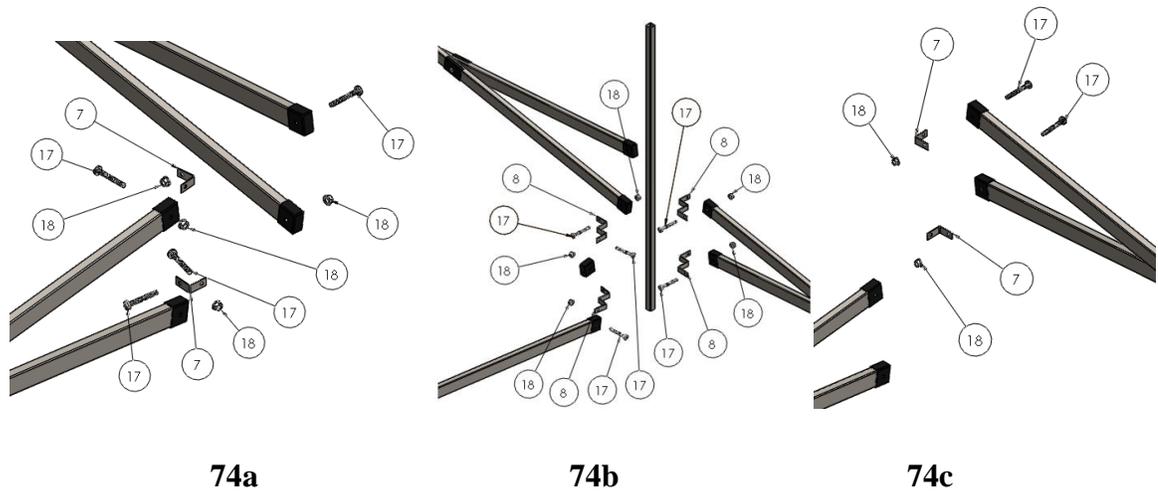


Figura 74. Acercamiento de la unión de las tijeras centrales de la estructura. 74a) Unión sección A. 74b) Unión sección B. 74c) Unión sección C

En la Figura 75 se puede ver como toman las piezas de la Figura 66 y se sujetan en cada uno de sus extremos mediante la junta en L No 7, asegurándolas con sus respectivos tornillos y tuercas, en la parte central se sujeta de la junta del perfil No 8 con sus tornillos y tuercas apretando suavemente.

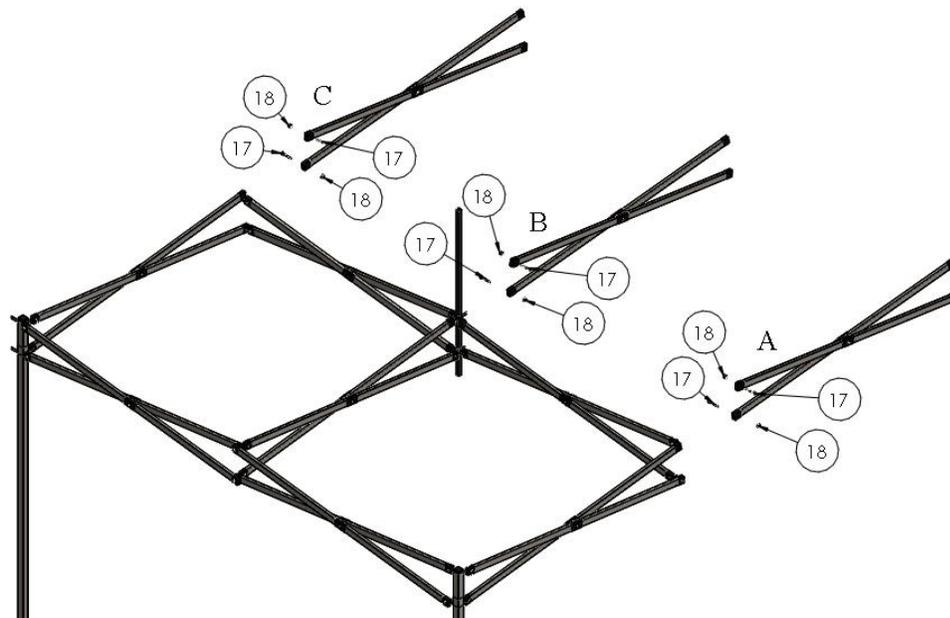


Figura 75. Ensamble de la segunda sección central.

	GUÍA PARA ANTEPROYECTO (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	PRESENTACIÓN DE INVESTIGACIÓN	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Como se muestra en la Figura 77a y 77c se sujeta el perfil mediante la junta No 13 en sus extremos luego se fija a la columna No 2 se colocan los tornillos y las tuercas, en la parte baja del perfil cuadrado se utiliza el soporte inferior No 9. En la parte central se sujeta de la junta en L No 7 como se muestra en la Figura 77b y se colocan los tornillos y las tuercas apretando suavemente.

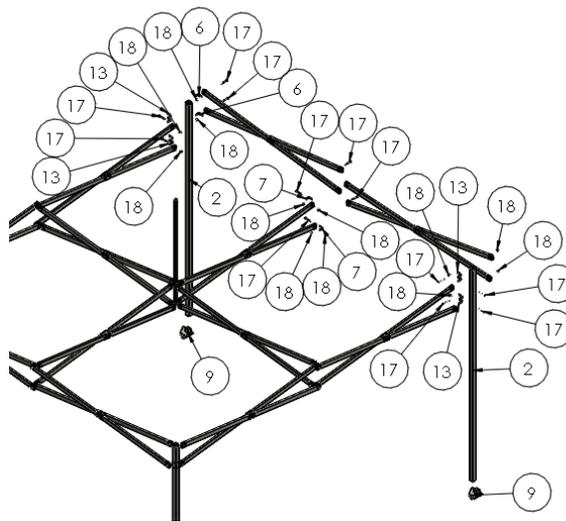


Figura 76. ensamble de la mitad de la estructura.

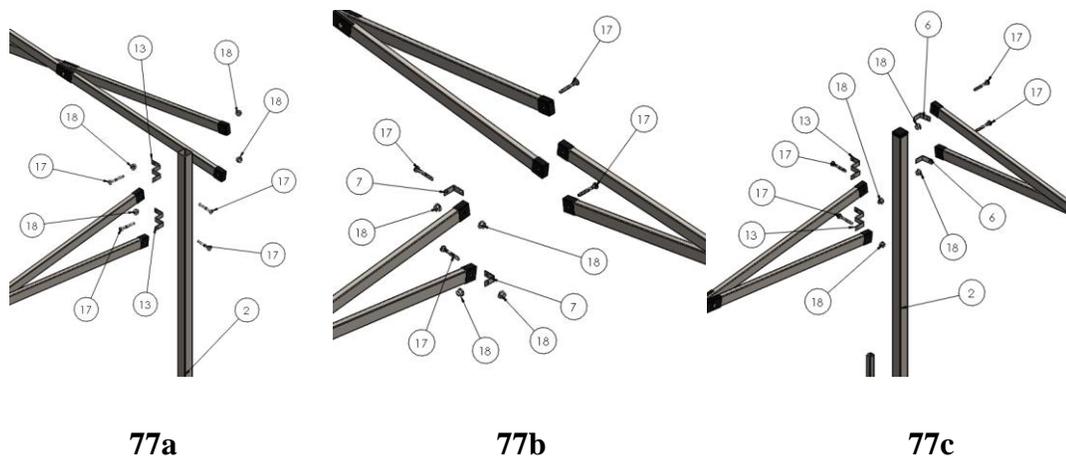


Figura 77. Acercamiento del ensamble de la mitad de la estructura. 77a) Unión sección A. 77b) Unión sección B. 77c) Unión sección C

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009

En la Figura 79a se puede ver que en la sección A se coloca un ensamble de la Figura 66 y se sujeta mediante la junta de columna No 13 la cual ya fue puesta anterior mente y se utilizan tornillos y tuercas como método de sujeción. En la sección B Figura 79b se pone un perfil rectangular con una junta en L No 7 con los tornillos y las tuercas correspondientes. En la sección C Figura 79c se coloca una unión de la Figura 66 y dos juntas No 13 en la columna No 2, se colocan los tornillos y las tuercas correspondientes apretando suavemente.

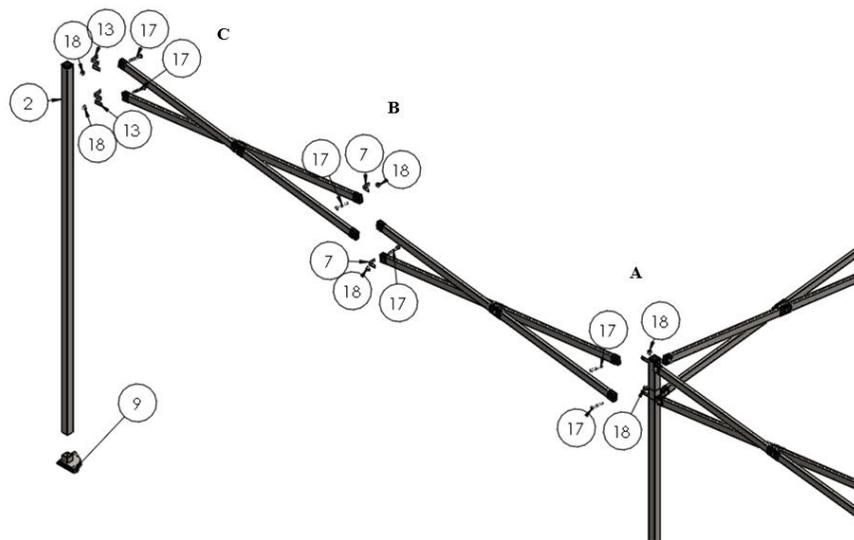


Figura 78. Ensamble segunda parte de la estructura.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)	PRESENTACIÓN DE INVESTIGACIÓN	Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

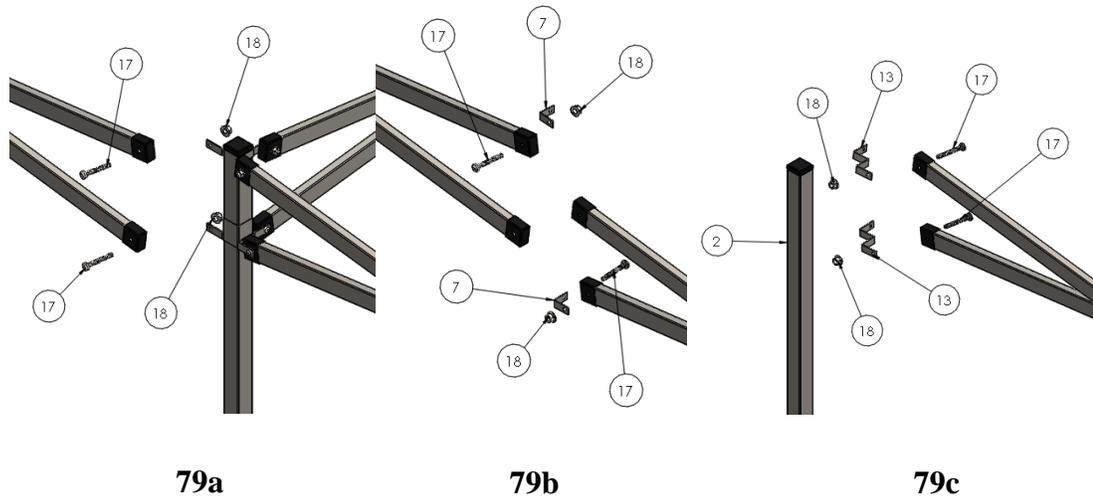


Figura 79. Acercamiento del ensamble segunda parte de la estructura. 79a) Unión sección A. 79b) Unión sección B. 79c) Unión sección C.

Se colocan dos Figuras 66 se ubican de forma perpendicular y se sujetan de las juntas en L No 7 con los tornillos y tuercas apretando suavemente, como se puede ver en la Figura 80.

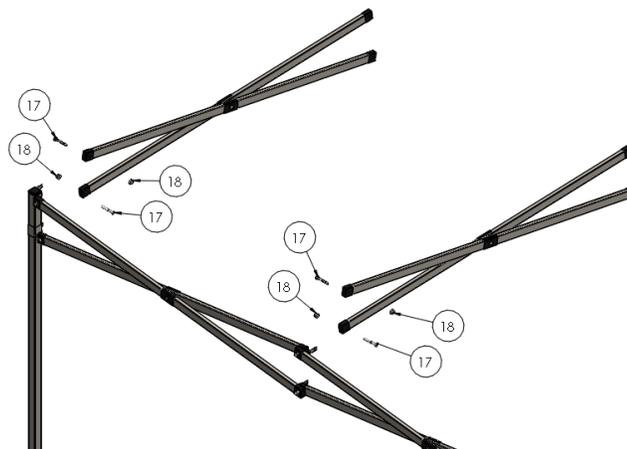


Figura 80. Unión de las tijeras a la segunda sección de la estructura.

Se toman las piezas de la Figura 80 y se sitúa al frente el ensamble de la Figura 66 en la parte A y C se sujetan mediante la junta en L No 7 con dos tornillos y dos tuercas apretando suavemente, como se muestra en la Figura 82a y Figura 82c. En la parte B se acopla mediante la junta No 8,

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

como método de empalme se utiliza el respectivo tornillo y tuerca como se muestra en la Figura No 82b.

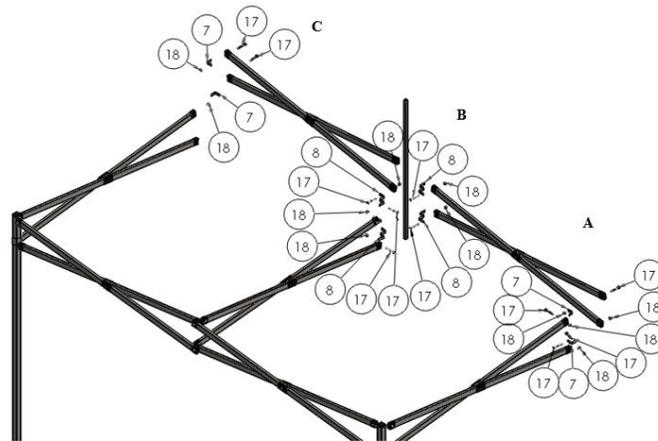


Figura 81. Ensamble parte del medio de la segunda sección.

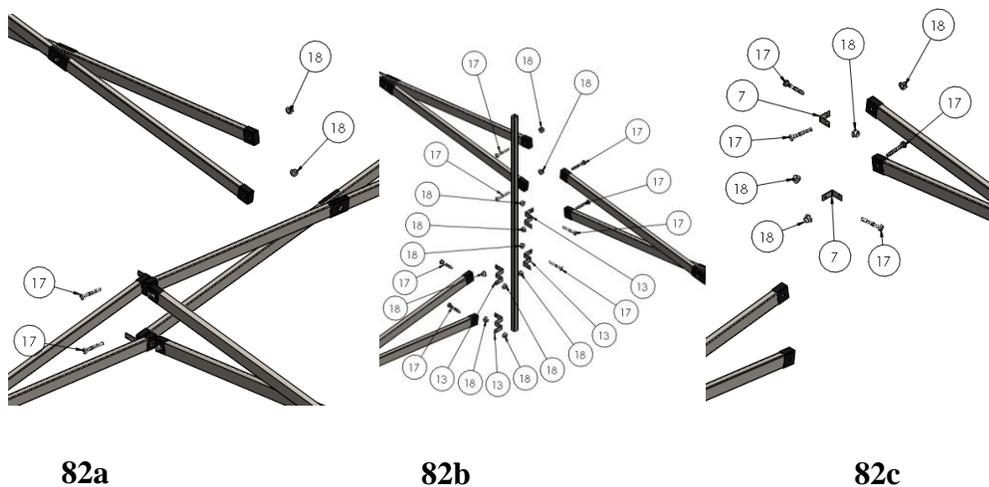


Figura 82. Acercamiento del ensamblaje parte del medio de la segunda sección. 82a) Unión sección A. 82b) Unión sección B. 82c) Unión sección C.

Se toma la Figura 83 y se coloca al frente la Figura 66 se sujetan con las juntas de columna No 13 mediante tornillos y tuercas apretando suavemente.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

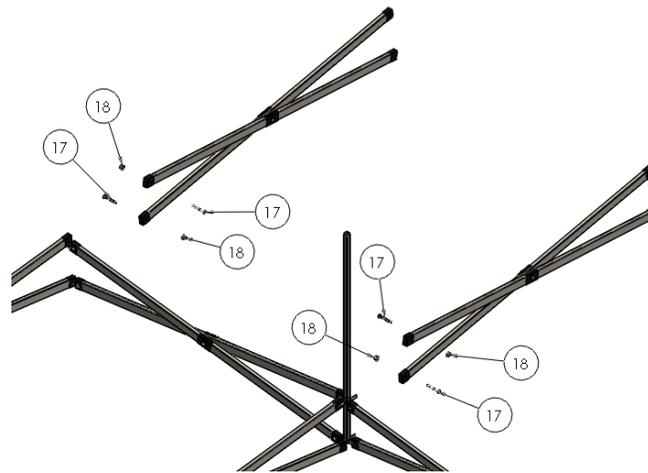


Figura 83. Ensamble parte final de la estructura.

Como se muestra en la Figura 85a se sujeta el perfil rectangular mediante la junta de columna No 13 en sus extremos con sus tornillos y tuercas. En la figura 85b se pone la junta en L No 7 y se toman los dos lados de la Figura 66 para colocar sus tornillos y tuercas apretando suavemente. Por último, en la Figura 85c se ponen la junta de perfil No 13 en cada extremo de los perfiles rectangulares y al frente se coloca la columna No 2, se instalan sus respectivos tornillos y tuercas en todas las uniones, en la parte inferior se coloca el soporte No 9 y en la parte superior se pone la tapa columna No 10.

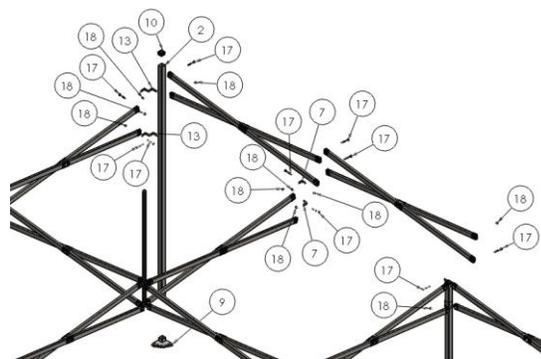


Figura 84. Ensamblaje total.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)		Código: IF-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

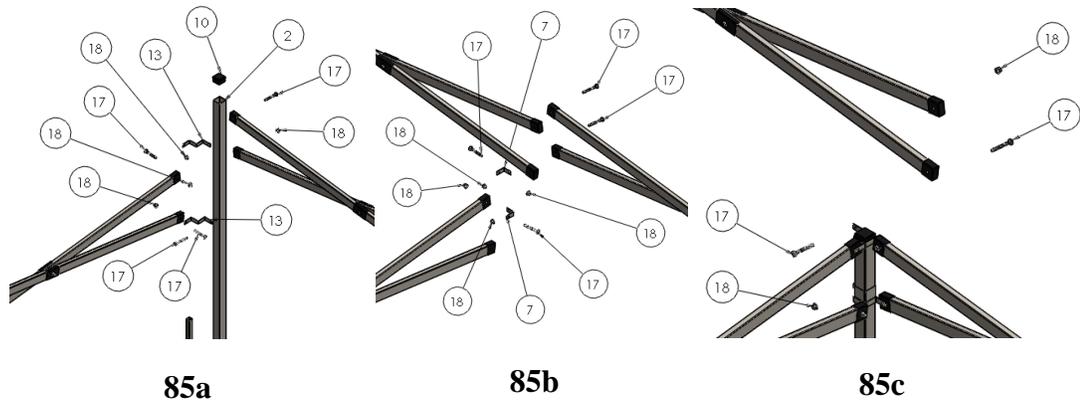


Figura 85. Acercamiento ensamblaje final. 85a) Unión sección A. 85b) Unión sección B. 85c) Unión sección C.