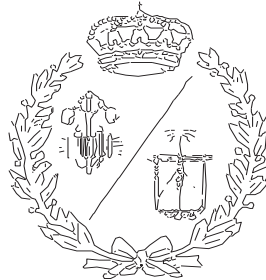


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**DISEÑO DE UNA CÚPULA MEDIANTE
NUDO PARAMÉTRICO PARA LA
CUBRICIÓN DEL MONUMENTO JOSE
MARÍA PEREDA**

**DOME DESIGN BASED IN A PARAMETRIC
NODE FOR THE COVERING OF THE
MONUMENT JOSE MARÍA PERDA**

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Álvaro García Garín

**Agosto -
2016**

TÍTULO	DISEÑO DE UNA CÚPULA MEDIANTE NUDO PARAMÉTRICO PARA LA CUBRICIÓN DEL MONUMENTO JOSE MARÍA PEREDA		
AUTOR	Álvaro García Garín		
DIRECTOR / PONENTE	Valentín Gómez Jáuregui		
GRADO EN INGENIERÍA	Mecánica	FECHA	29/08/2016

PLABRAS CLAVE

Nudo, parametrización, cúpula.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un aspecto clave en la ingeniería es la resolución de problemas. Se ha querido por ello centrar el proyecto en el diseño de un nudo adaptable a diversos parámetros geométricos para su implementación en cúpulas monocapa.

Se ha propuesto centrar la implementación del proyecto en el entorno cercano, por ello se ha seleccionado generar una cúpula como cubrición del monumento José María Pereda.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se ha diseñado y dimensionado la viabilidad de una cúpula monocapa como elemento estructural en la cubrición del monumento José María Pereda situado en los jardines de José María Pereda en Santander (Cantabria). La parte fundamental del proyecto ha sido el diseño de un nudo paramétrico que pueda adaptarse a la gran variedad de disposiciones angulares presentes en el diseño base, extraído de la tesis Doctoral realizada por el profesor Díaz Severiano, J. (2008). Del estudio de la potencia en el diseño de las estructuras espaciales cordales. Doctorado. Universidad de Cantabria.

La realización de este trabajo tiene como principal finalidad poseer una utilidad práctica, coger un problema y aportar una solución viable y razonable, además de proveer de un ejemplo físico de la solución mediante su impresión en 3-D.

Se irá desde el estudio de la geometría base elegida hasta la propuesta de diseño. Pasando por un análisis de viabilidad económica en la que se detalla el presupuesto final.

CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

El análisis estructural al que se ha sometido el elemento diseñado ha demostrado la viabilidad del mismo, siendo la parametrización de su geometría una de las partes clave del proyecto. No obstante en la partida presupuestal el total ha demostrado ser excesivo. Esto ha resultado así por la elección de los paneles, siendo los mismos de muy altas prestaciones. Por ello la implementación de otro tipo de panel de capacidades mecánicas similares puede llevar a una solución óptima.

El presupuesto elaborado asciende a un total de UN MILLÓN CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL QUINIENTO CINCUENTA Y NUEVE CON SESENTA Y TRES EUROS. (1.458.559,63 €)

BIBLIOGRAFÍA

- 1] Bos, F. (2009). Safety Concepts in Structural Glass Engineering – Towards an Integrated Approach,. PhD Thesis. TU Delft, the Netherlands.
- [2] Díaz Severiano, J. (2008). Del estudio de la potencia en el diseño de las estructuras espaciales cordales. Doctorado. Universidad de Cantabria.
- [3] F. A. Veer, J. Wurm, G. J. Hobbelman. (2014). The Design, Construction and Validation of a Structural Glass Dome. Delft University of Technology. Aachen University of Technology
- [4] G.J.Hobbelman, B. Timm, F.A. Veer, P.M.J. Van Swieten. The design of a full glass dome, using a new glass/polymer composite material. Delft University of Technology.
- [5] Makowski, Z. (2002). Development of jointing systems for modular prefabricated Steel space structures..
- [6] Makowski, Z. (1965). Steel space structures. London: M. Joseph.
- [7] Otero, C. (2016). Cr-Tangent meses. Journal of the international association for Shell and spatial structures: IASS, p.8.

*A mis padres y hermano, por su apoyo, ayuda y comprensión durante estos años,
a mis más cercanos amigos por sus ánimos
y al director de TFG, Valen, por su inestimable ayuda y amabilidad.*

DISEÑO DE UNA CÚPULA MEDIANTE NUDO PARAMÉTRICO PARA LA CUBRICIÓN DEL MONUMENTO JOSE MARÍA PEREDA

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

Se ha diseñado y dimensionado la viabilidad de una cúpula monocapa como elemento estructural en la cubrición del monumento José María Pereda situado en los jardines de José María Pereda en Santander (Cantabria). La parte fundamental del proyecto ha sido el diseño de un nudo paramétrico que pueda adaptarse a la gran variedad de disposiciones angulares presentes en el diseño base, extraído de la tesis Doctoral realizada por el profesor Díaz Severiano, J. (2008). Del estudio de la potencia en el diseño de las estructuras espaciales cordales. Doctorado. Universidad de Cantabria.

El proyecto constará de tres partes principales:

- Diseño del nudo y su parametrización
- Cálculo de los elementos que componen la cúpula
- Presupuesto

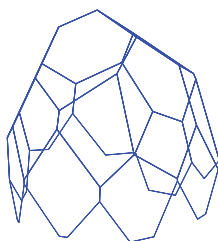


Ilustración 1

Dicha cúpula está conformada por 3 elementos básicos: Vigas, nudos y placas.

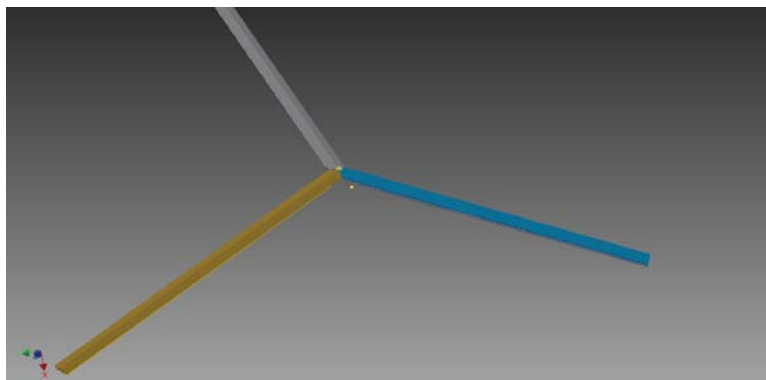


Ilustración 2

Las vigas serán de acero S235 y las placas serán un compuesto de policarbonato (2 láminas) y vidrio (3 láminas) de 20 mm de grosor. La ventaja que ofrecen los elementos constitutivos se basa en la simplicidad de los mismos y su adaptabilidad a cualquier disponibilidad geométrica del triedro. Otra ventaja es que las placas de la estructura son planas, las cuales son más económicas que las curvas.

Metodología

El diseño estructural de la cúpula se ha realizado mediante los software Autocad y Autodesk Inventor, poniéndose énfasis en la parametrización del conjunto mediante programación en macros de Excel. Los cálculos de elementos finitos se han realizado con la herramienta Inventor.

Presupuesto

Por último se ha realizado un presupuesto para el diseño y elaborado uno que describa los materiales necesarios para el montaje de la estructura a partir de un análisis de mercado, mediante la consulta de precios.

Santander, a 29 de Agosto de 2016.

DOCUMENTO 1

MEMORIA

ÍNDICE:

1.1.- MEMORIA DESCRIPTIVA	7
1.1.1.- ENCUADRE DEL PROYECTO.....	7
1.1.1.1.- FORMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA CÚPULA.....	7
1.1.2.- UBICACIÓN DE LA OBRA.....	13
1.2.- DISEÑO DEL CONJUNTO NUDO-BARRA.....	15
1.2.1.- JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO.....	15
1.2.2.- EXTRACCIÓN DE DATOS.....	18
1.2.3.- PARAMETRIZACIÓN Y ENSAMBLAJE DEL CPNJUNTO.....	18
1.2.4.- DISEÑO DEL NUDO.....	23
1.2.5.- UNIÓN BARRA-NUDO.....	24
1.2.6.- IMPRESIÓN DEL CONJUNTO EN 3-D.....	24
1.3.- PANELES.....	26
1.3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS PANELES ZAPI.....	26
1.3.2.- UNIÓN PANEL-BARRA.....	27
1.3.3.- DISEÑO DEL PANEL.....	28
1.4.- DISEÑO DE LAS ZAPATAS.....	29
1.5.- CÁLCULOS.....	30
1.6.- BIBLIOGRAFÍA.....	31
1.7.- ANEXOS.....	32
1.7.1.- TABLA DATOS CÚPULA.....	32
1.7.1.- INTERFAZ DE PARAMETRIZACIÓN.....	55
1.7.2.- CÓDIGO PARA DEFINIR LA UBICACIÓN DEL ARCHIVO.....	58
1.7.3.- ANÁLISIS DE TENSIONES DEL NUDO.....	59

1.1.- MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.1.- ENCUADRE DEL PROYECTO

Se ha diseñado y dimensionado una cúpula como elemento estructural en la cubrición del monumento José María Pereda situado en los jardines de José María Pereda en Santander (Cantabria). Dicho Trabajo de Fin de Grado está encuadrado dentro de las especificaciones del Grado en Ingeniería Mecánica, concretamente en la especialidad de estructuras.

El proyecto constará de dos partes principales:

- Diseño del nudo y su parametrización
- Cálculo de los elementos que componen la cúpula



Ilustración 3

1.1.1.1.- FORMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA CÚPULA

La forma de la cúpula corresponde a una malla geotangencial, cuyo entramado se ajusta a una teselación de Voronoi trasladada a un elipsoide de revolución. El diseño base está extraído de la tesis doctoral que presentó el profesor José Andrés Díaz Severiano en la Universidad de Cantabria, titulada: "Del estudio de la potencia en el diseño de las estructuras espaciales cordales". Enmarcada en una línea de investigación en mallas espaciales, cuyo objetivo fue la incorporación de la Geometría Computacional al diseño de estructuras

espaciales a partir de superficies cuádricas por medio de mallas poliédricas. (Díaz Severiano, 2008).

El resumen del procedimiento seguido en la generación de la malla se basa en el desarrollo de dos conceptos:

- Generación del diagrama Voronoi
- Traslación del diagrama al elipsoide

Generación del diagrama Voronoi

El diagrama Voronoi es una de las estructuras fundamentales dentro de la geometría computacional, que se basa principalmente en la proximidad. Considerando un conjunto S de puntos en el plano. $S=\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, donde $S_i=(x_i, y_i)$. Dado un miembro S_i del conjunto, el polígono de Voronoi de S_i , $V(S_i)$, se define como el conjunto de puntos P_i del plano que están más cerca a S_i que cualquier otro punto S_j de S . (Otero, Cesar. 2016).

Cada punto S_i de S define un polígono de Voronoi, las n regiones derivadas de la partición del plano a partir del conjunto S en una red convexa son conocidas como el diagrama Voronoi de S . Cada línea segmentada del diagrama es un lado Voronoi y sus puntos finales son llamados vértices Voronoi. Nótese que los puntos S_i no son vértices del diagrama; los mismos serán referidos como puntos generadores.

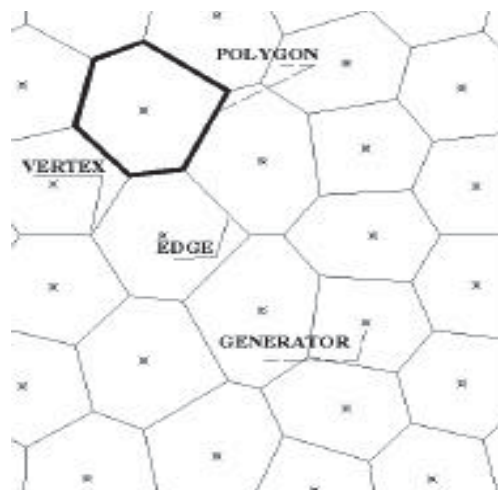


Ilustración 4

Las propiedades del diagrama Voronoi son las siguientes:

- 1.- Cada polígono Voronoi $V(S_i)$ contiene sólo un punto generador S_i .

- 2.- Cada $V(S_i)$ es un polígono convexo.
- 3.- Cada lado del diagrama Voronoi es el bisector perpendicular de dos puntos generadores S_i y S_j .
- 4.- Cada vértice Voronoi es la intersección común de exactamente tres lados del diagrama. Sólo cuando cuatro puntos generadores son cocirculares el vértice Voronoi une cuatro vértices.
- 5.- El dual del Diagrama de Voronoi es la triangulación de S. (Subdivisión del plano, donde cada polígono es un triángulo y donde cada vértice es un punto generador). Ilustración 4.

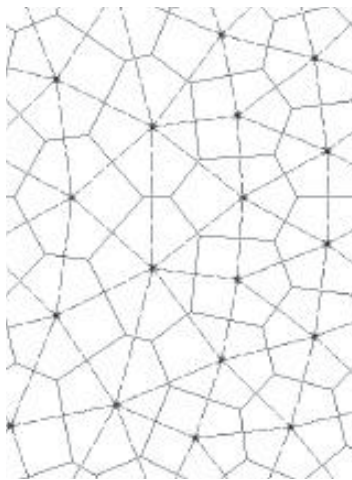


Ilustración 5

En la siguiente imagen, Ilustración 6, se puede apreciar la triangulación de Delaunay mencionada anteriormente.



Ilustración 6

La colección de propiedades no depende de la situación de los puntos generadores en el plano, por lo que es posible llevar a cabo mallados regulares, semi-regulares, periódicos o de cualquier tipo mediante Voronoi si el conjunto S es adecuado.

Traslación del diagrama al elipsoide

El traslado del diagrama plano al elipsoide elegido para conformar la cúpula se realiza mediante un método de representación estereográfica, el cual proyecta la superficie de una esfera sobre un plano mediante un conjunto de rectas que pasan por un punto o foco o viceversa. Ilustración 7.

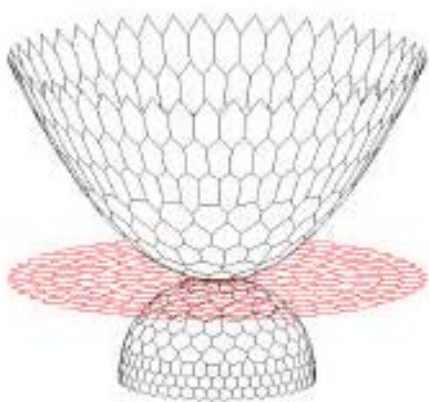


Ilustración 7

El diagrama de Voronoi utilizado en el presente proyecto es el siguiente, ilustración 8:

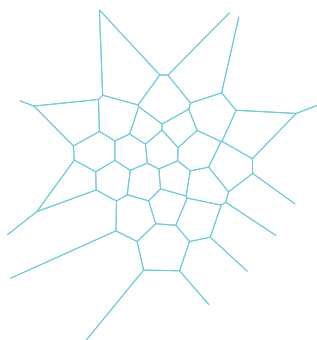


Ilustración 8

En la ilustración 9 puede apreciarse el diagrama utilizado con los puntos generadores indicados en el mismo:

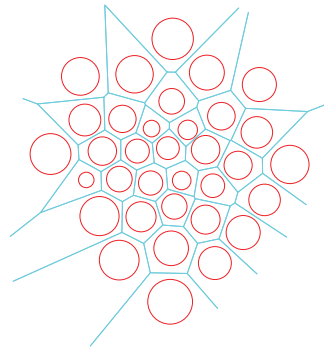


Ilustración 9

Quedando finalmente la cúpula definida, de forma alámbrica, de la siguiente manera:

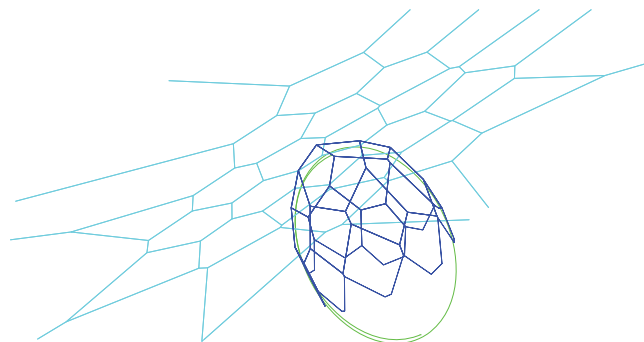


Ilustración 10

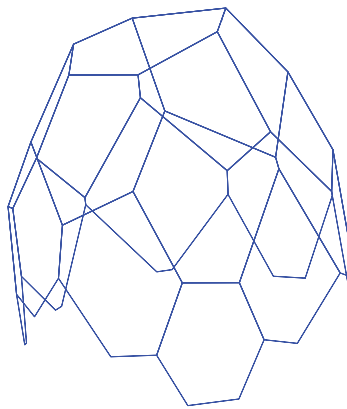


Ilustración 11

Quedando como resultado final una malla alámbrica con las siguientes características:

Nudos	40
Barras	61
Placas	18

Tabla 1

1.1.2.- UBICACIÓN DE LA OBRA

Se ha seleccionado como ubicación de la obra los Jardines de Pereda, concretamente el monumento a José María Pereda, como cubrición del mismo. Ubicado en Santander (Cantabria). Cuyas coordenadas UTM son: X = 434918.12, Y = 4812336.86, huso = 30, hemisferio norte. (<http://mapas.cantabria.es/>)



Ilustración 12

Finalmente se ha realizado un encaje de la cúpula ya desarrollada en un modelo digital del terreno, obtenido también de la Consejería de Ordenación del Territorio del Gobierno de Cantabria. No obstante en dicha cartografía al estar desactualizada debido a la remodelación de los jardines ha habido que realizar el encaje superponiendo el vuelo fotogramétrico y el modelo digital. (<http://mapas.cantabria.es/>).

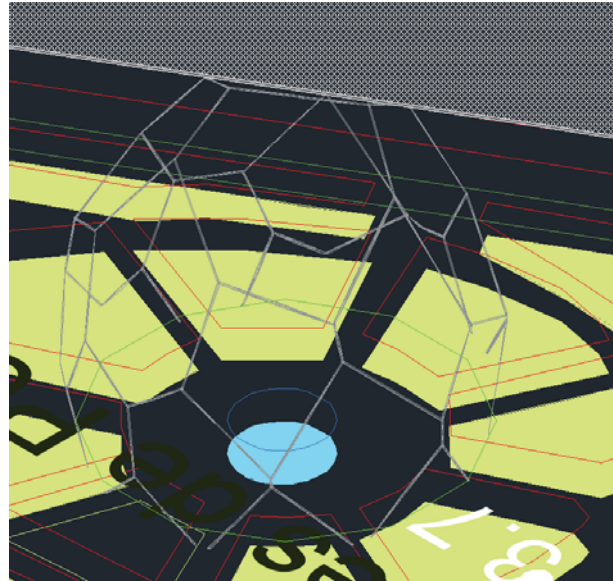


Ilustración 13

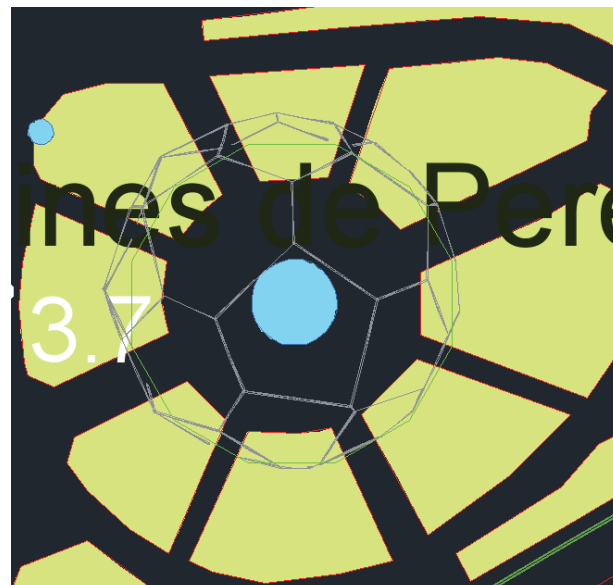


Ilustración 14

1.2.- DISEÑO DEL CONJUNTO NUDO-BARRA

1.2.1.- JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO

Tal y como se indica al inicio el principal objetivo del presente proyecto es el diseño de un nudo paramétrico, siendo dicho nudo y las barras adaptables a diversos ángulos y longitudes presentes en la estructura. Antes de concretar el diseño, conviene aclarar que el nudo ha sido desarrollado para mallas monocapa, no estando pensado para su implementación en mallas en doble capa (F. A. Veer, J. Wurm, G. J. Hobbelman. 2014) donde se ha estudiado la posibilidad de desarrollar cúpulas cuya capacidad portante sea una combinación de las placas y las uniones entre éstas.

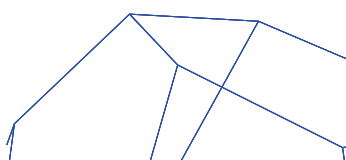


Ilustración 15

La cúpula está conformada por polígonos irregulares, convergiendo de tres en tres en un mismo punto -vértices- y creando intersecciones -aristas-. Constituyendo lo que comúnmente se conoce como triedro, véase ilustración 16. (<http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/expresion-grafica-y-dao/material-de-clase-2/T5AngTri.pdf>)

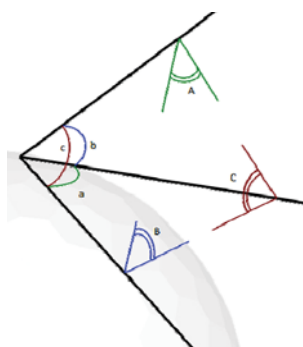


Ilustración 16

El cual está formado por tres semirrectas, aristas y tres caras. Siendo los ángulos:

- Ángulo de cara: Ángulo comprendido por las dos semirrectas que delimitan la cara. Se denominan con las letras a, b y c.
- Ángulo diedro: Ángulos comprendido entre los planos de dos de las caras del triedro. Se denominan con las letras A, B y C.

Por tanto la parametrización del nudo debe tener en cuenta los valores de 6 ángulos, debiendo de poder modificarse cualesquiera de ellos, así como tener en cuenta las barras.

1.2.2.- EXTRACCIÓN DE DATOS

Entre los datos necesarios para el ensamblaje de la cúpula están los 3 pares de ángulos y la longitud entre los vértices. Mediante Autocad se van trasladando los datos a una tabla de Excel para ser luego importados en Autocad Inventor y así parametrizar el conjunto.

Para facilitar la extracción de los mismos, se divide la cúpula en dos anillos, superior e inferior y cada anillo en placas, cada placa constituida por un número de nudos, cuyo valor oscila entre 5 y 7, dependiendo del tipo de polígono.

Para el diseño del nudo se ha dividido éste en 3 partes, una división por cada par de ángulos (cara y diedro). Por tanto cada nudo estará constituido por 3 subdivisiones denominadas A, B y C. Unidas a sus contrapartes, las barras, también denominadas A, B y C. Ilustración 17.

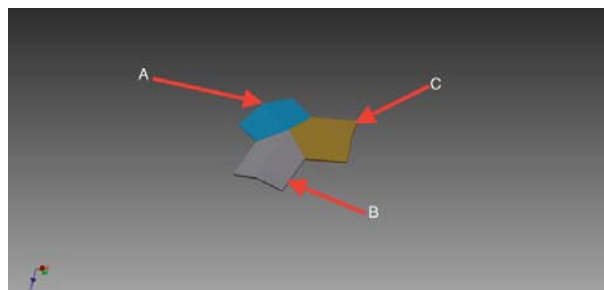


Ilustración 17

Los ángulos de cara son los denominados AB, BC y CD. Dichos ángulos necesitan ser operados para garantizar la correcta inserción del conjunto, el ángulo comprendido entre por ejemplo A y B tiene un cierto valor. Para poder insertar el valor en el conjunto del diedro se debe cumplir que el ángulo comprendido AB se divida en partes iguales entre A y B.

Geométricamente:

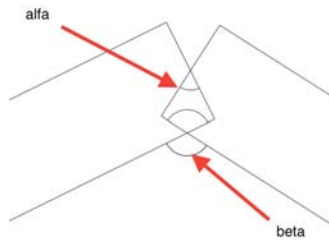


Ilustración 18

En la ilustración 18 se puede apreciar como el valor medido, beta (β), tiene su complementario en la parte superior, formando un triángulo doble con el ángulo alfa (α). Pudiéndose escribir:

$$\frac{\alpha}{2} + \frac{\beta}{2} + 90^\circ = 180^\circ$$

Ecuación 1

Quedando finalmente la relación del ángulo medido β , con el ángulo de intersección α :

$$\alpha = 180^\circ - \beta$$

Ecuación 2

Siendo $\alpha/2$ el valor del ángulo intersección entre los sólidos, obteniéndose de esta forma los valores de ángulos de cara.

En el caso de las barras, los datos a introducir son los ángulos diedros y las longitudes, siendo éstas la mitad del valor de la distancia entre vértices con el fin de ensamblar el conjunto.

1.2.3.- PARAMETRIZACIÓN Y ENSAMBLAJE DEL CONJUNTO

Al estar compuesto el conjunto por 40 nudos con sus respectivas barras, todos ellos de diferente geometría, queda patente la necesidad de parametrizar el diseño, y que mediante archivos Excel el software modifique los valores dentro del ensamblaje.

Para este objetivo se ha propuesto que cada archivo tome los datos de otro de orden superior, con el objetivo de que únicamente rellenando los valores del primer Excel el resto se actualicen, para así redefinir la estructura definiendo, siendo el diagrama seguido el siguiente:

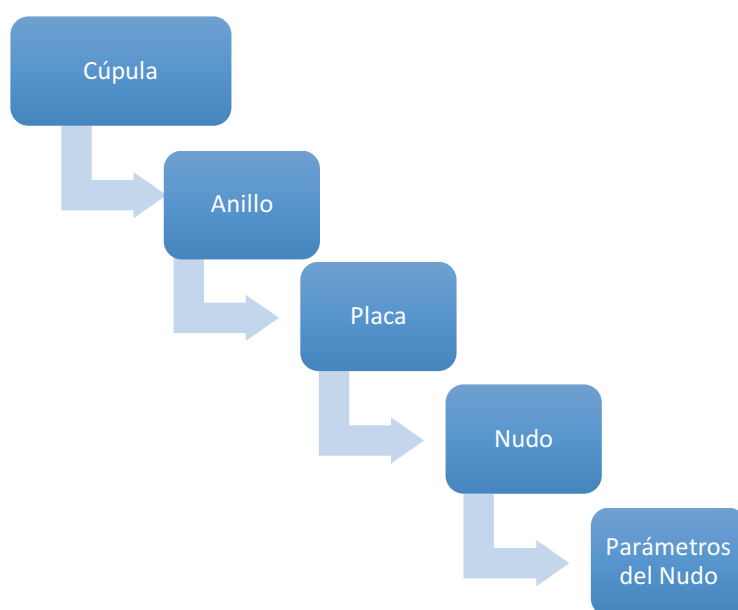


Diagrama 1

El archivo Excel de la cúpula alberga dos libros, una por cada anillo (superior e inferior) y en el anillo están incluidas las placas, 10 para el anillo superior y 7 para el inferior.

Se parte de una carpeta denominada Nudo, donde se encuentra alojados los componentes A, B y C del nudo y la barra, vinculado cada uno de ellos a un archivo Excel. Estos archivos recogen los datos del Excel denominado Placa, que a su vez los extrae del anillo alojado en el Excel Cúpula.

Dentro de cada componente los datos parametrizados son:

Para el caso de las barras del conjunto:

Ancho_ala_A	100 mm	Anillo1	Path name
Angulo_A	135,82 deg	Placa1	
Largo_A	3173,5 mm	Nudo1	

The drawing shows a mechanical part with a central horizontal section and two vertical sections on the sides. The top horizontal section is labeled 'Ancho Ala' (Wing Width) with a dimension line indicating a width of 100 mm. The bottom horizontal section is labeled 'Ángulo A' (Angle A) with a curved dimension line indicating an angle of 135,82 degrees. The overall length of the part is indicated by a dimension line at the bottom, labeled 'Largo_A' (Length A), with a value of 3173,5 mm. The part is shown in a perspective view, with the top and bottom surfaces highlighted in yellow.

Ilustración 19

Parametrización del nudo:

Angulo_Diedro	103,355	deg	Anillo3	Path name
Angulo_AB	25,813	deg	Placa1	
Angulo_AC	27,973	deg	Nudo2	

Ilustración 20

Que a su vez toman los datos de:

[illegible]

Ilustración 21

El objetivo de la macro instalada en cada archivo (ver botón “Path name” de las ilustraciones anteriores) es la de actualizar la carpeta donde está situado el conjunto así como las subcarpetas.

Dicha macro se compone de un código VBA que se encarga de localizar en las respectivas celdas donde está localizado el archivo.

Así en el caso de la ilustración 18 “Path Name” indica que el Excel se encuentra localizado en Anillo 1 → Placa 1 → Nudo 1, de un total de 6 que tiene la carpeta, tal y como se puede apreciar en la ilustración 22.

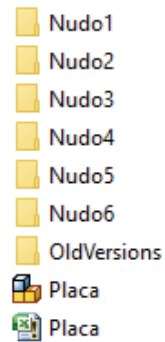


Ilustración 22

Que a su vez se encuentra alojada en el conjunto de placas del anillo. Véase Ilustración 23.

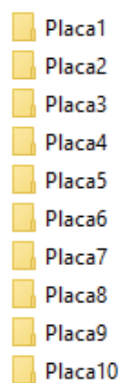


Ilustración 23

Para el ensamblaje del nudo se realizan una serie de restricciones:

- Coplanaridad entre cada ala: A coplanaria a B, B coplanaria a C y C coplanaria a A.
- Los tres vértices coincidentes.
- Al igual que la restricción para que sean coplanarias se restringen las aristas dos a dos.

Al realizar esta serie de operaciones geométricas se obtiene el diedro, seguidamente se añaden las barras mediante restricciones de coplanaridad y coincidencia de aristas. Obteniéndose un ensamblaje como aparece en la ilustración 24.

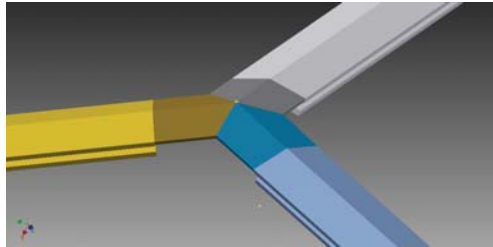


Ilustración 24

Una vez obtenidos los Nudos se procede a realizar las misma restricciones que se han realizado en las barras pero en este caso entre ellos. Si las medidas han sido bien trasladadas de la malla alámbrica al modelo no debería haber ningún problema a la hora de cerrar la placa. Obteniéndose errores que oscilan entre 1 y 3 mm.

La práctica ha demostrado que realizar modificaciones en los componentes y actualizar el ensamblaje es factible en la mayoría de los casos. Probándose de esta forma la efectividad de este sistema. Ilustración 25.

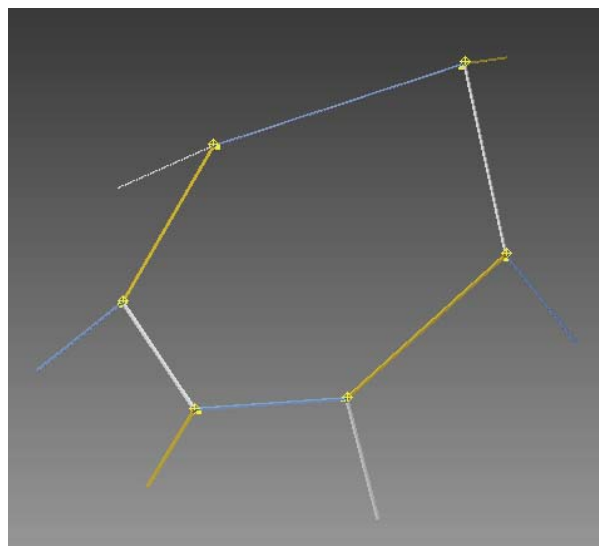


Ilustración 25

Una vez obtenidas las placas es el turno de ensamblarlas para conformar la cúpula, conformando el entramado. El resultado final del mismo será:

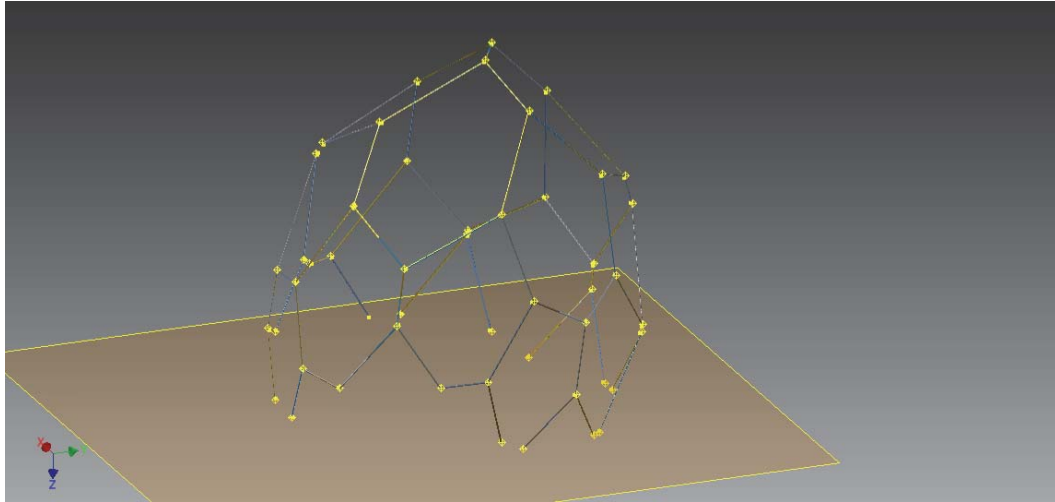


Ilustración 26

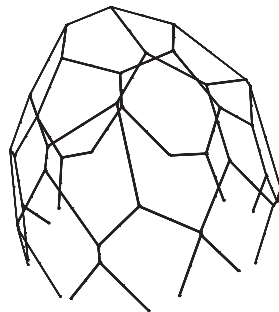


Ilustración 27

1.2.4.- DISEÑO DEL NUDO

Con el fin de que el nudo cumpliera las condiciones geométricas mencionadas anteriormente se optó por un diseño en chapa. Dicha chapa cumple a la perfección las necesidades geométricas del conjunto.

Como se ha mencionado previamente el diseño estará parametrizado para facilitar la inserción del mismo en el conjunto. El nudo vendrá formado por los componentes A, B y C mencionados anteriormente, uniéndose los mismos mediante una soldadura. Ilustración 28.

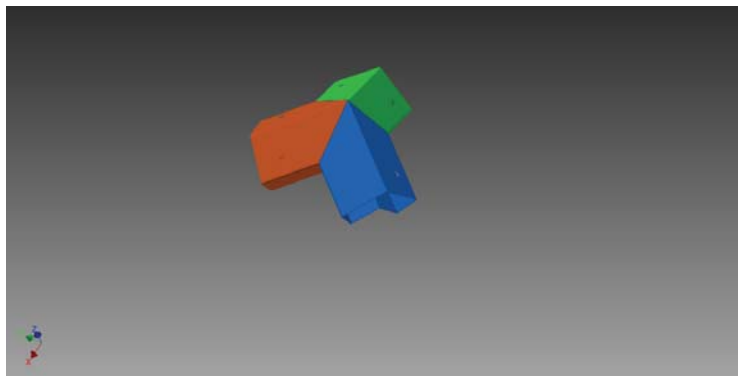


Ilustración 28

Al generar cada elemento del nudo un conjunto cerrado el mismo irá rodeando todo el perímetro de la conexión de la barra. Adaptándose al posible ángulo diedro. Ilustración 29.

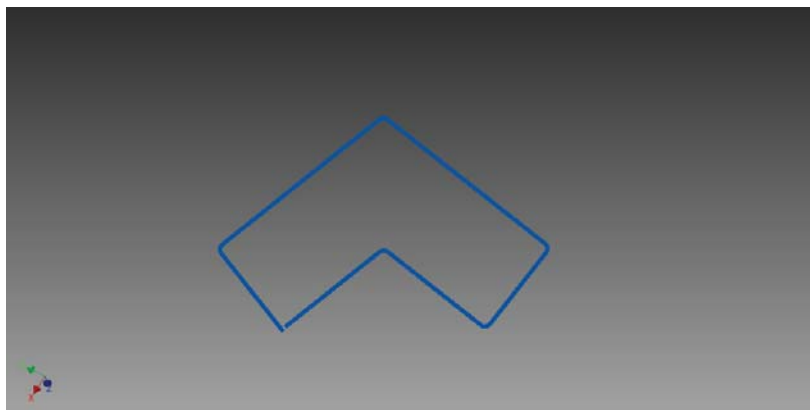


Ilustración 29

1.2.5.- UNIÓN BARRA-NUDO

Para conectar el nudo y barra se ha elegido una unión de tipo perno para conectar ambos elementos, dicha unión se realiza mediante una prolongación de la barra, que a su vez va embebida en la superficie cerrada formada por la subdivisión del nudo.

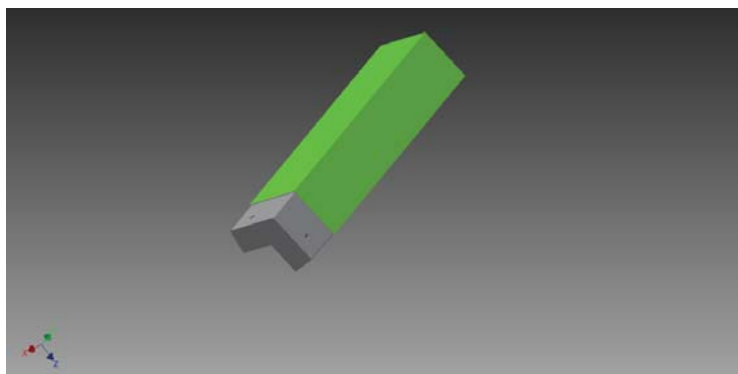


Ilustración 30

Por último el resultado de la unión tendrá la siguiente apariencia:

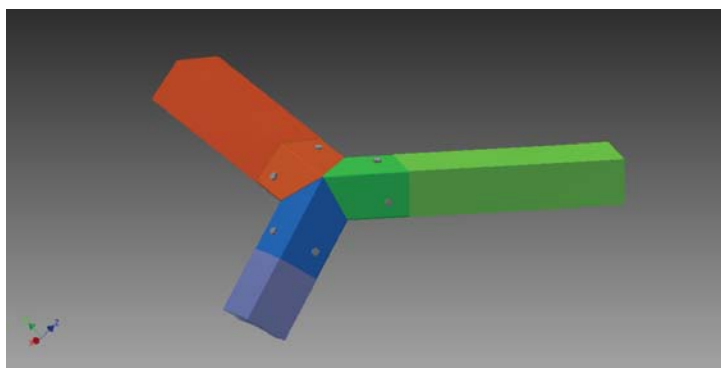


Ilustración 31

1.2.6.- IMPRESIÓN 3D DEL CONJUNTO

Con el objeto de hacer más tangible el diseño del nudo y poder probar su funcionalidad se ha optado por realizar una impresión en 3 dimensiones del mismo en la impresora del Departamento de Expresión gráfica de la Universidad de Cantabria. Se ha seleccionado una parte del sub-ensamblaje, los elementos escogidos han sido el nudo A (azul) y su correspondiente barra.

La impresión se ha realizado en PLA uniéndose la barra a la subdivisión del nudo mediante tornillería que se ajuste a la escala 1:2 aplicada al conjunto.

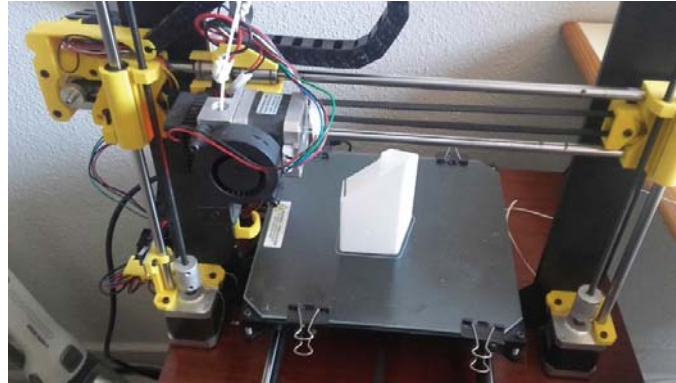


Ilustración 32

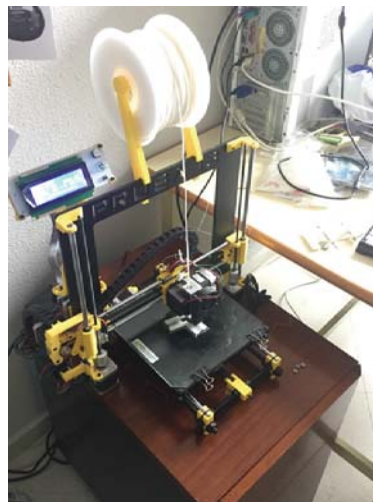


Ilustración 33

1.3.- PANELES

1.3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS PANELES ZAPPI

Los paneles seleccionados para el diseño han sido probados anteriormente por la universidad de Delft en el diseño y construcción de una cúpula de cristal, (F. A. Veer, J. Wurm, G. J. Hobbelman.2014). Dicho material está compuesto de policarbonato y vidrio, cuyas capacidades mecánicas se acercan a las capacidades mecánicas del acero.

El vidrio que compone los paneles está sometido a un recocido y más tarde endurecido químicamente con el fin de aumentar la resistencia del mismo. Seguido de un tratamiento de pulido del lateral del cristal con el fin de evitar concentradores de tensiones.

El polímero usado se trata del nylon PA6C, obtenido del nylon blanco mediante la adición de ciertos componentes químicos. Las placas serán un compuesto de policarbonato (2 láminas) y vidrio (3 láminas) de 20 mm de grosor. Los resultados arrojados por el estudio muestran que las características mecánicas son las siguientes:

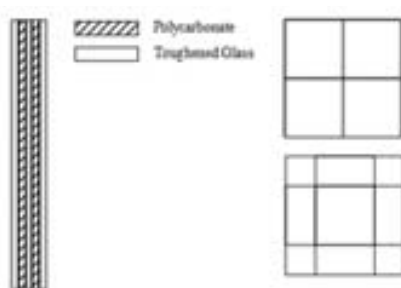


Ilustración 34

En la ilustración 33 se indica la disposición de los paneles Zappi y su orden de colocación, a la derecha del perfil se indican las configuraciones en las que se distribuyen las láminas. El orden de dicha configuración viene indicado en la siguiente imagen, ilustración 35.

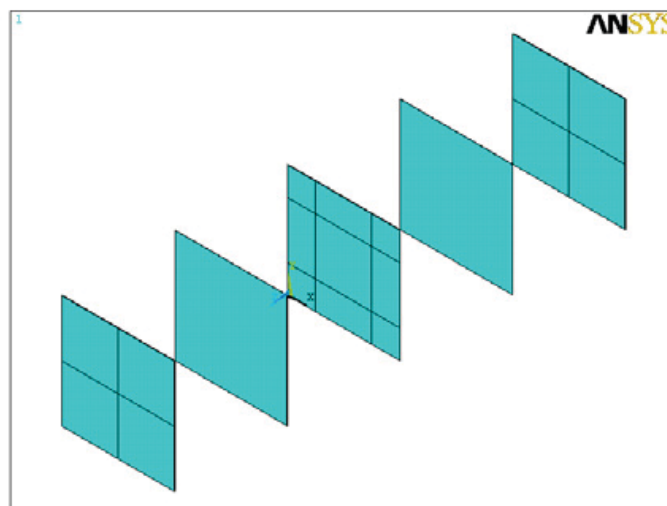


Ilustración 35

1.3.2.- UNIÓN PANEL-BARRA

La unión es una de las partes críticas del diseño, debiendo cumplirse:

- No tener concentradores de tensiones.
- Moderar cualquier golpe que sufra la estructura.
- Evitar la transmisión de cualquier choque o golpe causado por el fallo de un panel.

Para realizar la unión del panel con la barra se ha realizado una incisión en forma de U en la mitad de la misma, en donde irá encajado el panel, en el cual se ha realizado un rebaje en previsión del encaje.

La unión se realizará mediante un adhesivo, incluyendo entre el acero de la barra y el panel una junta con el objetivo de evitar concentradores de tensiones en los bordes del cristal.

1.3.3.- DISEÑO DEL PANEL

Como se ha indicado anteriormente el panel será un único plano con rebajes a lo largo de su perímetro con el fin de encajarlo en la barra.

En la ilustración 36 se indica una muestra de panel aleatorio:

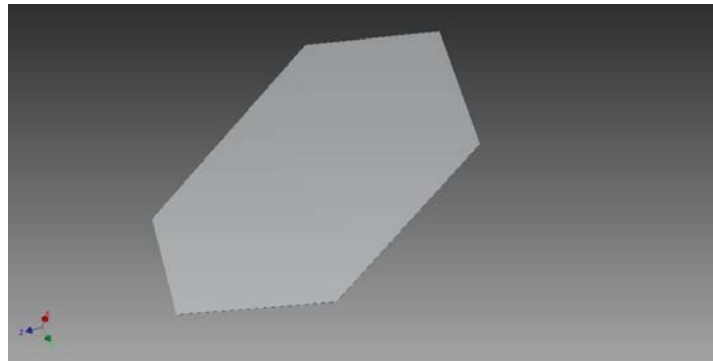


Ilustración 36

Téngase en cuenta que debido al tipo de entramado, las 18 placas presentes tendrán una geometría totalmente distinta.

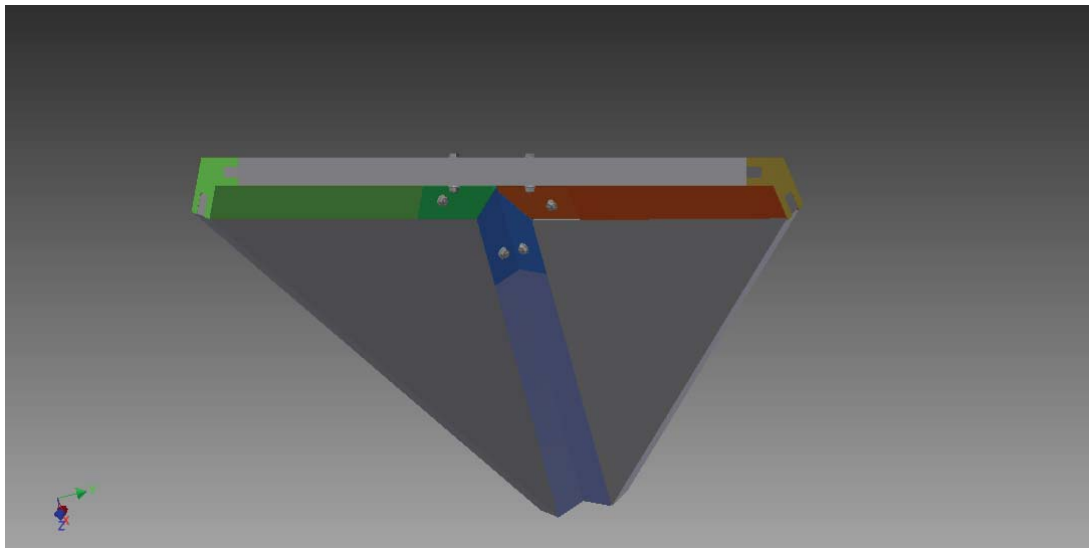


Ilustración 37

En la ilustración 37 se puede observar el resultado del ensamblaje entre el panel y la barra.

Una vez obtenidas las geometrías de las 18 placas, se procede a modelarlas en 3 dimensiones, para posteriormente implementarlas en el entramado de la cúpula, siendo el resultado:

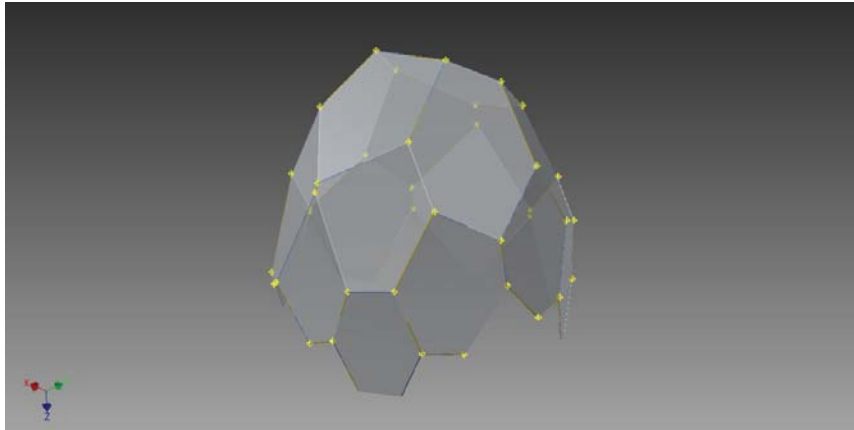


Ilustración 38

1.5.- DISEÑO DE LAS ZAPATAS

Para el diseño de las zapatas se ha seleccionado uno basado en un diseño con micropilotes, indicándose el mismo en la ilustración 39.

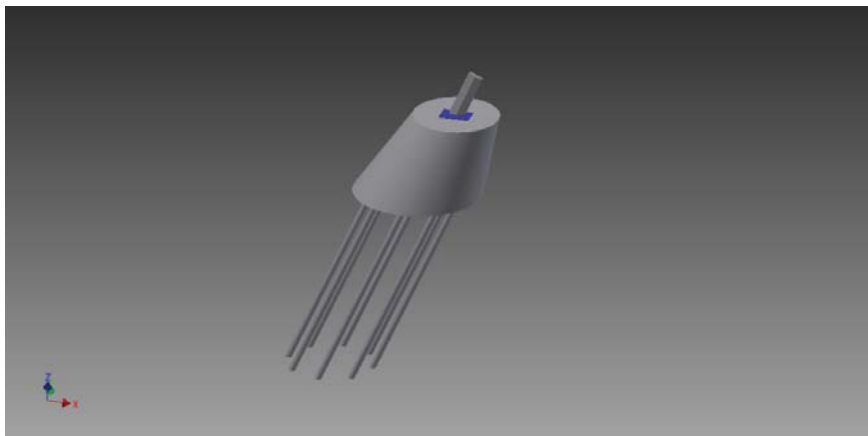


Ilustración 39

1.5.- CÁLCULOS

El presente proyecto ha tenido como objeto el diseño del nudo paramétrico, no obstante se ha realizado un inciso de cómo realizar el análisis estructural mediante la herramienta Autodesk Inventor. Además también se ha proporcionado un análisis tensional con el objetivo de conocer la distribución de esfuerzos en el nudo.

Se ha encontrado que el punto más susceptible a concentrar las tensiones es la cúspide del mismo, en la intersección del triedro.

Por otra parte el hecho de que el diseño sea paramétrico facilita que en el caso de que la tensión en alguna de las partes de la estructura sea excesiva se pueda redimensionar alguno de sus parámetros con el objetivo de disminuir el mencionado esfuerzo.

En el anexo proporcionado en el presente documento se encuentran los valores hallados en la simulación con el correspondiente valor de las deformaciones.

1.6.- BIBLIOGRAFÍA

[1] Bos, F. (2009). Safety Concepts in Structural Glass Engineering – Towards an Integrated Approach,. PhD Thesis. TU Delft, the Netherlands.

[2] Díaz Severiano, J. (2008). Del estudio de la potencia en el diseño de las estructuras espaciales cordales. Doctorado. Universidad de Cantabria.

[3] F. A. Veer, J. Wurm, G. J. Hobbelman. (2014). The Design, Construction and Validation of a Structural Glass Dome. Delft University of Technology. Aachen University of Technology

[4] G.J.Hobbelman, B. Timm, F.A. Veer, P.M.J. Van Swieten. The design of a full glass dome, using a new glass/polymer composite material. Delft University of Technology.

[5] Makowski, Z. (2002). Development of jointning systems for modular prefabricated Steel space structures..

[6] Makowski, Z. (1965). Steel space structures. London: M. Joseph.

[7] Otero, C. (2016). Cr-Tangent meses. Journal of the international association for Shell and spatial structures: IASS, p.8.

1.7.- ANEXOS

1.7.1.- TABLAS DE DATOS CÚPULA

Anillo 1

PLACA 1			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
103,355	A	4,237	
105,232	B	6,598	
122,607	C	6,978	
ANGULO CARA			
29,689	AB		
41,842	BC		
40,144	CA		
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
103,355	A	4,237	
124,681	B	6,431	
128,912	C	6,531	
ANGULO CARA			
25,813	AB		
50,698	BC		
27,973	CA		
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
142,704	A	5,800	
143,833	B	5,751	
128,912	C	6,531	
ANGULO CARA			
45,678	AB		
25,561	BC		
25,186	CA		
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
138,387	A	6,809	
143,167	B	5,481	
120,206	C	1,801	
ANGULO CARA			
42,572	AB		
29,321	BC		
25,216	CA		

NUDO 5			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
138,387	A		6,809
116,887	B		4,516
142,480	C		8,267
ANGULO CARA			
55,182	AB		
22,136	BC		
19,902	CA		
NUDO 6			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
115,645	A		5,486
105,232	B		6,598
142,480	C		8,267
ANGULO CARA			
33,547	AB		
34,301	BC		
42,610	CA		

Anillo 2

PLACA 1			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
57,394	122,606	A	6,598
76,645	103,355	B	4,238
74,768	105,232	C	6,978
ANGULO CARA			
99,71	40,145	AB	13,196
120,621	29,690	BC	8,475
96,316	41,842	CA	13,957
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	122,606	A	6,598
36,846	143,154	B	7,304
47,642	132,358	C	5,210
ANGULO CARA			
118,694	30,653	AB	
89,959	45,021	BC	14,608
134,614	22,693	CA	10,419
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
36,008	143,992	A	6,230
34,838	145,162	B	5,157
	132,358	C	5,210

ANGULO CARA			
91,673	44,164	AB	12,460
127,322	26,339	BC	10,313
129,4	25,300	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
36,244	143,756	A	6,341
	145,162	B	5,157
44,18	135,820	C	3,274
ANGULO CARA			
99,404	40,298	AB	12,681
123,183	28,409	BC	
126,034	26,983	CA	6,547
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	143,756	A	6,341
39,182	140,818	B	5,324
55,319	124,681	C	6,431
ANGULO CARA			
81,354	49,323	AB	
134,7	22,650	BC	10,647
130,575	24,713	CA	12,862
NUDO 6			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
51,088	128,912	A	6,262
	103,355	B	4,238
	124,681	C	6,431
ANGULO CARA			
124,053	27,974	AB	12,523
128,374	25,813	BC	
78,604	50,698	CA	

PLACA 2			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
55,319	124,681	A	6,431
51,089	128,911	B	6,362
76,645	103,355	C	4,238
ANGULO CARA			
78,604	50,698	AB	12,862
124,053	27,974	BC	12,723
128,374	25,813	CA	8,475
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	

	124,681	A	6,431
36,244	143,756	B	6,341
39,182	140,818	C	5,324
ANGULO CARA			
130,575	24,713	AB	
81,354	49,323	BC	12,681
134,701	22,650	CA	10,647
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
29,052	150,948	A	5,299
28,951	151,049	B	3,900
	140,818	C	5,324
ANGULO CARA			
92,489	43,756	AB	10,598
129,835	25,083	BC	7,799
130,052	24,974	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
32,811	147,189	A	3,606
	151,049	B	3,900
32,545	147,455	C	4,365
ANGULO CARA			
114,202	32,899	AB	7,212
113,26	33,370	BC	
124,845	27,578	CA	8,729
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	147,189	A	3,606
26,79	153,210	B	6,049
37,296	142,704	C	5,800
ANGULO CARA			
100,679	39,661	AB	
118,507	30,747	BC	12,097
133,032	23,484	CA	11,600

PLACA 3

NUDO 1			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
37,296	142,704	A	5,800
36,833	143,167	B	5,752
51,089	128,911	C	6,262
ANGULO CARA			
88,644	45,678	AB	11,600

128,877	25,562	BC	11,503
129,626	25,187	CA	12,523
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	142,704	A	5,800
32,811	147,189	B	3,606
26,79	153,210	C	6,049
ANGULO CARA			
133,032	23,484	AB	
100,679	39,661	BC	7,212
118,507	30,747	CA	12,097
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
48,046	131,954	A	0,360
33,675	146,325	B	7,087
	153,210	C	6,049
ANGULO CARA			
144,642	17,679	AB	0,719
72,705	53,648	BC	14,173
134,608	22,696	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
50,794	129,206	A	1,802
	146,325	B	7,087
31,868	148,132	C	7,223
ANGULO CARA			
138,788	20,606	AB	3,603
75,235	52,383	BC	
136,210	21,895	CA	14,446
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	129,206	A	1,802
41,613	138,387	B	6,810
36,833	143,167	C	5,752
ANGULO CARA			
129,567	25,217	AB	
94,856	42,572	BC	13,619
121,356	29,322	CA	11,503
PLACA 4			
NUDO 1			

	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
36,833	129,167	A	1,802
41,613	138,387	B	6,810
50,794	143,167	C	5,752
	ANGULO CARA		
129,567	25,217	AB	3,603
94,856	42,572	BC	13,619
121,356	29,322	CA	11,503
NUDO 2			
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	129,167	A	1,802
33,675	146,325	B	7,087
31,868	148,132	C	7,223
	ANGULO CARA		
138,788	20,606	AB	
75,235	52,383	BC	14,173
136,210	21,895	CA	14,446
NUDO 3			
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
46,001	133,999	A	1,447
31,031	148,969	B	4,661
	148,132	C	7,223
	ANGULO CARA		
133,239	23,381	AB	2,894
83,020	48,490	BC	9,321
134,657	22,672	CA	
NUDO 4			
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
37,52	142,480	A	8,268
	148,969	B	4,661
32,436	147,564	C	5,379
	ANGULO CARA		
121,568	29,216	AB	16,535
104,651	37,675	BC	
125,025	27,488	CA	10,758
NUDO 5			
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	142,480	A	8,268
63,113	116,887	B	4,516
41,613	138,387	C	6,810
	ANGULO CARA		

135,728	22,136	AB	
140,960	19,520	BC	9,032
69,634	55,183	CA	13,619
PLACA 5			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
37,52	142,480	A	8,267
63,113	116,887	B	4,516
41,613	138,387	C	6,810
ANGULO CARA			
135,728	22,136	AB	16,534
140,196	19,902	BC	9,032
69,634	55,183	CA	13,619
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	142,480	A	8,267
31,031	148,969	B	4,661
32,436	147,564	C	5,379
ANGULO CARA			
121,568	29,216	AB	
104,651	37,675	BC	9,321
125,025	27,488	CA	10,758
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
44,401	135,599	A	0,157
32,722	147,278	B	6,044
	147,564	C	5,379
ANGULO CARA			
129,96	25,020	AB	0,314
90,87	44,565	BC	12,088
129,424	25,288	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
47,137	132,863	A	6,212
	147,278	B	6,044
29,361	150,639	C	6,993
ANGULO CARA			
139,051	20,475	AB	12,423
78,462	50,769	BC	
133,734	23,133	CA	13,985
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	132,863	A	6,212
40,719	139,281	B	7,009

64,355	115,645	C	5,487
ANGULO CARA			
80,03	49,985	AB	
126,793	26,604	BC	14,017
134,545	22,728	CA	10,973
NUDO 6			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
74,768	105,232	A	6,598
	116,887	B	4,516
	115,645	C	5,487
ANGULO CARA			
111,398	34,301	AB	13,196
94,779	42,611	BC	
112,905	33,548	CA	

PLACA 6			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
64,355	115,645	A	5,487
74,768	105,232	B	6,598
63,113	116,887	C	4,516
ANGULO CARA			
112,905	33,548	AB	10,973
111,398	34,301	BC	13,196
95,779	42,111	CA	9,032
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	115,645	A	5,487
47,137	132,863	B	6,212
40,719	139,281	C	7,009
ANGULO CARA			
133,545	23,228	AB	
80,03	49,985	BC	12,423
126,793	26,604	CA	14,017
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
54,94	125,060	A	0,634
36,846	143,154	B	7,304
	139,281	C	7,009
ANGULO CARA			
127,415	26,293	AB	1,268
85,292	47,354	BC	14,608
133,103	23,449	CA	
NUDO 4			

ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
57,394	122,606	A	6,979
	143,154	B	7,304
47,642	132,358	C	5,210
ANGULO CARA			
85,292	47,354	AB	13,957
99,199	40,401	BC	
127,415	26,293	CA	10,419
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	122,606	A	6,979
76,645	103,355	B	4,238
74,768	105,232	C	6,598
ANGULO CARA			
89,959	45,021	AB	
134,614	22,693	BC	8,475
118,694	30,653	CA	13,196

PLACA 7			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
36,846	143,154	A	7,304
47,642	132,358	B	5,210
57,394	122,606	C	6,979
ANGULO CARA			
89,959	45,021	AB	14,608
134,614	22,693	BC	10,419
118,694	30,653	CA	13,957
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	143,154	A	7,304
40,719	139,281	B	7,009
54,94	125,060	C	0,634
ANGULO CARA			
85,292	47,354	AB	
133,103	23,449	BC	14,017
127,415	26,293	CA	1,268
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
32,741	147,259	A	8,422
31,724	148,276	B	7,291
	125,060	C	0,634
ANGULO CARA			

60,269	59,866	AB	16,843
144,988	17,506	BC	14,581
146,096	16,952	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
27,764	152,236	A	3,433
	148,276	B	7,291
33,159	146,841	C	4,141
ANGULO CARA			
110,179	34,911	AB	6,866
126,927	26,537	BC	
115,530	32,235	CA	8,282
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	152,236	A	3,433
32,368	147,632	B	4,886
36,008	143,992	C	6,230
ANGULO CARA			
104,289	37,856	AB	
129,837	25,082	BC	9,771
118,059	30,971	CA	12,460
NUDO 6			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
34,838	145,162	A	5,157
	132,358	B	5,210
	143,992	C	6,230
ANGULO CARA			
127,322	26,339	AB	10,313
129,4	25,300	BC	
91,673	44,164	CA	

Anillo 3

PLACA 1			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
44,18	135,820	A	3,274
36,244	143,756	B	6,341
34,838	145,162	C	5,157
ANGULO CARA			
126,034	26,983	AB	6,547
99,404	40,298	BC	12,681
123,183	28,409	CA	10,313

NUDO 2			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
28,709	135,820	A	3,274
	151,291	B	5,645
	180,000	C	4,298
ANGULO CARA			
139,315	20,343	AB	
75,32	52,340	BC	11,289
138,182	20,909	CA	8,596
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	180,000	A	0,000
	180,000	B	2,674
	180,000	C	4,298
ANGULO CARA			
118,505	90,000	AB	
	30,748	BC	5,348
	90,000	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
29,052	150,948	A	5,299
	180,000	B	2,674
	180,000	C	4,042
ANGULO CARA			
125,872	27,064	AB	10,598
96,082	41,959	BC	
133,785	23,108	CA	8,084
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
28,951	150,948	A	5,299
	151,049	B	3,900
	140,818	C	5,324
ANGULO CARA			
92,489	43,756	AB	
129,835	25,083	BC	7,800
130,052	24,974	CA	10,647
NUDO 6			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
55,319	124,681	A	6,431
	143,756	B	6,341
	140,818	C	5,324
ANGULO CARA			
130,575	24,713	AB	12,862
81,354	49,323	BC	
81,354	49,323	CA	

PLACA 2			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
29,052	150,948	A	5,299
28,951	151,049	B	3,900
39,182	140,818	C	5,324
ANGULO CARA			
92,489	43,756	AB	10,598
129,835	25,083	BC	7,800
130,052	24,974	CA	10,647
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	150,948	A	5,299
20,644	159,356	B	2,674
	180,000	C	4,042
ANGULO CARA			
125,872	27,064	AB	
96,082	41,959	BC	5,348
133,785	23,108	CA	8,084
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	180,000	A	0,000
	180,000	B	1,487
	180,000	C	4,042
ANGULO CARA			
	90,000	AB	
128,431	25,785	BC	2,973
	90,000	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	180,000	A	4,321
	180,000	B	1,487
	180,000	C	0,000
ANGULO CARA			
115,875	32,063	AB	8,642
	90,000	BC	
	90,000	CA	
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	180,000	A	4,321
	180,000	B	4,427
32,545	147,455	C	4,365
ANGULO CARA			
81,107	49,447	AB	

138,579	20,711	BC	8,853
136,161	21,920	CA	8,729
NUDO 6			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
32,811	147,189	A	3,606
	151,049	B	3,900
	147,455	C	4,365
ANGULO CARA			
124,845	27,578	AB	7,212
114,202	32,899	BC	
113,26	33,370	CA	

PLACA 3			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
32,545	147,455	A	4,365
32,811	147,189	B	3,606
28,951	151,049	C	3,900
ANGULO CARA			
124,845	27,578	AB	8,729
114,202	32,899	BC	7,212
113,260	33,370	CA	7,800
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	147,455	A	4,365
	180,000	B	4,321
	180,000	C	4,427
ANGULO CARA			
136,161	21,920	AB	
81,107	49,447	BC	8,642
138,579	20,711	CA	8,853
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	0,000
	180,000	B	0,572
	180,000	C	4,427
ANGULO CARA			
	90,000	AB	
132,511	23,745	BC	1,143
	90,000	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	6,337
	180,000	B	0,572

	180,000	C	0,000
	ANGULO CARA		
124,700	27,650	AB	12,674
	90,000	BC	
	90,000	CA	
	NUDO 5		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	180,000	A	6,337
	180,000	B	6,233
48,046	131,954	C	0,360
	ANGULO CARA		
144,078	17,961	AB	
65,410	57,295	BC	12,466
143,387	18,307	CA	0,719
	NUDO 6		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
37,296	142,704	A	7,087
32,811	147,189	B	6,049
	131,954	C	0,360
	ANGULO CARA		
143,387	18,307	AB	14,173
144,078	17,961	BC	12,097
65,41	57,295	CA	
	NUDO 7		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
32,811	147,189	A	3,606
26,79	153,210	B	6,049
37,296	142,704	C	5,800
	ANGULO CARA		
100,679	39,661	AB	7,212
118,507	30,747	BC	
133,032	23,484	CA	11,600
PLACA 4			
	NUDO 1		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
48,046	131,954	A	0,360
33,675	146,325	B	7,087
26,79	153,210	C	6,049
	ANGULO CARA		
144,642	17,679	AB	0,719
72,705	53,648	BC	14,173
134,608	22,696	CA	12,097
	NUDO 2		

ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	131,954	A	0,360
	180,000	B	6,337
	180,000	C	6,233
ANGULO CARA			
144,078	17,961	AB	
65,410	57,295	BC	12,674
143,387	18,307	CA	12,466
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	0,000
	180,000	B	0,840
	180,000	C	6,233
ANGULO CARA			
	90,000	AB	
127,837	26,082	BC	1,680
	90,000	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	5,739
	180,000	B	0,840
	180,000	C	0,000
ANGULO CARA			
131,875	24,063	AB	11,478
	90,000	BC	
	90,000	CA	
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	5,739
	180,000	B	5,619
46,001	133,999	C	1,447
ANGULO CARA			
67,065	56,468	AB	
143,880	18,060	BC	11,237
142,368	18,816	CA	2,894
NUDO 6			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
31,031	148,969	A	7,223
31,868	148,132	B	4,661
	133,999	C	1,447
ANGULO CARA			
83,020	48,490	AB	14,446
134,657	22,672	BC	9,321
133,239	23,381	CA	
NUDO 7			

ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	146,325	A	7,087
	148,132	B	4,661
50,794	129,206	C	1,802
ANGULO CARA			
75,235	52,383	AB	
136,21	21,895	BC	
138,788	20,606	CA	3,603

PLACA 5

NUDO 1			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
46	134,000	A	0,360
31,031	148,969	B	7,087
31,868	148,132	C	6,049
ANGULO CARA			
133,329	23,336	AB	0,719
83,020	48,490	BC	14,173
134,657	22,672	CA	12,097
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	134,000	A	0,360
	180,000	B	6,337
	180,000	C	6,233
ANGULO CARA			
142,368	18,816	AB	
67,065	56,468	BC	12,674
143,880	18,060	CA	12,466
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	0,000
	180,000	B	0,840
	180,000	C	6,233
ANGULO CARA			
	90,000	AB	
116,990	31,505	BC	1,680
	90,000	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	5,739
	180,000	B	0,840

	180,000	C	0,000
	ANGULO CARA		
120,490	29,755	AB	11,478
	90,000	BC	
	90,000	CA	
	NUDO 5		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	180,000	A	5,739
	180,000	B	5,619
44,401	135,599	C	1,447
	ANGULO CARA		
53,853	63,074	AB	
150,112	14,944	BC	11,237
151,326	14,337	CA	2,894
	NUDO 6		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
32,436	147,564	A	7,223
37,722	142,278	B	4,661
	135,599	C	1,447
	ANGULO CARA		
90,870	44,565	AB	14,446
129,424	25,288	BC	9,321
129,96	25,020	CA	
	NUDO 7		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	148,969	A	7,087
	142,278	B	4,661
37,52	142,480	C	1,802
	ANGULO CARA		
104,651	37,675	AB	
125,025	27,488	BC	
121,568	29,216	CA	3,603
PLACA 6	NUDO 1		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
44,401	135,599	A	0,157
37,722	142,278	B	6,044
32,436	147,564	C	5,379
	ANGULO CARA		
129,96	25,020	AB	0,314
90,87	44,565	BC	12,088
129,424	25,288	CA	10,758
	NUDO 2		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD

	135,599	A	0,157
	180,000	B	6,194
	180,000	C	6,231
	ANGULO CARA		
151,326	14,337	AB	
53,853	63,074	BC	12,388
150,112	14,944	CA	12,462
	NUDO 3		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	180,000	A	0,000
	180,000	B	1,577
	180,000	C	6,231
	ANGULO CARA		
	90,000	AB	
123,721	28,140	BC	3,153
	90,000	CA	
	NUDO 4		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	180,000	A	4,731
	180,000	B	1,577
	180,000	C	0,000
	ANGULO CARA		
128,57	25,715	AB	9,461
	90,000	BC	
	90,000	CA	
	NUDO 5		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	180,000	A	4,731
	180,000	B	1,529
29,361	150,639	C	6,993
	ANGULO CARA		
116,332	31,834	AB	
128,217	25,892	BC	3,057
109,174	35,413	CA	13,985
	NUDO 6		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
47,137	132,863	A	6,212
	142,278	B	6,044
	150,639	C	6,993
	ANGULO CARA		
139,051	20,475	AB	12,423
78,462	50,769	BC	
133,734	23,133	CA	

PLACA 7			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
29,361	150,639	A	6,993
47,137	132,863	B	6,212
32,722	147,278	C	6,044
ANGULO CARA			
133,734	23,133	AB	13,985
139,051	20,475	BC	12,423
78,462	50,769	CA	12,088
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	150,639	A	6,993
	180,000	B	4,731
	180,000	C	1,529
ANGULO CARA			
109,174	35,413	AB	
116,332	31,834	BC	9,461
128,217	25,892	CA	3,057
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	180,000	A	0,000
	180,000	B	0,730
	180,000	C	1,529
ANGULO CARA			
	90,000	AB	
139,635	20,183	BC	1,459
	90,000	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
32,741	147,259	A	8,422
	180,000	B	0,730
	180,000	C	5,138
ANGULO CARA			
139,185	20,408	AB	16,843
110,241	34,880	BC	
104,289	37,856	CA	10,275
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	147,259	A	8,422
31,724	148,276	B	7,291
54,94	125,060	C	0,634
ANGULO CARA			
60,269	59,866	AB	
144,988	17,506	BC	14,581

146,096	16,952	CA	1,268
NUDO 6			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
36,846	143,154	A	7,404
40,719	139,281	B	7,109
	125,060	C	0,634
ANGULO CARA			
85,292	47,354	AB	14,808
133,103	23,449	BC	14,217
127,415	26,293	CA	
NUDO 7			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	132,863	A	6,212
	139,281	B	7,109
37,52	142,480	C	5,487
ANGULO CARA			
80,03	49,985	AB	
126,793	26,604	BC	
134,545	22,728	CA	10,973
PLACA 8			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	5,138
32,741	147,259	B	8,422
	180,000	C	0,730
ANGULO CARA			
104,289	37,856	AB	10,275
139,185	20,408	BC	16,843
110,241	34,880	CA	1,459
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	5,138
	180,000	B	0,000
	180,000	C	2,598
ANGULO CARA			
	90,000	AB	
	90,000	BC	
119,691	30,155	CA	5,196
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	4,060
33,159	146,841	B	4,141
	180,000	C	2,598
ANGULO CARA			

136,708	21,646	AB	8,119
128,824	25,588	BC	8,282
89,48	45,260	CA	
NUDO 4			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
31,724	148,276	A	7,291
	146,841	B	4,141
27,764	152,236	C	3,433
ANGULO CARA			
126,927	26,537	AB	14,581
115,53	32,235	BC	
110,179	34,911	CA	6,866
NUDO 5			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	148,276	A	7,291
54,94	125,060	B	0,634
	147,259	C	8,422
ANGULO CARA			
144,988	17,506	AB	
146,096	16,952	BC	1,268
60,269	59,866	CA	16,843
PLACA 9			
NUDO 1			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
33,159	146,841	A	4,141
27,764	152,236	B	3,433
31,724	148,276	C	7,291
ANGULO CARA			
115,53	32,235	AB	8,282
110,179	34,911	BC	6,866
126,927	26,537	CA	14,581
NUDO 2			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	146,841	A	4,141
	180,000	B	2,598
	180,000	C	4,060
ANGULO CARA			
128,824	25,588	AB	
89,48	45,260	BC	5,196
136,708	21,646	CA	8,119
NUDO 3			
ANGULO DIEDRO			LONGITUD
	180,000	A	0,000
	180,000	B	3,060

	180,000	C	4,060
	ANGULO CARA		
	90,000	AB	
115,602	32,199	BC	6,119
	90,000	CA	
	NUDO 4		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	180,000	A	3,936
	180,000	B	3,060
	180,000	C	0,000
	ANGULO CARA		
115,071	32,465	AB	7,871
	90,000	BC	
	90,000	CA	
	NUDO 5		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	180,000	A	3,936
	180,000	B	2,917
32,368	147,632	C	4,886
	ANGULO CARA		
104,244	37,878	AB	
116,849	31,576	BC	5,834
132,8	23,600	CA	9,771
	NUDO 6		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
36,008	143,992	A	6,230
27,764	152,236	B	3,433
	147,632	C	4,886
	ANGULO CARA		
118,059	30,971	AB	12,460
104,289	37,856	BC	
129,837	25,082	CA	
PLACA 10			
	NUDO 1		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
32,368	147,632	A	4,886
36,008	143,992	B	6,230
27,764	152,236	C	3,433
	ANGULO CARA		
129,837	25,082	AB	9,771
118,059	30,971	BC	12,460
104,289	37,856	CA	6,866
	NUDO 2		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD

	147,632	A	4,886
	180,000	B	3,936
	180,000	C	2,917
	ANGULO CARA		
132,8	23,600	AB	
104,244	37,878	BC	7,871
116,849	31,576	CA	5,834
	NUDO 3		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	180,000	A	0,000
	180,000	B	5,645
	180,000	C	2,917
	ANGULO CARA		
	90,000	AB	
119,143	30,429	BC	11,289
	90,000	CA	
	NUDO 4		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
44,18	135,820	A	4,298
	180,000	B	5,645
	180,000	C	3,274
	ANGULO CARA		
139,315	20,343	AB	8,596
75,32	52,340	BC	
138,182	20,909	CA	6,547
	NUDO 5		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
	135,820	A	4,298
36,244	143,756	B	6,341
34,838	145,162	C	5,157
	ANGULO CARA		
126,034	26,983	AB	
99,404	40,298	BC	12,681
123,183	28,409	CA	10,313
	NUDO 6		
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD
47,642	132,358	A	5,210
	143,992	B	6,230
	145,162	C	5,157
	ANGULO CARA		
129,4	25,300	AB	10,419
91,673	44,164	BC	
127,322	26,339	CA	

1.7.2.- INTERFAZ DE PARAMETRIZACIÓN

Parametrización Placa

Anillo1				Path name
Placa1	NUDO 1			
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	135,820	A	3173,500	
	143,756	B	6240,500	
	145,162	C	5056,500	
	ANGULO CARA			
	26,983	AB	6,547	
	40,298	BC	12,681	
	28,409	CA	10,313	
	NUDO 2			
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	135,820	A	3173,500	
	151,291	B	5544,500	
	151,988	C	4198,000	
	ANGULO CARA			
	20,343	AB		
	52,340	BC	11,289	
	20,909	CA	8,596	
	NUDO 3			
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	180,000	A	0,000	
	159,356	B	2574,000	
	151,988	C	4198,000	
	ANGULO CARA			
	90,000	AB		
	30,748	BC	5,348	
	90,000	CA		
	NUDO 4			
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	150,948	A	5199,000	
	159,356	B	2574,000	
	156,689	C	3942,000	
	ANGULO CARA			
	27,064	AB	10,598	
	41,959	BC		
	23,108	CA	8,084	
	NUDO 5			
	ANGULO DIEDRO		LONGITUD	
	150,948	A	5199,000	

151,049	B	3800,000
140,818	C	5223,500
ANGULO CARA		
43,756	AB	
25,083	BC	7,800
24,974	CA	10,647
NUDO 6		
ANGULO DIEDRO		LONGITUD
124,681	A	6331,000
143,756	B	6240,500
140,818	C	5223,500
ANGULO CARA		
24,713	AB	12,862
49,323	BC	
22,650	CA	

Parametrización Nudo-Barra

		Anillo1 Placa1 Nudo1		
ANGULO DIEDRO			LONGITUD	Path name
135,820	A		3173,500	
143,756	B		6240,500	
145,162	C		5056,500	
ANGULO CARA				
26,983	AB			
40,298	BC			
28,409	CA			

Parametrización Nudo

Angulo_Diedro	103,355 deg	Anillo1	Path name
Angulo_AB	29,689 deg	Placa1	
Angulo_AC	40,144 deg	Nudo1	

Parametrización Barra

Ancho_ala_B	100 mm	Anillo1	Path name
Angulo_B	105,232 deg	Placa1	
Largo_B	6498 mm	Nudo1	

1.7.3.- CÓDIGO PARA DEFINIR LA UBICACIÓN DEL ARCHIVO

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Application.ScreenUpdating = False  
Application.Calculation = xlCalculationManual  
Application.EnableEvents = False  
  
Dim CurrentFile As String  
Dim CurrentPathFile As String  
CurrentPathFile = ActiveWorkbook.Path  
CurrentFile = ActiveWorkbook.Name  
  
Range("E1").Value = CurrentPathFile  
  
Application.ScreenUpdating = True  
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic  
Application.EnableEvents = False  
Application.CutCopyMode = False  
  
ThisWorkbook.Save  
End Sub
```

1.7.4.- ANÁLISIS DE TENSIÓN DEL NUDO

Archivo analizado:	Nudo_Ensamblaje.iam
Versión de Autodesk	2015 (Build 190159000,
Fecha de creación:	26/08/2016, 18:04
Autor de la simulación:	JGN
Resumen:	

Propiedades físicas

Masa	42,3307 kg
Área	3127510 mm ²
Volumen	41967900
Centro de gravedad	x=-11,8808 mm y=20,0654 mm z=254,464 mm

Simulación 1

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de simulación	Análisis estático
Fecha de la última modificación	26/08/2016,
Detectar y eliminar modos de cuerpo	No
Separar tensiones en superficies de	No
Análisis de cargas de movimiento	No

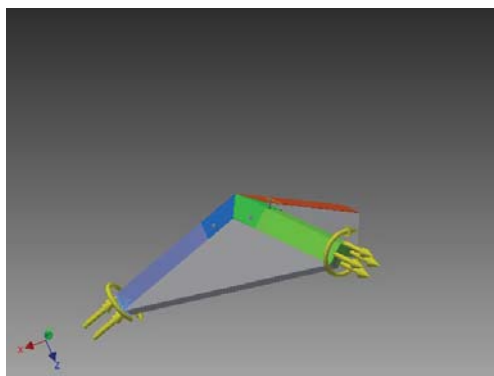
Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del	Sí

Materiales

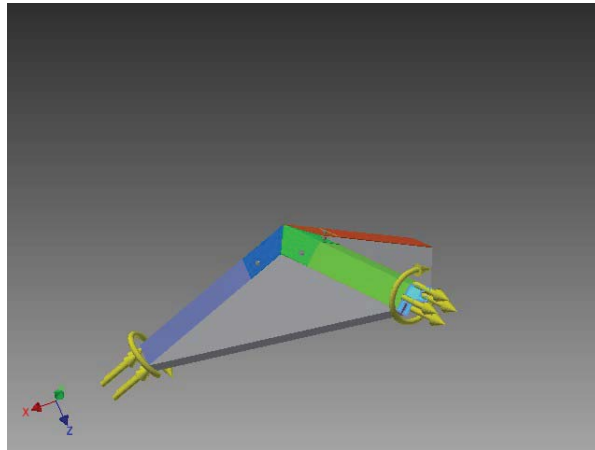
Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692
Nombre(s) de pieza	Nudo_	
	A	
	Nudo_	
	B	
	Nudo_	
	C	
	Barra_	
	C	
	Barra_	
	A	
	Barra_	
	B	
	ISO 4161 M10	
	ISO 4161 M10	
	ISO 4161 M10	
	ISO 4161 M10	
	ISO 4161 M10	
	Arandela plana (Métrico)	
	10 N Arandela plana (Métrico) 10 N Arandela plana (Métrico) 10 N Arandela plana (Métrico) 10 N Arandela plana (Métrico) 10 N DIN EN 24014 M10 x 65	
	DIN EN 24014 M10 x 65	
	DIN EN 24014 M10 x 65	

Condiciones de funcionamiento

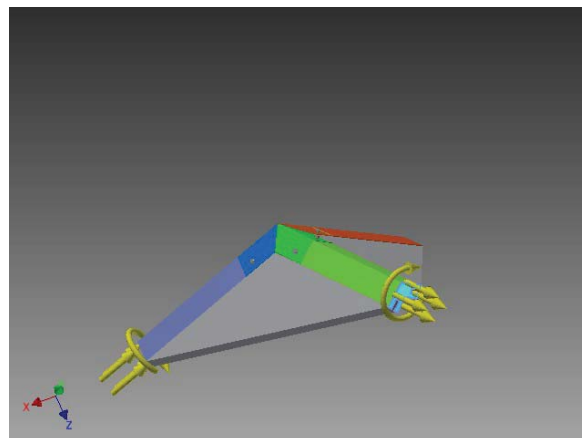
Tipo de	Presión
Magnitud	200,000



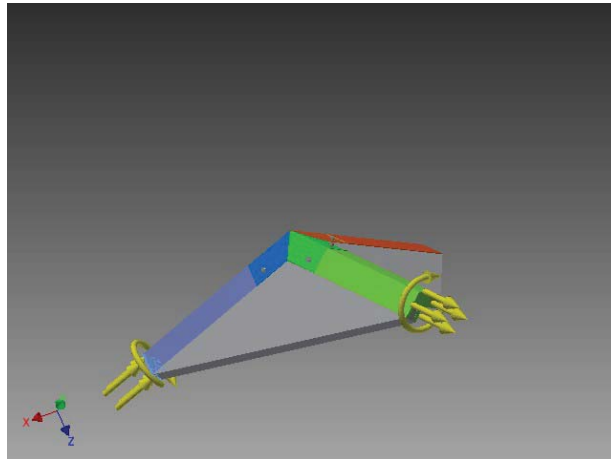
Tipo de	Presión
Magnitud	-200,000



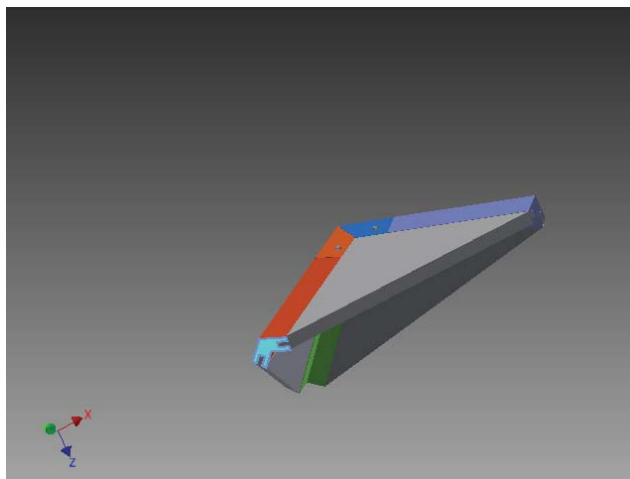
Tipo de	Momento
Magnitud	100,000 N
Vector X	67,663 N mm
Vector Y	64,940 N mm
Vector Z	-34,705 N



Tipo de	Momento
Magnitud	150,000 N
Vector X	141,588 N
Vector Y	-3,466 N mm
Vector Z	49,406 N mm



Tipo de restricción	Fija
---------------------	------



Contactos (Fijado)

Nombre	Nombre(s) de pieza
Fijado:1	Nudo_A:1 Nudo_B:1
Fijado:2	Nudo_A:1 Nudo_B:1
Fijado:3	Nudo_A: 1
Fijado:4	Nudo_A: 1
Fijado:5	Nudo_A: 1
Fijado:6	Nudo_A: 1
Fijado:7	Nudo_A: 1
Fijado:8	Nudo_A: 1
Fijado:9	Nudo_A: 1
Fijado:10	Nudo_A: 1
Fijado:11	Nudo_A: 1
Fijado:12	Nudo_A: 1
Fijado:13	Nudo_A: 1
Fijado:14	Nudo_A: 1
Fijado:15	Nudo_A: 1
Fijado:16	Nudo_A:1 ISO 4161 M10:2
Fijado:17	Nudo_A:1 Arandela plana (Métrico) 10
Fijado:18	Nudo_A:1 DIN EN 24014 M10 x 65:5
Fijado:19	Nudo_A:1 DIN EN 24014 M10 x 65:5
Fijado:20	Nudo_A:1 DIN EN 24014 M10 x 65:6
Fijado:21	Nudo_A:1 DIN EN 24014 M10 x 65:6
Fijado:22	Nudo_A:1 Arandela plana (Métrico) 10

Fijado:23	Nudo_A:1 ISO 4161 M10:6
Fijado:24	Nudo_B:1 Nudo_C:1
Fijado:25	Nudo_B:1 Nudo_C:1
Fijado:26	Nudo_B: 1
Fijado:27	Nudo_B: 1
Fijado:28	Nudo_B: 1
Fijado:29	Nudo_B: 1
Fijado:30	Nudo_B: 1
Fijado:31	Nudo_B: 1
Fijado:32	Nudo_B: 1
Fijado:33	Nudo_B: 1
Fijado:34	Nudo_B: 1
Fijado:35	Nudo_B: 1
Fijado:36	Nudo_B: 1
Fijado:37	Nudo_B: 1
Fijado:38	Nudo_B: 1
Fijado:39	Nudo_B: 1
Fijado:40	Nudo_B: 1
Fijado:41	Nudo_B: 1
Fijado:42	Nudo_B: 1
Fijado:43	Nudo_B: 1
Fijado:44	Nudo_B: 1
Fijado:45	Nudo_B: 1
Fijado:46	Nudo_B: 1
Fijado:47	Nudo_B: 1
Fijado:48	Nudo_B: 1
Fijado:49	Nudo_B:1 ISO 4161 M10:4
Fijado:50	Nudo_B:1 ISO 4161 M10:5
Fijado:51	Nudo_B:1 Arandela plana (Métrico) 10

Fijado:52	Nudo_B:1 Arandela plana (Métrico) 10
Fijado:53	Nudo_B:1 DIN EN 24014 M10 x 65:3
Fijado:54	Nudo_B:1 DIN EN 24014 M10 x 65:3
Fijado:55	Nudo_B:1 DIN EN 24014 M10 x 65:4
	Nudo_B:1

Fijado:56	DIN EN 24014 M10 x 65:4
Fijado:57	Nudo_C: 1
Fijado:58	Nudo_C: 1
Fijado:59	Nudo_C: 1
Fijado:60	Nudo_C: 1
Fijado:61	Nudo_C: 1
Fijado:62	Nudo_C: 1
Fijado:63	Nudo_C: 1
Fijado:64	Nudo_C: 1
Fijado:65	Nudo_C: 1
Fijado:66	Nudo_C: 1
Fijado:67	Nudo_C: 1
Fijado:68	Nudo_C: 1
Fijado:69	Nudo_C: 1
Fijado:70	Nudo_C:1 ISO 4161 M10:1
Fijado:71	Nudo_C:1 ISO 4161 M10:3
Fijado:72	Nudo_C:1 Arandela plana (Métrico) 10
Fijado:73	Nudo_C:1 Arandela plana (Métrico) 10
Fijado:74	Nudo_C:1 DIN EN 24014 M10 x 65:1
Fijado:75	Nudo_C:1 DIN EN 24014 M10 x 65:1
Fijado:76	Nudo_C:1 DIN EN 24014 M10 x 65:2
Fijado:77	Nudo_C:1 DIN EN 24014 M10 x 65:2
Fijado:78	Barra_C:1 DIN EN 24014 M10 x 65:1

Fijado:79	Barra_C:1 DIN EN 24014 M10 x 65:2
Fijado:80	Barra_B:1 DIN EN 24014 M10 x 65:3
Fijado:81	ISO 4161 M10:1 DIN EN 24014 M10 x 65:1
Fijado:82	ISO 4161 M10:2 DIN EN 24014 M10 x 65:5
Fijado:83	ISO 4161 M10:3 DIN EN 24014 M10 x 65:2
Fijado:84	ISO 4161 M10:4 DIN EN 24014 M10 x 65:4
Fijado:85	ISO 4161 M10:5 DIN EN 24014 M10 x 65:3
Fijado:86	Arandela plana (Métrico) 10 N:1 DIN EN 24014 M10 x
Fijado:87	Arandela plana (Métrico) 10 N:2 DIN EN 24014 M10 x
Fijado:88	Arandela plana (Métrico) 10 N:3 DIN EN 24014 M10 x
Fijado:89	Arandela plana (Métrico) 10 N:4

	DIN EN 24014 M10 x 65:2
Fijado:9	Arandela plana (Métrico) 10 N:5 DIN EN 24014 M10 x
Fijado:9	DIN EN 24014 M10 x 65:6 Arandela plana (Métrico) 10
Fijado:9	DIN EN 24014 M10 x 65:6 ISO 4161 M10:6
Fijado:9	Nudo_A:1 Panel_A_B:1
Fijado:9	Nudo_A:1 Panel_A_B:1
Fijado:9	Nudo_A:1 Panel_C_A:1
Fijado:9	Nudo_A:1 Panel_C_A:1
Fijado:9	Nudo_B:1 Panel_A_B:1
Fijado:9	Nudo_B:1 Panel_B_C:1
Fijado:9	Nudo_B:1 Panel_B_C:1
Fijado:10	Nudo_C:1 Panel_C_A:1
Fijado:10	Nudo_C:1 Panel_B_C:1
Fijado:10	Nudo_C:1 Panel_B_C:1
Fijado:10	Barra_C:1 Panel_C_A:1
Fijado:10	Barra_C:1 Panel_C_A:1
Fijado:10	Barra_C:1 Panel_C_A:1

Fijado:10 6	Barra_C:1 Panel.C_A:1
Fijado:10 7	Barra_C:1 Panel.B_C:1
Fijado:10 8	Barra_C:1 Panel.B_C:1
Fijado:10 9	Barra_C:1 Panel.B_C:1
Fijado:11 0	Barra_C:1 Panel.B_C:1
Fijado:11 1	Barra_C:1 Panel.B_C:1
Fijado:11 2	Barra_C:1 Panel.B_C:1
Fijado:11 3	Barra_A:1 Panel.A_B:1
Fijado:11 4	Barra_A:1 Panel.A_B:1
Fijado:11 5	Barra_A:1 Panel.A_B:1
Fijado:11 6	Barra_A:1 Panel.A_B:1
Fijado:11 7	Barra_A:1 Panel.C_A:1
Fijado:11 8	Barra_B:1 Panel.A_B:1
Fijado:11 9	Barra_B:1 Panel.A_B:1
Fijado:12 0	Barra_B:1 Panel.A_B:1
Fijado:12 1	Barra_B:1 Panel.A_B:1
Fijado:12 2	Barra_B:1 Panel.B_C:1

Fijado:12 3	Barra_B:1 Panel.B_C:1
Fijado:12 4	Barra_B:1 Panel.B_C:1
Fijado:12 5	Barra_B:1 Panel.B_C:1
Fijado:12 6	Barra_B:1 Panel.B_C:1
Fijado:12 7	Barra_B:1 Panel.B_C:1

Resultados**Fuerzas y pares de reacción en restricciones**

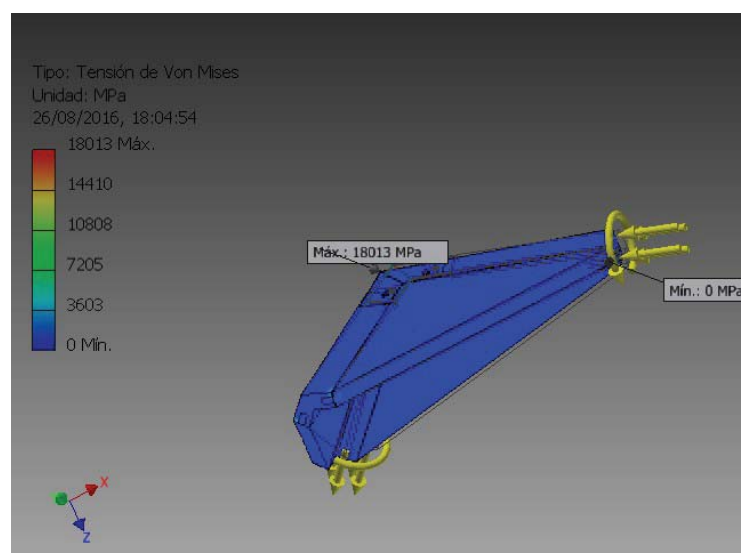
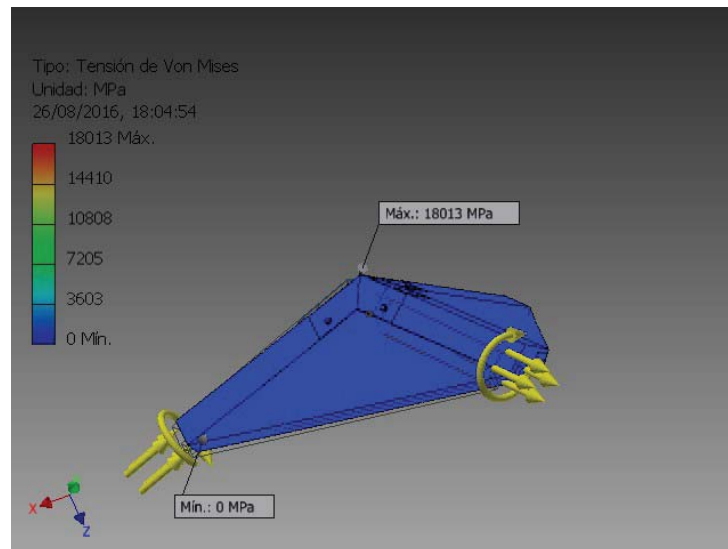
Nombre de la	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y,	Magnitud	Componente (X, Y,
Restricción fija:1	2243710	2090980 N	1506710 N	292208 N m
		813199 N		-707521 N m
		-27276,3 N		1297770 N m

Resumen de resultados

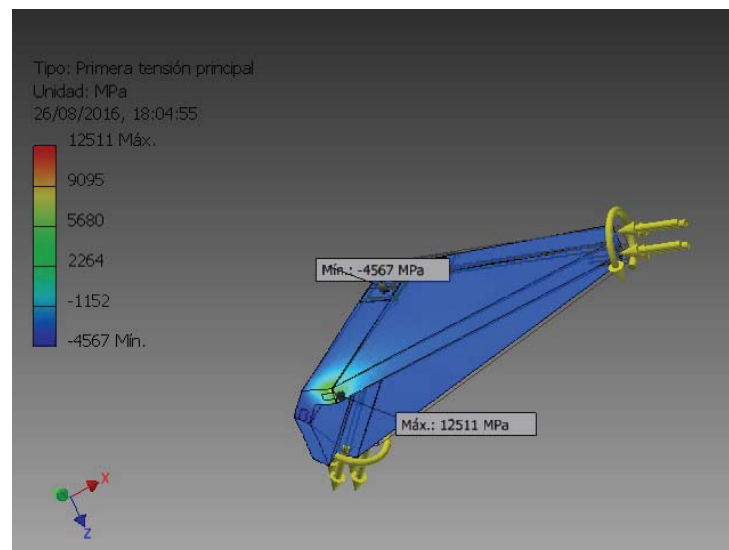
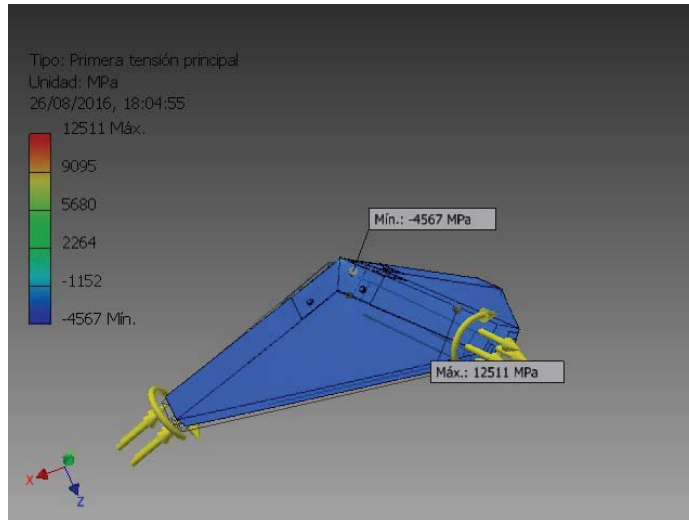
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	41967900 mm ³	
Masa	329,448 kg	
Tensión de Von Mises	0,0654712 MPa	18013,1 MPa
Primera tensión principal	-4567,17 MPa	12510,6 MPa
Tercera tensión principal	-22076,9 MPa	5186,31 MPa
Desplazamiento	0 mm	41,0004 mm
Coeficiente de seguridad	0,0114916 su	15 su
Tensión XX	-10831,1 MPa	8062,07 MPa
Tensión XY	-5970,11 MPa	7716,46 MPa
Tensión XZ	-2988,91 MPa	2785,5 MPa
Tensión YY	-16087,1 MPa	10512,3 MPa
Tensión YZ	-3234,42 MPa	3875,31 MPa
Tensión ZZ	-4697,3 MPa	7604,15 MPa
Desplazamiento X	-35,2441 mm	0,604149 mm
Desplazamiento Y	-32,1868 mm	9,9032 mm
Desplazamiento Z	-15,2687 mm	4,03327 mm
Deformación equivalente	0,000000270894	0,0792021 su
Primera deformación	0,00000016126	0,0498134 su
Tercera deformación	-0,093195 su	0,000130418
Deformación XX	-0,0390677 su	0,0346686 su
Deformación XY	-0,0369578 su	0,0477686 su
Deformación XZ	-0,0185028 su	0,0172436 su
Deformación YY	-0,0575141 su	0,0436516 su
Deformación YZ	-0,0200226 su	0,02399 su
Deformación ZZ	-0,0147437 su	0,0242495 su
Presión de contacto	0 MPa	36170,4 MPa
Presión de contacto X	-34961,9 MPa	14270,7 MPa
Presión de contacto Y	-13179,4 MPa	13180,6 MPa
Presión de contacto Z	-6715,47 MPa	6496,48 MPa

Figuras

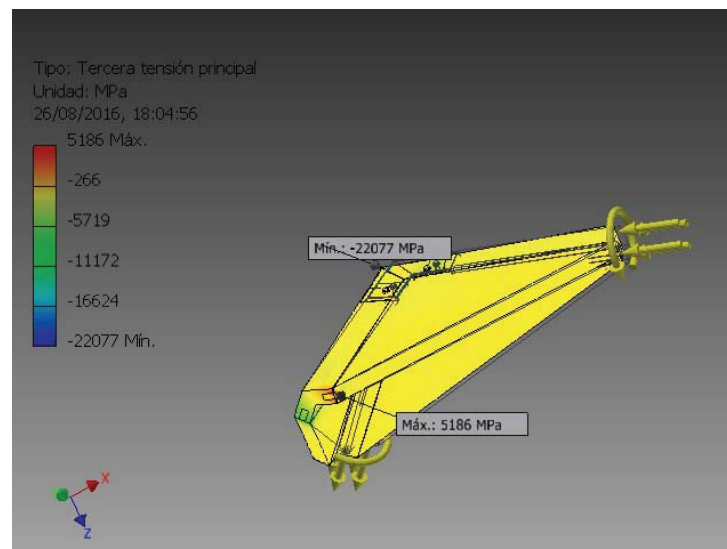
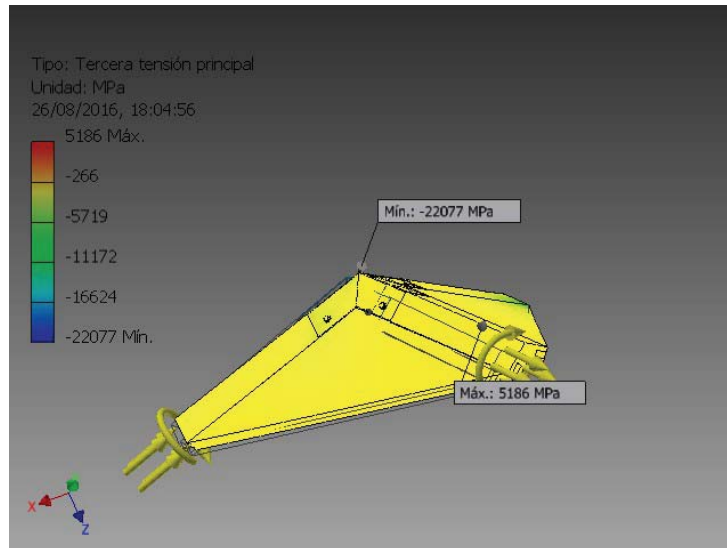
Tensión de Von Mises



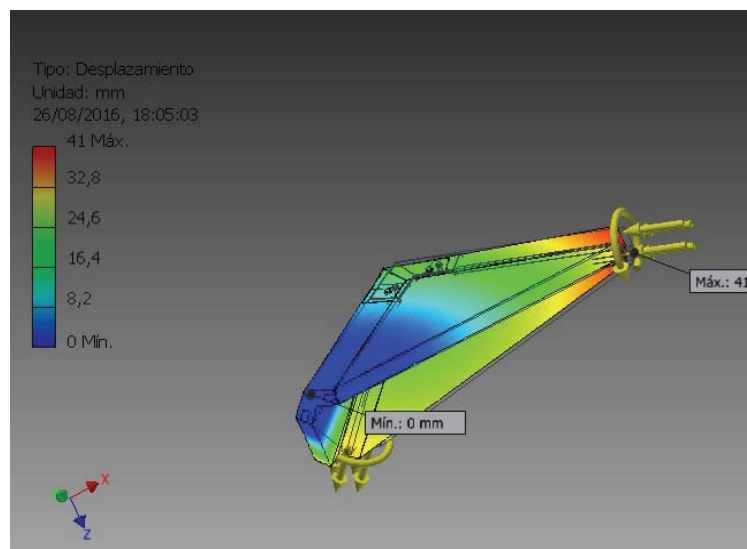
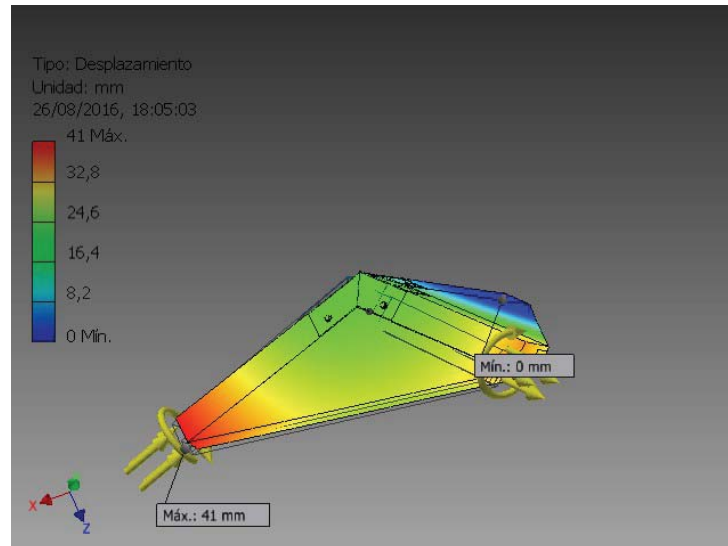
Primera tensión principal



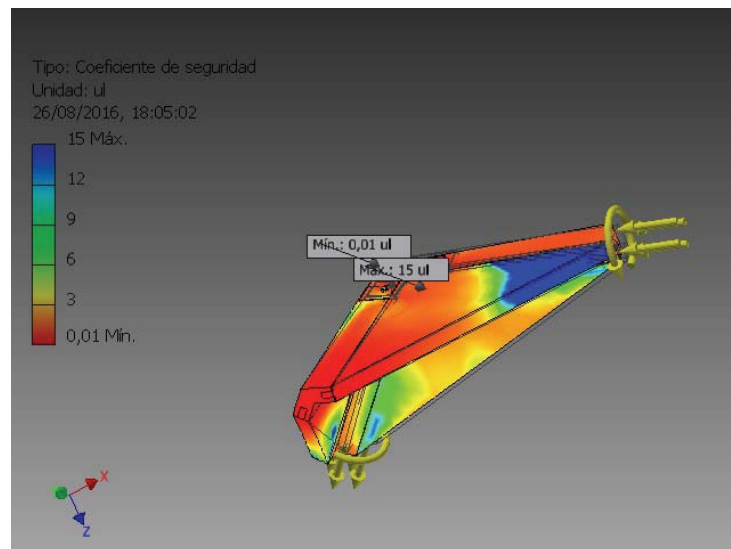
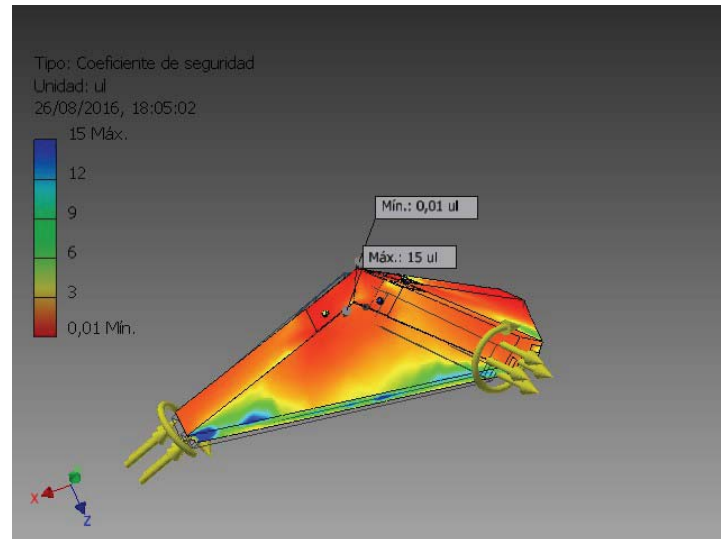
Tercera tensión principal



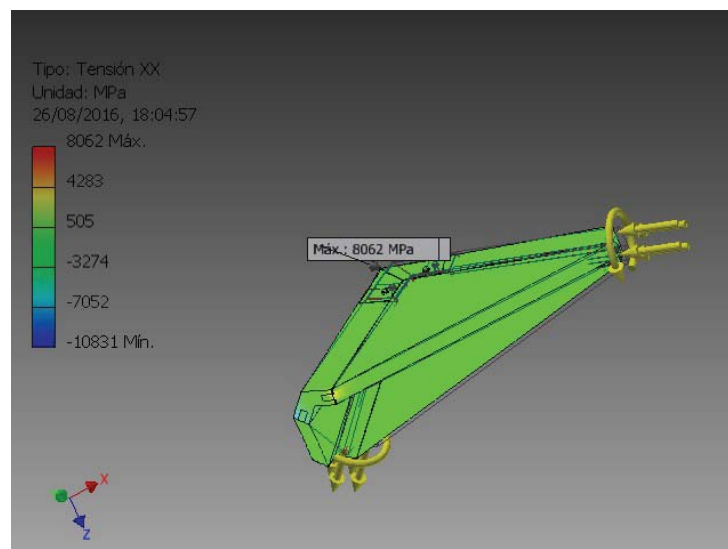
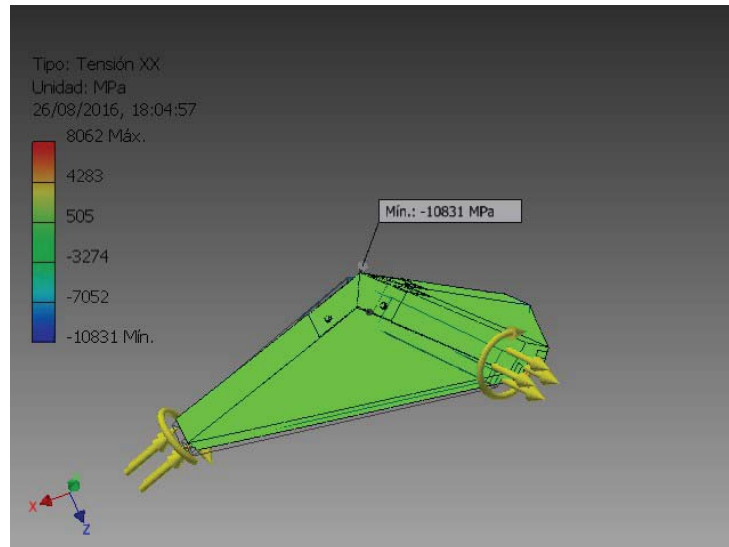
Desplazamiento



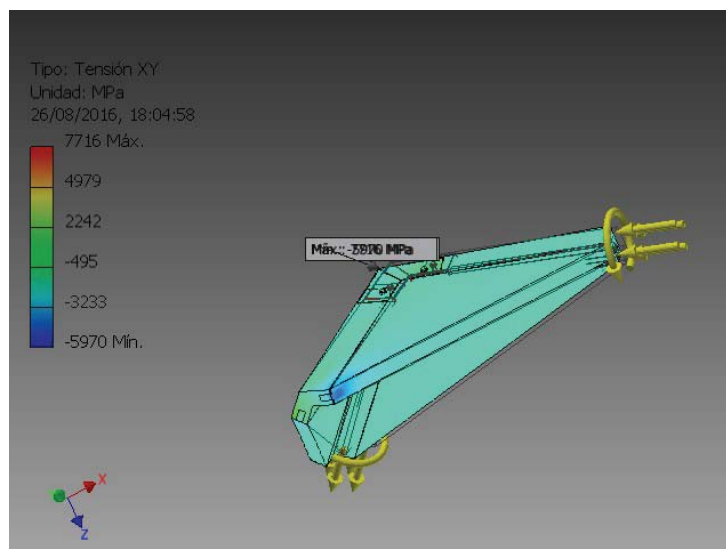
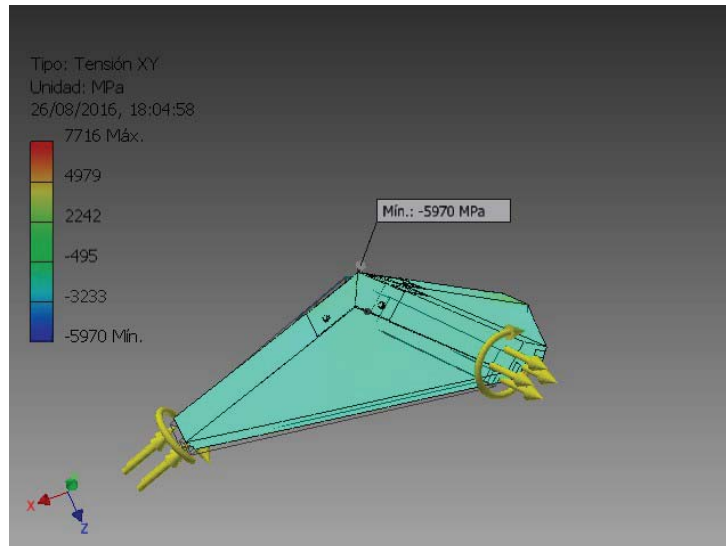
Coeficiente de seguridad



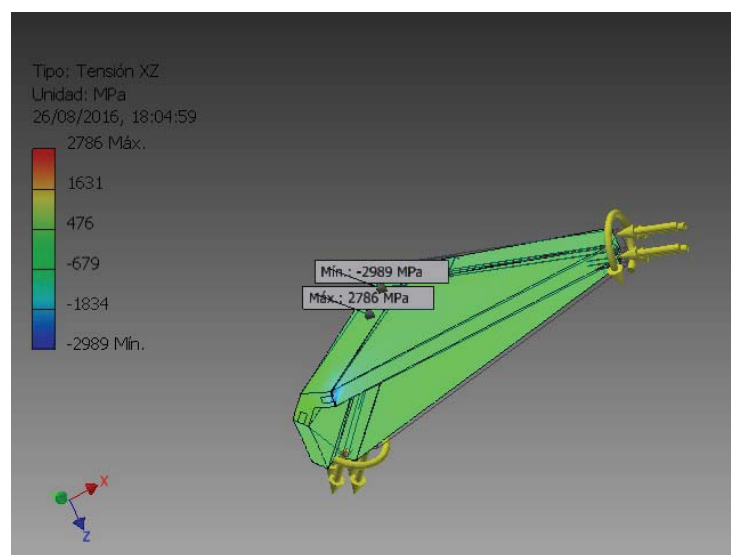
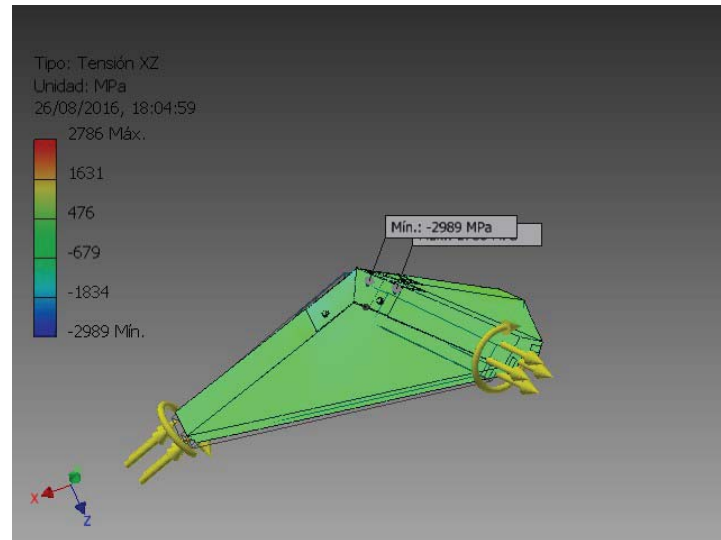
Tensión XX



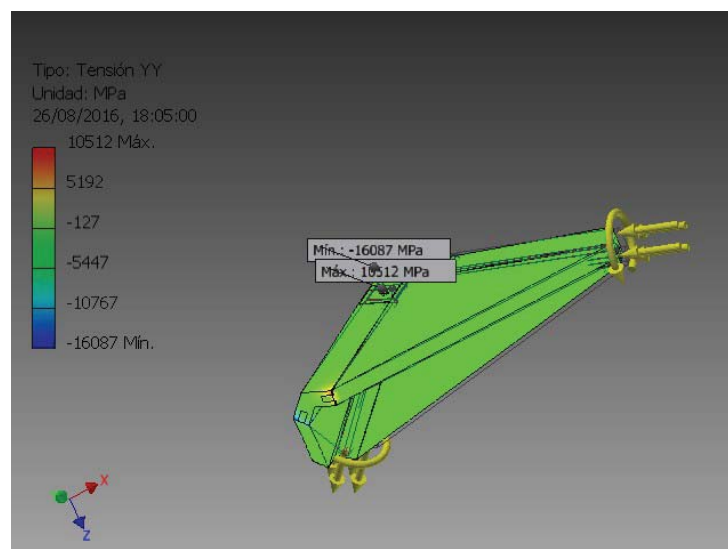
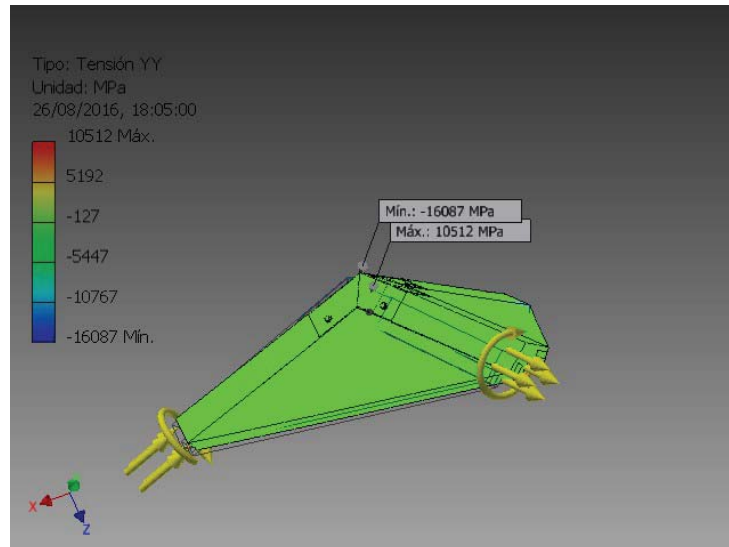
Tensión XY



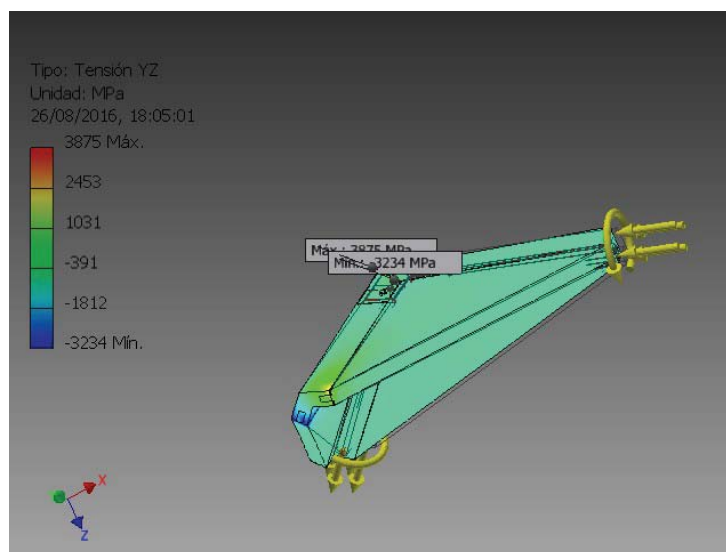
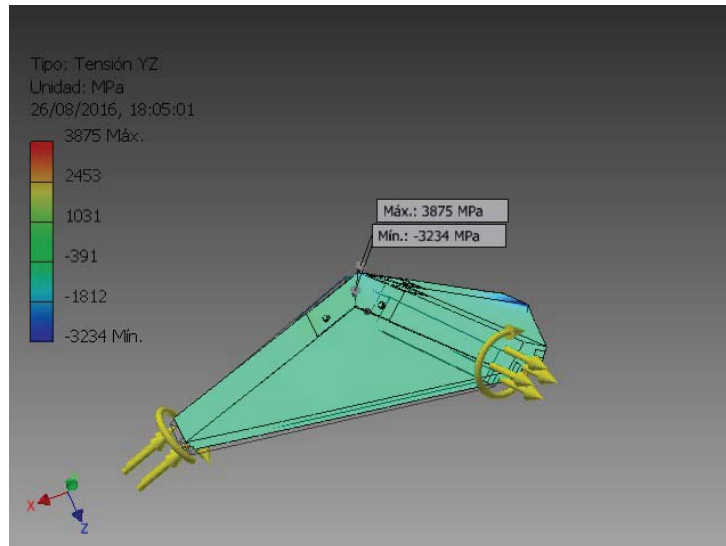
Tensión XZ



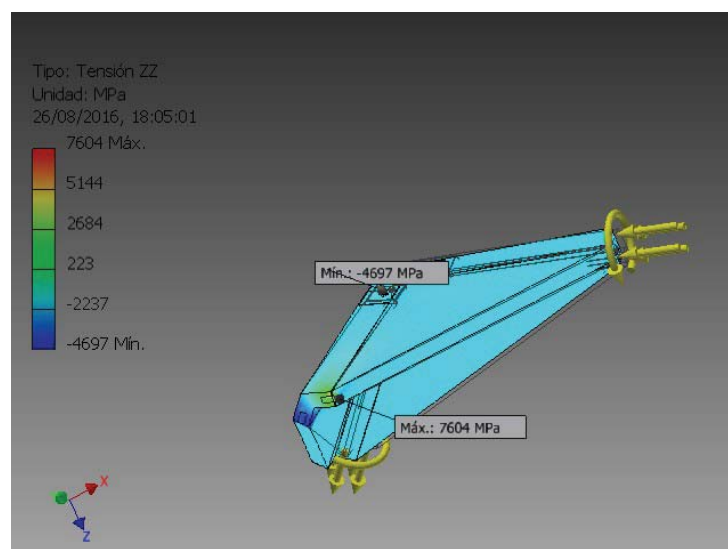
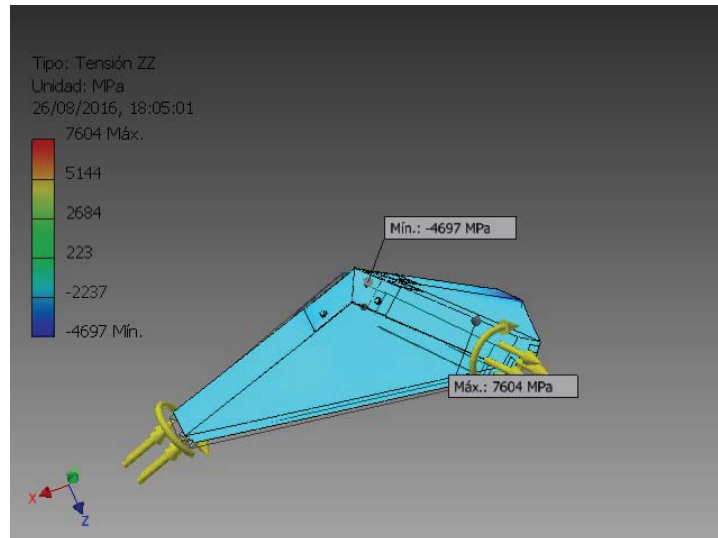
Tensión YY



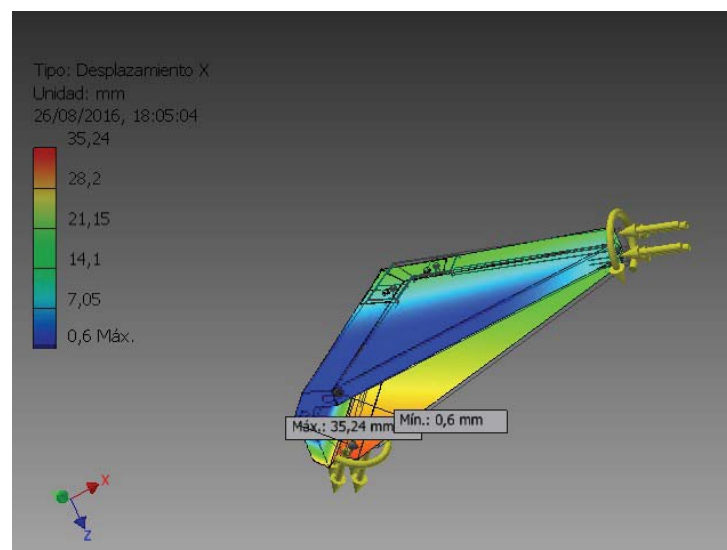
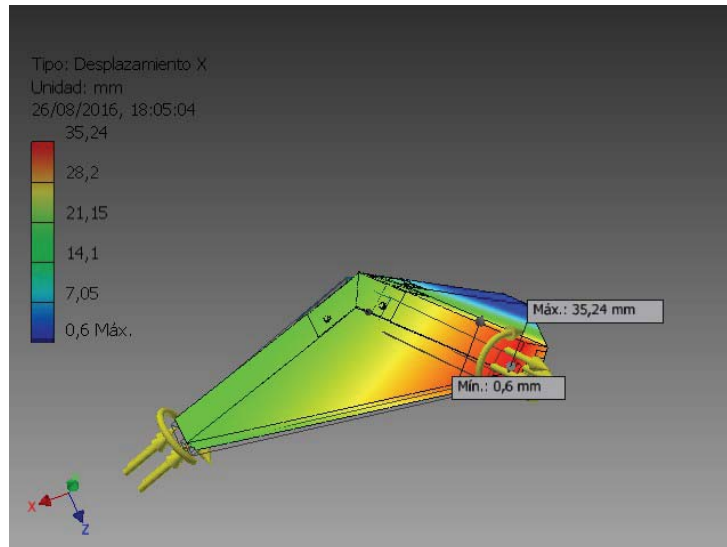
Tensión YZ



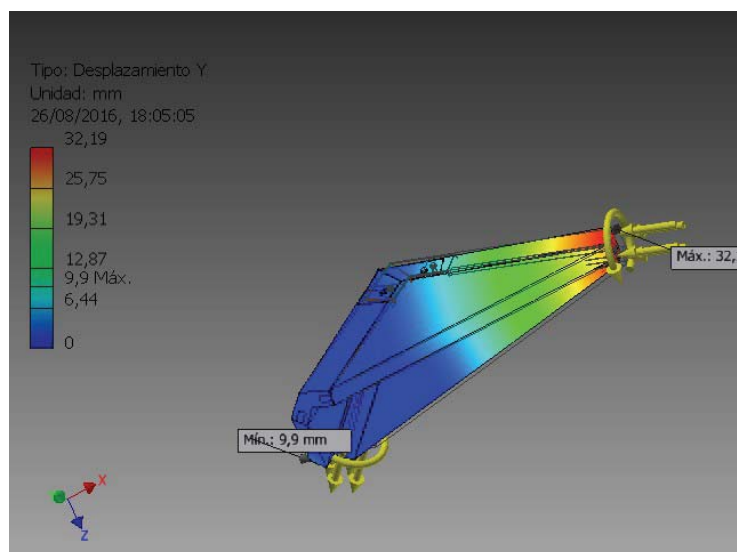
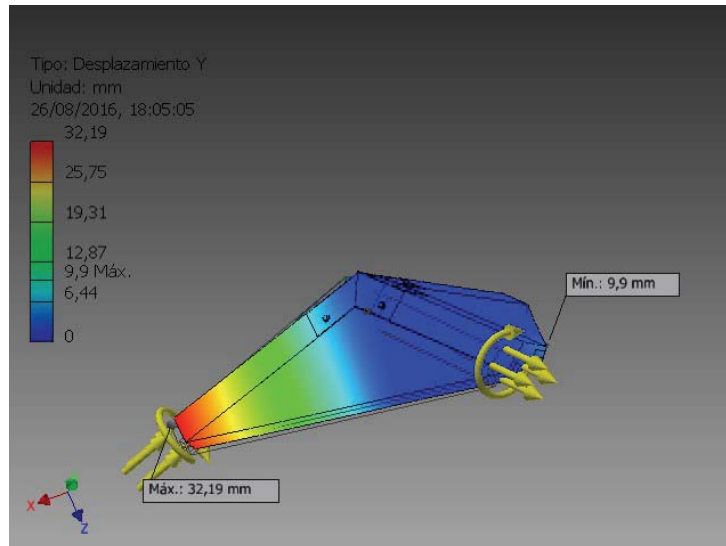
Tensión ZZ



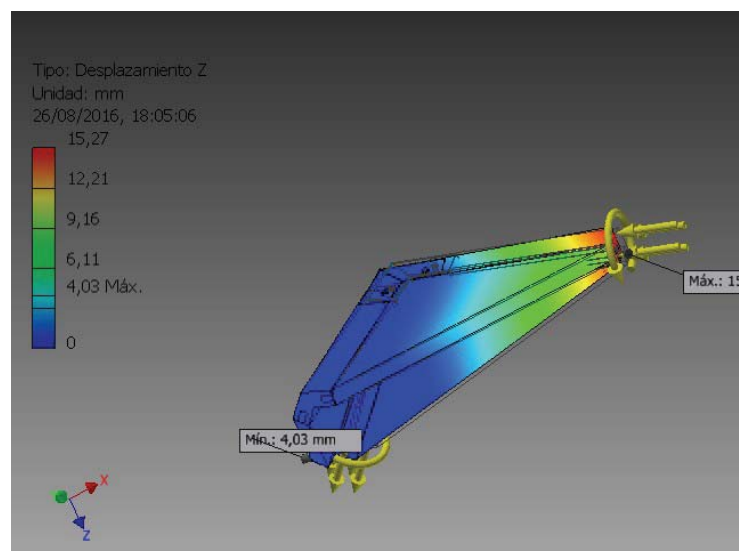
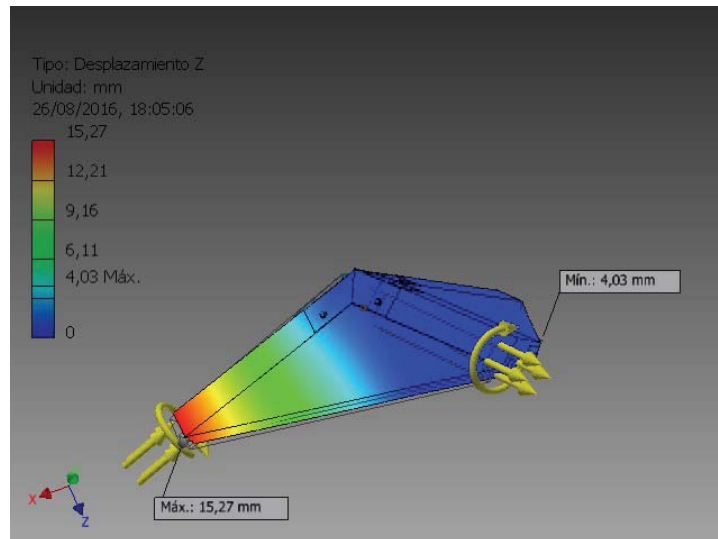
Desplazamiento X



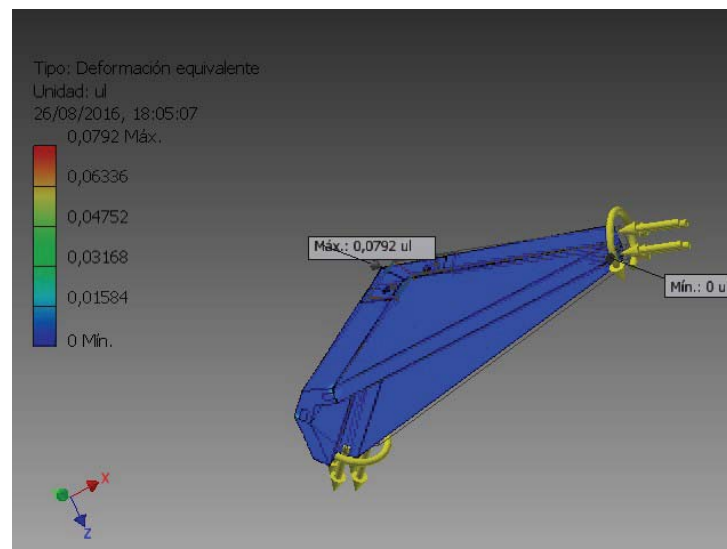
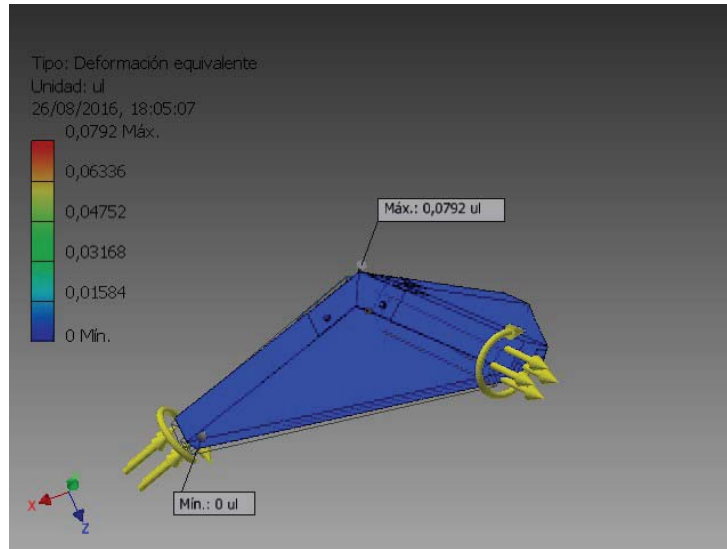
Desplazamiento Y



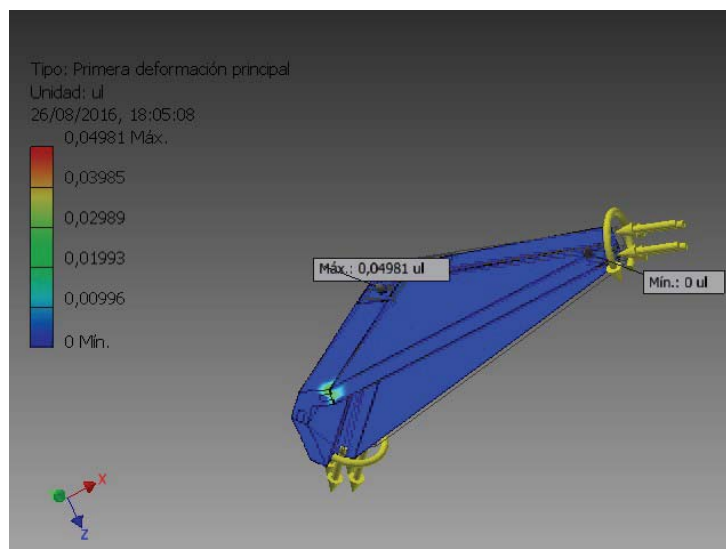
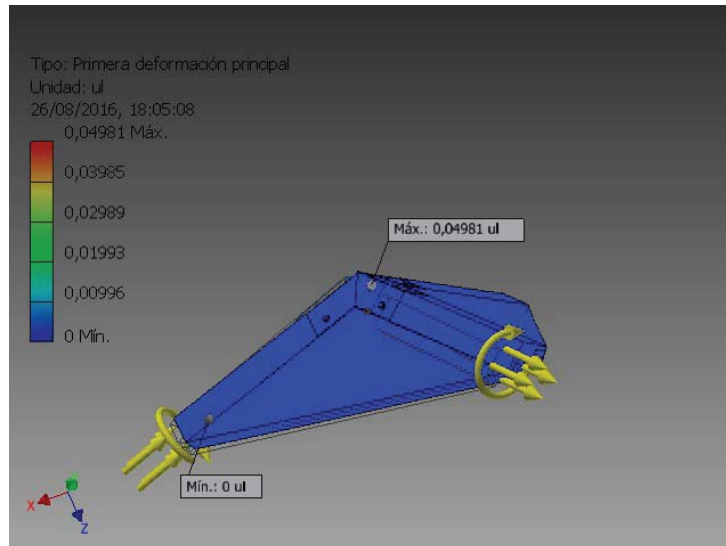
Desplazamiento Z



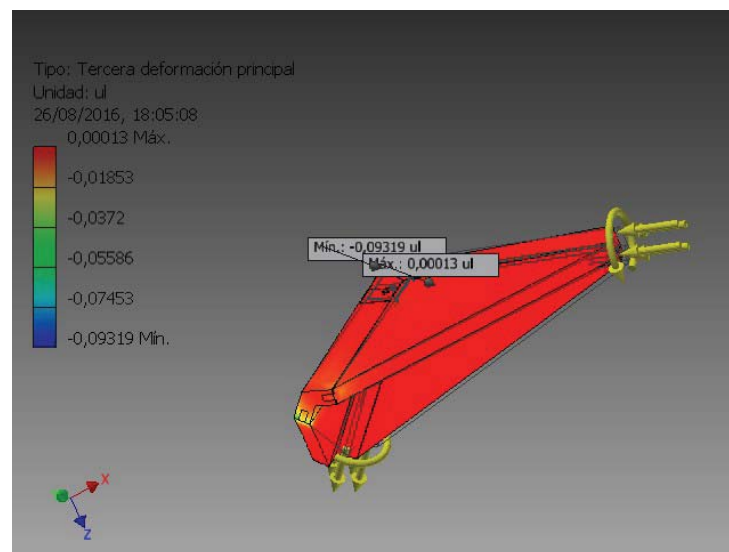
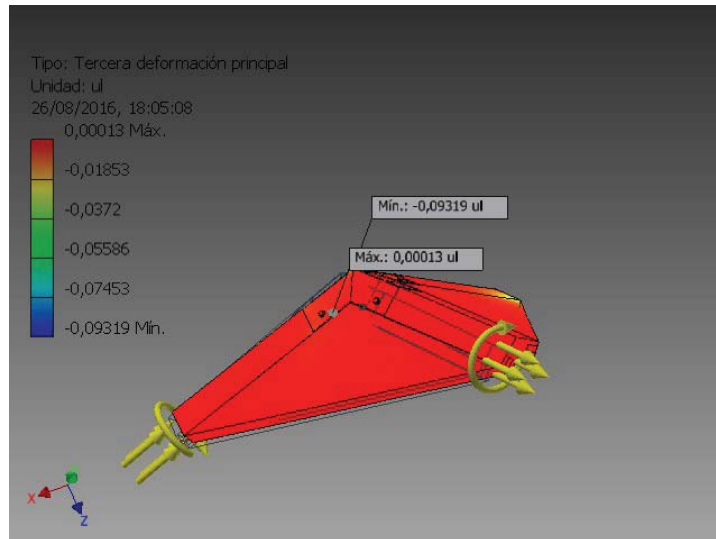
Deformación equivalente



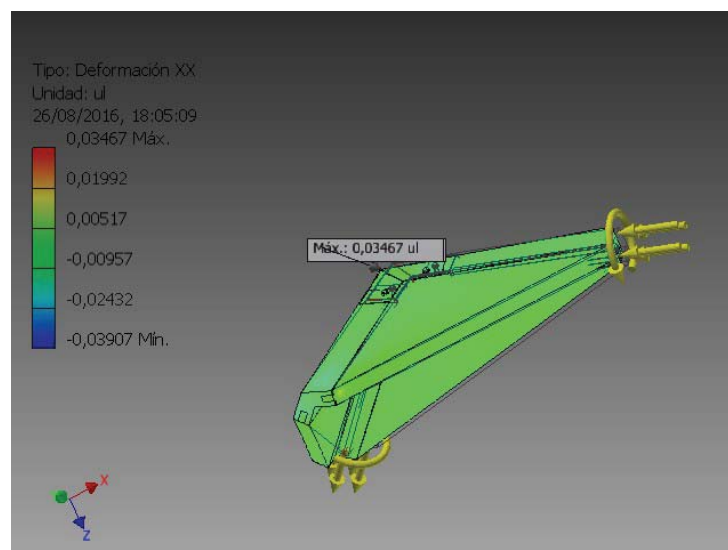
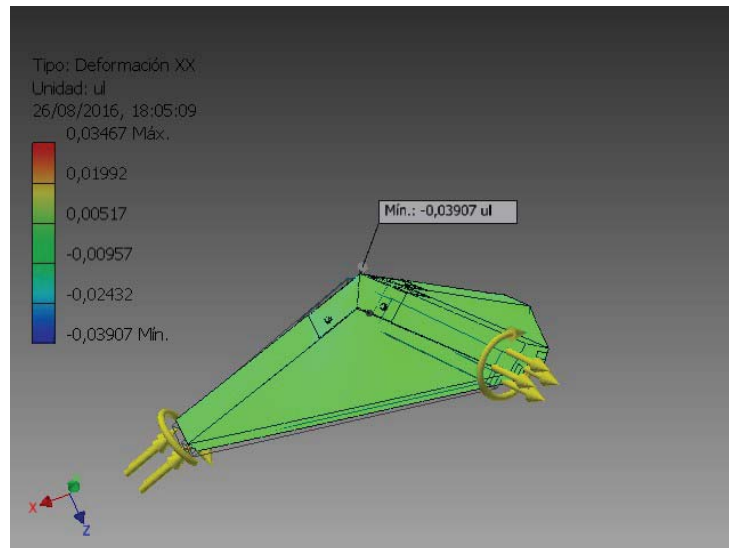
Primera deformación principal



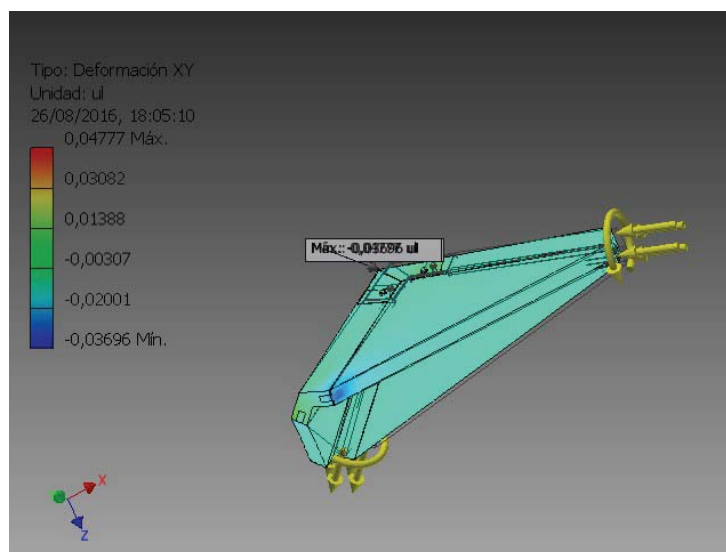
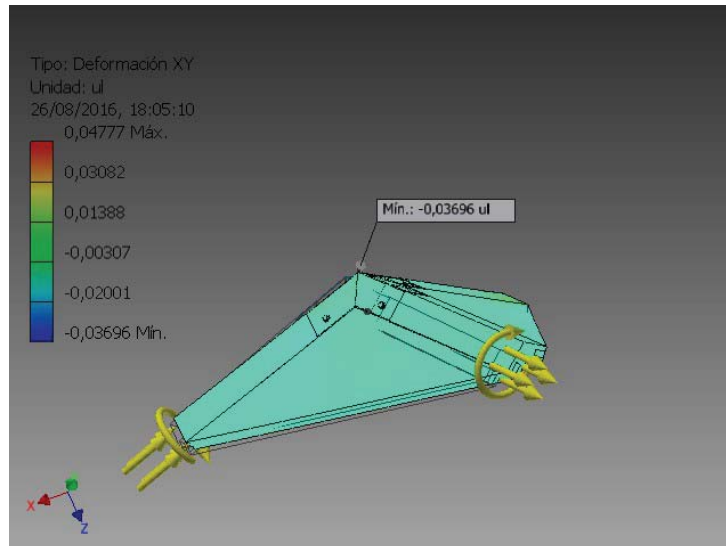
Tercera deformación principal



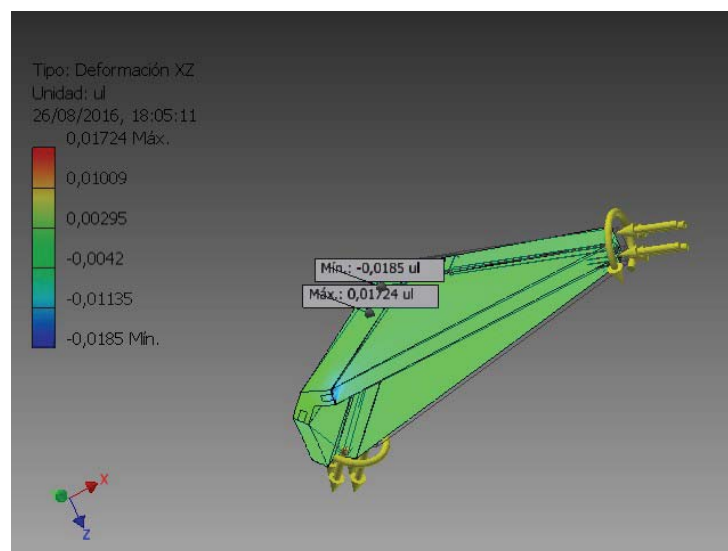
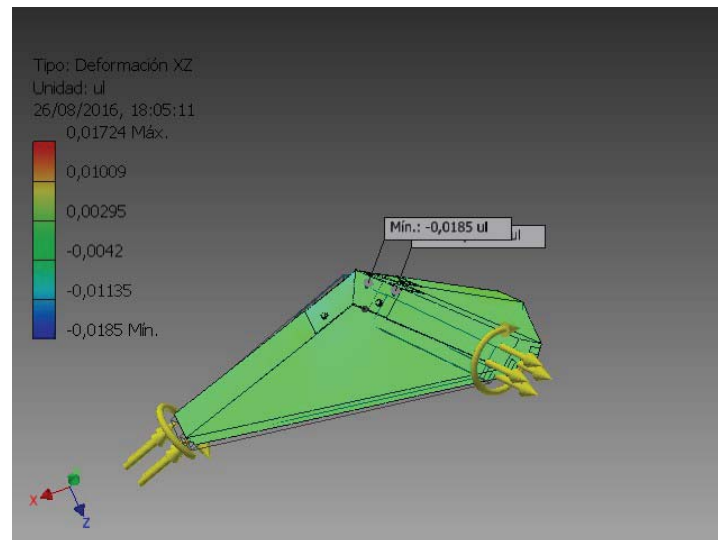
Deformación XX



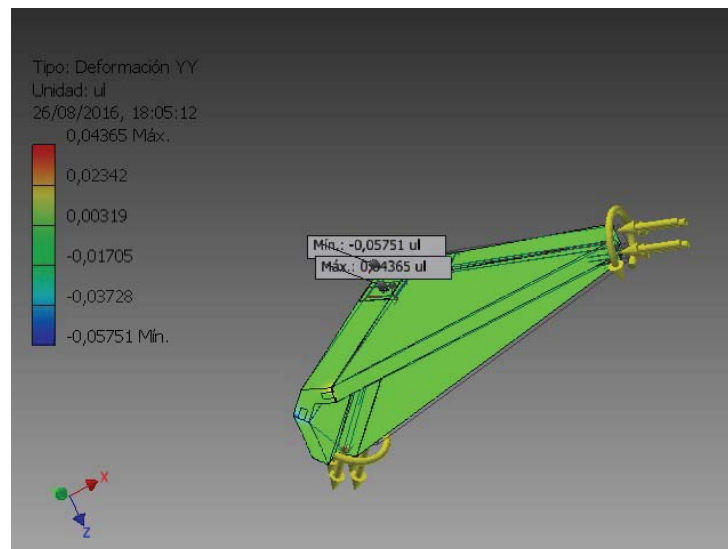
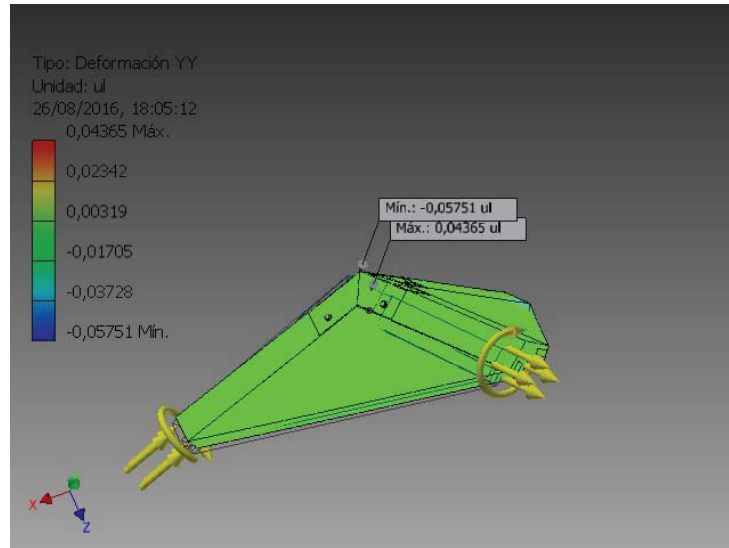
Deformación XY



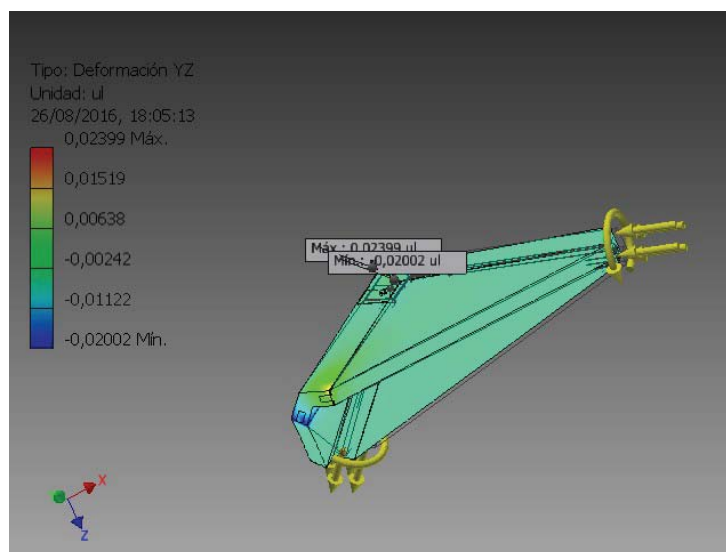
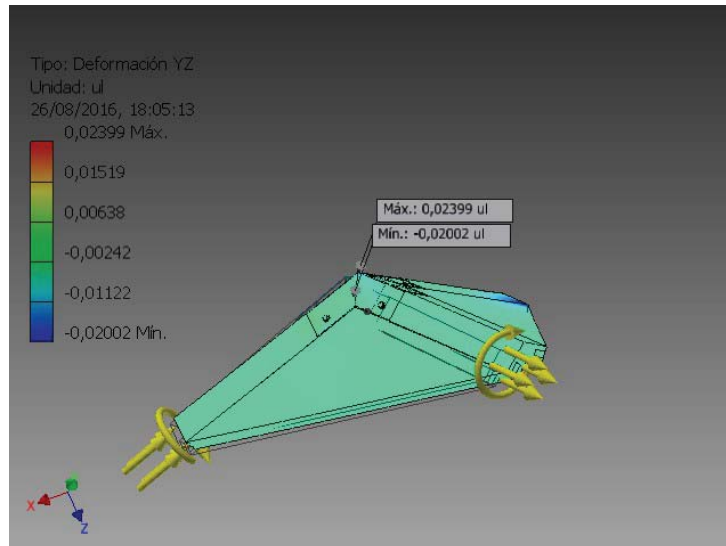
Deformación XZ



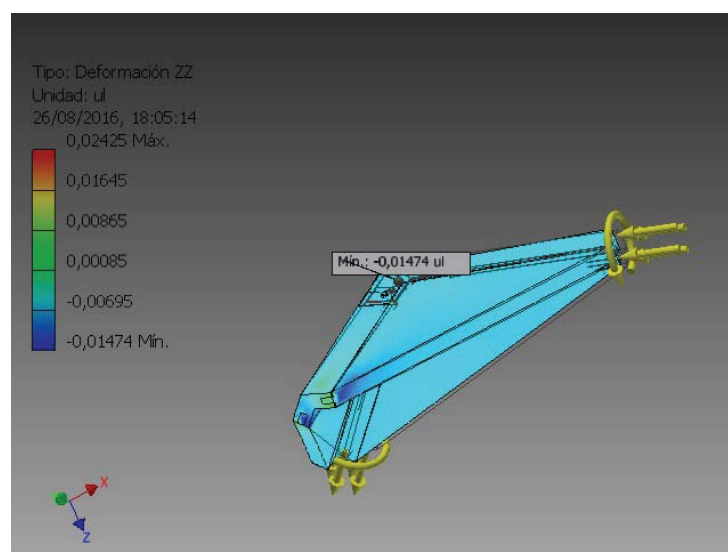
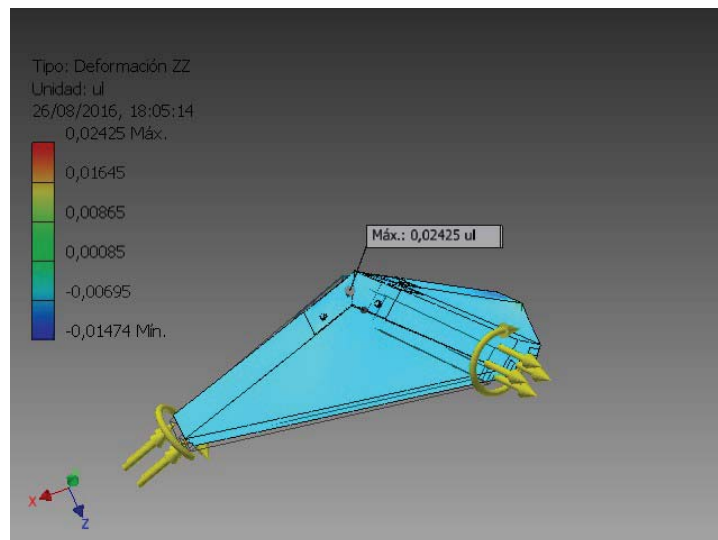
Deformación YY



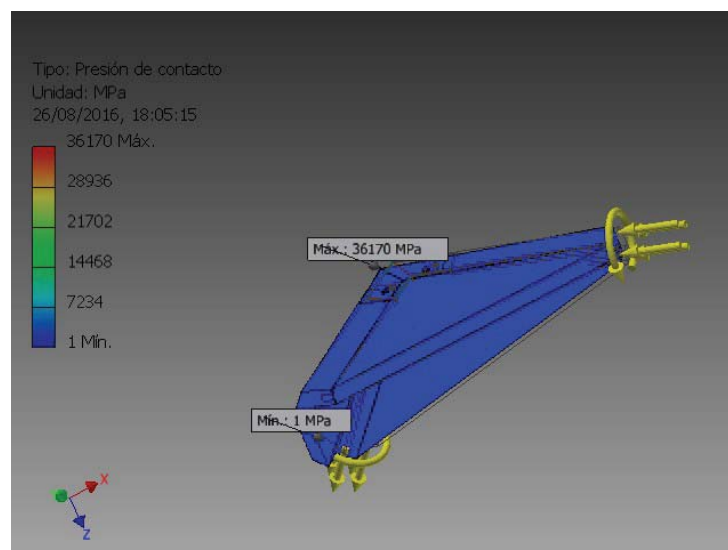
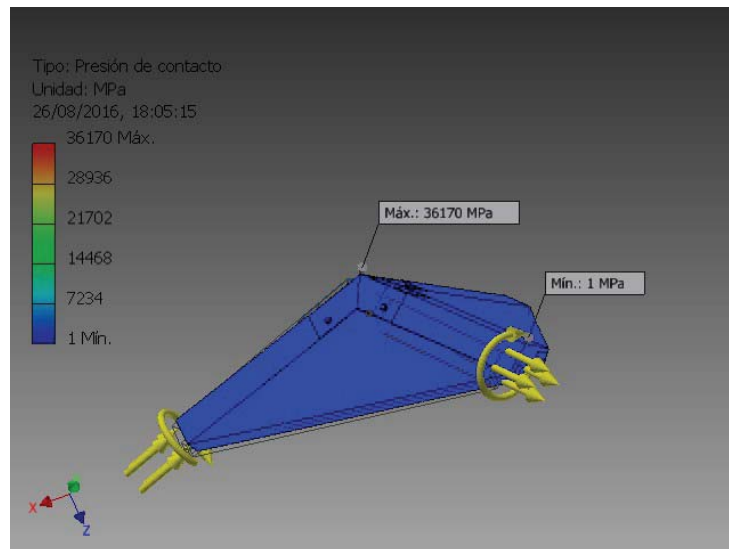
Deformación YZ



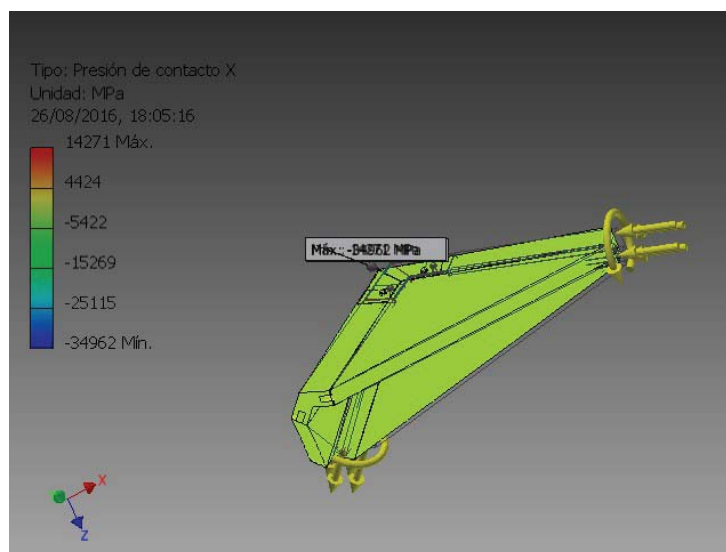
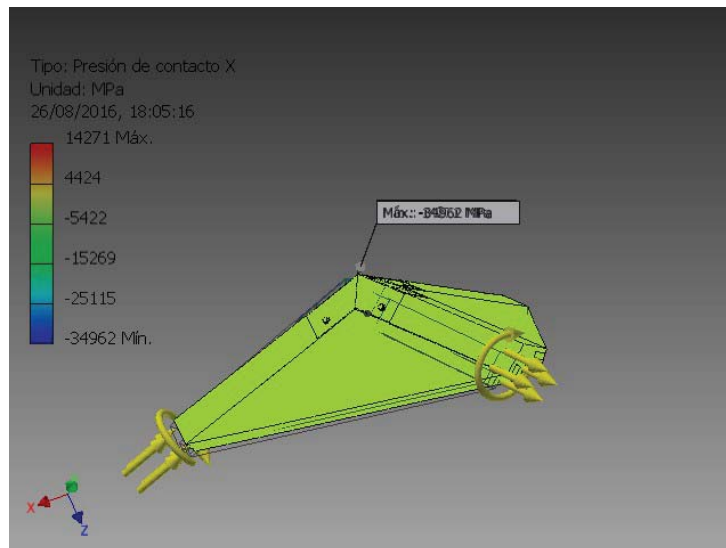
Deformación ZZ



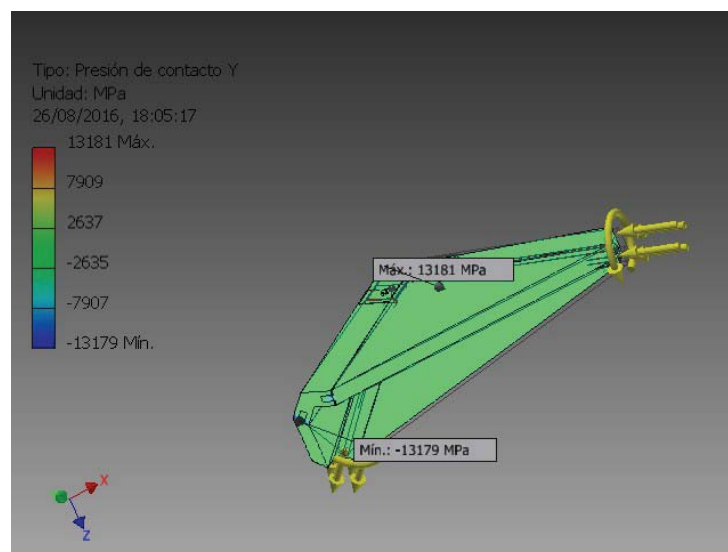
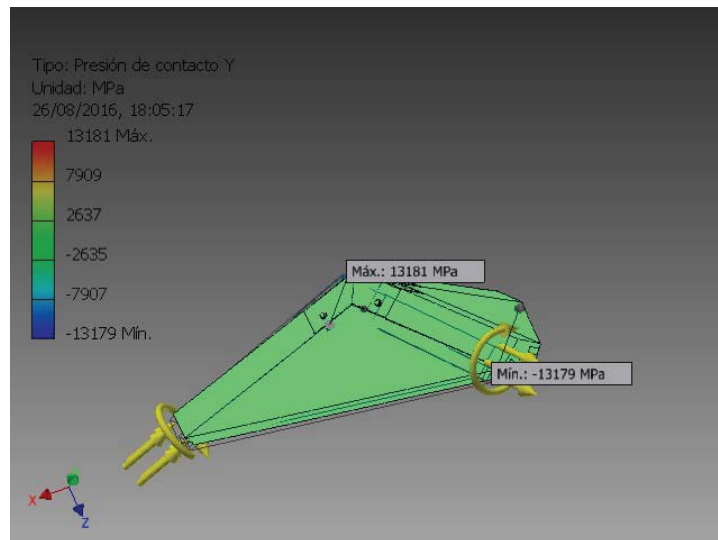
Presión de contacto



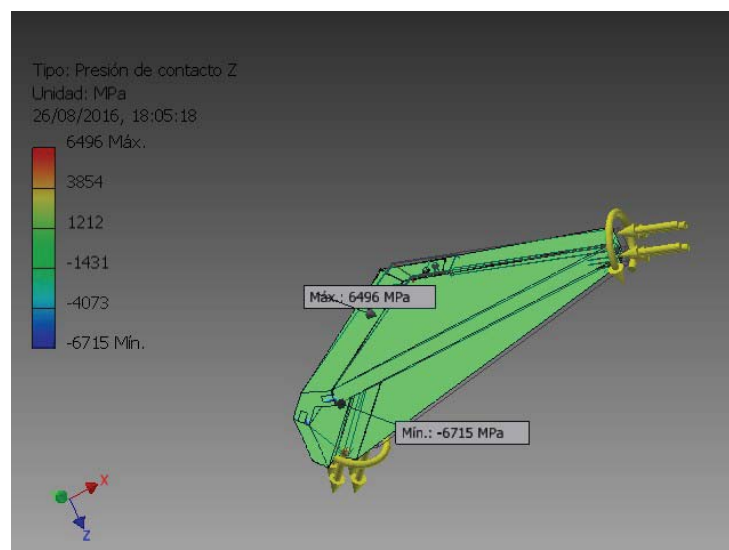
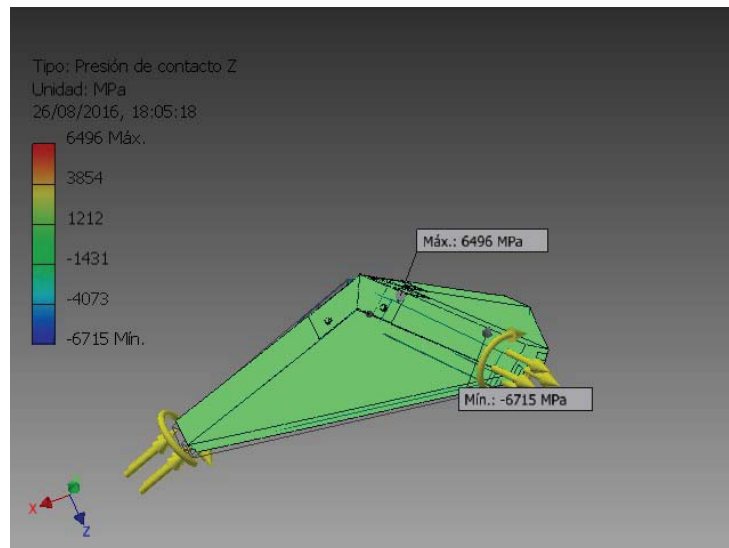
Presión de contacto



Presión de contacto Y



Presión de contacto Z

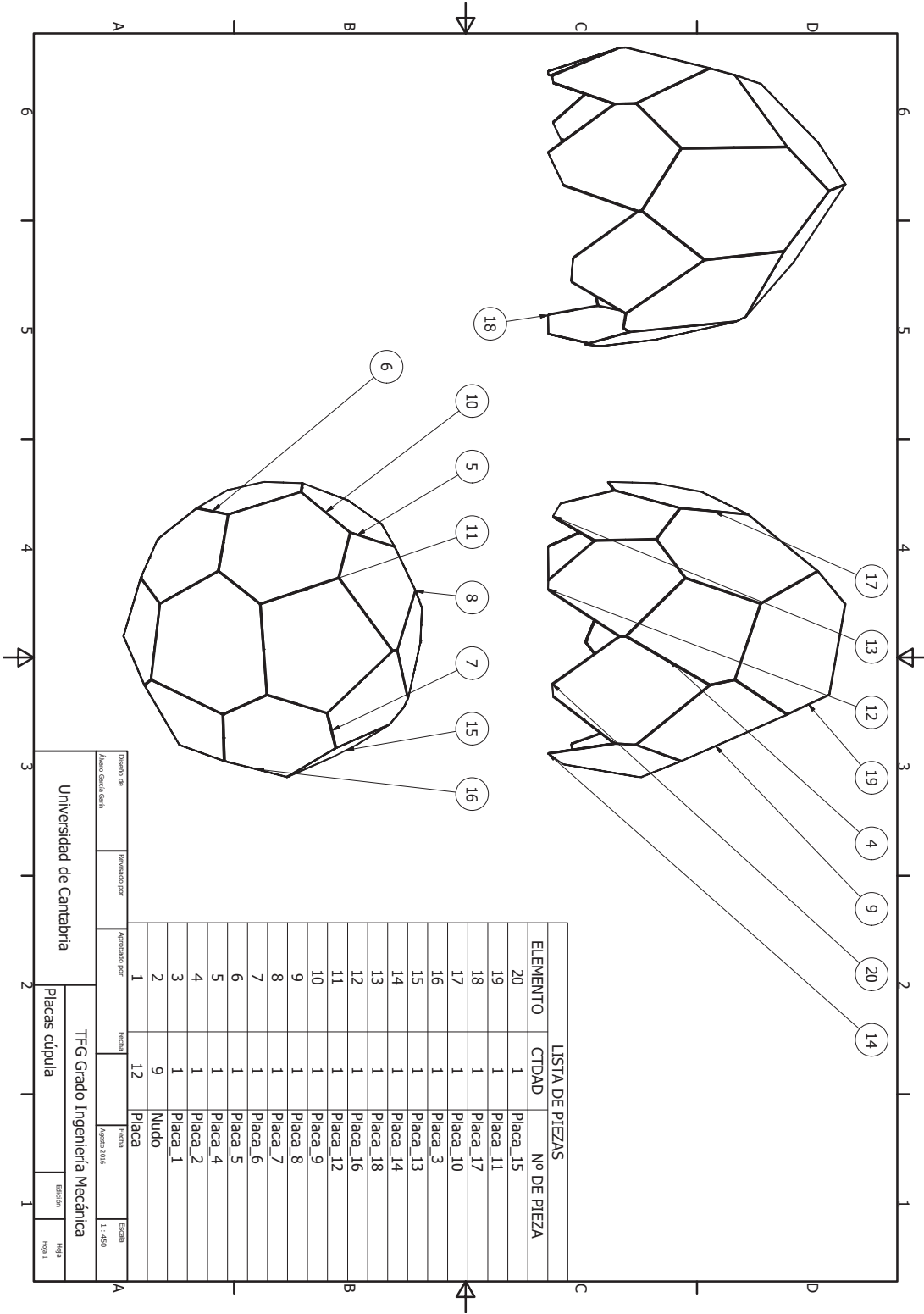


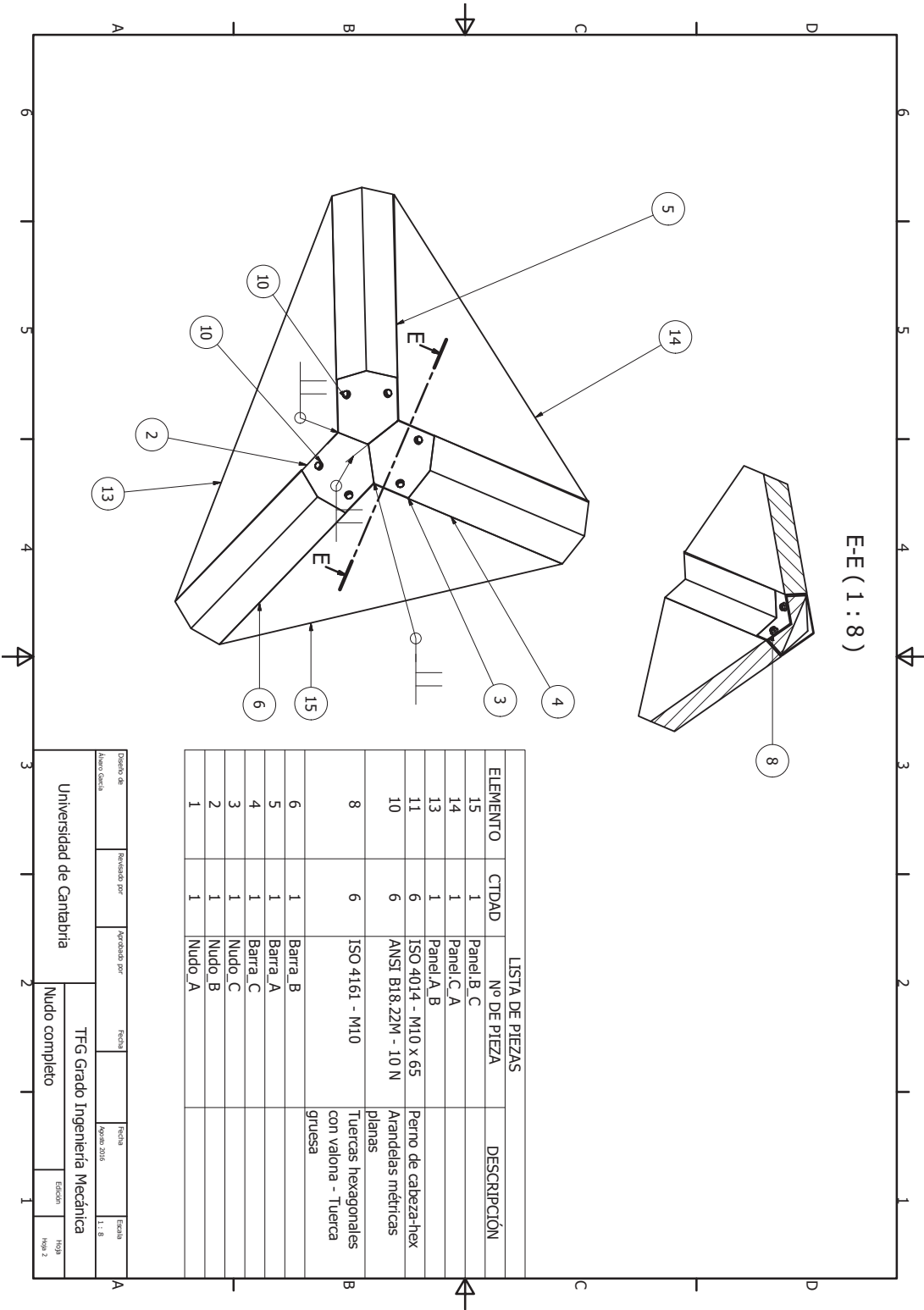
DOCUMENTO 2

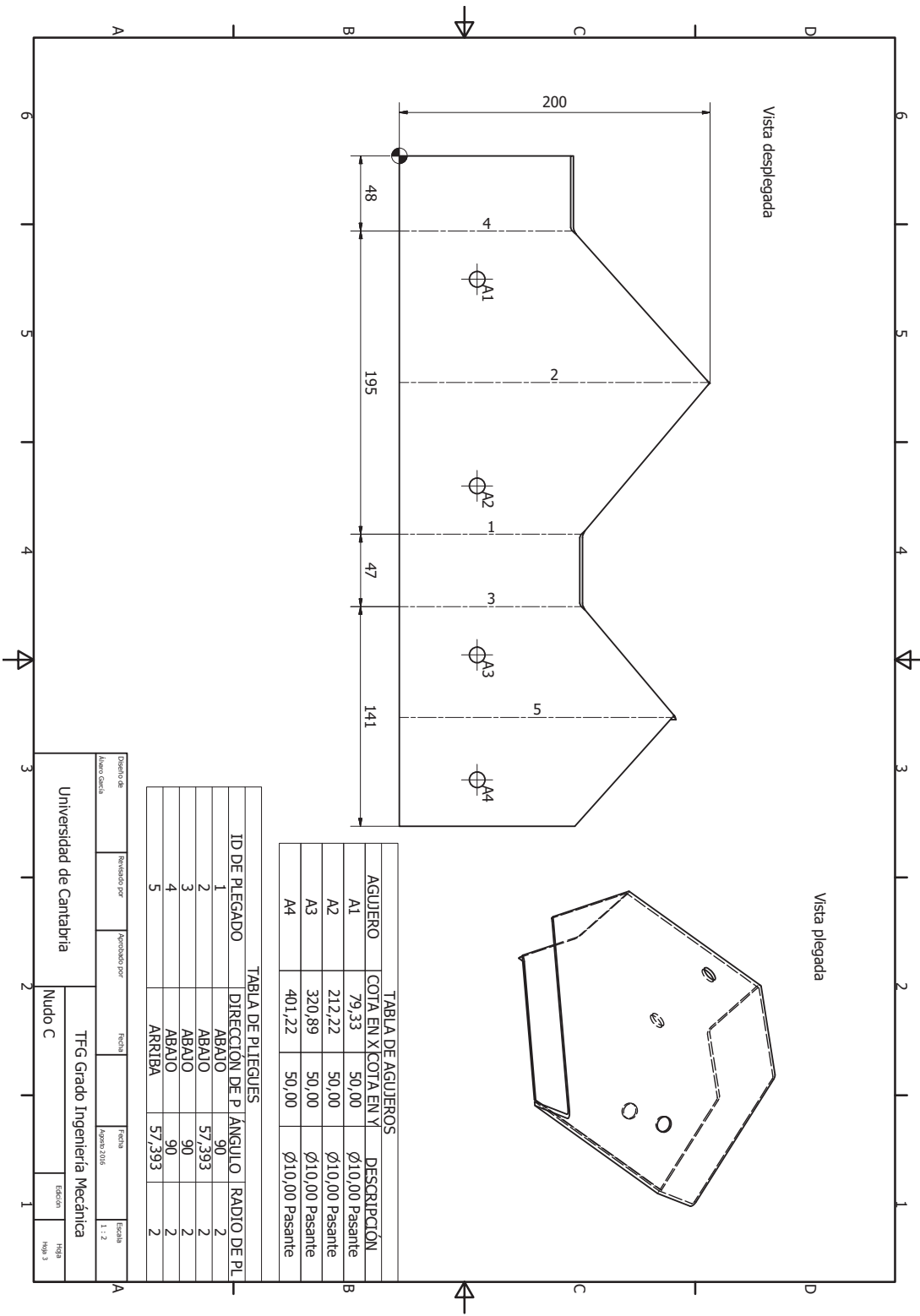
PLANOS

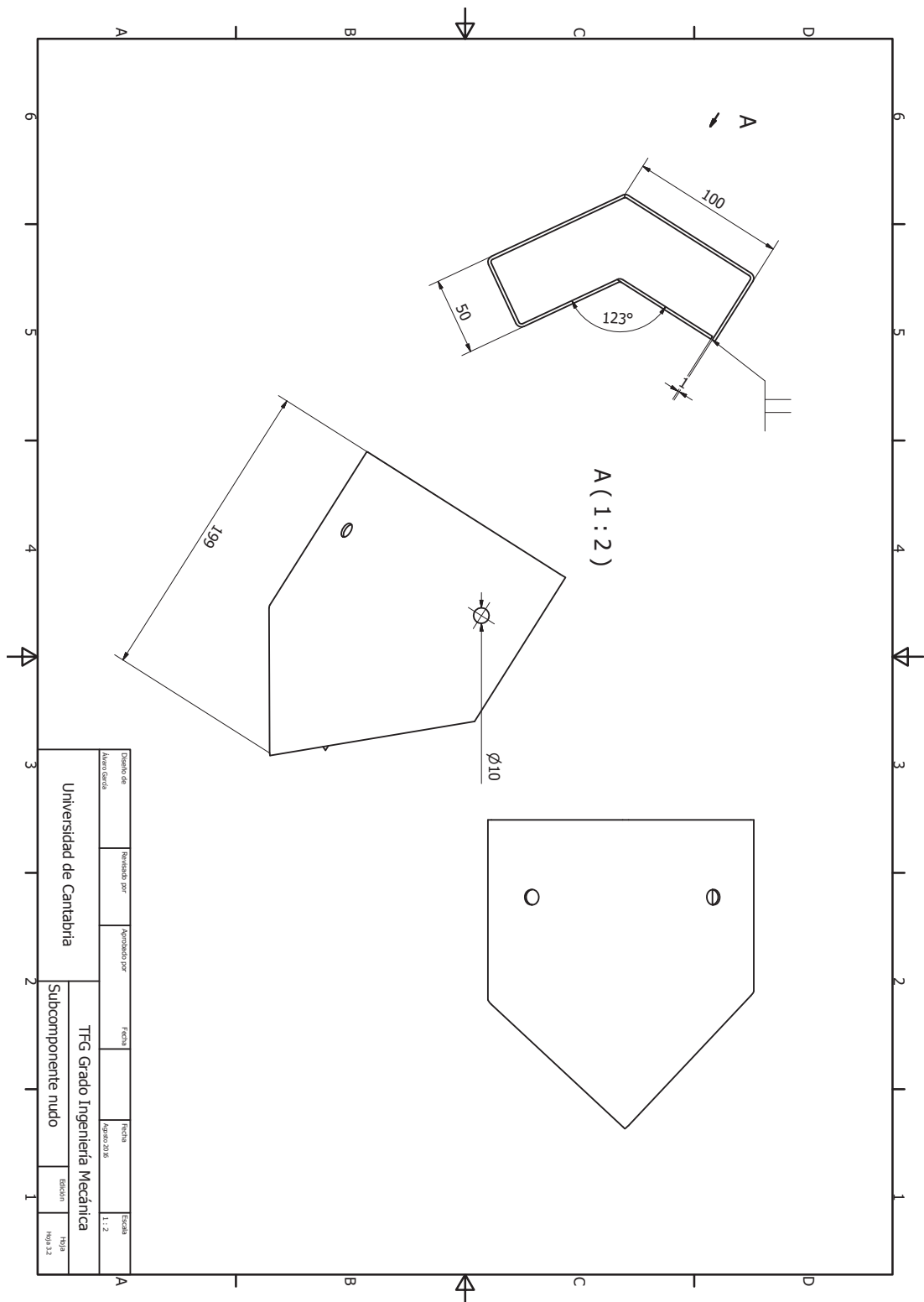
ÍNDICE:

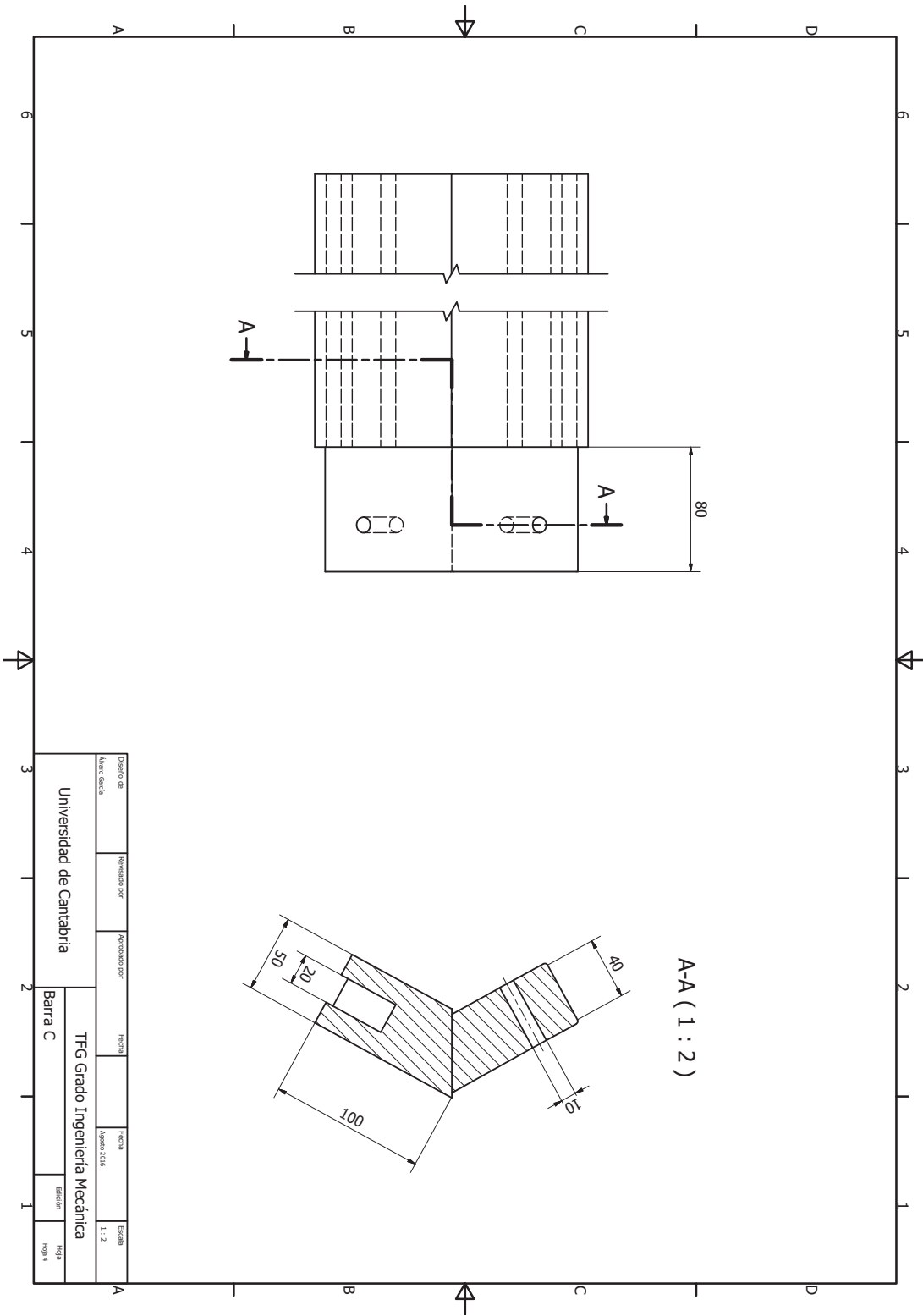
1.- ENSAMBLAJE CÚPULA	98
2.- ENSAMBLAJE NUDO.....	99
3.- SUBCOMPONENTE NUDO.....	100
3.2.- SUBCOMPONENTE NUDO-2.....	101
4.- SUBCOMPONENTE BARRA.....	102
5.- PLANO ZAPATA.....	103
6.-CONEXIÓN CÚPULA-ZAPATA.....	104

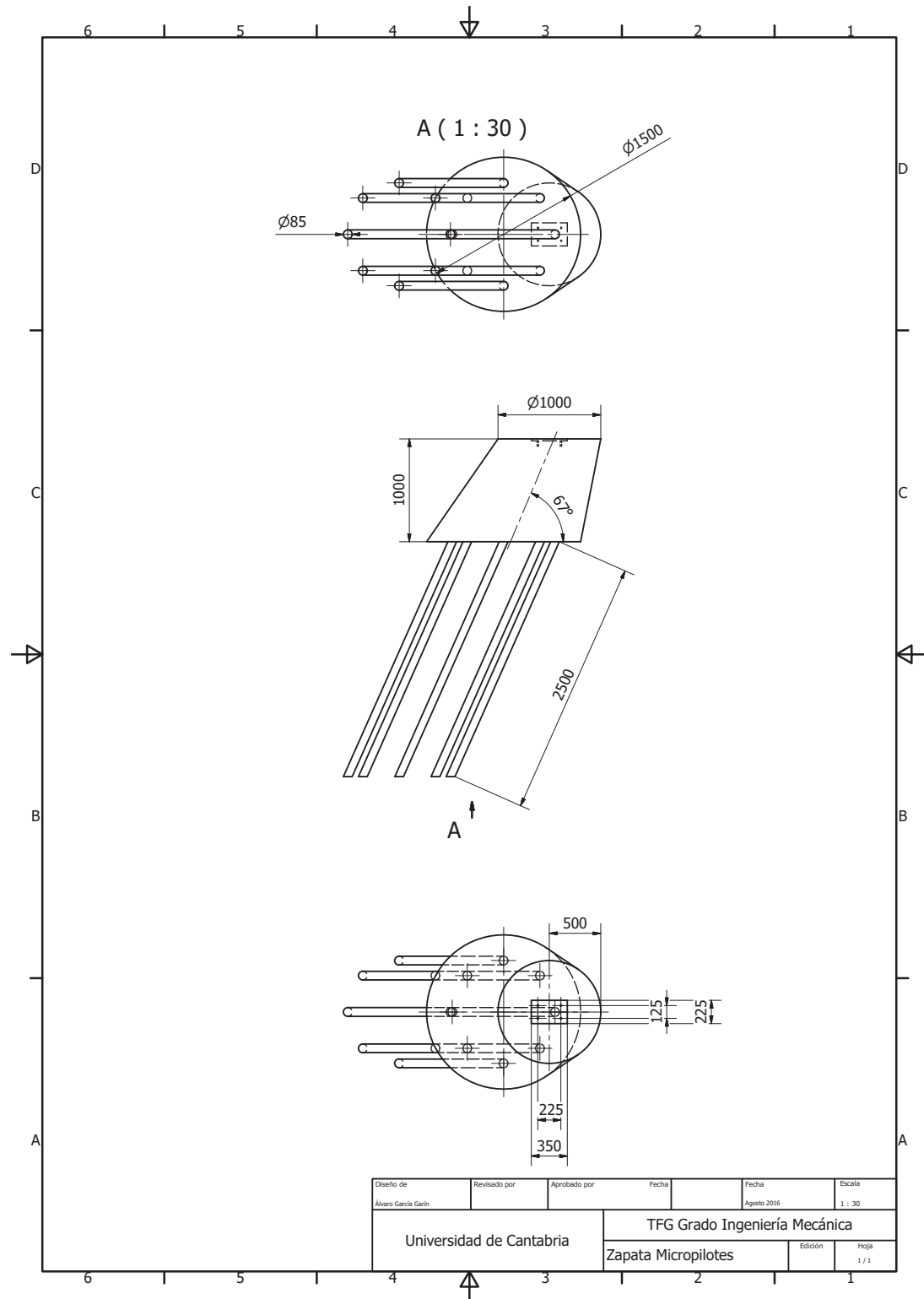


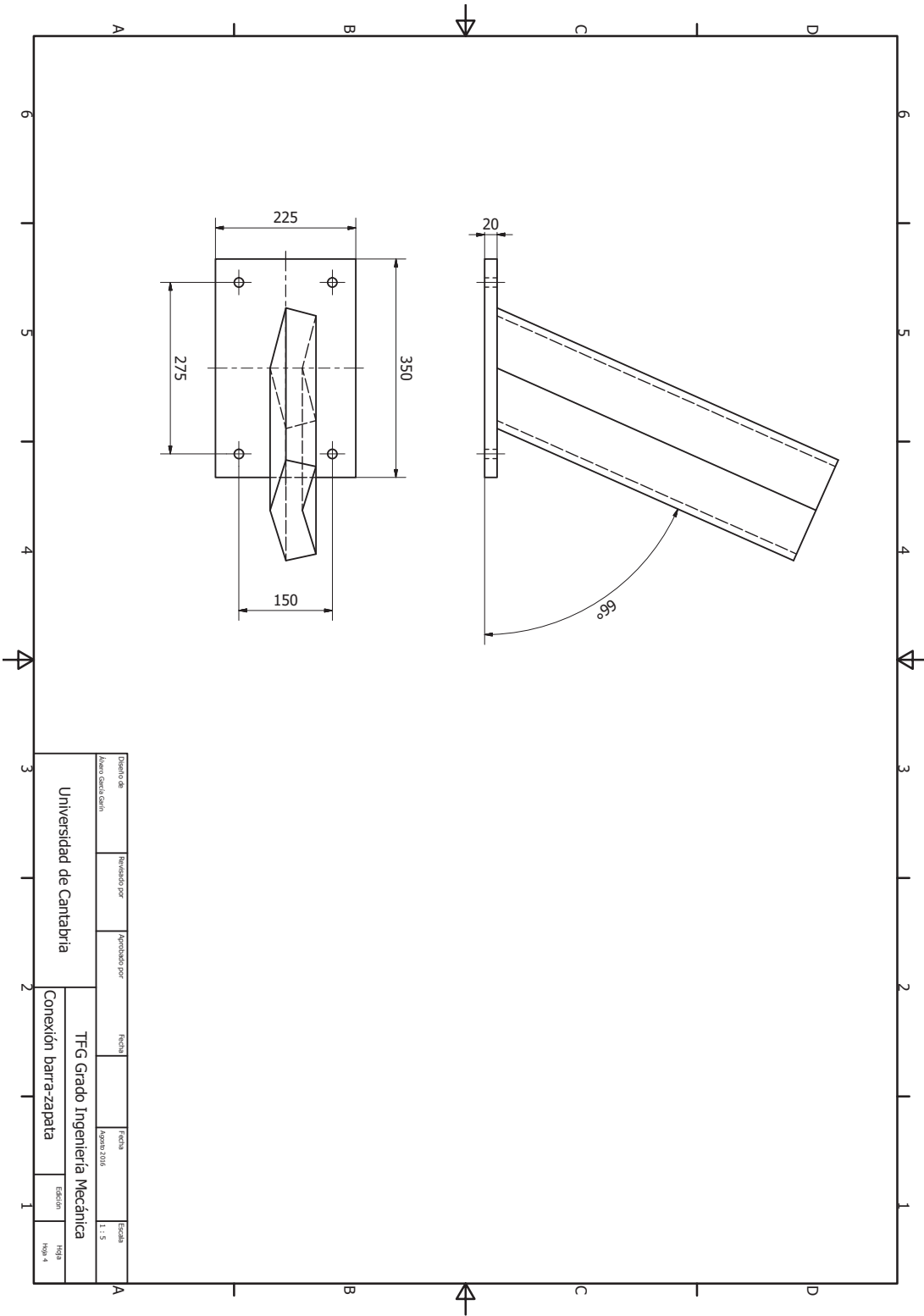












DOCUMENTO 3

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE:

1.- INTRODUCCIÓN.....	107
1.1.- DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD.....	107
1.2.- PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....	128
1.2.1.- CARÁCTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	128
1.2.2.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	130
1.3.- NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	135

1.- INTRODUCCION

El Real Decreto 1627/1997 del 24 de Octubre establece las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, siempre en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

1.1.- DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y

SALUD (Extracto de las mismas)

- EL PROMOTOR deberá designar: (Art. 3)

COORDINADOR, en materia de Seguridad y Salud durante la elaboración del proyecto de obra o ejecución. (Sólo en el caso de que sean varios los técnicos que intervengan en la elaboración del proyecto).

COORDINADOR, (antes del comienzo de las obras), en materia de Seguridad y Salud durante **la ejecución de las obras** (Sólo en el caso en que intervengan personal autónomo, subcontratas o varias contratas).

NOTA: La designación de los coordinadores no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

- En el caso que el promotor contrate directamente a los trabajadores autónomos, este tendrá la consideración de contratista.(Art. 1.3).
- El PROMOTOR, antes del comienzo de las obras, deberá presentar ante la autoridad Laboral un AVISO PREVIO en el que conste:

Fecha

Dirección exacta de obra

Promotor (Nombre y dirección)

Tipo de obra

Proyectista (Nombre y dirección)

Coordinador del proyecto de obra (Nombre y dirección)

Coordinador de las obras (Nombre y dirección)

Fecha prevista comienzo de obras

Duración prevista de las obras

Número máximo estimado de trabajadores en obra

Número de contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos en obra

Datos de identificación de contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos ya seleccionados.

Además del PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD elaborado por el contratista.

- EL CONTRATISTA elaborará un PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el Estudio Básico. En dicho PLAN de Seguridad y Salud podrán ser incluidas las propuestas de medidas alternativas

de prevención que el CONTRATISTA proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrá implicar disminución de los niveles de protección previsto en el Estudio Básico. (Se incluirá valoración económica de la alternativa no inferior al importe total previsto).

- EL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD deberá ser aprobado, antes del inicio de las obras, por el COORDINADOR en materia de Seguridad y Salud DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS (véase Art. 7).
- En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del PLAN de Seguridad y Salud, un LIBRO DE INCIDENCIAS (permanentemente en obra); facilitado por el técnico que haya aprobado el PLAN de Seguridad y Salud.

Autor del estudio de seguridad y salud

D. ÁLVARO GARCÍA GARÍN	TECNICO: GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
------------------------	--

Identificación de la obra

CÚPULA DE CUBRICIÓN

Datos del solar

MONUMENTO JARDINES DE PEREDA. SANTANDER (CANTABRIA)	
• Propietario	AYUNTAMIENTO DE SANTANDER
• Tipo y denominación	CÚPULA DE CUBRICIÓN

• Emplazamiento	JARDINES DE PEREDA
• Presupuesto de Ejecución Material	SEGUN MEDICION DE PROYECTO
• Presupuesto de contrata	SEGUN MEDICION DE PROYECTO
• Plazo de ejecución previsto (días)	90 DIAS
• No máximo de operarios	30

• Superficie de parcela (m2)	1256
• Límites de parcela	VIA PUBLICA
• Acceso a la obra	POR VIA PUBLICA
• Topografía del terreno	PLANA
• Edificios colindantes	NO EXISTEN
• Servidumbres y condicionantes	NO EXISTEN
Observaciones	

DESCRIPCION DE LAS DOTACIONES
Servicios higiénicos
Según R.D. 1627/97 anexo IV y R.D. 486/97 anexo VI.
Valores orientativos proporcionados por la normativa anteriormente vigente:
Vestuarios: 2 m2 por trabajador
Lavabos: 1 cada 10 trabajadores o fracción
Ducha: 1 cada 10 trabajadores o fracción
Retretes: 1 cada 25 hombres o 15 mujeres o fracción
Asistencia sanitaria
Según R.D. 486/97 se preverá material de primeros auxilios en número suficiente para el número de trabajadores y riesgos previstos.
Se indicará qué personal estará capacitado para prestar esta asistencia sanitaria. Se indicará el centro de asistencia más próximo.

Los botiquines contendrán como mínimo:

- Agua destilada Analgésicos Jeringuillas, pinzas y guantes desechables.
- Antisépticos y desinfectantes autorizados Antiespasmódicos Termómetro
- Vendas, gasas, apósitos y algodón Tijeras Torniquete

Servicios higiénicos
8 m2 Vestuarios
1 Lavabos
1 Ducha
1 Retretes
RIESGOS LABORALES
RIESGOS AJENOS A LA EJECUCION DE LA OBRA
Vallado del solar en toda su extensión
Prohibida la entrada de personas ajenas a la obra
Se instalará un cercado provisional de la obra y se completará con una señalización adecuada
Se procederá a la colocación de las señales de circulación pertinentes, advirtiendo de la salida de camiones y la prohibición de estacionamiento en las proximidades de la obra
Se colocará en lugar bien visible, en el acceso, la señalización vertical de seguridad, advirtiendo de sus peligros

Movimiento de tierras

Descripción de los trabajos
Trabajo Mecánico: Palas cargadoras y retroexcavadoras (Pozos y zapatas)
Trabajo Mecánico: Transporte con camiones
Trabajo Manual: Retoques en el fondo

Riesgos que pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas

Caída de material	Casco homologado y certificado	Plataformas de paso >60cm con barandilla de seguridad en borde de excavación de 90cm
Caída de personas	Mono de trabajo	Topes al final de recorrido
Desplome y hundimiento del terreno	Botas y traje de agua, según caso	Rutas interiores protegidas y señalizadas
Atrapamiento o aplastamiento	Calzado homologado según trabajo	Señalización de peligro
Atropellos, colisiones y vuelcos	Guantes apropiados	Delimitar el solar con vallas de protección
Fallo de la maquinaria		
Normas básicas de seguridad		
Suspender los trabajos en condiciones climatológicas desfavorables		
Evitar sobrecargas no previstas en taludes y muros de contención		
Salida a vía pública señalizada con tramo horizontal > 6m		
Orden en el tráfico de vehículos y acceso de trabajadores		
Riguroso control de mantenimiento mecánico de máquinas		
No permanecer en el radio de acción de cada máquina		
Limpieza y orden en el trabajo		
No sobrecargar los camiones		

Riesgos que no pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Vuelcos o deslizamiento de máquinas	Protectores auditivos	Excavación protegida por tiras reflectantes
Proyección de piedras	Gafas antipolvo, antipartículas	Se dispondrá de topes cerca del talud
Caídas	Mascarilla filtrante	Señalización de los pozos
Ruidos		
Vibraciones		

Generar polvo o excesivos gases tóxicos		
Normas básicas de seguridad		
No acopiar junto a borde de excavación		
No se socavará produciendo vuelco de tierra		
Comprobar niveles y bloqueo de seguridad en la máquina		
Los trabajos en zanjas separados más de un metro		
Señalización y ordenación del tráfico de máquinas		
Prohibido el personal en área de trabajo de máquinas		

Cimentación

Descripción de los trabajos
Superficiales: Colocación de parrillas y esperas
Superficiales: Colocación de armaduras
Superficiales: Hormigonado

Riesgos que pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Caída de material	Botas y traje de agua, según caso	Tableros o planchas rígidas en hueco horizontal
Caída de operarios	Mono de trabajo	Habilitar caminos de acceso a cada trabajo
Atropellos, colisiones y vuelcos	Calzado homologado según trabajo	
Heridas punzantes, cortes, golpes, ...	Guantes apropiados	
Riesgos por contacto con hormigón		
Atrapamiento o aplastamiento		
Normas básicas de seguridad		

No hacer modificaciones que varíen las condiciones del terreno
--

Riesgos que pueden ser evitados
Colocación en obra de las armaduras ya terminadas
No permanecer en el radio de acción de cada máquina
Tapar y cercar la excavación si se interrumpe el proceso constructivo
Riguroso control de mantenimiento mecánico de máquinas
Movimientos de cubeta de hormigón guiado con señales
Braga de 2 brazos y grilletes para desplazamiento horizontal con grúa
Suspender los trabajos en condiciones climatológicas desfavorables
Medios auxiliares adecuado al sistema
Excavaciones dudosas con armaduras ya elaboradas
Vigilar el estado de los materiales
Señalización de salida a vía pública de vehículos
Manipular las armaduras en mesa de ferrallista

Riesgos que no pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Resbalón producido por lodos	Botas homologadas según trabajo	Topes al final de recorrido
Derrame del hormigón	Casco homologado con barbuquejo	
	Guantes apropiados	
Normas básicas de seguridad		
Limpieza de bordes		
No cargar los bordes en una distancia aproximada a los 2m		
Evitar sobrecargas no previstas		

Cubiertas

Descripción de los trabajos
Colocación de paneles en la estructura

Riesgos que pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Caídas al mismo nivel	Casco homologado y certificado	Huecos tapados con tabloncillos clavados a forjado
Caídas en altura de personas	Cinturón de seguridad	Barandillas rígidas y resistentes
Caída de objetos a distinto nivel	Mono de trabajo	
Hundimiento de superficie de apoyo	Calzado antideslizante	
Quemaduras o radiaciones	Guantes apropiados	
Golpes o corte con material	Mástiles y cables fijadores	

Riesgos que pueden ser evitados		
Insolación	Cinturón y arnés de seguridad	
Normas básicas de seguridad		
Suspender los trabajos en condiciones climatológicas desfavorables		
Protecciones perimetrales en vuelos de tejado		
Cumplir las exigencias del fabricante		
Vigilar el estado de los materiales		

Cable de fijación en cumbrera para arnés específico
Gas almacenado a la sombra y fresco
Uso de válvulas antiretroceso de la llama
Limpieza y orden en el trabajo
Señalización de las zonas de trabajo

Riesgos que no pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Caídas en altura	Casco homologado y certificado	Herramientas cogidas al mosquetón
Caídas al mismo nivel	Cinturón de seguridad	Cable de fijación en cumbrera para arnés específico
Proyección de partículas	Calzado antideslizante	
	Mascarilla filtrante	
Normas básicas de seguridad		
No se trabajará en cubierta con mala climatología		
Árnés anclado a elemento resistente		

Revestimientos

Descripción de los trabajos
Solados
Alicatados

Riesgos que pueden ser evitados	
	Medidas técnicas de protección

Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Caídas al mismo nivel	Casco homologado y certificado	Trabajos en distinto nivel, acotados y señalizados
Caídas en altura de personas	Mono de trabajo	Andamios normalizados
Caída de objetos a distinto nivel	Calzado reforzado con puntera	
Afecciones en mucosas	Gafas protectoras de seguridad	
Afecciones oculares	Guantes apropiados	
Lesiones en la piel (dermatosis)	Mascarilla filtrante	
Inhalación de polvo		
Salpicaduras en la cara		
Heridas punzantes, cortes, golpes, ...		
Electrocuciones		
Normas básicas de seguridad		
Iluminación con lámparas auxiliares según normativa		
Pulido de pavimento con mascarilla filtrante		
Revisar diariamente los medios auxiliares y elementos de seguridad		
Correcto acopio de material		
Andamio limpio de material innecesario		
No amasar mortero encima del andamio		
Limpieza y orden en el trabajo		
Delimitar las zonas de trabajo		

Riesgos que no pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas

Golpes y aplastamiento de dedos	Gafas protectoras de seguridad	Se acotaran y señalizaran las zonas de trabajo
Caídas	Cinturón de seguridad	
	Guantes apropiados	
Normas básicas de seguridad		
Limpieza y orden en el trabajo		

Pinturas e imprimaciones

Descripción de los trabajos
Pinturas
Otros derivados

Riesgos que pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Caídas al mismo nivel	Mono de trabajo	Plataformas móviles con dispositivos de seguridad
Caídas de andamios o escaleras	Gafas para pinturas en techos	Se acotará la zona inferior de trabajo
Caída de objetos a distinto nivel	Guantes apropiados	Disponer de zonas de enganche para seguridad
Intoxicación por atmósferas nocivas	Mascarilla homologada con filtro	
Explosiones e incendios	Cinturón de seguridad	
Salpicaduras o lesiones en la piel	Mástiles y cables fijadores	
Atrapamiento o aplastamiento		
Normas básicas de seguridad		
La maquinaria manual con clavijas adecuadas para la conexión		

Maquinaria desconectada si el operario no la esta utilizando
Revisar diariamente los medios auxiliares y elementos de seguridad
Los vertidos para mezclas desde poca altura, para evitar salpicaduras
Uso de mascarilla en imprimaciones que desprenden vapores

Riesgos que pueden ser evitados
Cumplir las exigencias del fabricante
Compresores con protección en poleas de transmisión
Ventilación adecuada en zona de trabajo y almacén
Envases almacenados correctamente cerrados
Material inflamable alejado de eventuales focos de calor y con extintor cercano
No fumar ni usar máquinas que produzcan chispas
Evitar el contacto de la pintura con la piel
Limpieza y orden en el trabajo
Correcto acopio de material

Riesgos que no pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Caídas	Gafas para pinturas en techos	Disponer de zonas de enganche para seguridad
Salpicaduras en la piel	Cinturón de seguridad	Plataformas móviles con dispositivos de seguridad
Generar polvo o excesivos gases tóxicos	Mascarilla filtrante	Se acotará la zona inferior de trabajo
	Guantes apropiados	
	Calzado homologado según trabajo	
Normas básicas de seguridad		
Los vertidos para mezclas desde poca altura, para evitar salpicaduras		
Ventilación natural o forzada		

Evitará el contacto de la pintura con la piel
Uso adecuado de los medios auxiliares

Medios Auxiliares
Andamios metálicos tubulares
Andamios sobre ruedas
Plataforma de soldador en altura

Riesgos que pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Caída de personas	Casco homologado y certificado	Señalización de zona de influencia durante su montaje y desmontaje
Caída de material	Mono de trabajo	
Golpes durante montaje o transporte	Cinturón de seguridad	
Vuelco de andamios	Calzado homologado según trabajo	
Desplome de andamios	Guantes apropiados	
Sobreesfuerzos	Los operarios no padecerán trastornos orgánicos que puedan provocar accidentes	
Atrapamiento o aplastamiento		
Los inherentes al trabajo a realizar		
Normas básicas de seguridad		
Andamios de servicio en general:		
Cargas uniformemente repartidas		
Los andamios estarán libres de obstáculos		

Plataforma de trabajo > 60 cm de ancho
Inspección diaria antes del inicio de los trabajos
Suspender los trabajos con climatología desfavorable
Se anclarán a puntos fuertes
No pasar ni acopiar bajo andamios colgados
Andamios metálicos sobre ruedas:
Plataforma de soldador en altura:
Las guindolas serán de hierro dulce, y montadas en taller
Dimensiones mínimas: 50 x 50 x 100 cm
Los cuelgues se harán por enganche doble
Andamios metálicos tubulares:
Plataforma de trabajo perfectamente estable
Las uniones se harán con mordaza y pasador o nudo metálico
Se usarán tablones de reparto en zonas de apoyo inestables
No se apoyará sobre suplementos o pilas de materiales
Andamios colgados móviles:
Andamios de borriquetas o caballetes:

Riesgos que no pueden ser evitados
En general todos los riesgos de los medios auxiliares pueden ser evitados

Medios Auxiliares
Escalera de mano
Señalizaciones

Riesgos que pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas

Caída de personas	Casco homologado y certificado	Señalización de zona de influencia durante su montaje y desmontaje
Caída de material	Mono de trabajo	
Golpes durante montaje o transporte	Cinturón de seguridad	
Sobreesfuerzos	Calzado homologado según trabajo	
Rotura por sobrecarga	Guantes apropiados	
Atrapamiento o aplastamiento	Los operarios no padecerán trastornos orgánicos que puedan provocar accidentes	
Roturas por mal estado		
Deslizamiento por apoyo deficiente		
Vuelco en carga, descarga y en servicio (silo cemento)		
Los inherentes al trabajo a realizar		
Normas básicas de seguridad		
Escalera de mano:		
Estarán apartados de elementos móviles que puedan derribarlas		
No estarán en zonas de paso		
Los largueros serán de una pieza con peldaños ensamblados		
No se efectuarán trabajos que necesiten utilizar las dos manos		
Visera de protección:		
Escaleras fijas:		
Puntales:		
Silos de cemento:		

Movimiento de tierras y transporte

Maquinaria
Camión basculante
Retroexcavadora
Camión de transporte de material

Riesgos que pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Choque con elemento fijo de la obra	Casco homologado y certificado	Señalizar las rutas interiores de obra
Atropello y aprisionamiento de operarios	Mono de trabajo	Las propias de la fase de Movimiento de tierras
Caída de material desde la cuchara	Calzado homologado según trabajo	
Desplome de tierras a cotas inferiores	Calzado limpio de barro adherido	
Caídas al subir o bajar de la máquina	Asiento anatómico	
Electrocuciones		
Explosiones e incendios		
Normas básicas de seguridad		
Las maniobras se harán sin brusquedad y auxiliadas por personal		
Empleo de la máquina por personal autorizado y cualificado		
Durante las paradas se señalizará su entorno con señales de peligro		
Al finalizar el trabajo se desconectará la batería, se bajará la cuchara al suelo y se quitará la llave de contacto		
Conservación periódica de los elementos de las máquinas		
Mantenimiento y manipulación según manual de la máquina y normativa		
Carga y descarga de camión basculante sin nadie en sus proximidades		
Prohibido la permanencia de personas en zona de trabajo de máquinas		
Las retroexcavadoras circularán con la cuchara plegada		
Freno de mano al bajar carga (camión basculante)		

Riesgos que no pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Vuelco y deslizamiento de la máquina	Casco homologado y certificado	Las mismas que en la fase de Movimiento de tierras
Ruido propio y de conjunto	Gafas anti-polvo en tiempo seco	
Ruidos	Protecciones acústicas	
Polvo ambiental	Extintor de incendios en cabina	
Normas básicas de seguridad		
Se prohíbe el transporte de personas en la máquina		
La velocidad estará en consonancia con la carga y condiciones de la obra, sin sobrepasar los 20 km/h		

Maquinaria manual

Maquinaria
Mesa de sierra circular
Soldador
Soplete

Riesgos que pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Electrocuciones	Casco homologado y certificado	Doble aislamiento eléctrico de seguridad
Caída de objeto	Mono de trabajo	Motores cubiertos por carcasa

Explosiones e incendios	Cinturón de seguridad	Transmisiones cubiertas por malla metálica
Lesiones en operarios: cortes, quemaduras, golpes, amputaciones	Calzado homologado según trabajo	Mangueras de alimentación anti-humedad protegidas en las zonas de paso
Los inherentes al trabajo a realizar	Guantes apropiados	Las máquinas eléctricas contarán con enchufe e interruptor estancos y toma de tierra
	Gafas protectoras de seguridad	
	Yelmo de soldador	

Riesgos que pueden ser evitados
Normas básicas de seguridad
Los operarios estarán en posición estable
Revisiones periódicas según manual de mantenimiento y normativa
Los operarios conocerán el manejo de la maquinaria y la normativa de prevención de la misma
La máquina se desconectará cuando no se utilice
Las zonas de trabajo estarán limpias y orden

Riesgos que no pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
Proyección de partículas al corte	Protecciones auditivas	Extintor manual adecuado
Ruidos	Protecciones oculares	Las máquinas que produzcan polvo ambiental se situaran en zonas bien ventiladas
Polvo ambiental	Mascarillas filtrantes	

Rotura disco de corte	Faja y muñequeras elásticas contra las vibraciones	
Vibraciones		
Rotura manguera		
Salpicaduras		
Emanación de gases tóxicos		
Normas básicas de seguridad		
No presionar disco (sierra circular)		
Disco de corte en buen estado (sierra circular)		
A menos de 4m del compresor se utilizarán auriculares		

Instalación provisional eléctrica

Descripción de los trabajos
El punto de acometida del suministro eléctrico se indicará en los planos al tramitar la solicitud a la compañía suministradora. Se comprobará que no existan redes que afecten a la obra. En caso contrario se procederá al desvío de las mismas. El cuadro general de protección y medida estará colocado en el límite del solar. Se instalarán además cuadros primarios como sea preciso.

Riesgos que pueden ser evitados
Protecciones personales
Casco homologado y certificado
Mono de trabajo
Calzado homologado según trabajo
Guantes apropiados
Comprobador de tensión
Normas básicas de seguridad
Los conductores tendrán una funda protectora sin defectos La distribución a los cuadros secundarios se hará utilizando mangueras eléctricas anti-humedad

Los cables y mangueras en zonas peatonales irán a 2m del suelo
 En zonas de paso de vehículos, a 5m del suelo o enterrados
 Los empalmes entre mangueras irán elevados siempre. Las cajas de empalme serán normalizadas estancas de seguridad Interruptores: Estarán instalados en cajas normalizadas colgadas con puerta con señal de peligro y cerradura de seguridad
 Circuitos: Todos los circuitos de alimentación y alumbrado estarán protegidos con interruptores automáticos
 Mantenimiento y reparaciones: El personal acreditará su cualificación para realizar este trabajo
 Mantenimiento y reparaciones: Los elementos de la red se revisarán periódicamente
 Cuadros general de protección: Cumplirán la norma U.N.E.-20324
 Cuadros general de protección: Los metálicos estarán conectados a tierra
 Cuadros general de protección: Tendrán protección a la intemperie. (incluso visera)
 Cuadros general de protección: La entrada y salida de cables se hará por la parte inferior
 Tomas de energía: La conexión al cuadro será mediante clavija normalizada
 Tomas de energía: A cada toma se conectará un solo aparato
 Tomas de energía: Conexiones siempre con clavijas macho-hembra.
 Alumbrado: La iluminación será la apropiada para realizar cada tarea
 Alumbrado: Los aparatos portátiles serán estancos al agua, con gancho de cuelgue, mango y rejilla protectores, mangera antihumedad y clavija de conexión estanca
 Alumbrado: La alimentación será a 24V para iluminar zonas con agua

Riesgos que no pueden ser evitados		
	Medidas técnicas de protección	
Riesgos	Protecciones personales	Protecciones colectivas
No existen riesgos no evitados		
Normas básicas de seguridad		

Se recogen aquí las condiciones y exigencias que se han tenido en cuenta para la elección de las soluciones constructivas adoptadas para posibilitar en condiciones de seguridad la ejecución de los correspondientes cuidados, mantenimiento, repasos y reparaciones que el proceso de explotación del edificio conlleva.

Estos elementos son los que se relacionan en la tabla siguiente:

UBICACIÓN
CUBIERTAS
Ganchos de servicio

UBICACIÓN

FACHADAS

Gancho en ménsula (pescantes)

Medidas preventivas y de protección

Para realización de trabajos de estructuras deberán realizarse con Dirección Técnica competente

Se prohíbe alterar las condiciones de uso del edificio, que puedan producir deterioros o modificaciones substanciales en su funcionalidad o estabilidad

Criterios de utilización de los medios de seguridad

Los medios de seguridad del edificio responderán a las necesidades, durante los trabajos de mantenimiento o reparación

Utilización racional y cuidadosa de las distintas medidas de seguridad que las Ordenanzas de Seguridad y Salud vigentes contemplen

Cualquier modificación de uso deberá implicar necesariamente un nuevo Proyecto de Reforma o Cambio de uso debidamente redactado

Cuidado y mantenimiento del edificio

Mantenimiento y limpieza diarios, independientemente de las reparaciones de urgencia, contemplando las indicaciones expresadas en las hojas de mantenimiento de las N.T.E.

Cualquier anomalía detectada debe ponerse en conocimiento del Técnico competente

En las operaciones de mantenimiento, conservación o reparación deberán observarse todas las Normas de Seguridad en el Trabajo que afecten a la operación que se desarrolle

1.2.- PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

1.2.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Cemento

El cemento deberá cumplir las condiciones exigidas por el "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales par la recepción de cemento" (RC-97), y normas EHIB. Será de una acreditada marca, debiendo recibirse en obra en los mismos envases en que fue expedido en fábrica y se almacenará en sitio donde no haya humedad, de forma que permita el fácil acceso para la adecuada inspección o identificación de cada remesa.

Se emplearán los tipos P-250 y P-350, siempre que las características del terreno y del agua de hormigonado lo permitan. En caso contrario se emplearán cementos adecuados para cada ambiente, que proporcionen resistencias similares, y que deberán ser aprobados por el Director de las obras, previa realización de las series completas o reducidas de ensayos que prescriba.

Agua

El agua que se emplee en la confección y curado de los morteros será potable, no admitiéndose aguas que no cumplan las siguientes condiciones:

- pH comprendido entre 5 y 8.
- Sustancias solubles en cantidad inferior a quince gramos por litro
- Contenido en sulfatos inferior a un gramo por litro
- No existencia de hidratos de carbono
- Grasas y aceites en cantidad inferior a quince gramos por litro

Áridos

Los áridos a emplear en morteros y hormigones serán productos obtenidos por la clasificación de arenas y granos existentes en yacimientos naturales.

En todo caso, el árido se compondrá de elementos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, sin exceso de piezas planas, alargadas, blandas o fácilmente desintegrables, polvo, suciedad, arcilla y otras materias extrañas.

La composición tanto química como granulométrica de los áridos será tal que los hormigones con ellos constituidos, dosificados en la proporción conveniente, proporcionen la resistencia mecánica señalada en el proyecto.

Los áridos, una vez limpios y clasificados, se almacenarán de forma que no se mezclen con materiales extraños. Los áridos finos se almacenarán al abrigo de la lluvia.

El almacenamiento de cualquier clase de árido, cuando no se efectúe en tolvas o silos, sino en pilas, deberá disponerse a satisfacción del Ingeniero Director, o, en caso contrario, los 30 cm inferiores de la base de las pilas no se utilizarán ni se quitarán durante todo el tiempo que se vaya a utilizar la pila.

Se realizarán los ensayos correspondientes para cada partida de áridos de procedencia distinta, debiendo realizarse una serie completa de ensayos como mínimo para cada tamaño de clasificación.

En todo caso, el Director de obra podrá ordenar la realización de los ensayos que considere necesarios para comprobar, antes de la utilización de áridos, si se cumplen las características exigidas.

Hormigones

Se definen como hormigones los materiales formados por mezcla de cemento, agua, árido fino y árido grueso y, eventualmente, productos de adición que al fraguar y endurecer proporcionan una notable resistencia.

La dosificación de áridos, cemento y agua será tal que la masa tenga consistencia blanda y que la resistencia característica a compresión a los 28 días en probeta cilíndrica sea de 25 N/mm². En la preparación, amasado, vertido, etc.

En caso de que los ensayos de control dieran como resultado que la resistencia característica deducida fuera menor que la exigida y los ensayos de información y/o pruebas de carga ofreciesen resultados satisfactorios que permitiesen aceptar la obra realizada, el Contratista sufrirá una penalización económica consistente en una disminución del precio de metro cúbico de hormigón del 2% por cada 1% de disminución de la resistencia característica exigida. La disminución no será nunca mayor del 50%.

Aceros

Los aceros laminados empleados en la estructura, así como chapas de unión, cartelas, redondos, etc., serán de primer uso, del tipo A-42b, claramente definido en la norma MV-102, y cuya resistencia característica será superior a 3.700 kg/cm^2 , sin exceder de 4.500 kg/cm^2 . Las superficies de los redondos no presentarán asperezas que puedan herir a los operarios. Estarán exentos de pelos, grietas, sopladuras, mermas de sección y otros defectos perjudiciales a la resistencia de la barra. Los elementos en los que se aprecien defectos de laminación, falta de homogeneidad, manchas debidas a impurezas, grietas o cualquier otro defecto, serán desechados sin ser sometidos a ningún tipo de prueba.

Las armaduras de acero ordinario se almacenarán de forma que no estén expuestos a una oxidación excesiva.

Pinturas aceites y barnices

Todas las sustancias de uso general en pintura, deberán ser de buena calidad. Los colores serán sólidos y estarán bien mezclados con el aceite purificado y sin posos.

El barniz que se emplee será de primera calidad y transparente.

Estos materiales se recibirán en obra en recipientes precintados y deberán tomarse todas las precauciones necesarias para su buena conservación. Los recipientes se abrirán en el momento de su empleo, comprobándose la integridad de los precintos.

Otros materiales

Los demás materiales que se utilicen en la obra y que se hubiesen dejado de consignar en este Pliego de Condiciones serán de primera calidad y reunirán las condiciones de bondad necesarias a juicio de la Dirección Técnica.

1.2.2.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**Replanteo**

La dirección Técnica hará sobre el terreno el replanteo general de las obras y de sus distintas partes, del emplazamiento de las zanjas, las cuales después de abiertas deberán ser reconocidas por dicha Dirección, sin cuya autorización no podrán rellenarse para formar

cimientos ni obra alguna, marcándose por medio de señales fijas los puntos principales que determinen las alineaciones.

Se formarán planos y se extenderán actas del resultado del replanteo y de los reconocimientos, actas que firmarán el Ingeniero y el Contratista.

No podrá darse principio a las obras a que los replanteos se refieren sin autorización del Ingeniero Director, debiendo tomarse previamente todos los datos relativos al estado en que se hallen los terrenos al principio de la cimentación.

Todos los gastos, tanto de materiales como de jornales que se originen al practicar los replanteos a que se refiere este artículo, serán de cuenta del contratista, el cual tiene la obligación de custodiar las señales indicada y reponer las que desaparezcan.

Excavaciones

Estos trabajos comprenden todas las operaciones necesarias de limpieza del terreno, excavación de la caja y refino de los taludes resultantes.

La excavación se realizará en la forma y profundidad que figura en los planos, de acuerdo con las alineaciones, rasantes y secciones indicadas en los mismos, o según haya señalado, en su caso, el Director de obras.

Los desmontes se ejecutarán por los procedimientos corrientes de excavación en forma que garantice la seguridad de los obreros, y cuando hayan de emplearse explosivos, con todas las precauciones que la naturaleza de estos materiales exige, para evitar accidentes a los encargados de su manejo y a cuantos pudieran sufrir las consecuencias de su explosión.

Se empezarán a cortar con el talud mínimo que consienta la naturaleza del terreno, hasta tanto que la Dirección Técnica de las obras fije en cada caso, los definitivos. El terreno no quedará perturbado más allá de los límites previstos y los trabajos de excavación se ejecutarán de manera que se favorezca en todo momento un rápido desagüe.

Los productos de los desmontes que no emplee el contratista en la ejecución de las obras, se colocarán en caballetes o apilados en los lugares que designe el Ingeniero encargado de la inspección donde quedarán a disposición de la Dirección.

Cualquier deterioro en las obras, debido a las excavaciones realizadas por el Contratista, incluidas las que sobrepasen los límites establecidos, será reparado por y a expensas del Contratista.

Terraplenes y rellenos

Se define como relleno el conjunto de operaciones que conllevan el transporte, deposición y compactación de materiales terrosos y pétreos en terraplenes, zanjas y traslados de obras de fábrica o cualquier otra zona que se detalle en los planos o que ordene la Dirección de obras.

Los terraplenes se ejecutarán a material perdido, con productos procedentes de las excavaciones, siempre que sean adecuados a este uso, dejando su consolidación al tránsito y acción de los agentes atmosféricos pero proporcionando siempre las creces necesarias para que, después de consolidados, queden con altura ligeramente superior a la rasante correspondiente, al objeto de que el refino sea practicado por el rebajamiento.

Cimientos

Las excavaciones necesarias para ejecutar la cimentación se profundizarán hasta encontrar el terreno conveniente, con las precauciones debidas, apeando y acodalando el terreno cuando sea necesario para la seguridad de los obreros así como para que queden perfectamente determinadas las dimensiones que hayan de tener las zanjas con arreglo al proyecto.

Hormigonado de cimientos y pavimentos

Tanto la dosificación de cemento como la de áridos, se hará por peso, prestando especial atención a la dosificación de agua para mantener uniforme la consistencia del hormigón.

Las superficies sobre las cuales haya de ser vertido el hormigón estarán limpias, humedecidas, pero sin agua sobrante.

Se empleará el hormigón recién hecho y en general seco. Los semisecos se apisonarán hasta refluimiento. La distancia de transporte será corta para poder quedar cubierta antes de que empiece el fraguado de la mezcla aglomerante, y que el medio utilizado, no de lugar a que el mortero se acumule en parte de la masa, dejando aisladas las piedras. Con este mismo objeto se procurará evitar el vertido del hormigón desde una altura considerable.

El hormigón se extenderá de forma que llene bien todos los huecos y esté en contacto con las paredes del recinto a llenar, procurando con el manejo de herramientas adecuadas, contribuir a conservar su homogeneidad, a facilitar el desprendimiento del aire y a separar las piedras de la superficie que deben quedar vistas.

Las superficies de cada capa deberán quedar, en general, sensiblemente horizontales y las mezclas habrán de someterse siempre a la presión que según su consistencia sea necesaria para asegurar la compacidad de la masa.

Cuando fuese necesario recurrir al apisonado se practicará este por igual con golpes muy repetidos pero no demasiado fuertes, y se dará por terminado cuando el agua afluya a la superficie. Las fábricas en que intervenga el hormigón serán regadas y protegidas convenientemente contra el calor y el frío durante el proceso de fraguado y en tanto que este termine. Cada 20 m² se dispondrá una junta de dilatación en todos aquellos elementos de tipo continuo, y en todos aquellos que así lo disponga el Director de obra.

El Contratista queda obligado a cumplir cuantas instrucciones sobre el particular reciba de la Dirección Técnica.

Armaduras

Se emplearán las armaduras de la calidad y dimensiones fijadas en el proyecto y ocuparán los lugares previstos en los planos de ejecución.

Las desviaciones toleradas en posición de cada armadura no sobrepasarán 1 cm en general y 0'5 cm en lo tocante a recubrimiento de armaduras.

Durante el vertido y compactación del hormigón, quedará impedido todo movimiento de las armaduras.

Uniones soldadas

Se utilizarán electrodos de calidad estructural apropiada a las condiciones de la unión del soldeo.

En el uso de los electrodos se seguirán las normas indicadas por el suministrador. En la ejecución de soldaduras, preparación de bornes, etc., se seguirá lo dispuesto en la norma MV 104/66 (Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación).

Protección de la estructura metálica

En evitación de oxidaciones se aplicará a toda la estructura metálica una capa de imprimación a partir de aceite de linaza cocido con un máximo en peso del 30 % y minio de plomo con mínimo del 70 % también en peso.

Se autoriza la agregación de otros productos no perjudiciales siempre que no excedan del 6 % en peso.

Siempre que sea posible se efectuará la imprimación el local seco y cubierto, al abrigo del polvo. Y si ello no es posible, podrá efectuarse al aire libre, a condición de no trabajar en tiempo húmedo ni en épocas de heladas.

Posteriormente y transcurrido en plazo mínimo de 36 horas desde la imprimación se aplicarán dos capas de pintura al óleo de color y acabado que indique la Dirección Técnica.

En todo lo referente a la protección, se seguirán las instrucciones de la norma MV 104/72 del Ministerio de la Vivienda.

Ejecución de los alzados

Los alzados de las obras se ejecutarán con las fábricas que tengan prescritas y de acuerdo con las condiciones establecidas para cada una de ellas. En esta ejecución se cuidará especialmente que las uniones de unas fábricas con otras y de las distintas partes de la obra

queden aseguradas en todos los casos mediante trabazones o disposiciones que sean precisas.

El Contratista atenderá a este respecto cuantas indicaciones reciba de la Dirección Técnica y a todo lo prescrito en la norma FL 1990 (Muros resistentes de fábrica de ladrillo).

1.3.- NORMATIVA DE APLICACIÓN

Se detalla a continuación un listado (no exhaustivo) de normas y disposiciones de aplicación que han sido tenidas en cuenta para la redacción del presente estudio básico de seguridad y salud.

GENERAL				
Ley de Prevención de Riesgos Laborales	Ley 31/95	08/11/95	J.Estado	10/11/95
Reglamento de los Servicios de Prevención	R.D. 39/97	17/01/97	M.Trab	31/01/97
Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.(transposición Directiva 92/57/CEE)	R.D. 1627/97	24/10/97	Varios	25/10/97
Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud	R.D. 485/97	14/04/97	M.Trab.	23/04/97
Modelo de libro de incidencias. Corrección de errores.	Orden	20/09/86	M.Trab.	13/10/86 31/10/86
Modelo de notificación de accidentes de trabajo	Orden	16/12/87		29/12/87
Reglamento Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Construcción	Orden	20/05/52	M.Trab.	15/06/52
Modificación	Orden	19/12/53	M.Trab.	22/12/53
Complementario	Orden	02/09/66	M.Trab.	01/10/66

GENERAL

Cuadro de enfermedades profesionales	R.D. 1995/78			25/08/78
Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. Corrección de errores. (derogados Títulos I y III. Título II:cap: I a V, VII, XIII)	Orden	09/03/71	M.Trab.	16/03/71 06/04/71
Ordenanza trabajo industrias construcción, vidrio y cerámica	Orden	28/08/70	M.Trab.	
Anterior no derogada. Corrección de errores. Modificación (no derogada), Orden 28/08/70 Interpretación de varios artículos. Interpretación de varios artículos.	Orden Orden Orden Resolución	28/08/70 27/07/73 21/11/70 24/11/70	M.Trab. M.Trab. M.Trab. DGT	05- 09/09/70 17/10/70 28/11/70 05/12/70
Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones	Orden	31/08/87	M.Trab.	
Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos	R.D. 1316/89	27/10/89		02/11/89
Disposiciones mín. seg. y salud sobre manipulación manual de cargas (Directiva 90/269/CEE)	R.D. 487/97	23/04/97	M.trab.	23/04/97
Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo (Directiva 89/654/CEE)	R.D. 486/97	14/04/97	M.Trab.	14/04/97
Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto. Corrección de errores.	Orden	31/10/84	M.Trab.	07/11/84 22/11/84
Normas complementarias	Orden	07/01/87	M.Trab.	15/01/87
Modelo libro de registro	Orden	22/12/87	M.trab.	29/12/87
Estatuto de los trabajadores	Ley 8/80	01/03/80	M.trab.	//80
Regulación de la jornada laboral	R.D. 2001/83	28/07/83		03/08/83
Formación de comités de seguridad	D. 423/71	11/03/71	M.Trab.	16/03/71

EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPI)				
Condiciones comerc. y libre circulación de EPI (Directiva 89/686/CEE) Modificación: Marcado "CE" de conformidad y año de colocación. Modificación R.D. 159/95	R.D. 1407/92 R.D. 159/95 Orden	20/11/92 03/02/95 20/03/97	M.R.Cor.	28/12/92 08/03/95 06/03/97
Disp.min. de seg. y salud de equipos de protección individual.(transposición Directiva 89/656/CEE)	R.D. 773/97	30/05/97	M.Presid.	12/06/97
EPI contra caída de altura. Disp. de descenso	UNEEN341	22/05/97	AENOR	23/06/97
Requisitos y métodos de ensayo: calzado seguridad/protección/trabajo	UNEEN344/A1	20/10/97	AENOR	07/11/97
Especificaciones calzado seguridad uso profesional	UNEEN345/A1	20/10/97	AENOR	07/11/97
Especificaciones calzado protección uso profesional	UNEEN346/A1	20/10/97	AENOR	07/11/97
Especificaciones calzado trabajo uso profesional	UNEEN347/A1	20/10/97	AENOR	07/11/97
INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA				
Disp.min. de seg.y salud para utilización de los equipos de trabajo(transposición Directiva 89/656/CEE)	R.D. 1215/97	18/07/97	M.Trab.	18/07/97
MIE-BT-028 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión	Orden	31/10/73	MI	27- 31/12/73
ITC MIE-AEM 3 Carretillas automotoras de manutención	Orden	26/05/89	MIE	09/06/89
Reglamento de aparatos elevadores para obras. Corrección de errores.	Orden Orden Orden	23/05/77	MI MIE	14/06/77 18/07/77 14/03/81

Modificación.		07/03/81		
Modificación.		16/11/81		

GENERAL				
Reglamento Seguridad en las Máquinas. Corrección de errores. Modificación. Modificaciones en la ITC MSG-SM-1 Modificación (Adaptación a directivas de la CEE) Regulación potencia acústica de maquinarias.(Directiva 84/532/CEE). Ampliación y nuevas especificaciones.	R.D. 1495/86	23/05/86	P .Gob.	21/07/86
				04/10/86
	R.D. 590/89	19/05/89	M.R.Cor.	19/05/89
	Orden	08/04/91	M.R.Cor.	11/04/91
	R.D. 830/91	24/05/91	M.R.Cor.	31/05/91
	R.D. 245/89	27/02/89	MIE MIE	11/03/89
	R.D. 71/92	31/01/92		06/02/92
Requisitos de seguridad y salud en máquinas (Directiva 89/392/CEE)	R.D.1435/92	27/11/92	M.R.Cor.	11/12/92
ITC-MIE-AEM2. Grúas-Torre desmontables para obra. Corrección de errores, Orden 28/06/88	Orden	28/06/88	MIE	07/07/88 05/10/88

DOCUMENTO 4

PRESUPUESTO

ÍNDICE

4.- DESCRIPCIÓN.....	141
4.1.- PRESUPUESTO MATERIALES.....	141
4.1.1.- PRESUPUESTO PLACAS.....	141
4.1.2.- PRESUPUESTO BARRAS.....	143
4.1.3.- PRESUPUESTO NUDOS.....	144
4.1.4.-PREUIPUESTO ZAPATAS.....	150
4.1.5.- RESUMEN PRESUPUESTO DE MATERIALES.....	151
4.2.- PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	151

4.1.- DESCRIPCIÓN

4.1.- PRESUPUESTO MATERIALES

La estimación del coste de los materiales de la estructura así como una estimación de la obra, el estudio se basa en diversas consultas.

4.1.1.- PRESUPUESTO PLACAS

Debido al carácter experimental de las placas Zappi, el precio se calculará mediante una media entre las distintas ofertas que se ajusten al comportamiento de las placas.

Para ello se han consultado diversas empresas, y se ha llegado al compromiso de que al ser un material compuesto, 2 láminas de policarbonato y 3 láminas de vidrio recocido y tratado químicamente, siendo el total 20 mm de grosor. El total del precio vendrá dado por la combinación de todos los materiales más un implemento del 25% por la variabilidad de geometría y construcción.

Primeramente se ha consultado el precio del cristal templado y tratado químicamente en una página web que oferta los mismos, generador de precios. En dicho catálogo aparece:

LVT010 m² Vidrio templado.

Luna de vidrio templado incoloro, de 5 mm de espesor.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt21vt011a	m²	Luna de vidrio templado incoloro, de 5 mm de espesor, incluso p/p de herrajes de fijación. Según UNE-EN 410 y UNE-EN 673.	1,006	18,09	18,20
mt21vva015	Ud	Cartucho de silicona sintética incolora de 310 ml (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho).	0,290	3,73	1,08
mt21vva021	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,500	1,26	1,89
		Subtotal materiales:			21,17
2		Mano de obra			
mo055	h	Oficial 1ª cristalero.	0,402	18,62	7,49
mo110	h	Ayudante cristalero.	0,402	17,42	7,00
		Subtotal mano de obra:			14,49
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2,000	35,66	0,71
Coste de mantenimiento decenal: 5,09€ en los primeros 10 años.				Costes directos (1+2+3):	36,37

Por otra parte el precio según mercado del Policarbonato de una lámina de 5 mm consultado en CLEVER SPAIN resulta en:

$$44,74 \text{ €/m}^2$$

La suma de ambas dará el precio por metro cuadrado, sumando un sobre coste de un 25% por la variabilidad de la geometría de las placas (pentágonos, hexágonos) y el pegado de las láminas. Las placas están compuestas de 3 de vidrio y 2 de policarbonato:

$$248,24 \text{ €/m}^2$$

Cuyo precio total será:

Placa	Superficie (metros cuadrados)	Precio (€)
1	327,74	81.358,18 €
2	178,24	44.246,30 €
3	341,24	84.709,42 €
4	244,14	60.605,31 €
5	204	50.640,96 €
6	251,43	62.414,98 €
7	187,503	46.545,74 €
8	202,52	50.273,56 €
9	219,42	54.468,82 €
10	265,91	66.009,50 €
11	331,42	82.271,70 €
12	299,86	74.437,25 €
13	172,1	42.722,10 €
14	187,73	46.602,10 €
15	222,34	55.193,68 €
Total		902.499,61 €

4.1.2.- PRESUPUESTO BARRAS

Para el cálculo del precio de las barras de acero S235 se ha estimado a través de la página web generador de precios, España. Dicho precio aparece por kilo de acero utilizado.

EAV010 kg Acero en vigas.

Acero **S235JR** en vigas, con piezas **simples de** perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt07ala010a	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	0,96	1,01
mt27pfi010	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
mq08sol020	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,015	3,09	0,05
mo042	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,020	15,67	0,31
mo085	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,020	14,70	0,29
	%	Medios auxiliares	2,000	1,90	0,04
	%	Costes indirectos	3,000	1,94	0,06
Coste de mantenimiento decenal: 0,06€ en los primeros 10 años.			Total:		2,00

El desglose anterior no tiene en cuenta la mecanización necesaria, por ello al precio total se añadirá un sobrecoste del 100% debido a la variedad e ángulos y longitudes, los cuales aumentarán la complejidad de la fabricación de las mismas.

4 €/kg

Seguidamente se calcula la masa total de la parte metálica de la estructura sin contar los nudos. El valor se extrae del software Autodesk Inventor mediante la opción iProperties:

34.768,7 kg

El total de las barras será:

€/kg	Tonelaje	Total (€)
4	34768,7	139.074,80 €

4.1.3.- PRESUPUESTO NUDOS

Mecanizado del nudo

Para fabricar los nudos, compuesto por un perfil de acero se ha consultado la tabla de precios de MOLDURAS BARRUSO S. L. ubicada en Madrid, la cual se dedica a realizar perfiles personalizados. Los precios son estimativos de las opciones que aparecen en su página web.

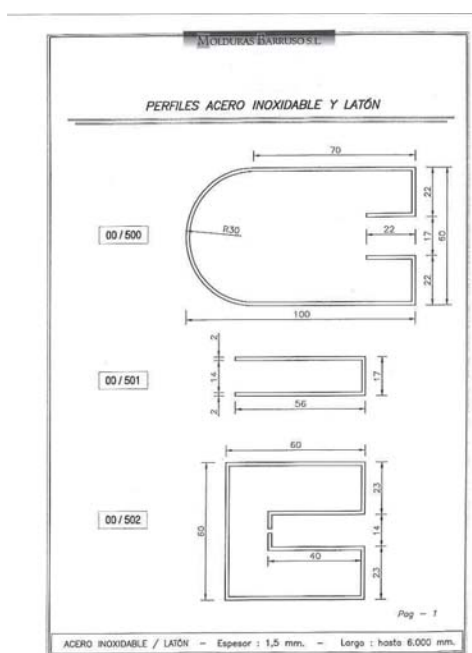


Ilustración 1

El perfil requerido para la estructura sería uno que podría ajustarse al perfil 00/500 y el 00/502, ya que su complejidad se ajusta al nivel requerido.

Los precios vienen ofrecidos por metro de acero mecanizado y personalizado, habiendo 40 nudos, de los cuales cada subcomponente es de 200 mm de longitud se puede estimar el precio total de mecanizado.

PERFIL	€/m de nudo	COEFICIENTE COMPLEJIDAD	PRECIO m €/viga
00/500	54,38	3	163,14
00/501	24,2	4,6	111,32
00/502	48,89	3	146,67

El coeficiente de complejidad pondera el precio del perfil en función del número de dobleces que tiene y del grosor, los perfiles 00/500 y 00/502 poseen aproximadamente la misma complejidad. No obstante los perfiles escogidos tienen $\frac{3}{4}$ del grosor utilizado en la estructura, por ello se ha ponderado a coeficiente 3.

Por ello el precio de nudo por metro siendo el grosor de 2 mm es el siguiente:

154,9 €/m de nudo

Metros totales	Precio €/metro de nudo	Total
24	154,9	3.717,60 €

Soldadura del nudo

La soldadura para conformar el nudo completo, formado por 3 subcomponentes: A, B y C. El cordón para unir cada subcomponente es de 253 mm como valor medio y para cerrar el perímetro de la chapa habrá que añadir un cordón de 115 mm, dando un total de soldadura 368 mm. El precio de soldadura se calculará de forma aproximada:

El precio de la soldadura vendrá dado por:

$$P_s = P_n \times n + P_T \times T + P_W \times W$$

P_n es el precio del electrodo

n es el número de electrodos por metro lineal

P_T es el precio de coste de la hora de trabajo del soldador

T es el tiempo invertido

P_W es el precio de KW/h

W es el consumo de KW/h de energía eléctrica por metro lineal del cordón de soldadura

Habrá que calcular los valores de n , T y W .

Primeramente habrá que calcular el peso por metro de cordón de soldadura, para lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$M = C \times e^2$$

Obteniéndose el valor de C :

VALORES DEL COEFICIENTE C PARA EL CALCULO DE PESO DEL METAL DE APORTACION SEGUN LA PREPARACION DE LAS PIEZAS A SOLDAR

Preparación	ángulo de achaflanado °					Cordón		
	50°	60°	70°	80°	90°	Cóncavo	Plano	Convexo
1							10	
2	4,3	5,4	6,6	7,8	9,4			
3	2	2,6	3,2	3,8	4,5			
4						2,5	4	5
5	2,3	2,9	3,5	4,2	5			

Ilustración 2

En este caso para unir las chapas plegadas, se escogerá el tipo 1 plano, por tanto $C = 10$.

$$M = C \times e^2 = 10 \times 2^2 = 40 \text{ g}$$

Ahora habrá que calcular el peso de metal aportado por metro de cordón de soldadura, el cual sigue la siguiente fórmula:

$$m = \frac{\pi \times D^2}{4000} \times l \times d \times \rho$$

D es el diámetro de varilla (cm)

d es la densidad del electrodo (g/cm³)

l es la longitud de la varilla (cm)

ρ es el rendimiento gravimétrico

Es espesor será de 2 mm, esta implicará que el diámetro del electrodo sea también de 2 mm, según nos dice la siguiente tabla:

DIAMETRO DE LOS ELECTRODOS, TENSIONES E INTENSIDADES DE LA CORRIENTE ELECTRICA PARA SOLDADURA ELECTRICA POR ARCO CON ELECTRODOS RECUBIERTOS. (BUSTINDUY Y ORS.)			
Espesor de plancha en mm.	Diámetro de electrodos mm.	Tensión de soldadura V.	Intensidad de soldadura A.
0,75	1	13 a 15	18 a 22
1	1	13 a 16	24 a 30
1,5	1,5	16 a 18	33 a 40
1,5	2	16 a 18	36 a 45
2	2	16 a 18	50 a 60
3	3	16 a 18	80 a 120
4 a 5	4	17 a 19	120 a 180
6 a 7	4 a 5	17 a 19	150 a 200
8 a 10	5	18 a 20	160 a 200
11 a 15	5	18 a 20	180 a 220
16 a 20	5	19 a 22	200 a 230
Más de 20	5 a 6	20 a 25	200 a 260

Ilustración 3

Además de la tabla que dará la intensidad y tensión en la soldadura, partiremos de un electrodo de 300 mm, el más común. Otra cosa será también será el material de aportación que será de acero. Y para finalizar asumiremos el rendimiento gravimétrico es de 0,8, ya que este valor es casi siempre el mismo. Por tanto si resolvemos la fórmula anterior:

$$m = \frac{\pi \times D^2}{4000} l \times d \times \rho = \frac{\pi \times 2^2}{4000} 300 \times 7,8 \times 0,8 = 5,88 \text{ g}$$

Una vez obtenida se deberá hallar el número de electrodos por metro, por tanto:

$$n = \frac{M}{m} = \frac{40}{5,88} = 6,8$$

Necesitaremos aproximadamente 7 electrodos por metro lineal.

Por otra parte el tiempo necesario para ejecutar el metro de soldadura (T), habrá que sacarlo de tablas de estándares:

TIEMPOS ELEMENTALES NECESARIOS PARA DEPOSITAR 1 CM. ³ DE SOLDADURA CON ELECTRODOS RECUBIERTOS EN LA SOLDADURA ELECTRICA POR ARCO							
Diámetro del electrodo, mm.	2	2.5	3.25	4	5	6	8
Tiempos elementales, segundos	120	86	60	42	31	24	16

Ilustración 4

Para el tamaño de 2 mm, obtenemos un tiempo T:

$$T = t \frac{M}{d} = 120 \frac{40}{7,8} = 615,4 \text{ s} = 10,26 \text{ min}$$

Finalmente se debe calcular el consumo de energía para depositar un metro de cordón de soldadura (W). Tomando que para depositar 1 cm³ de metal de aportación son necesarios 0,03 KW/h.

Por tanto:

$$W = w \frac{M}{d} = 0,03 \frac{40}{7,8} = 0,154$$

Una vez hemos encontrado todo los coeficientes se podrá aplicar la fórmula que permite calcular los precios de la operación:

$$P_s = P_n \times n + P_T \times T + P_W \times W$$

Antes de sustituir en la fórmula debemos encontrar el precio de cada parte:

El precio del electrodo: $P_n = 0,066$ euros. Teniendo en cuenta que el electrodo es del mismo material de la chapa.

El salario por minuto trabajado de un soldador viene a ser aproximadamente unos 20 euro la hora, 0,33 euros al minuto.

Finalmente el valor de KWh, es de 0'125 €/KWh.

$$P_s = P_n \times n + P_T \times T + P_W \times W = 6,8 \times 0,066 + 10,26 \times 0,33 + 0,154 \times 0,125 = 3,85€$$

Siendo 3,85 € por metro soldado, que habrá que añadirse al coste previo de mecanización del nudo, por tanto:

3,85 €/metro soldadura

Nótese que el metro de soldadura no es el mismo que el metro de nudo.

Habiendo 40 nudos, en cada uno habrá que soldar la distancia de:

1,104 m. de soldadura/Nudo

Metro/Nudo	Total Nudos	Soldadura/metro	Total
1,104	40	3,85	170,02 €

Tornillería del nudo

Finalmente habrá que añadirse el valor de la tornillería que se añade al conjunto.

La cual será:

Tipo	Unidades	Precio/unidad	Total
ISO 4146 M10	120	0,5	120,00 €
Arandela plana (Métrico) 10N	120	7 euros cada 100	17,50 €
DIN EN 240 14 (Métrico) M10x65	120	0,7	167,00 €
Suma			304,50 €

Total manufactura nudo

Elemento del nudo	Precio
Mecanizado chapa	3.717,60 €
Soldado	170,00 €
Tornillería	304,50 €
Total	4.192,10 €

4.1.4.- PRESUPUESTO ZAPATAS

Para las zapatas se ha elegido una configuración con micropilotes, el cual viene desglosado:

CEM010		m³	Encepado de grupo de micropilotes.		
Encepado de grupo de micropilotes de hormigón armado, realizado con hormigón HA-40/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión , y acero UNE-EN 10080 B 500 S , cuantía 80 kg/m³ , sin incluir encofrado.					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt07aco020a	Ud	Separador homologado para cimentaciones.	8,000	0,13	1,04
mt07aco010c	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, diámetros varios.	80,000	0,81	64,80
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,560	1,10	0,62
mt10haf010nQa	m³	Hormigón HA-40/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	100,45	#####
		Subtotal materiales:			#####
2		Mano de obra			
mo043	h	Oficial 1ª ferrallista.	0,485	18,10	8,78
mo090	h	Ayudante ferrallista.	0,565	16,94	9,57
mo045	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,121	18,10	2,19
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,485	16,94	8,22
		Subtotal mano de obra:			28,76
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	200,69	4,01
Coste de mantenimiento decenal: 2,05€ en los primeros 10 años.			Costes directos		204,70
			(1+2+3):		

Siendo el precio por metro cúbico:

$$204,7 \text{ €/m}^3$$

Siendo el volumen de las zapatas diseñadas: 7 m³/unidad y su número 12, se obtiene:

$$17.194,8 \text{ €}$$

4.1.5.- RESUMEN PRESUPUESTO DE MATERIALES

La suma de cada material utilizado incluyendo mano de obra será:

Elemento	Precio
Placas	902.499,60 €
Barras	139.074,80 €
Nudos	4.192,10 €
Zapatas	10.854,50 €
Total	1.056.621,00 €

El presupuesto de materiales asciende a un millón cincuenta y seis mil seiscientos veintiún euros.

4.2.- PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Se suma al presupuesto de ejecución material los gastos generales (13% del presupuesto), luego se le suma el beneficio industrial (el 6% del presupuesto de ejecución material), a lo que finalmente se le añade un 21% de IVA. Siendo éste:

Concepto	Precio
Presupuesto Materiales	1.056.621,00 €
13% de gastos generales	137.360,73 €
6% de beneficio industrial	63.397,26 €
Total	1.257.378,99 €
16% de iva	201.180,64 €
Presupuesto de ejecución por contrata	1.458.559,63 €

Finalmente el presupuesto de ejecución por contrata ascendería a un millón cuatrocientos cincuenta y ocho mil quinientos cincuenta y nueve con sesenta y tres euros.