



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

**DISSENY D'UNA GABIA DE SEGURETAT PER A UN TOT
TERRENY**



Memòria

Autor: Albert Guiu Ortiz
Director: Daniel Di Capua
Convocatòria: Gener 2019

Índex

Resum	2
Resumen	3
Abstract	4
Agraïments	5
Prefaci	6
Origen del treball	6
Motivació	6
Introducció.....	7
Objectius	7
Abast i limitacions del projecte	7
Capítol 1: El vehicle, breu introducció històrica.....	8
Capítol 2: La gàbia de seguretat	12
2.1 Solucions mes comuns i solució adoptada.....	12
2.2 Elecció del material dels tubs	23
2.3 Elecció del perfil dels tubs	25
2.4 Curvatura dels tubs	26
2.5 Elecció de les platines, cartelles de reforç i cargols per la fixació.....	28
2.6 Unió dels tubs mitjançant soldadura.....	30
2.6.1 Tractament tèrmics en la soldadura de perfils d'acer al crom-molibdè	34
2.6.2 Cordó base mitjançant soldadura TIG	35
2.6.3 Cordó de rebliment mitjançant soldadura SMAW	36
Capítol 3: Disseny i anàlisi de l'estructura.....	38
3.1 Creació de la geometria amb SolidWorks 2018	39
3.2 Anàlisi amb ANSYS Workbench.	49
3.2.1 Primer assaig: càrrega vertical	49
3.2.2 Segon assaig: càrrega obliqua	57
3.3 Estudi de convergència de la solució obtinguda	51
3.4 Reforços en les unions de l'estructura	64
Capítol 4: Requeriments per a la homologació	66
4.1 Projecte tècnic	66
4.2 Informe de conformitat.	66
4.3 Certificat de taller	66
Anàlisi de l'impacte ambiental	68
Conclusions.....	69
Pressupost	70
Bibliografia.....	76

Resum

Aquest treball de fi de grau tracta sobre el disseny d'una gàbia de seguretat per a un vehicle tot terreny al qual prèviament se li ha desmuntat el sostre rígid que equipava originalment. Es busca que la gàbia sigui desmuntable, permetent tornar a la configuració original, i homologable per poder superar una inspecció tècnica de vehicles (ITV).

S'han estudiat i tingut en compte les normatives que afecten a la homologació i al disseny d'aquests accessoris. D'igual manera, s'informa de la documentació requerida per procedir a sol·licitar una homologació d'un accessori d'aquest tipus.

També es tracta el tema de la unió dels perfils tubulars combinant dos mètodes diferents de soldadura i la solució adoptada per fixar l'estructura en el vehicle.

Es proposa detalladament una possible manera de dissenyar el model en 3D mitjançant el suport d'un software de disseny assistit per ordinador (CAD), així com també de realitzar el posterior anàlisi basat en el mètode dels elements finits (FEM) amb el suport d'un software de enginyeria assistida per ordinador (CAE).

Inclou el cost estimat per la materialització del projecte.

Finalment, en el plec de condicions, s'explica com procedir per realitzar el muntatge complet de l'estructura, així com les condicions de manteniment entre d'altres.

Resumen

Este trabajo de fin de grado tiene como objetivo el diseño de una jaula de seguridad para un vehículo todo terreno al cual previamente se le ha desmontado la capota rígida que equipaba originalmente.

Se quiere que la jaula sea desmontable, permitiendo volver a la configuración original, y homologable para poder superar una inspección técnica de vehículos (ITV).

Se han estudiado y tenido en cuenta las normativas que afectan a la homologación y al diseño de este tipo de accesorios. De igual manera, se informa de la documentación requerida para tramitar una homologación de un accesorio de este tipo.

También se trata el tema de la unión de los perfiles tubulares mediante la combinación de dos métodos distintos de soldadura y la solución adoptada para fijar la estructura en el vehículo.

Se propone detalladamente una posible manera de diseñar el modelo en 3D con la ayuda de un software de diseño asistido por ordenador (CAD), asimismo como realizar el posterior análisis basado en el método de los elementos finitos (FEM) con el soporte de un software de ingeniería asistida por ordenador (CAE).

Incluye el coste estimado para la materialización del proyecto.

Finalmente, en el pliego de condiciones, se explica cómo proceder para el montaje completo de la estructura, así como las condiciones de mantenimiento entre otras.

Abstract

The aim of this project is to design a safety cage for an all-terrain vehicle that has previously been disassembled the originally equipped hard top.

It is desirable the cage to be removable allowing to return to the original hard top configuration and street legal by overcoming the applicable technical inspection.

The regulations that affect the legalization and design of these type of accessories have been studied. In the same way it is informed about the required documents to homologate this type of accessories.

It is also discussed the union of the tubes combining two different welding methods in order to make stronger welds.

The project also introduces a possible way to design de 3D model using a computer aided designing software as well as carrying out the subsequent analysis based on the finite element method (FEM) with the support of a computer aided engineering software.

The last point is the estimated cost to implement the project.

Finally, in the fold of conditions it is explained how to proceed to assemble the structure as well as the maintenance conditions among others.

Agraïments

Voldria agrair el suport econòmic i moral que m'ha donat la meva família al llarg de la carrera universitària i durant la realització del treball de fi de grau. Especialment al meu pare per haver-me cedit el seu cotxe, d'un valor sentimental incalculable, sobre el que es basa aquest treball.

Al meu tutor, Daniel Di Capua, per acceptar portar el treball i per l'ajuda proporcionada i l'interès mostrat, aconseguint que el treball arribes a bon port.

Al meu tutor durant l'estada de pràctiques a SEAT S.A, Mohamed Nabil Gad, pels seus consells sobre la manera de enfocar el treball i l'ajuda en la recerca d'informació referent a normatives, donada la seva experiència en el sector de l'automoció.

Prefaci

Origen del treball

Aquest treball té el seu origen i es part de la restauració, tant a nivell mecànic com estètic, que estic realitzant d'un tot terreny antic.

El fet de voler descapotar el vehicle crea la necessitat, per raons de seguretat, d'instal·lar quelcom que protegeixi els ocupants de les conseqüències de patir una bolcada.

Motivació

La principal motivació per a la realització d'aquest treball, a banda d'obtenir la titulació d'Enginyer Mecànic, es l'interès que m'ha suscitat des de sempre el món de l'automòbil i tot el que l'envolta.

Aquest treball té un al·licient extra, ja que, un cop finalitzada la restauració e instal·lació de la gàbia de seguretat podré conduir el cotxe i gaudir d'ell amb la satisfacció de saber que equipa un element dissenyat per mi mateix.

També es una molt bona oportunitat de posar en pràctica alguns dels coneixements adquirits al llarg de la carrera universitària.

Introducció

Aquest treball té la finalitat de servir com base per al disseny d'una gàbia de seguretat que es pretén fabricar per a un tot terreny antic que actualment es troba en procés de restauració.

Objectius del treball

Els principals objectius que m'he marcat són aconseguir dissenyar una gàbia de seguretat, explicant els passos que s'haurien de seguir per tal que sigui factible fabricar i que pugui arribar a ser homologada un cop acabada la restauració e instal·lada en el vehicle. Es perseguirà la fiabilitat del conjunt per sobre de tot utilitzant materials de qualitat i deixant en un segon pla els costos. Es buscarà la manera més eficient de fixar l'estructura al vehicle per tal que sigui segura i el més còmode possible de desmuntar.

Abast i limitacions del treball

El treball es centra només en el disseny teòric d'una gàbia de seguretat per a un vehicle tot terreny, ja que no dispeno de les instal·lacions/eines ni dels coneixements pràctics necessaris per realitzar determinats treballs que requereix la instal·lació d'un accessori d'aquest tipus en un vehicle. Un cop dissenyat s'encarregarà la feina de fabricació i muntatge a un taller especialitzat i autoritzat a realitzar transformacions de carrosseria i reformes en vehicles, proporcionant les instruccions i els plànols elaborats.

Capítol 1: El Vehicle, breu introducció històrica

El Jeep *Comando* fou una versió pel mercat espanyol del Jeep *Jeepster Commando* americà. El *Comando* va ser comercialitzat per l'empresa VIASA (Vehículos Industriales y Agrícolas, S.A) i fabricat a Saragossa per CAF (Compañía Auxiliar de Ferrocarriles) S.A sota llicència de l'empresa nord-americana Willys-Overland.

Al llarg de la seva comercialització (1968-1983) van anar apareixent al mercat diverses versions del cotxe, sent les més comuns la versió sense sostre, amb sostre de lona i amb sostre rígid de xapa. Mes endavant, cap al final de la seva vida comercial, també va aparèixer una versió de sostre rígid elevat anomenada HDI que proporcionava una major capacitat de càrrega.



Fig.1 – Versions del Jeep Comando (Font: Revista online Autobild)

Pel que fa a motoritzacions, inicialment, s'oferien dues possibles opcions, una dièsel i una altre de benzina. El dièsel es tractava d'un motor Barreiros C-65 de 2000 cc que entregava 65 CV de potència, mentre que el motor de benzina era un Hurricane F-4 (fabricat als Estats Units) de 2200 cc i 71 CV de potència.

Va ser l'any 1974 quan VIASA i Motor Iberica (més tard Nissan-Motor Iberica, al produir-se la compra per part de la marca japonesa) arribaren a un acord per el qual Motor Iberica adquiria els drets del Comando i s'encarregaria de la fabricació i comercialització del vehicle

anomenant a partir d'aleshores els seus productes com Jeep-Ebro. Els canvis no van ser gaire significatius pel que fa a estètica i equipament però sí en quant a motors. Es va apostar per la substitució dels motors Barreiros C-65 pels Perkins 4-108, aquest canvi es degut principalment a que, en aquell moment, Perkins Hispania estava "sota el paraigües" de Motor Iberica. Aquest nou propulsor cubicava 1780 cc i entregava 61 CV a 4000 rpm (dos anys després va rebre unes modificacions per tal de millorar el consum de combustible i la entrega de potència a baixes revolucions oferint 57 CV a 3600 rpm).

El motor de benzina Hurricane F-4 va desaparèixer de la oferta comercial degut, probablement, a un consum de combustible massa elevat i a unes pitjors aptituds per la circulació "Off Road" i desenvolupament de feines al camp com carregar grans pesos i estirar de remolcs, funcions per les quals estava dissenyat el vehicle.

Un altre motor que va equipar el Jeep Comando, principalment en unitats destinades a la exportació a països sud americans i Sudàfrica, va ser el motor de benzina V6-Dauntless fabricat als Estats Units. D'aquest motor varen quedar-se molt poques unitats a Espanya i actualment es molt apreciat degut a la seva escassetat.

L'any 1978 va aparèixer la versió HD (Heavy Duty) que equipava un motor Perkins 4-165 de major cilindrada i potència que el 4-108 del Comando S. Un any més tard va sortir al mercat la versió HDI (comentada anteriorment) sobre la base mecànica del HD.



Fig.2 – Jeep Comando HDI (Font: Club Jeep Comando de España)

El final del Jeep Comando va arribar l'any 1983 arran de l'adquisició de Motor Iberica per part de Nissan i la posterior introducció del Nissan Patrol, un tot terreny molt més avançat tecnològicament i capaç que l'antiquat Jeep Comando, que va acabar arraconant-lo i condemnant-lo a la desaparició.

El Jeep Comando sobre el que es basa aquest treball es tracta d'un vehicle de l'any 1977, any en el que el meu pare va adquirir-lo, en la versió anomenada Berlina. Actualment es troba en procés de restauració mecànica i estètica. Encara que a primera vista sembli que es troba en un estat acceptable, el pas del anys es fa evident i requereix una revisió mecànica completa i una restauració exhaustiva tant interior com exterior.



Fig. 3 – Vista lateral del vehicle objecte de la reforma (Font pròpia)



Fig. 4 – Vista frontal del vehicle objecte de la reforma (Font pròpia)

Capítol 2: La gàbia de seguretat

2.1 Introducció. Solucions més comuns i solució adoptada

S'entén per gàbia de seguretat aquella estructura formada per tubs d'acer de secció circular collats o soldats entre si, formant un entramat, i fixats a la carrosseria o al xassís del vehicle.

Les funcions d'una gàbia de seguretat són principalment dues, d'una banda aportar un extra de rigidesa al conjunt del vehicle i de l'altre i més important evitar que, en cas de produir-se una bolcada, la carrosseria del vehicle arribi a deformar-se i aixafi o atrapi a l'interior els ocupants, causant-los ferides greus o la mort.

Els tot terreny, SUV's, camions i demés vehicles amb un centre de gravetat elevat son més propensos a patir una bolcada que un turisme o un altre vehicle amb un centre de masses baix (com podria ser un Kart o un vehicle esportiu), per aquesta raó es molt interessant la instal·lació d'elements de protecció extra, especialment en aquest vehicle ja que, degut a la seva antiguitat, no disposa dels elements de seguretat passiva que equipen els vehicles més moderns, com poden ser els airbags o cinturons de seguretat, donat que antigament no era necessari la instal·lació d'aquests sistemes de seguretat en els vehicles que es comercialitzaven.

Abans de entrar en el propi disseny de la estructura que s'incorporarà al vehicle voldria fer un repàs dels tipus de gàbies que es solen incorporar en vehicles tot terreny de característiques similars al Jeep Comando.

Es habitual la instal·lació de gàbies de seguretat de tipo exterior en vehicles tot terreny de petites dimensions, amb poc espai interior, on no es factible la instal·lació d'una de tipus interior o bé simplement per preferències del propietari si el que vol es protegir també la carrosseria. Aquestes estructures poden anar fixades a la pròpia carrosseria o al xassís del vehicle.



Fig.5 – Estructura de seguretat exterior fixada a la carrosseria (Font: MC Enginyeria)

El disseny d'una estructura exterior es més senzill de realitzar ja que no cal estudiar la manera d'anar a trobar el xassís, simplement els suports de l'estructura van cargolats sobre la mateixa planxa que forma la carrosseria.

L'altre opció en cas de instal·lar una gàbia de tipus exterior es fixar-la sobre el xassís. El disseny es una mica més complex però alhora també es més segur ja que en el cas dels tot terreny o vehicles amb xassís independent, aquest es la part més resistent del vehicle i per tant suportarà millor els esforços que s'apliquen sobre ell.

Les carrosseries, tot i sembla molt resistents, estan fabricades de planxa de poc espessor (per fer-les més lleugeres) i en el cas de rebre un esforç considerable concentrat sobre una petita superfície poden arribar a deformar-se o perforar-se



Fig.6 – Estructura de seguretat exterior fixada al xassís del vehicle (Font: MC Enginyeria)

Com es pot apreciar, la diferencia entre una i l'altre radica en la ubicació de les fixacions, sent igual de vàlides les dues solucions, però tenint en compte que sempre serà més segura la opció de fixar-ho sobre el xassís.

En el cas de vehicles amb interiors més espaiosos es pot muntar una estructura de seguretat interior, no sent necessària la eliminació de les places de seient posteriors sempre que compleixi amb la normativa de condicionament interior que es detalla mes endavant. Aquestes estructures interiors també poden fixar-se a la carrosseria o bé al xassís practicant una obertura en el pis del vehicle per tal de poder passar els tubs i les platines de fixació fins a trobar-lo.



Fig. 7 – Estructura de seguretat interior fixada a la carrosseria (Font: Escapes Mendoza)

El Jeep Comando es un vehicle amb xassís independent, format per dos llarguers de perfil U (en la zona central perfil de doble U) units per quatre travessers soldats i reblats . Tal com s’ha comentat, el fet de disposar de xassís independent aporta una alta resistència al conjunt, sent molt recomanable fixar l’estructura directament al xassís, ja que es l’element estructural més resistent del cotxe.

També podria fixar-se a la carrosseria i, de fet, hi ha precedents en vehicles similars que han aconseguit ser homologats sense problemes, sent la única solució viable per vehicles amb carrosseria autoportant com la majoria de turismes. Com en aquest cas es té la possibilitat d’escollir l’emplaçament per la fixació em decanto, per raons de major resistència, per fer-ho sobre el xassís aprofitant algunes parts d’aquest com serien els suports de fixació de les ballestes de la suspensió posterior o els travessers.

En les següents figures, obtingudes d’un bloc on es tracta la restauració d’un vehicle com el del present projecte, es pot apreciar la forma del xassís amb la disposició de llarguers i travessers on anirà fixada en part l’estructura de seguretat.



Fig. 8 – Xassís del vehicle on es pot apreciar la distribució de llarguers i travessers (Font: Bloc de restauració Jeep Comando. Autor: J.Sánchez)



Fig.9 – Xassís del vehicle vist des de la part posterior (Font: Bloc de restauració Jeep Comando. Autor: J.Sánchez)

A l'hora de dissenyar l'estructura cal distingir bé entre dos possibles escenaris. Si es tracte de una gàbia de seguretat destinada a un ús en competició i que per tant el vehicle que l'equipa no circularà per la via pública (entenent via pública com via oberta al tràfic, no us de via pública en competicions regulades), o si en canvi el que pretenem es muntar-la i homologar-la en un vehicle de carrer. La normativa d'homologació, en el cas de tractar-se d'un vehicle de competició es més restrictiva i va regida per la FIA (Federation Internationale de l'Automobile).

En el cas de un vehicle de carrer i voler instal·lar una gàbia de seguretat interior, es demana que es compleixi amb la directiva europea CEE 74/60 de condicionament interior, la qual imposa el següent:

- Qualsevol element situat dins l'habitacle haurà de situar-se com a mínim a 900 mm del punt A de cada seient (veure fig. 10).
- Els elements instal·lats no poden afectar el camp de visió del conductor.
- No presenti arestes vives que puguin causar danys als ocupants

Adicionalment, la estructura ha de complir les següents condicions:

- No tapi ni obstrueixi la obertura de cap de les portes del vehicle, dificultant l'accés a les places de seient.
- No impedeixi ni obstaculitzi la visió a través dels miralls retrovisors.
- Els tubs que quedin per davant dels respallers de cada plaça de seient, tot i complir amb la distancia de separació mínima respecte el seient, hauran de recobrir-se amb algun element tou tipus espuma o goma.
- Els cargols emprats per a les fixacions han de ser com a mínim de mètrica M8 i qualitat 8.8

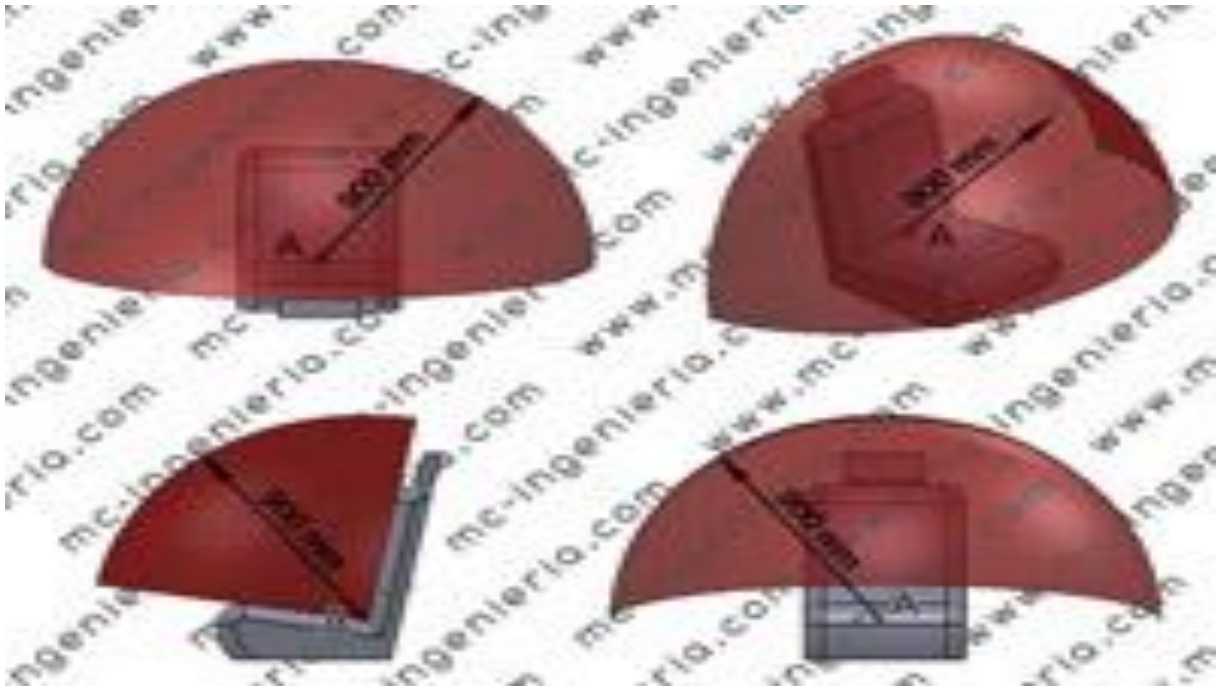


Fig. 10 – Distància mínima a respectar per la instal·lació d'elements dins l'habitacle (Font: MC Enginyeria)

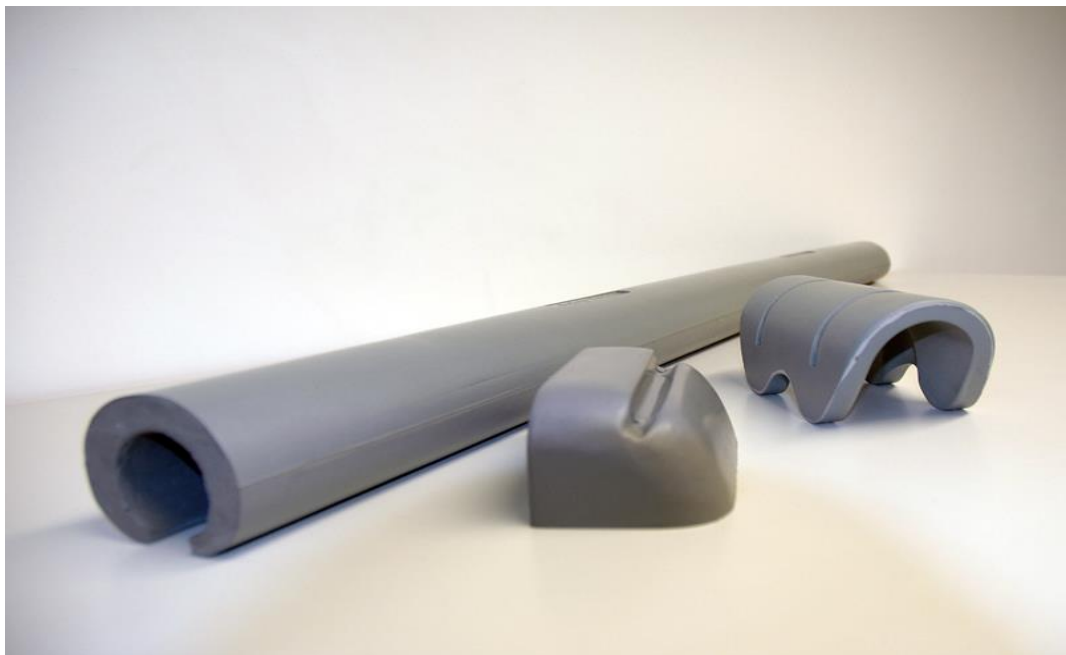


Fig. 11 – Recobriment tou per a les barres (Font: MC Enginyeria)

Si en canvi es vol instal·lar una estructura exterior la normativa a complir serà la de sortints exteriors, presentant formes arrodonides sense arestes vives o tallants que puguin ferir a altres usuaris de la via.

La solució que finalment s'adoptarà serà de tipus interior ja que el vehicle disposa d'un interior suficientment ampli que permet dissenyar l'estructura de tal manera que compleixi amb la normativa de condicionament interior sense necessitat d'eliminar les places posteriors amb la corresponent reforma que requeriria, encarint el projecte i perdent la versatilitat que té aquest vehicle. Estarà formada per un arc principal, dos semi-arcs laterals, dos tirants i dos reforços transversals. Anirà fixada sobre el xassís mitjançant quatre punts de recolzament i dos punts en el marc del parabrises, evitant d'aquesta manera fer baixar tubs a prop de les portes que podrien obstaculitzar la seva obertura e invalidar el disseny. Tot i que sembla que el parabrises es un element fràgil, aquest té un marc rígid bastant ample i va fixat amb cargols sobre la carrosseria permetent fixar els tubs en el propi marc mitjançant la solució que es detalla a continuació.

Les fixacions sobre el marc del parabrises es realitzaran a través d'uns perfils d'acer massissos cilíndrics i mecanitzats al torn mitjançant una operació de cilindrada (partint d'una peça en brut de diàmetre igual al diàmetre exterior del tub) fins un diàmetre tal que permeti un ajust sense joc amb el tub i fixades amb cargols d'alta resistència (qualitat mínima 8.8) en el marc rígid del parabrises. La unió entre el tub i la peça tornejada es reforçarà amb un cordo de soldadura.

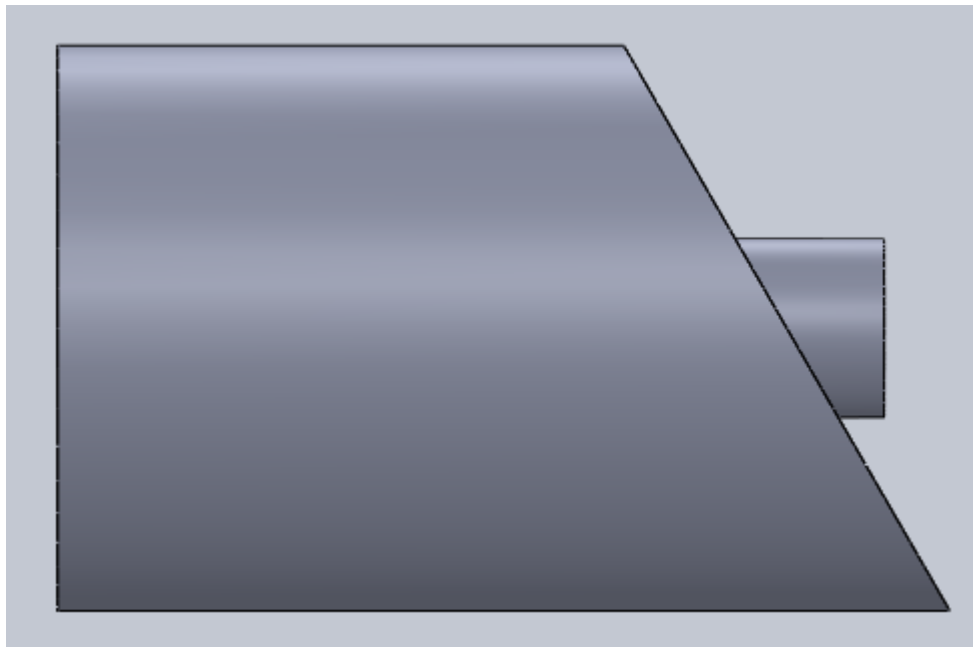


Fig. 12 – Peça fixació al parabrises. Vista lateral. (Font pròpia)

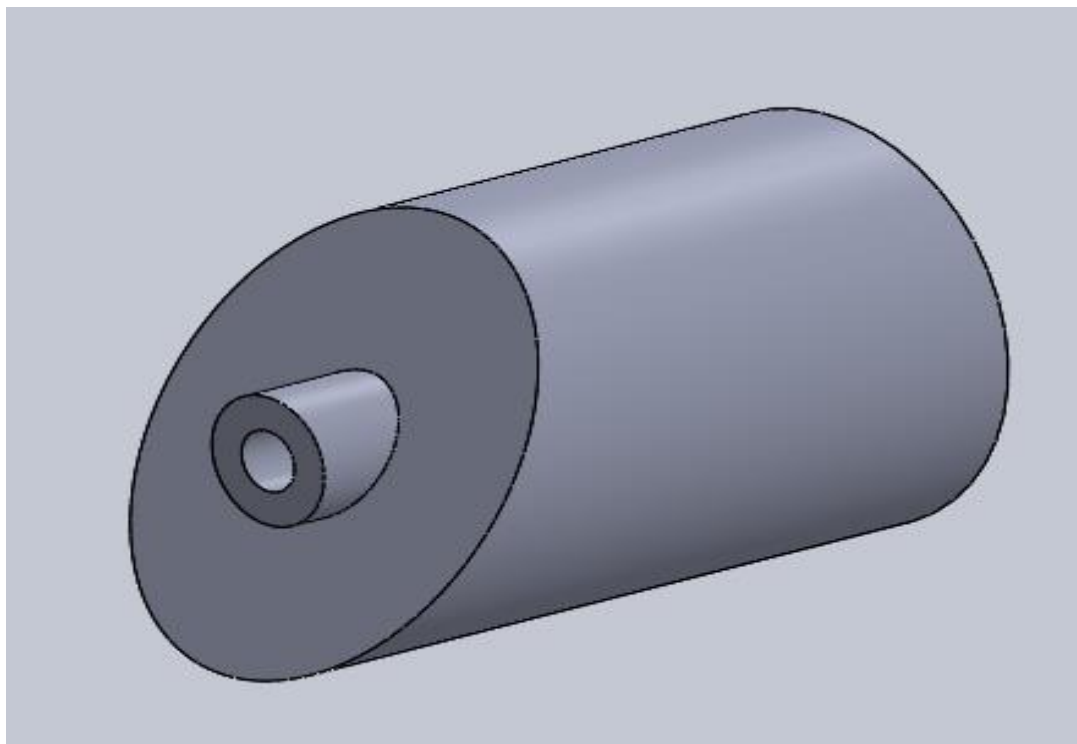


Fig. 13 – Peça fixació al parabrises. Vista isomètrica (Font pròpia)

Les fixacions sobre el xassís es realitzaran amb platines, una d'elles soldada al xassís i l'altre soldada a l'extrem del tub, unides entre si amb cargols d'alta resistència i femelles de tipus auto-blocant, evitant que la unió s'afluixi amb les vibracions ocasionades durant la circulació.

Per tal de fixar l'arc principal s'ha pensat en aprofitar els suports de fixació de les ballestes de la suspensió. Aquests suports van soldats d'origen al propi xassís i tenen una bona superfície de recolzament sobre ell. Sobre cada suport s'incorporaran un parell de cartelles de reforç, evitant que el conjunt de platines quedés en voladís, cosa que propiciaria un vinclament del conjunt i nul·la efectivitat de la gàbia de seguretat.

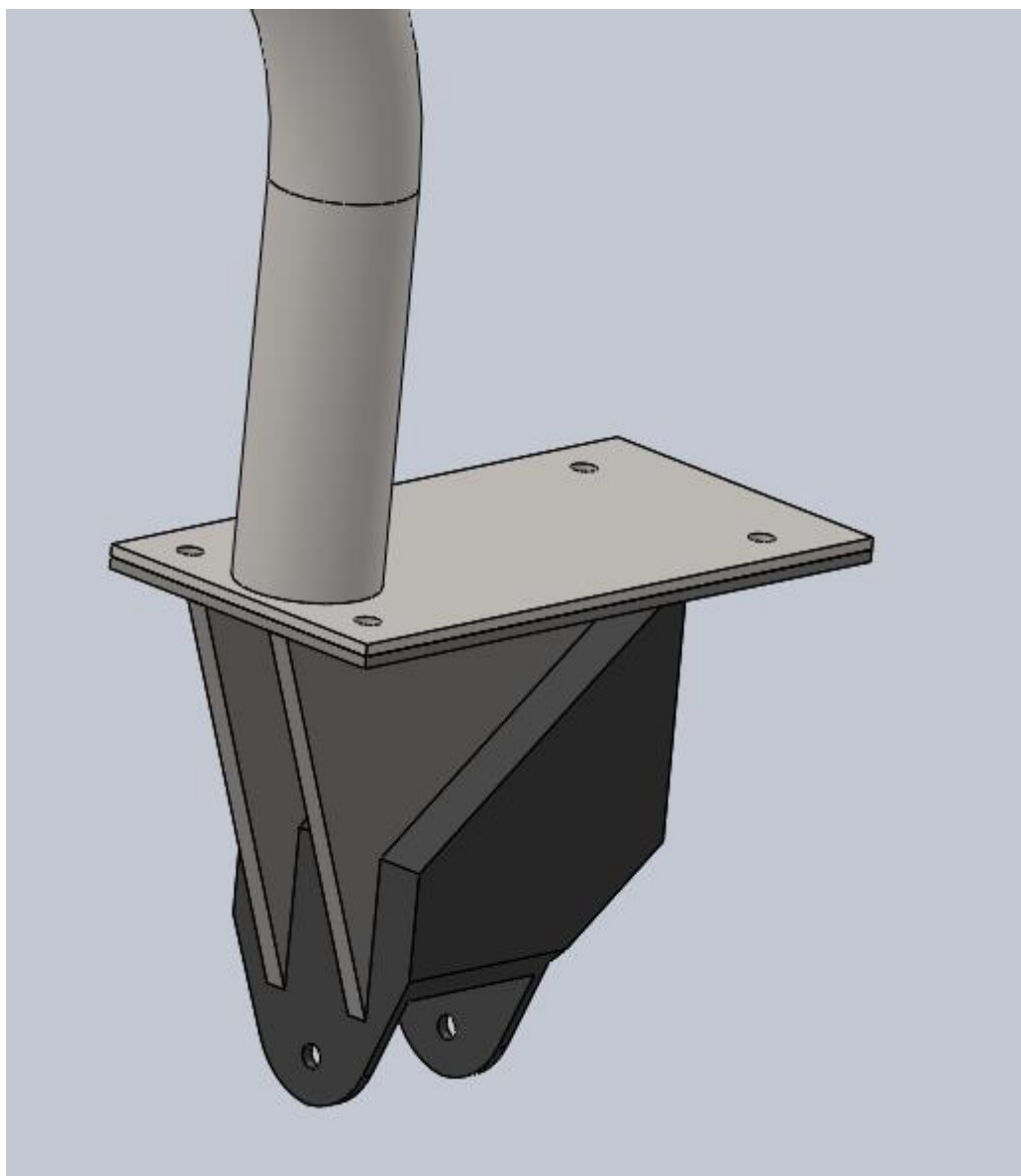


Fig. 14 – Proposta de fixació sobre el suport de fixació de les ballestes de suspensió amb les cartelles de reforç (Font pròpia)

En gris més fosc es pot apreciar el suport (amb els forats per on passa l'eix que subjecta les ballestes de la suspensió posterior). Aquesta peça adjacent al xassís esta soldada i a més es recolza sobre la part superior d'aquest, formant un conjunt prou resistent.

La fixació a la part posterior es dura a terme directament sobre travesser posterior en la intersecció d'aquest amb els llarguers seguint el mateix mètode que per l'arc principal, aquest cop sense necessitat de cap tipus de reforç extra ja que no presenta cap zona en voladís, recolzant-se directament sobre el travesser.

2.2 Elecció del material dels tubs

La normativa per vehicles de carrer no estableix el tipus de material que s'ha de emprar per fabricar l'estructura ni la resistència mínima que ha de tenir aquest, així com tampoc el diàmetre mínim dels tubs o les simulacions de carga que s'han de realitzar per verificar que l'estructura resistirà una bolcada sense deformar-se en excés o col·lapsar.

La FIA (Federation Internationale de l'Automobile) en canvi, sí que estableix un criteri i una normativa de disseny pel que fa a materials, diàmetres mínims de tubs i assaigs que s'han de realitzar per tal d'homologar gàbies de seguretat en vehicles de competició, una normativa més restrictiva que en el cas de vehicles de carrer. Així doncs, el disseny de l'estructura es basarà en aquesta normativa imposada per la FIA però respectant sempre les condicions de homologació referent a vehicles de carrer esmentada anteriorment per tal de no tenir problemes amb la posterior homologació.

Les condicions que ha de complir el material dels tubs que formaran l'estructura es pot trobar a l'article 253-8.3.3 annex J aprovat per la FIA.

La normativa de la FIA estableix que l'acer utilitzat pels tubs ha de ser un acer al carboni no aliat, conformat per estirament en fred sense soldadures i amb un contingut màxim en carboni del 0,3 % i una resistència mínima a la tracció de 350 N/mm². Hi ha gran quantitat d'acers que podrien complir amb aquestes característiques però FIA en recomana alguns i serà un d'aquests acers recomanats el que s'utilitzarà per fabricar la gàbia de seguretat.

Així doncs, l'acer escollit pels tubs de la gàbia de seguretat serà el 25CrMo4 (segons norma DIN) o AISI 4130 ja que es un acer considerat d'alta resistència, ofereix una elevada tenacitat i una bona soldabilitat, propietats molt interessants per la construcció de estructures de seguretat, on la soldadura serà el pilar fonamental de la unió entre el tubs.

Un acer es considera que té una bona soldabilitat quan el seu contingut de carboni és inferior al 0,3 % en pes.

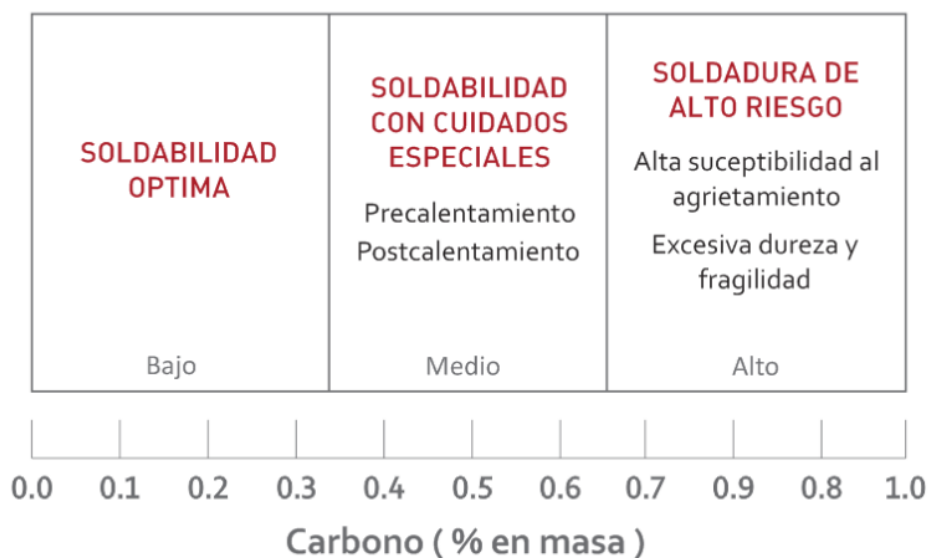


Fig. 15 – Soldabilitat dels acers en funció del % de carboni

Segons la Norma EN 10083-3-2006, l'acer AISI 4130 presenta la composició química en % en pes que es mostra en la taula següent.

C	Si	P	Mn	Cr	Mo	S
0,250	0,250	0,035	0,650	0,950	0,200	0,040

Taula 1 - % en pes dels components presents en l'acer en l'aliatge

Les propietats més rellevants del material i que són d'interès per el posterior estudi es recullen a continuació :

Propietats de l'acer 25CrMo4 (AISI 4130)	
Densitat (Kg/m ³)	7,85·10 ³
Mòdul de Young (N/mm ²)	2,12·10 ⁵
Coefficient de Poisson	0,27
Límit elàstic (N/mm ²)	600
Resistència a la tracció (rotura) (N/mm ²)	950
Duresa Brinell (HB)	237
Elongació (%)	15
Reducció d'àrea transversal (%)	60

Taula 2 – Propietats de l'acer 25CrMo4 (AISI 4130)

Com a curiositat, és interessant conèixer la influència que tenen el crom i el molibdè en l'aliatge. El crom és l'aleant principal. Les avantatges que aporta aquest element són,

principalment, una millora en la resistència i una bona capacitat antioxidant, propietats molt interessants per peces que estaran exposades a ambients humits que propicien l'aparició de corrosió, debilitant el material. D'altra banda, el molibdè, al igual que el crom, també aporta una elevada resistència a tracció i un bon comportament del material a fluència en calent i a processos de temperat.

2.3 Elecció del perfil de tub

Amb el material ja definit, passem a determinar el diàmetre que tindran els tubs. La FIA estableix un diàmetre exterior mínim de 50 mm amb un espessor mínim de 2 mm. El vehicle en qüestió té una massa considerable (prop de 1500 kg) i de ben segur no serà viable la inclusió de gaires reforços que, tot i que aportarien més resistència al conjunt, entrarien en conflicte amb la normativa de condicionament interior fent impossible la posterior homologació. Per exemple, en el cas d'un vehicle de carrer, no es permet incloure reforços que obstaculitzin l'accés a les places posteriors o interfereixin en l'accés al lloc de conducció (Fig. 16 i 17).



Fig. 16 – Reforç que dificulta l'accés al conductor (No es possible homologar en vehicle de carrer) (Font: MC Enginyeria)

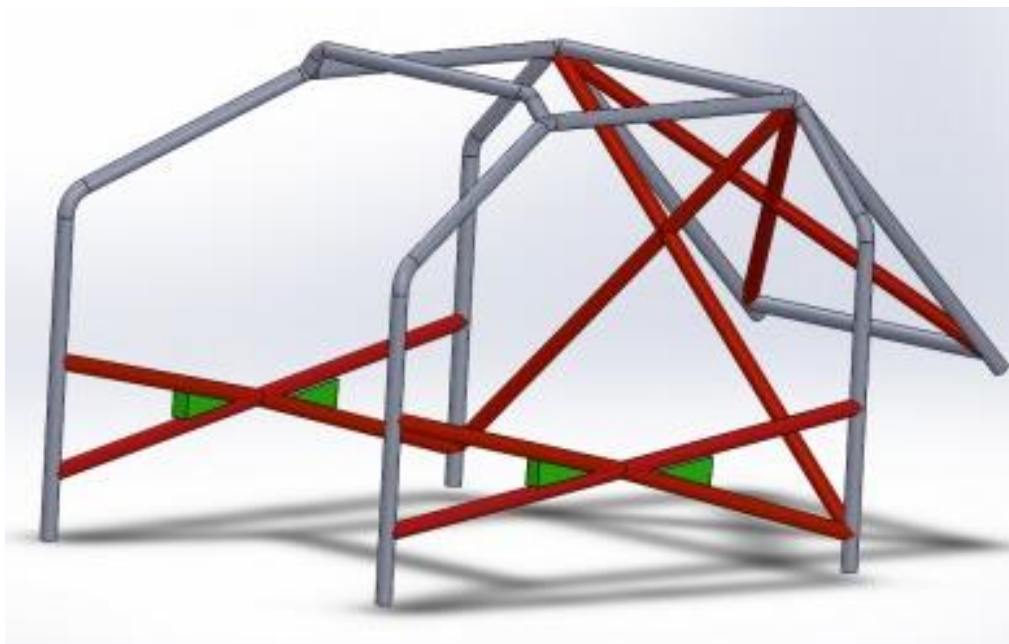


Fig. 17 – Reforços que impedeixen l'accés a les places posteriors (vermell) (Font: Reglament FIA)

Tenint present aquestes limitacions, es partirà de tubs de diàmetre exterior 60mm amb espessor de 3mm per realitzar les simulacions pertinents i veure si un perfil de tub amb aquestes dimensions és suficient per suportar les sol·licitacions a les que estaria exposada l'estructura en cas de bolcada.

Si el perfil no resulta adequat per la configuració de tubs que es proposa (arc principal, dos semi arcs laterals, dos tirants i dos travessers de reforç) serà necessari buscar alguna manera de introduir alguns reforços sense entrar en conflicte amb la normativa de condicionament interior o bé substituir el perfil per un altre de més resistent, realitzant el procés de simulació tants cops com calgui.

2.4 Curvatura dels tubs

Abans de procedir amb el disseny assistit per ordinador es important tenir en compte la curvatura dels tubs, ja que un radi menor al recomanat podria provocar fissures que debilitarien l'estructura. Aquest radi de curvatura mínim que se li donarà allà on calgui depèn del diàmetre exterior de tub escollit.

La normativa FIA estableix que el corbat del tub s'ha de realitzar en fred i amb un radi (mesurat des de l'eix del tub) de, com a mínim, tres vegades el diàmetre exterior. En aquest cas el radi mínim de curvatura hauria de ser de 180 mm ja que si les comprovacions posteriors

a la simulació ho permeten es pretén utilitzar tubs de diàmetre exterior 60 mm per construir la gàbia.

El corbat de tubs es realitza amb l'ajuda d'una corbadora hidràulica de tubs la qual pot ser manual o bé per control numèric (CNC). Hi ha molts models de corbadores, a continuació es mostren uns exemples.

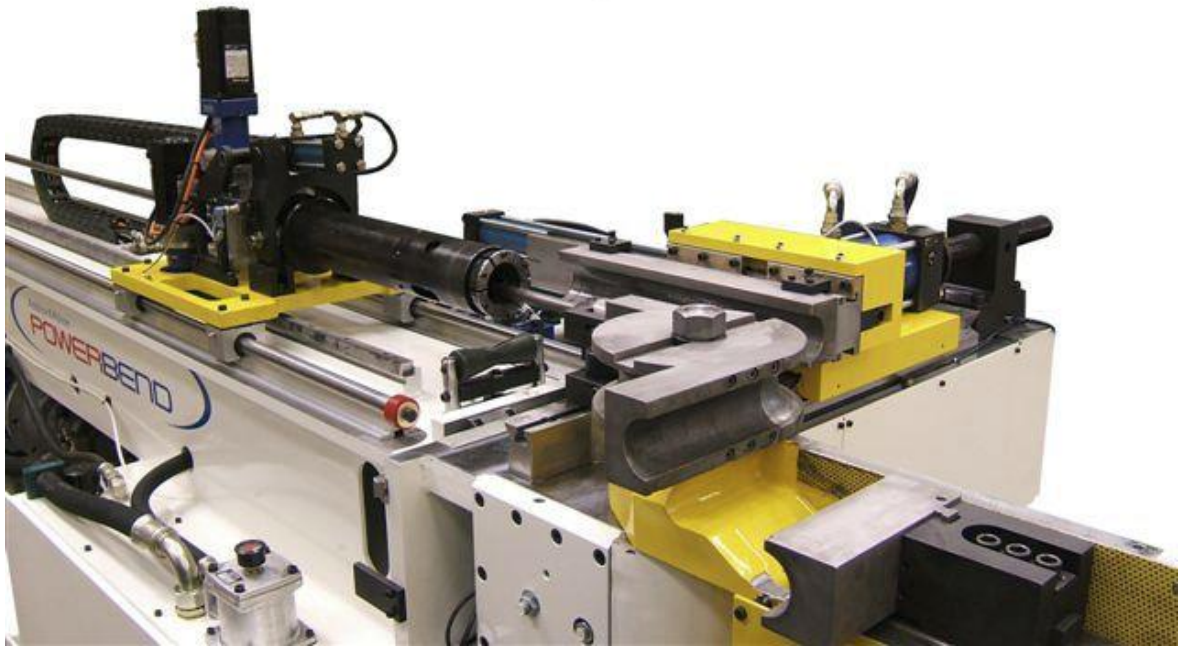


Fig. 18 – Corbadora hidràulica per control numèric (Font: Direct Industry)



Fig. 19– Corbadora manual (Font: CURVASER, maquinaria para tubos, perfiles y varillas)

2.5 Elecció de les platines, cartel·les de reforç i cargols per a la fixació

El reglament de la FIA estableix que les plaques de fixació hauran de tenir un espessor no inferior a 3 mm i una àrea igual o superior a 12000 mm².

Les mides de les plaques que s'utilitzaran aniran condicionades a la geometria de la peça on vagin fixades, respectant sempre les condicions mencionades. En el cas de les situades sobre el suport on va fixada la ballesta de la suspensió (fixació del arc principal) tindran unes mides de 280 x 145mm oferint una superfície de 40600 mm² i les situades a la part posterior seran de 318 x 136mm amb una superfície de 43248mm².

Per mes seguretat en el disseny es decideix que en comptes de 3 mm com estableix de mínims la normativa s'utilitzaran platines de 5mm d'espessor i que tindran, en ambdós casos, un àrea bastant superior a la mínima requerida. El material serà el mateix que el dels tubs, facilitant la posterior unió tub-platina amb soldadura.

Cada conjunt de plaques anirà unit emprant quatre cargols d'alta resistència de mètrica M10x30mm i qualitat 10.9 (la normativa exigeix cargols M8 amb qualitat 8.8 com a mínim) amb femelles de tipus auto-blocant M10 amb interior de poliamida (nylon), per evitar que amb el pas del temps i les possibles vibracions puguin afluixar-se, i 2 volanderes (arandelas) per cada conjunt de cargol-femella.

La qualitat del cargol indica la resistència d'aquest a la ruptura. El primer numero (multiplicat per 100) fa referència al límit de ruptura. Un cargol de qualitat 10 tindrà un límit de ruptura de 1000 N/mm². Un cargol de mètrica M10 i qualitat 10.9 té una secció resistent de 78,54 mm², determinada per la fórmula de l'àrea del cercle.

$$A_{cargol} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 5^2 \cong 78,54 \text{ mm}^2 \text{ (eq. 1)}$$

I conseqüentment la força per trencar-lo serà de 78540 N

El segon numero de la qualitat (multiplicat per 10) defineix quin percentatge del límit de ruptura representa el límit elàstic, així doncs un cargol de qualitat 10.9 el seu límit elàstic serà del 90% del límit de ruptura, 900 N/mm² en aquest cas. Segons la secció resistent, la força màxima admesa per no superar el límit elàstic seria de 70686 N.

S'hauran de respectar unes cotes pel que fa a la distribució dels cargols en la placa. La FIA imposa que l'angle mínim entre dos cargols, mesurat respecte l'eix central del tub no pot ser inferior a 60 graus.

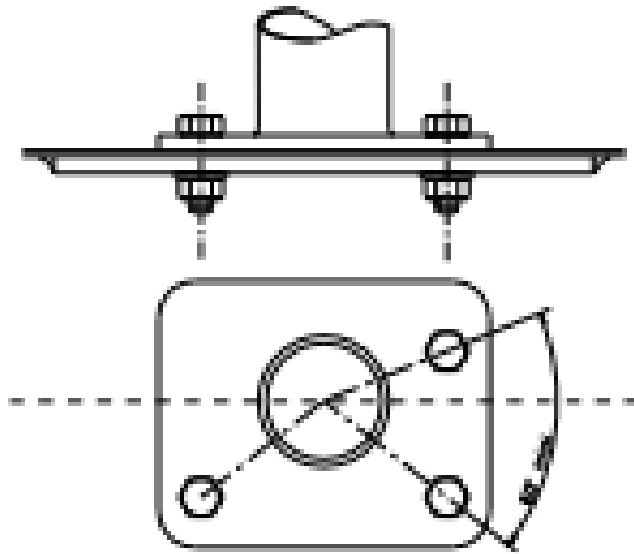


Fig.20– Angle mínim entre dos cargols (Font: Reglament FIA)

Un altre aspecte a considerar és la separació entre forats i la distància entre els forats i els extrems de la placa. Aquestes cotes depenen bàsicament del diàmetre del forat i de la direcció de transmissió de la càrrega.

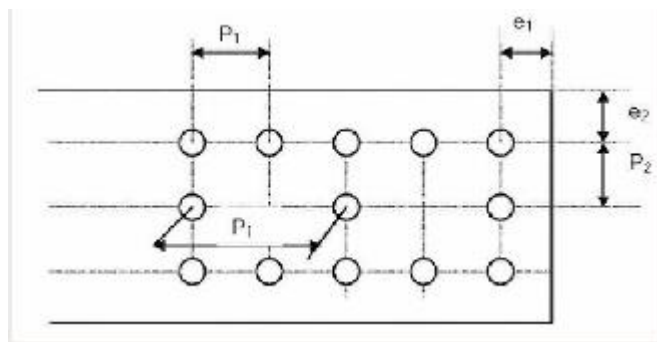


Fig. 21 – Cotes per la distribució dels forats en una placa (Font: Ingemecanica. Càlculo de uniones atornilladas)

Així doncs, seguint la Norma DIN 273 en el cas de forats passants per a perns i cargols, per passar un cargol de mètrica M10, caldrà realitzar un forat de diàmetre 10,5 mm i en conseqüència tindrem que les distàncies e_1 , e_2 , P_1 i P_2 han de complir les següents condicions:

$$e_1 \geq 1,2 \cdot d_0 \geq 12,6 \text{ mm}$$

$$e_2 \geq 1,5 \cdot d_0 \geq 15,75 \text{ mm}$$

$$P_1 \geq 2,2 \cdot d_0 \geq 23,10 \text{ mm}$$

$$P_2 \geq 3 \cdot d_0 \geq 31,50 \text{ mm}$$

Sent d_0 el diàmetre del forat

Agujeros pasantes para rosca métrica. Dimensiones en mm.			
Diámetro de rosca d	Agujero pasante d_h		
	Serie		
	Fina	Media	Basta
3,5	3,7	3,9	4,2
4	4,3	4,5	4,8
4,5	4,8	5	5,3
5	5,3	5,5	5,8
6	6,4	6,6	7
7	7,4	7,6	8
8	8,4	9	10
10	10,5	11	12

Taula 3 – Dimensions del forat en funció del diàmetre del cargol (Font: Tormetal)

El forats on s'allotjaran els cargols s'han de realitzar mitjançant trepant (taladro) equipat amb una broca adequada al forat que es vol fer i no per punxonament ja que l'espessor de la placa es superior a 15 mm.

Les quatre cartel·les de reforç, que es situaran sobre les peces soldades al xassís que fan de punt de fixació de les ballestes de la suspensió, es fabricaran del mateix material que els tubs, tindran un espessor de 10mm i una geometria tal que s'adapti al perfil dels suports de fixació de les ballestes de suspensió. Es fixaran amb cordons de soldadura en el suport i en la platina inferior de l'arc principal.

2.6 Unió dels tubs mitjançant soldadura

Algunes indicacions per la unió dels tubs mitjançant soldadura també estan recollides dins la normativa elaborada per la FIA.

La normativa estableix que el cordo de soldadura ha d'abraçar tot el perímetre del tub i penetrar completament. Es recomana utilitzar soldadura en atmosfera protectora de gas.

Al tractar-se d'un acer al crom-molibdè, es pot aplicar qualsevol procés de soldadura per unir els tubs. Tot i així, per unir aquest tipus de perfils d'acers de baix aliatge i on les soldadures son de responsabilitat es recomanable realitzar un procés combinat de soldadura.

Es començarà elaborant un primer cordó de soldadura base amb el mètode de soldadura TIG (Tungsten Inert Gas) i a continuació es realitzaran tantes passades de rebliment (relleno) com sigui menester mitjançant el mètode SMAW (Shielded Metal Arc Welding) o soldadura per arc amb elèctrodes revestits.

Els cordons de soldadura es poden classificar segons diferents criteris:

- Per la posició geomètrica de les peces a unir
 - Soldadures a tope
 - Soldadures en angle

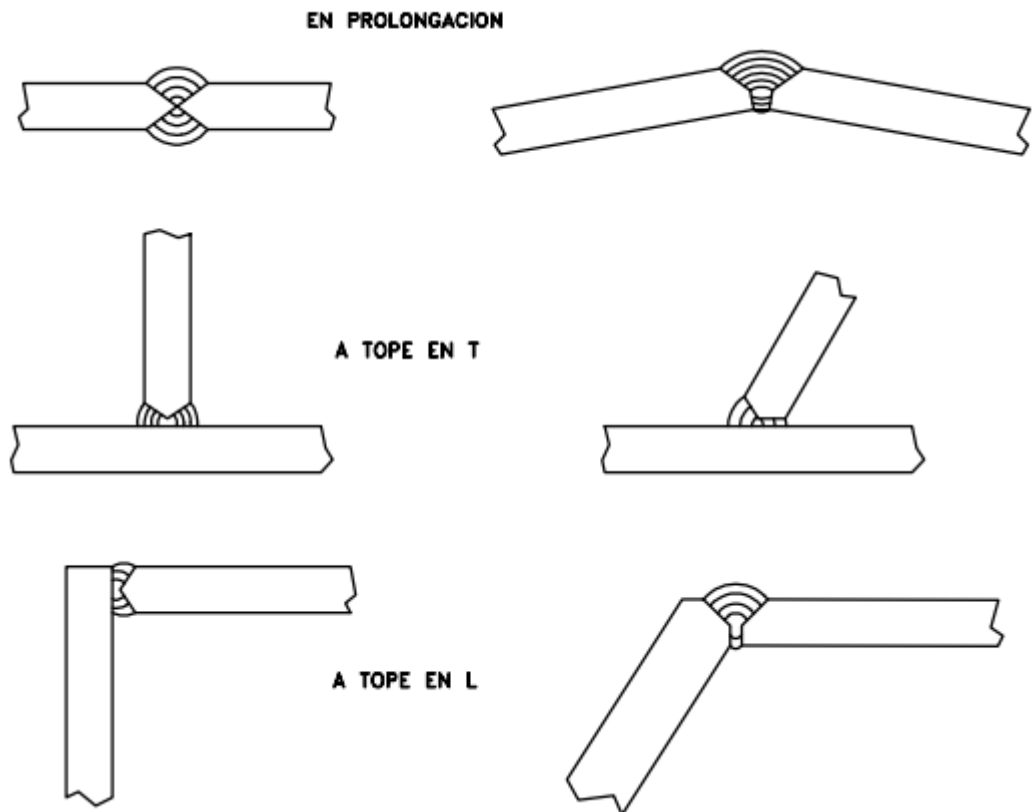


Fig.22 – Soldadures a tope (Font: Universidad de Castilla la Mancha)

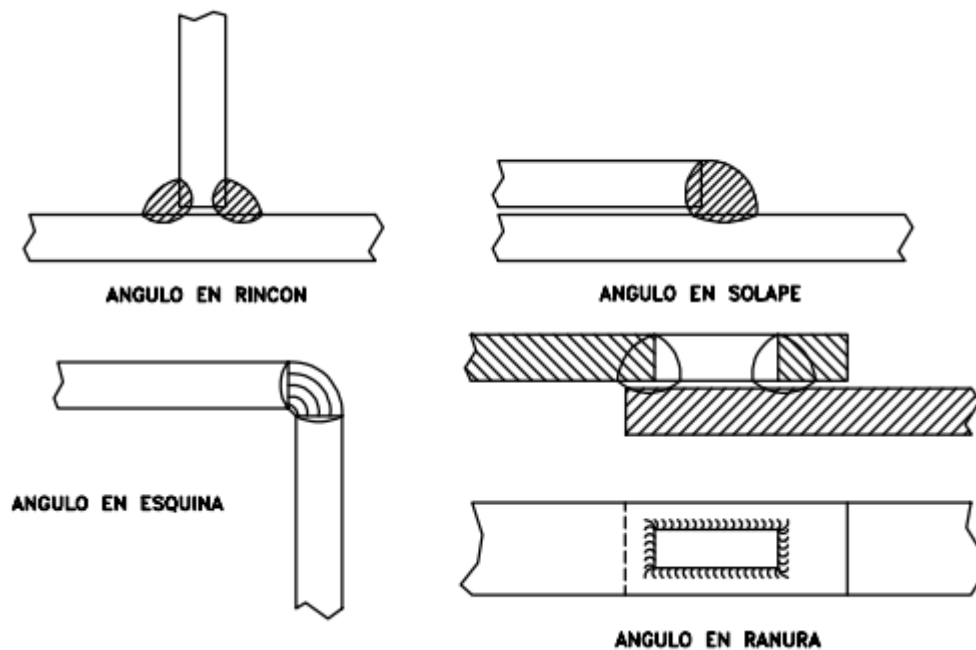


Fig.23 – Soldadures en angle (Font: Universidad de Castilla la Mancha)

- Per la posició del cordó respecte a l'esforç
 - Cordó frontal
 - Cordó lateral
 - Cordó obliquo

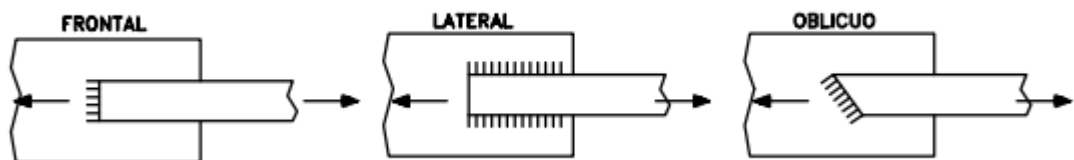


Fig.24 – Soldadures segons posició del cordó respecte a l'esforç (Font: Universidad de Castilla la Mancha)

- Per la posició del cordó durant la operació de soldar
 - Cordó pla
 - Cordó horitzontal o horitzontal i en angle
 - Cordó vertical
 - Cordó en sostre o en sostre i en angle

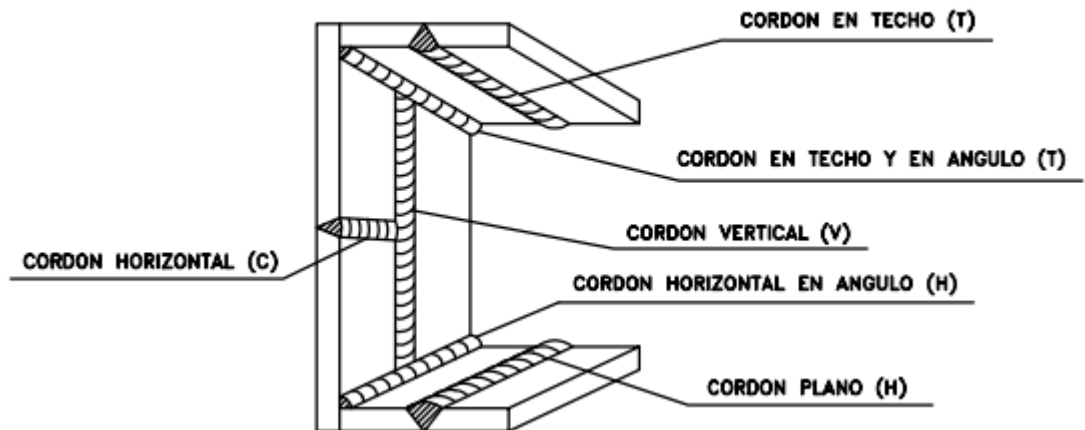


Fig.25 – Soldadures segons la posició del cordó durant la operació (Font: Universidad de Castilla la Mancha)

En el cas de la unió dels tubs tindriem soldadures “a tope” en forma de T

La **norma NBE EA-95** estableix unes prescripcions per als diferents tipus de soldadures i en el cas de les soldadures a tope diu el següent:

- Les soldadures han de ser contínues en tota la longitud i penetrar completament (quelcom semblant al que estableix la normativa de la FIA)
- S’ha de sanejar l’arrel abans de dipositar el primer cordó (es important netejar bé la zona de pols, òxid, pintura, oli, etc... ja que es podrien debilitar o contaminar les soldadures si a la zona d’aplicació es present algun d’aquests elements)
- Quan es soldin peces de diferents seccions s’ha d’aprimar la major amb pendents inferiors al 25 % (No es dona aquest cas ja que els tubs tenen la mateixa secció)

. A la següent imatge podem apreciar les zones o parts del cordó de soldadura

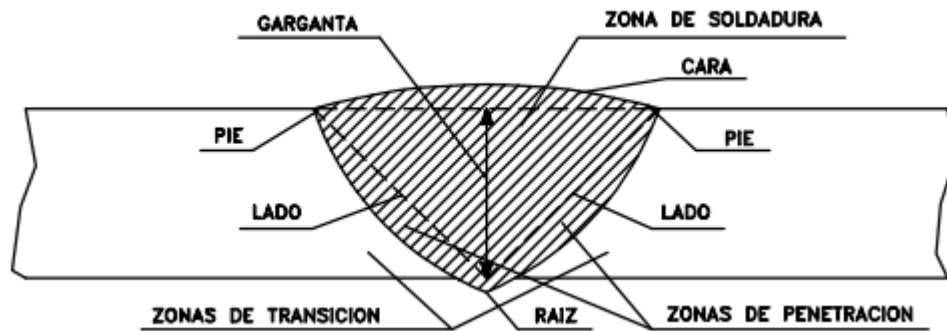


Fig.26 – Parts del cordó de soldadura (Font Universidad de Castilla la Mancha)

La **norma NBE EA-95** estableix que les soldadures realitzades “a tope” correctament no requereixen de càlculs addicionals.

2.6.1 Tractaments tèrmics en la soldadura de perfils d'acer al crom-molibdè

Per tal de garantir unes propietats òptimes del cordó de soldadura es convenient aplicar una sèrie de tractaments tèrmics abans, durant i després del procés de soldadura.

Es realitzarà un preescalfament de la zona de soldadura. Amb el preescalfament es busca disminuir la velocitat de refredament posterior a la soldadura i així, reduir la duresa del material d'aportació i de la ZAT¹ un cop refredat el cordó de soldadura, evitant futures esquerdes en el cordó. Al tractar-se de perfils circulars buits d'acer al crom-molibdè, s'estableix una temperatura de preescalfament de 220 °C. Si el procés de soldadura s'ha d'interrompre, no es re empenirà sense abans tornar a pre-escalfar la zona a la temperatura esmentada.

Entre les diferents passades de rebliment, la temperatura de la zona no deuria baixar dels 220 °C ja que es podrien generar dures estructures internes que debilitarien la soldadura.

Un cop finalitzada la soldadura, es realitzarà un post escalfament, durant 30 minuts, a una temperatura de com a mínim la temperatura de preescalfament per després, deixar-la refredar lentament fins a la temperatura ambient. Amb aquest procés es busca una reducció de les estructures dures originades durant el refredament.

¹Zona del material que no pertany a la soldadura però que està afectada tèrmicament pel procés de soldadura. L'extensió d'aquesta zona depèn del grau de difusivitat tèrmica del material, a més difusivitat, menor serà l'extensió.

2.6.2 Cordó base mitjançant soldadura TIG

La soldadura TIG es un mètode de soldadura per arc sota atmosfera protectora de gas (argó o heli), que utilitza el calor generat per l'arc elèctric entre l'elèctrode no consumible, la funció del qual es mantenir l'arc elèctric sense aportar material, i la peça a soldar. La funció del gas de protecció es desplaçar l'aire, eliminant la possibilitat que es contami ni la soldadura amb l'oxigen i el nitrogen presents a l'atmosfera. Es un mètode que proporciona soldadures d'alta qualitat, més fortes, més dúctils i més resistents a la corrosió que les realitzades amb elèctrodes convencionals, es per això el mètode mes eficaç per soldar metalls de mala soldabilitat, que tinguin poc espessor i per realitzar cordons base en unions de tubs com es el cas.

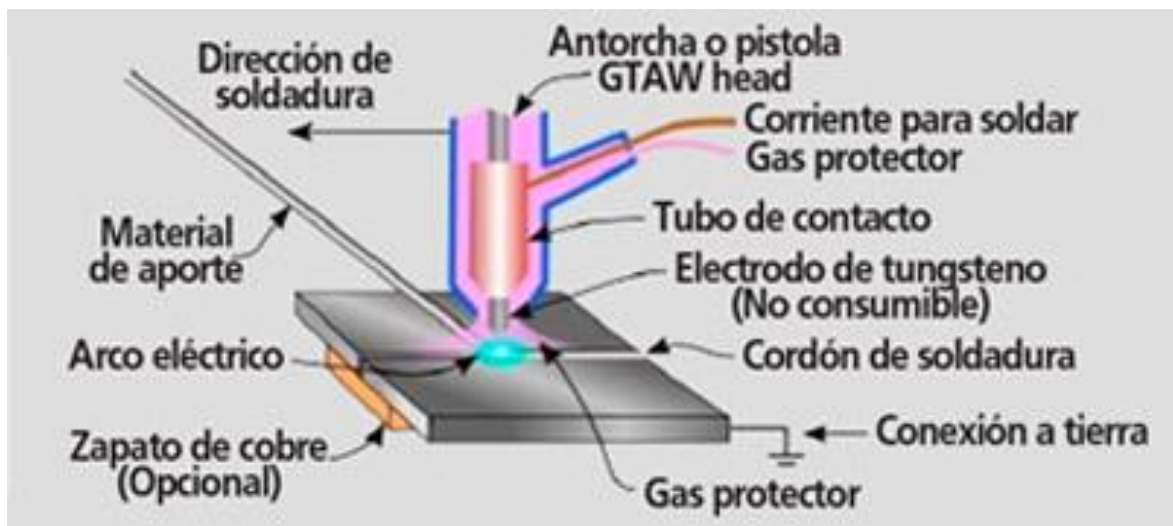


Fig. 27– Esquema de la soldadura TIG (Font: ILMO)

L'elèctrode no consumible a utilitzar, ja que existeixen tres tipus diferents (tungstè pur, tungstè aliat amb tori i tungstè aliat amb zirconi), depèn del material base i en el cas d'acers de baix aliatge com el 25CrMo4 aquest elèctrode ha de ser el de tungstè aliat amb tori amb una temperatura de fusió superior als 4000 °C, tal com especifica la AWS (American Welding Society). Pel que fa a la geometria de l'extrem de l'elèctrode, aquesta haurà de ser de punta afilada en forma de con d'alçada igual a dos cops el seu diàmetre.

Es recomana utilitzar un elèctrode consumible amb una composició química el mes similar possible a la del material base, per això es convenient utilitzar elèctrodes consumibles d'acer al crom-molibdè amb un percentatge en pes de crom entre 0,8 i 1 % i un percentatge en pes de molibdè inferior al 0,5 %.

El gas de l'atmosfera protectora a utilitzar pot ser qualsevol dels dos (argó o heli) o una mescla dels dos, tot i que generalment s'utilitza l'argó perquè ofereix una millor estabilitat de l'arc i facilitat d'encesa, així com també una baixa conductivitat tèrmica afavorint la concentració de calor al centre de l'arc.

Pel que fa al tipus de corrent a utilitzar, per les soldadures TIG es pot utilitzar tant corrent continua com alterna, tot i que es habitual utilitzar corrent continua en polaritat directa ja que els elèctrodes assoleixen una temperatura menor i conseqüentment es degraden menys, també s'assoleix una millor penetració.

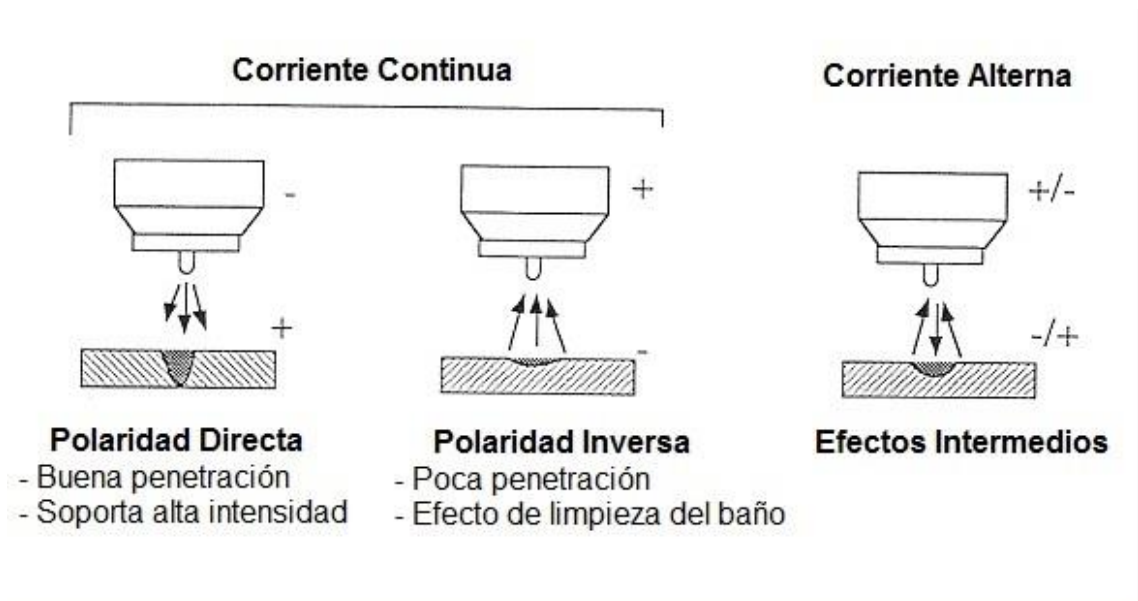


Fig.28 – Influencia del tipus de corrent en la qualitat de la soldadura (Font: Ingemecanica)

2.6.3 Cordó de rebliment mitjançant soldadura SMAW

La soldadura per arc amb elèctrodes revestits es un procés en el qual la fusió del metall es produeix com a conseqüència del calor generat per l'arc elèctric que s'estableix entre l'extrem d'un elèctrode i el metall base. L'elèctrode es va fonent en forma de gotes, les quals seran el material de aportació que conformarà el cordó de soldadura. L'arc de protecció s'obté gràcies a la descomposició del revestiment en forma de gas i en forma de escòria líquida que flota sobre el bany de fusió i acaba solidificant.

L'elèctrode escollit per realitzar els cordons de rebliment serà, segons estableix la AWS (American Welding Society), un elèctrode consumible E8018-B2L ja que té una composició química molt semblant a la del material base.

Igual que pel cas de soldadura TIG, també s'utilitzarà una font de corrent continua amb l'elèctrode connectat al pol positiu.

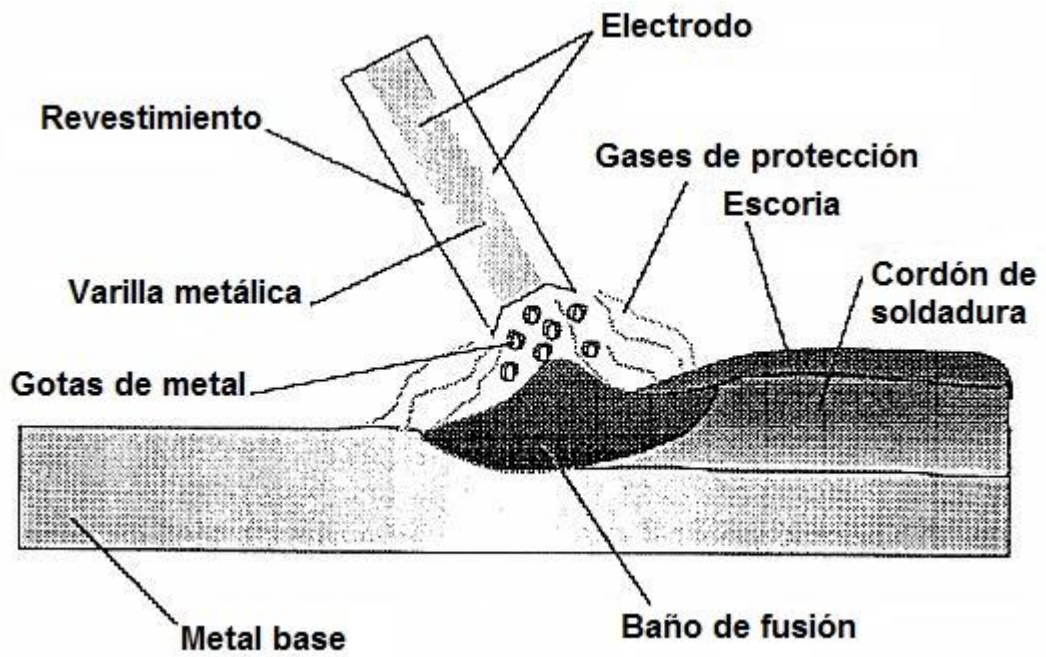


Fig. 29 – Esquema de soldadura pel mètode SMAW (Font: Ingemecanica)

Capítol 3: Disseny i anàlisi de l'estructura

El disseny de l'estructura es realitzarà amb el suport del software SolidWorks 2018 i un cop es tingui una proposta, aquesta s'analitzarà amb ANSYS seguint les indicacions de la FIA.

El motiu per el qual s'han escollit aquests programes es el seu funcionament intuïtiu i per ser els que he anat utilitzant al llarg de la carrera universitària en diverses assignatures de disseny assistit per ordinador, cosa que fa que em senti més còmode treballant amb ells.

El disseny assistit per ordinador aporta grans avantatges enfront del disseny tradicional com son:

- Dissenys mes precisos que desembocaran en una qualitat mes alta dels productes dissenyats.
- Estalvi en assaigs destructius, ja que les condicions de treball es poden simular mitjançant mòduls CAE inclosos en el programes.
- Elaboració i acotació ràpida i precisa de plànols.
- Possibilitat de introduir canvis o corregir errors durant la fase de disseny de manera rapida.

El mòdul CAE de ANSYS treballa mitjançant l'anàlisi pel mètode dels elements finits (FEM).

L'anàlisi per aquest mètode es fonamenta en la divisió d'un sòlid o material continu en un conjunt de petits elements (Elements Finites) connectats per nodes, permetent passar d'un sistema continu amb infinits graus de llibertat a un sistema discret amb un nombre finit de graus de llibertat.

La solució obtinguda serà exacte en els nodes, mentre que a la resta de punts serà aproximada i obtinguda per interpolació a partir dels resultats obtinguts pels nodes.

Dins l'anàlisi cal distingir tres etapes diferenciades:

- Pre-procés : Consisteix en la definició de la geometria, generació de la malla, assignació de les condicions de contorn i les propietats del material.
- Càlcul: En aquesta etapa es resolen els sistemes de equacions generats. Si es tracta d'un problema lineal (com el cas d'anàlisi estructural que requerirà aquest projecte), independent del temps, permet generar un conjunt de N equacions amb N incògnites resoluble amb qualsevol algoritme per resoldre sistemes d'equacions lineals.
- Post-procés : Es calculen les magnituds derivades dels valors obtinguts en els nodes (deformacions, tensions...)

La solució obtinguda serà més exacte com més elements i nodes tinguem però aquest factor dependrà de la capacitat de l'ordinador utilitzat i també del tipus de llicència que disposem del programa. Les llicències d'estudiant acostumen a estar limitades i no permeten l'anàlisi si s'excedeix un determinat nombre de elements o nodes, sent en ocasions necessari disminuir la qualitat de la malla per poder realitzar el càlcul.

Es recomanable repetir l'anàlisi varies vegades, augmentant gradualment el nombre de elements i nodes (si l'ordinador i la llicència del programa així ho permeten), per veure si les solucions obtingudes tendeixen a convergir cap a un determinat valor, es a dir realitzar un estudi de convergència.

3.1 Creació de la geometria amb SolidWorks

Abans de realitzar la simulació amb ANSYS es necessari crear la geometria sòlida. Aquesta tasca es realitzarà amb el SolidWorks seguint els passos que es detallen tot seguit:

Es disposa d'una fitxa tècnica amb les mesures exteriors el vehicle, però no hi figuren les mesures interiors necessàries per poder adaptar l'estructura dins l'habitacle. Abans de res, es prendran les mesures interiors amb l'ajuda d'un mesurador làser. Amb les mesures preses ja es possible fer-se una idea de com podria ser físicament la gàbia i es pot començar amb el disseny, tenint present sempre la normativa de condicionament interior.

Partirem dissenyant el que serà l'arc principal. La geometria final s'obtindrà mitjançant una operació de escombrat (operació "barrido" del SolidWorks). Primer de tot es dibuixa, amb la opció croquis 3D, el croquis en alçat donant-li les cotes que es mostren en la figura següent. El croquis creat servirà de línia guia per la operació de escombrat.

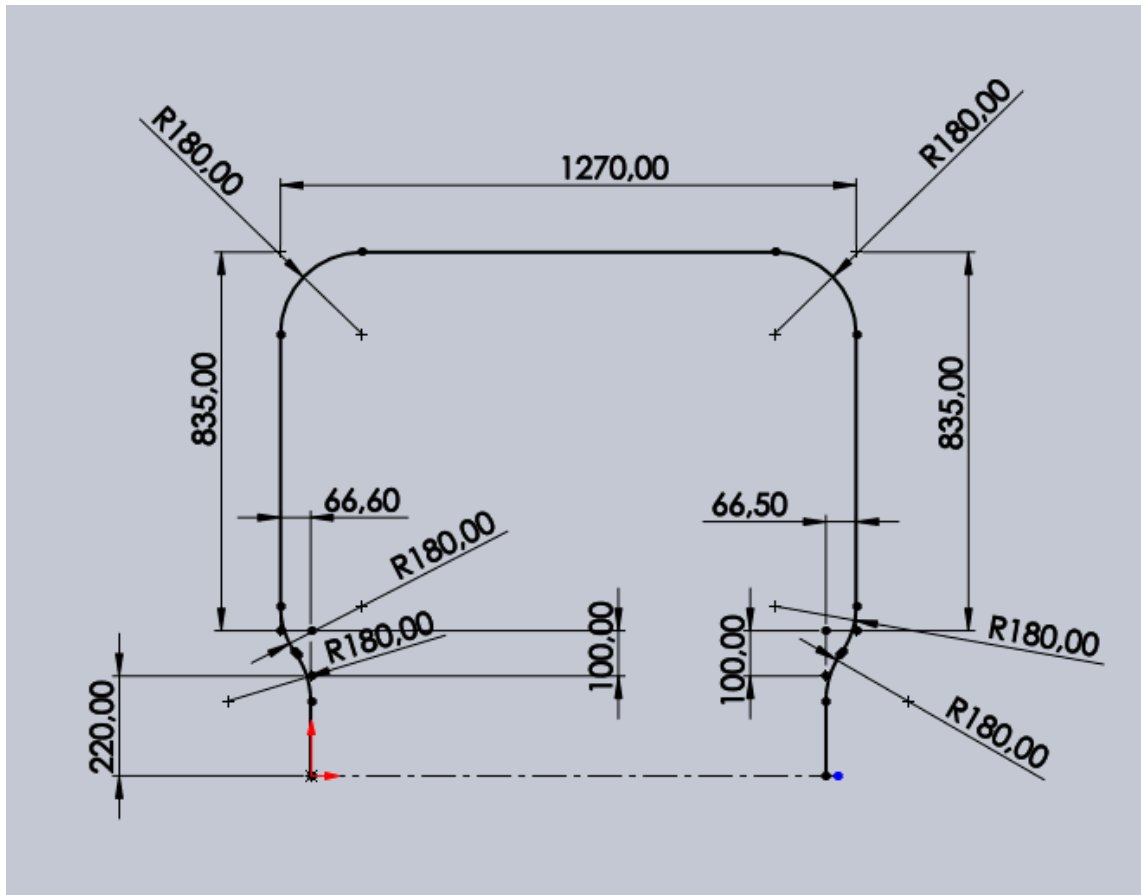


Fig.30– Croquis línia guia arc principal (Font pròpia)

Un cop creada la línia guia es el moment de generar el perfil tubular. Es requereix un nou croquis, aquest cop en planta, on es dibuixaran les dues circumferències que seran els diàmetres (interior i exterior) del tub.

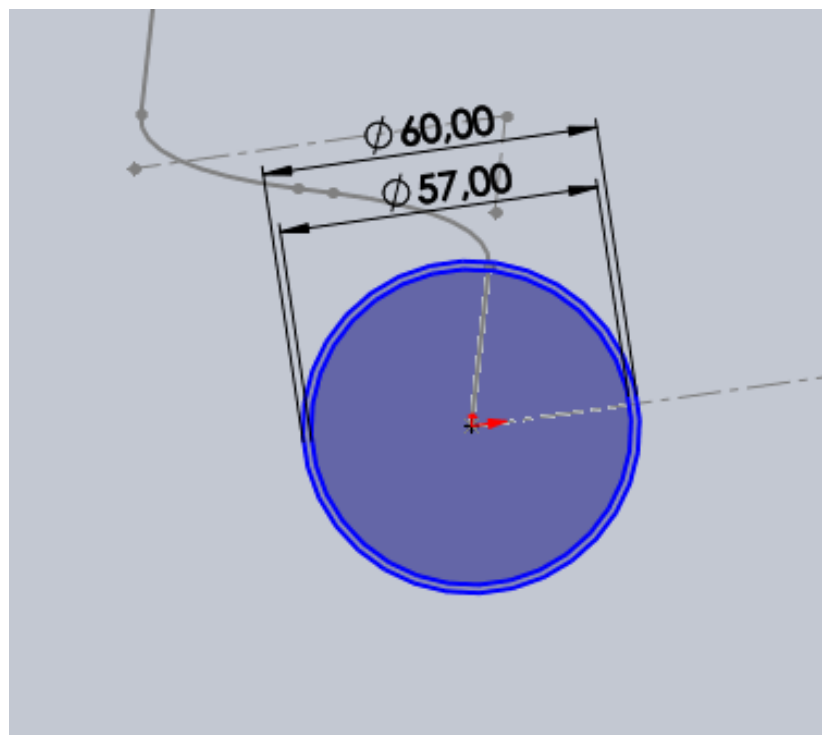


Fig.31 – Croquis perfil tubular (Font pròpia)

Amb la línia guia i el perfil ja podem realitzar l'escombrat del perfil. Dins el menú de operacions es tria la operació "barrido" i el mateix programa ja demana que s'indiqui els croquis que serviran per realitzar la operació. Seleccionem els dos croquis creats anteriorment i acceptem la operació.

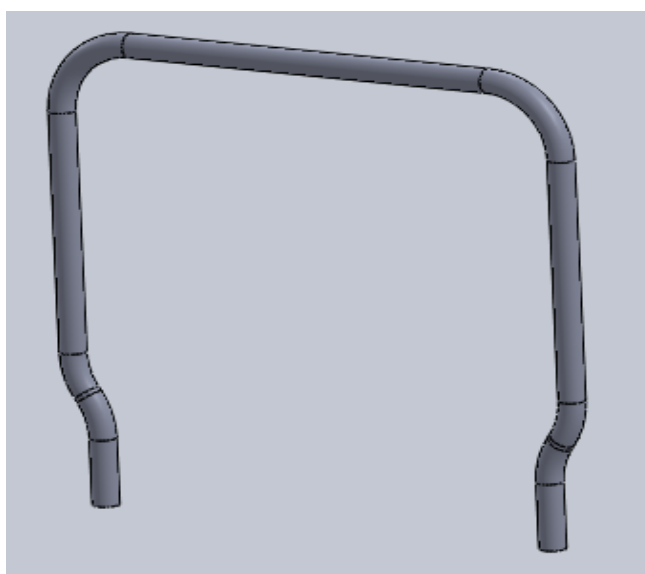


Fig.32– Arc principal (Font pròpia)

La curvatura que s'ha donat a la part inferior del arc es necessària degut a la forma de la carrosseria per la part interior del vehicle.

El següent pas es la creació dels semi arcs laterals. Es partirà d'un pla paral·lel al alçat a una distància de 100mm (pot ser qualsevol distància, el fet de situar-lo a 100 mm es per facilitar la visió quan es creï la extrusió per unir les dues parts, arc principal i semi arcs laterals. El croquis que servirà de línia guia per l'operació d'escombrat haurà de tenir en compte aquesta distància i ajustar-lo segons convingui).

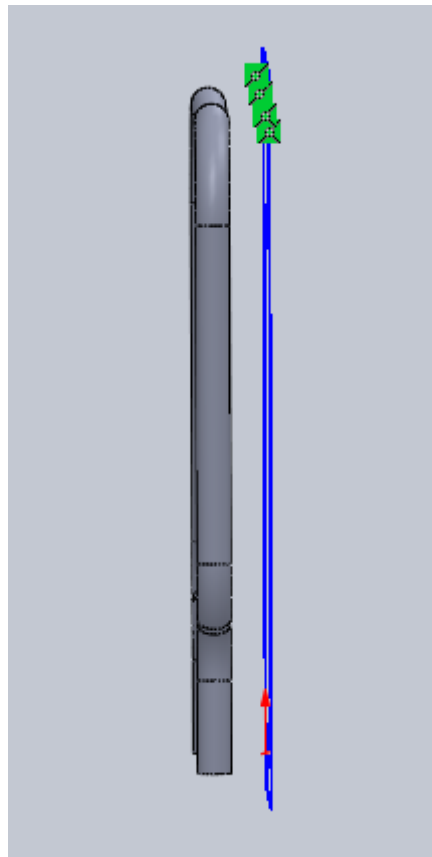


Fig.33 – Pla paral·lel al alçat (Font pròpia)

Sobre el pla creat i normalment a ell, generem el perfil dels tubs dels semi arcs laterals tal i com s'ha fet per l'arc principal.

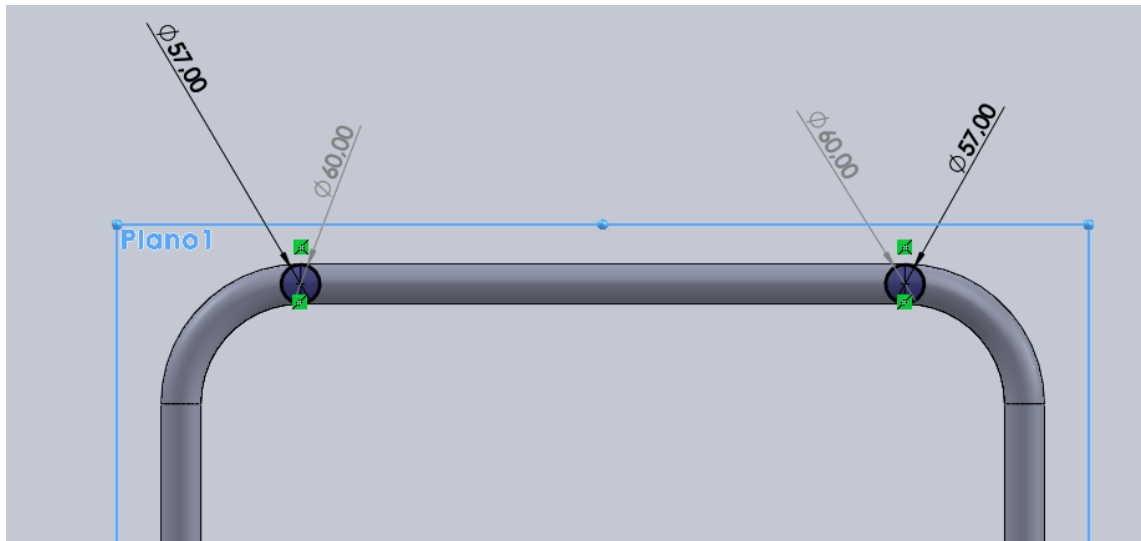


Fig.34 – Croquis perfil semi arcs laterals

A continuació, i de la mateixa manera que per crear la línia guia de l'arc principal, es crea la línia guia que seguirà el perfil dels semi arcs laterals. En aquest pas es on s'ha de tenir en compte els 100 mm de separació donats al pla paral·lel al alçat, ja que la distancia total ha de ser de 1360 mm.

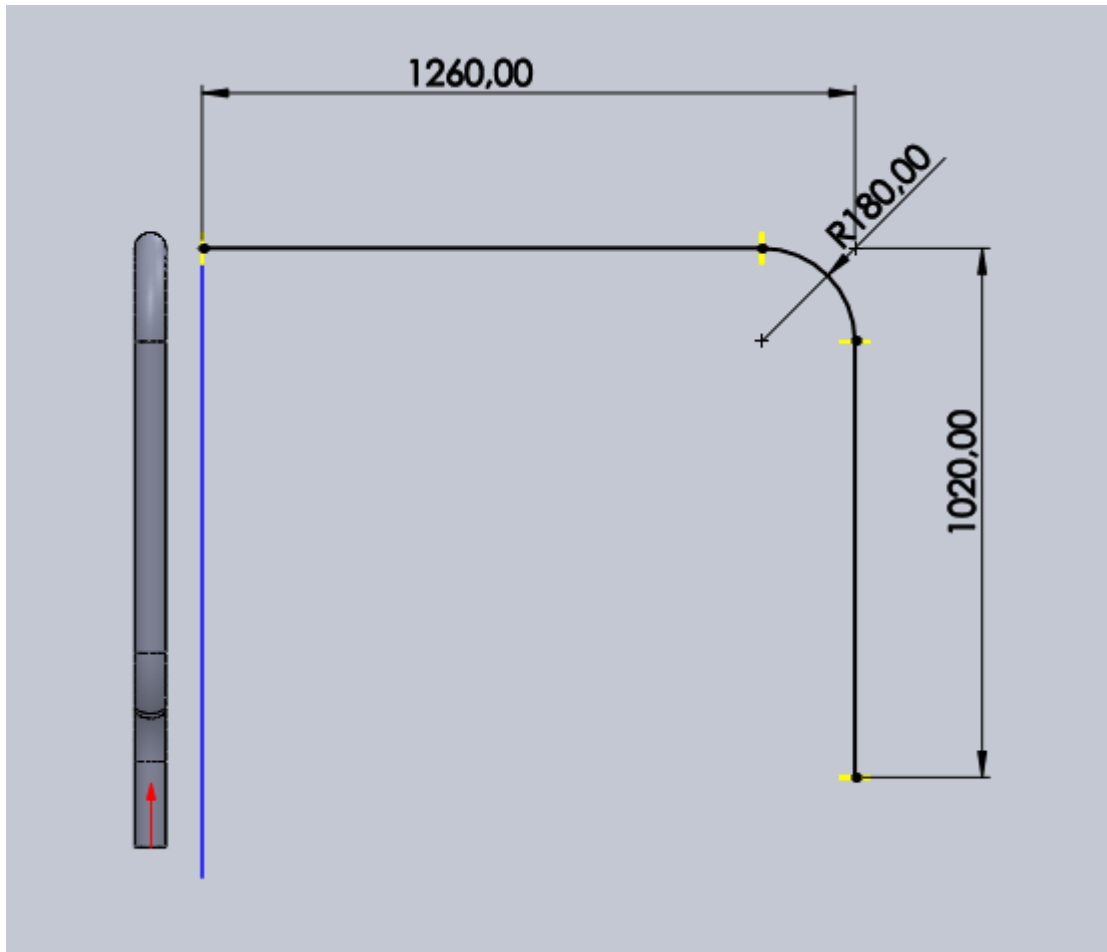


Fig.35 – Creació de la línia guia pels semi arcs laterals (Font pròpia)

De la mateixa manera que per crear l'arc principal, amb la operació "barrido" aconseguim crear els dos semi arcs laterals. Ara tan sols quedarà extruir el que queda de perfil per ajuntar els semi arcs laterals amb l'arc principal. Per fer-ho es croquisa sobre la cara el perfil circular tal com s'ha fet anteriorment i s'extrudeix amb la opció "extruir hasta siguiente", tal com es mostra a la figura següent. El programa ja pressuposa la unió que pretenem i crea el perfil necessari per acoblar els dos tubs.

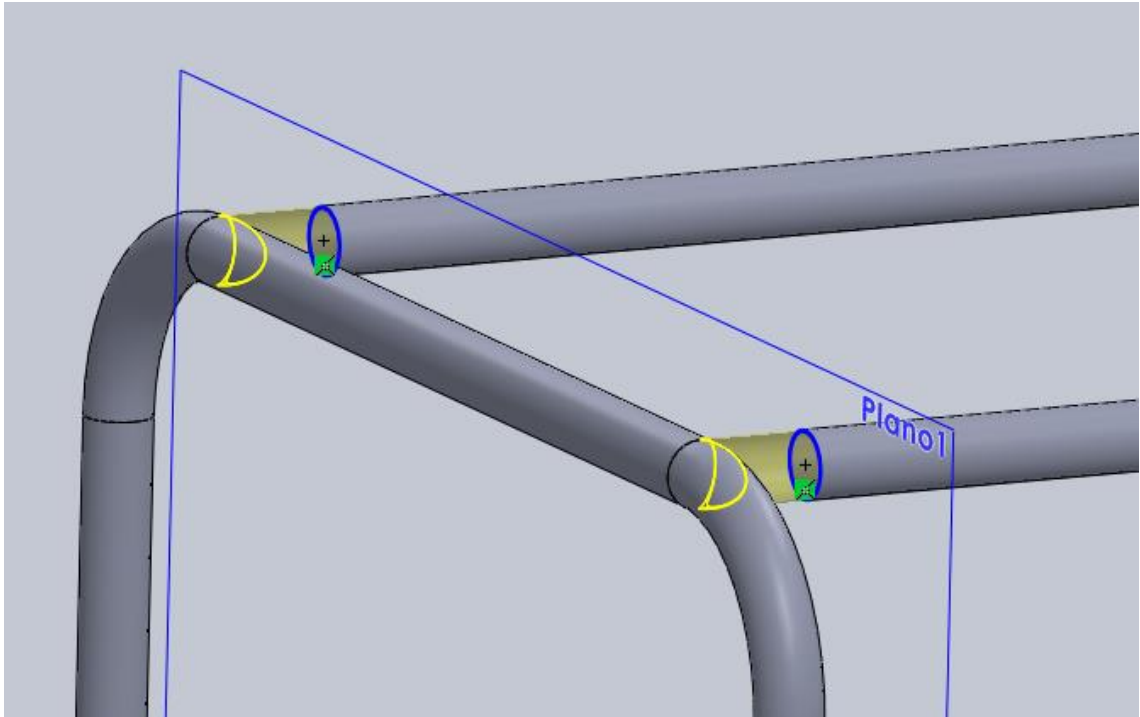


Fig.36– Extrusió per acabar de completar els semi arcs laterals (Font pròpia)

Un cop aconseguits els semi arcs laterals, es el moment de crear els tirants davanters. Es procedirà de la mateixa forma que pels semi arcs, creant un pla a la distancia del pla alçat que millor ens convingui per després elaborar els dos croquis necessaris (línia guia i perfil circular) i realitzar la operació de “barrido”.

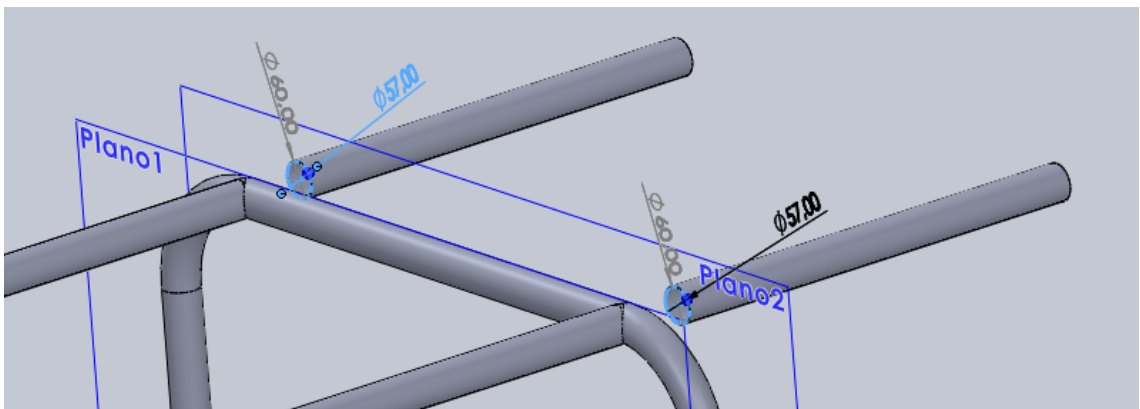


Fig.37 – Creació dels tirants davanters

A continuació procedim com anteriorment, extrudim el perfil circular fins a trobar l’arc principal. Obtindrem un sòlid tal com es mostra a la Fig.33, a falta de completar-la amb els dos reforços transversals que falten.

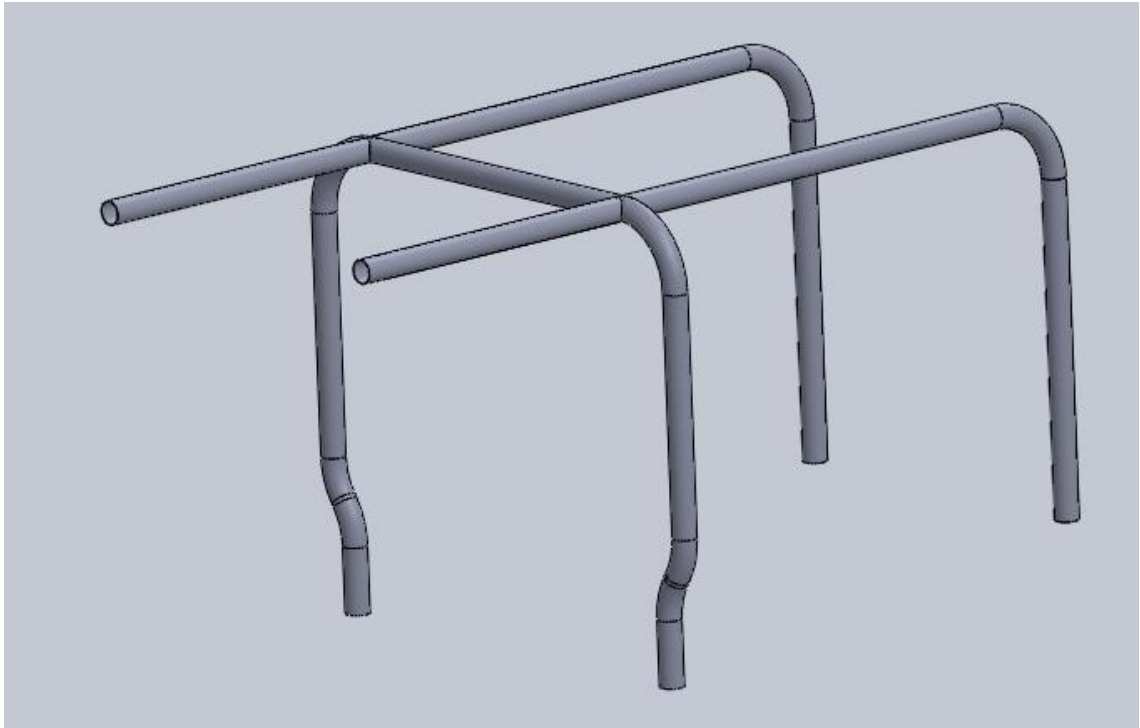


Fig.38 – Gàbia sense reforços transversals (Font pròpia)

Ara pràcticament es té la gàbia completada. Aquesta configuració seria molt poc resistent ja que una força no gaire important en direcció transversal aplicada sobre el semi arc lateral o sobre el tirant davanter provocaria una considerable deformació, així que cal afegir algun element que aportí consistència al conjunt. La solució escollida és dotar a l'estructura de dos reforços transversals creats de manera semblant a la resta de components. Es col·loca un pla paral·lel a la vista lateral situat sobre l'eix de simetria, tal com s'aprecia a la Fig.39.

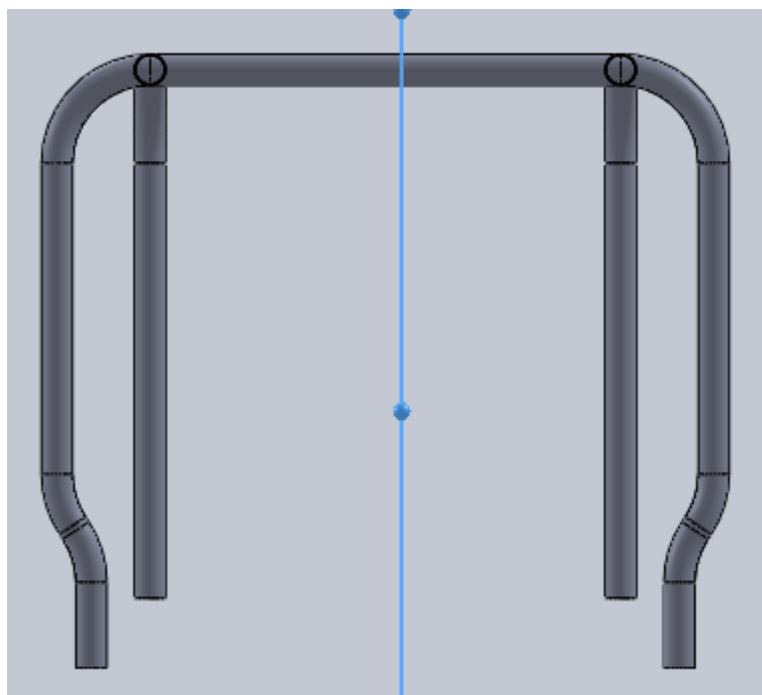


Fig.39 – Pla paral·lel a la vista lateral (Font pròpia)

Sobre aquest pla dibuixarem el croquis del perfil tubular, tal com hem fet en les altres operacions, tant a la part anterior com posterior de l'estructura.

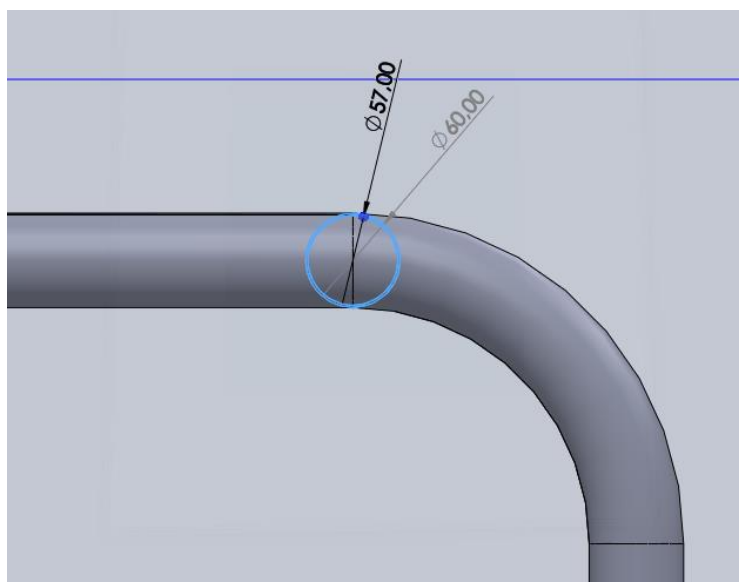


Fig.40 – Croquis per crear els reforços transversals

I extrudirem amb la opció “hasta siguiente” en les dues direccions tal com es mostra a la Fig.

41

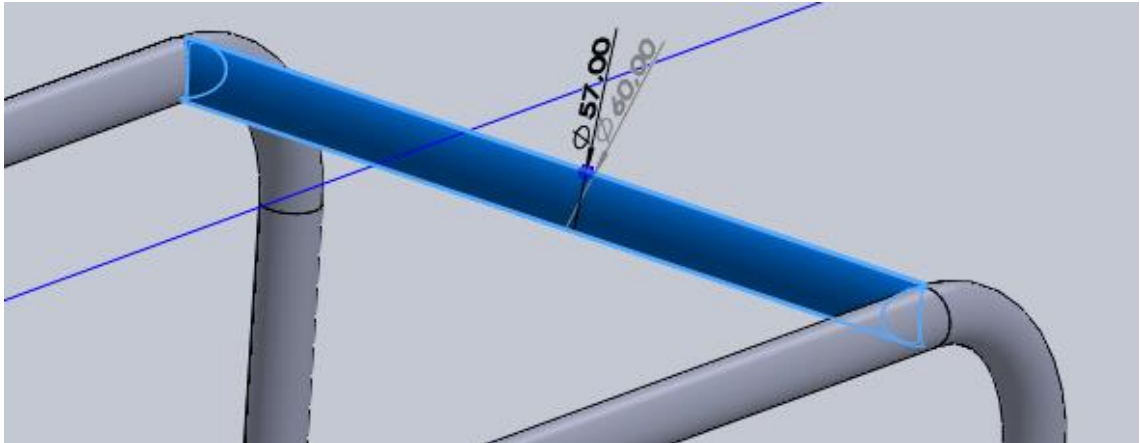


Fig.41 – Extrusió dels reforços transversals

Amb aquest últim pas ja s'ha completat el disseny de la proposta per la gàbia de seguretat. Ara quedarà realitzar les simulacions en carga que estableix la normativa FIA per comprovar si es o no un disseny apte.

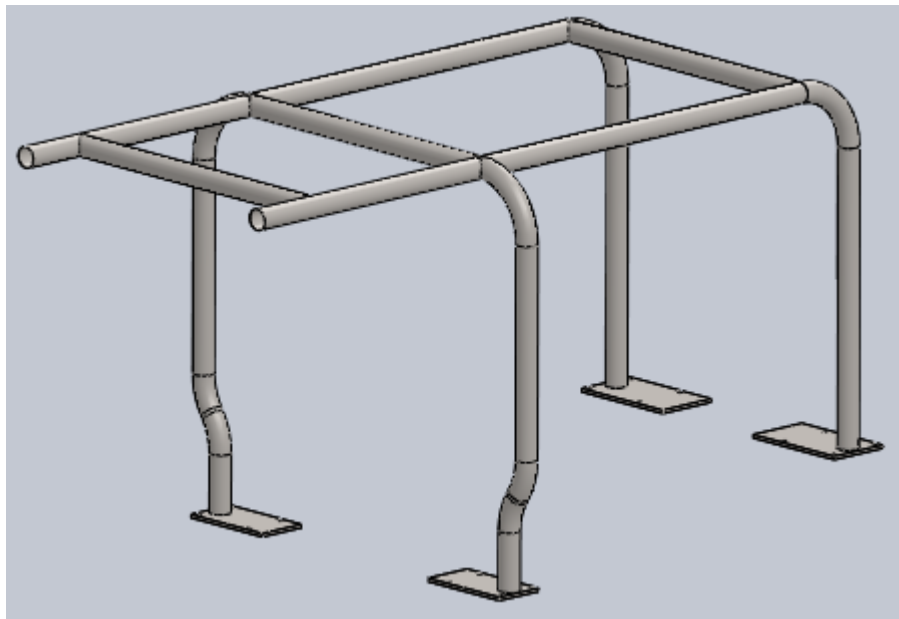


Fig.42 – Gàbia de seguretat a punt per simular (Font pròpia)

Tot i no ser part de la gàbia en si, a la Fig.42 apareixen les platines de fixació ja que son necessàries per aplicar la condició de suport fixe a la simulació en ANSYS, tal com s'explica mes endavant.

3.2 Anàlisi amb ANSYS Workbench 17.0

La FIA estableix dos assaigs que s'han de realitzar amb unes condicions de carrega determinades per tal de verificar o demostrar que l'estructura resistirà les conseqüències d'una bolcada. Es tracta d'anàlisis estàtics, que son mes fàcils de realitzar, però amb unes càrregues magnificades per tal de apropar-se a la realitat d'un accident.

Un cop realitzades les pertinents simulacions, s'estableixen uns criteris d'acceptació pel que fa a tensions i desplaçaments.

El criteri d'acceptació referent als desplaçaments estableix que no podrà haver-hi un desplaçament, conseqüència de la deformació elàstica i/o plàstica, superior a 50 mm mesurats en qualsevol direcció de l'espai i en tota l'estructura.

Pel que fa a les tensions, si s'ha realitzat un anàlisi lineal, no es permet superar el límit elàstic del material en cap punt de l'estructura i en el cas que aquest límit es superi s'haurà de justificar l'assaig mitjançant un anàlisi no lineal on no es podrà superar la tensió de ruptura del material.

3.2.1 Primer assaig: càrrega vertical

El primer assaig es tracta de l'aplicació d'una carrega vertical, uniformement repartida i en sentit descendent, sobre la part superior de l'arc principal i de valor igual a 7,5 vegades P, sent P la massa total del vehicle en condicions de cursa (o en aquest cas en condicions de circulació) més 160 kg. Aquesta carga es pot aplicar fins a un màxim de 75 mm respecte el punt de unió dels semi arcs laterals.



Fig.43 – Vista en planta de la zona d'aplicació de la càrrega vertical (Font: Reglament FIA)

Es crea un projecte de tipus "Static Structural", que permet realitzar simulacions amb tot tipus de càrregues estàtiques.

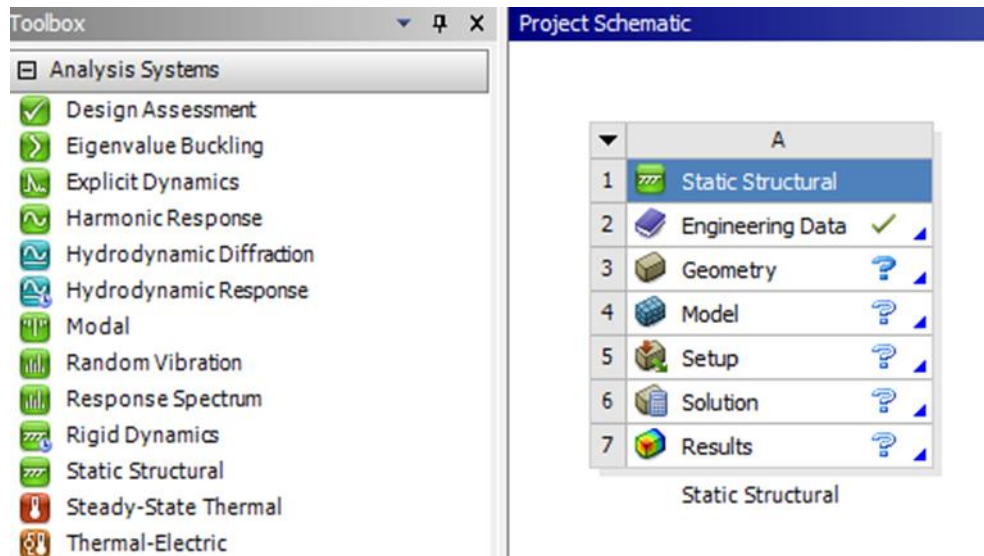


Fig.44 – Creació del nou anàlisi amb ANSYS (Font pròpia)

Un cop es té el nou projecte creat, es defineix el material editant els paràmetres dins de “Engineering Data”. ANSYS disposa d’una extensa llibreria de materials però no disposa de l’acer AISI 4130 (25CrMo4) en concret així que es necessari crear-lo.

Properties of Outline Row 3: 25CrMo4					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input checked="" type="checkbox"/> Density	7850	kg m ⁻³	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input checked="" type="checkbox"/> Isotropic Elasticity			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Derive from	Young's Mod...			
5	Young's Modulus	2,12E+05	MPa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Poisson's Ratio	0,27		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Bulk Modulus	1,5362E+11	Pa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Shear Modulus	8,3465E+10	Pa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input checked="" type="checkbox"/> Tensile Yield Strength	600	MPa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input checked="" type="checkbox"/> Tensile Ultimate Strength	950	MPa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig.45 – Introducció de les propietats del material creat (Font pròpia)

A continuació s’ha d’importar la geometria creada amb SolidWorks, la qual prèviament s’ha de guardar en format .IGS per tal de fer-la compatible amb l’ANSYS. Dins la pestanya “Geometry” es troba la opció de importar una geometria.

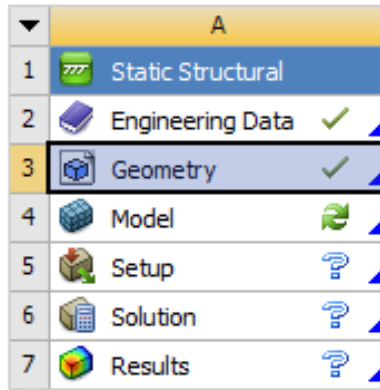


Fig.46– Importació de la geometria creada amb SolidWorks (Font pròpia)

Un cop apareix el símbol de verificació en color verd ja es pot editar el model. S'obrirà una nova pàgina per treballar en la geometria.

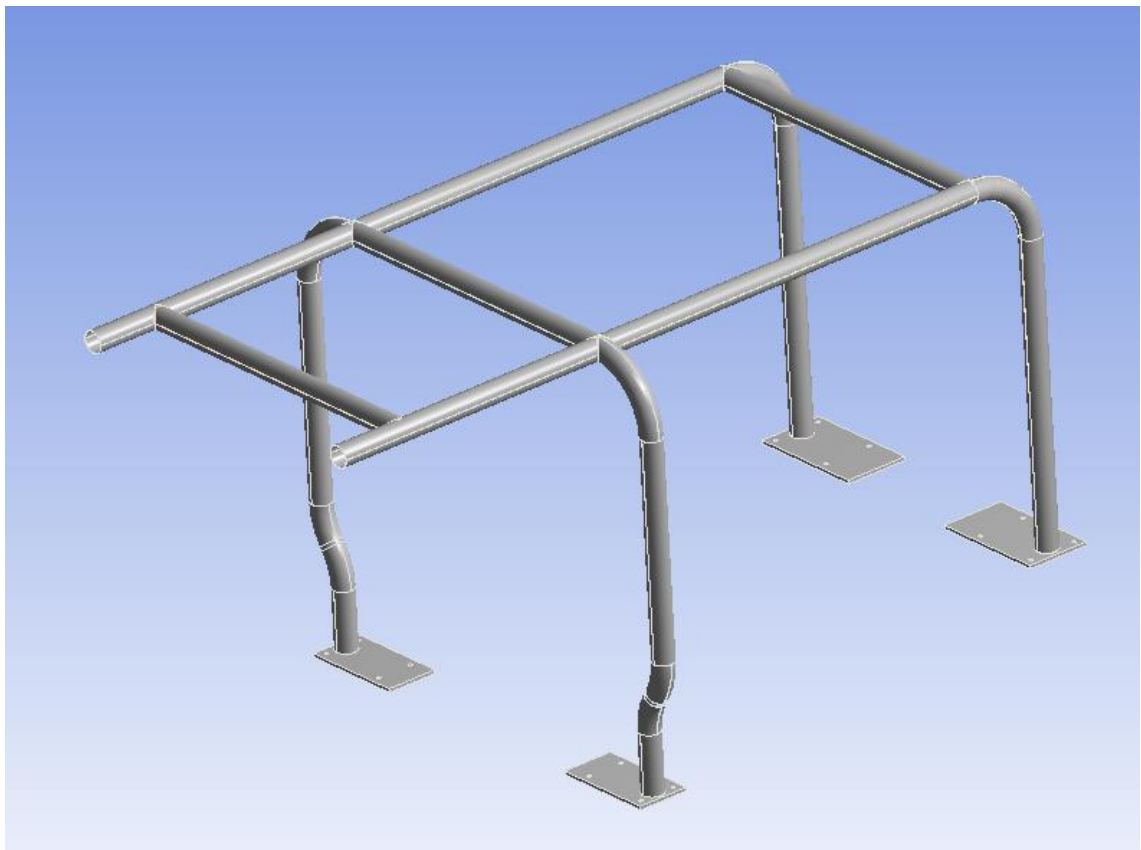


Fig.47 – Geometria importada en l'entorn de treball de ANSYS (Font pròpia)

La condició de contorn a aplicar és la restricció del moviment en tots els graus de llibertat (desplaçaments i rotació) de cada punt de fixació. Per tal de aplicar aquesta condició, s'introduiran suports fixes en cadascun dels punts de recolzament de l'estructura.

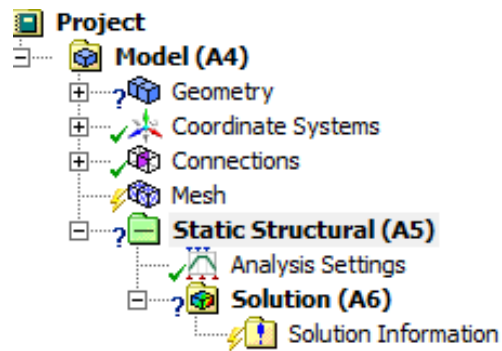


Fig.48 – Arbre del projecte (Font pròpia)

Dins l'arbre del projecte es selecciona la pestanya "Static Structural" i a continuació es tria la funció "fixed support", aplicant-lo sobre les zones on es fixarà l'estructura.

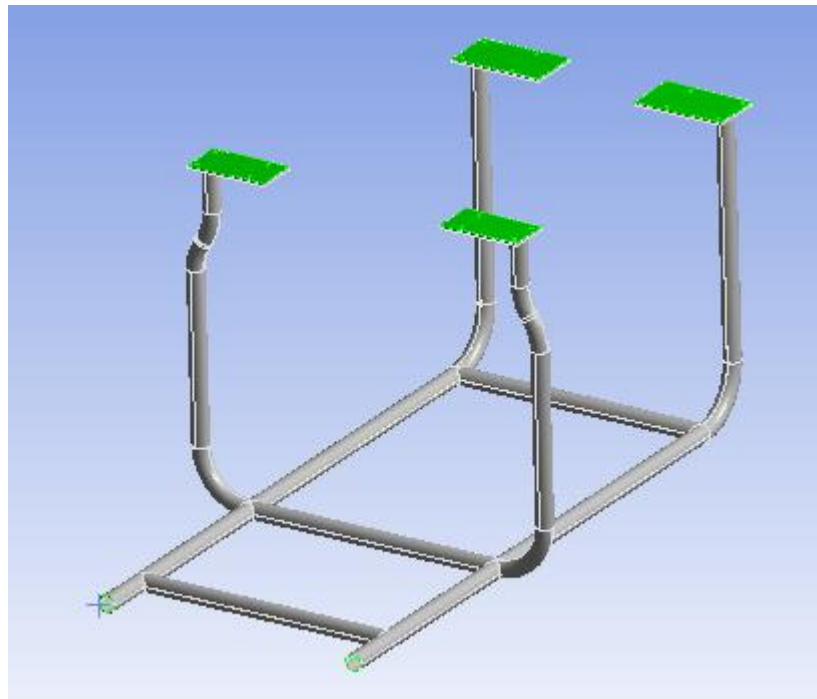


Fig.49– Zones d'aplicació de la condició de contorn "fixed support" (Font pròpia)

Un cop definits els suports és el moment d'aplicar la força que correspongui. Per aplicar-la es procedeix de la mateixa manera que en el cas del "fixed support" però, en comptes de seleccionar aquesta opció, es selecciona la opció de "force". El mòdul d'aquesta força serà, segons comentat anteriorment, igual a:

$$F_{vertical} = 7,5 \cdot P = 7,5 \cdot (1400 + 160)kg \cdot 10 \frac{m}{s^2} = 117000 N \text{ (eq. 2)}$$

Definition	
Type	Force
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
<input type="checkbox"/> X Component	0, N (ramped)
<input checked="" type="checkbox"/> Y Component	-1,17e+005 N (ramped)
<input type="checkbox"/> Z Component	0, N (ramped)

Fig.50 – Detalls de la força aplicada (Font pròpia)

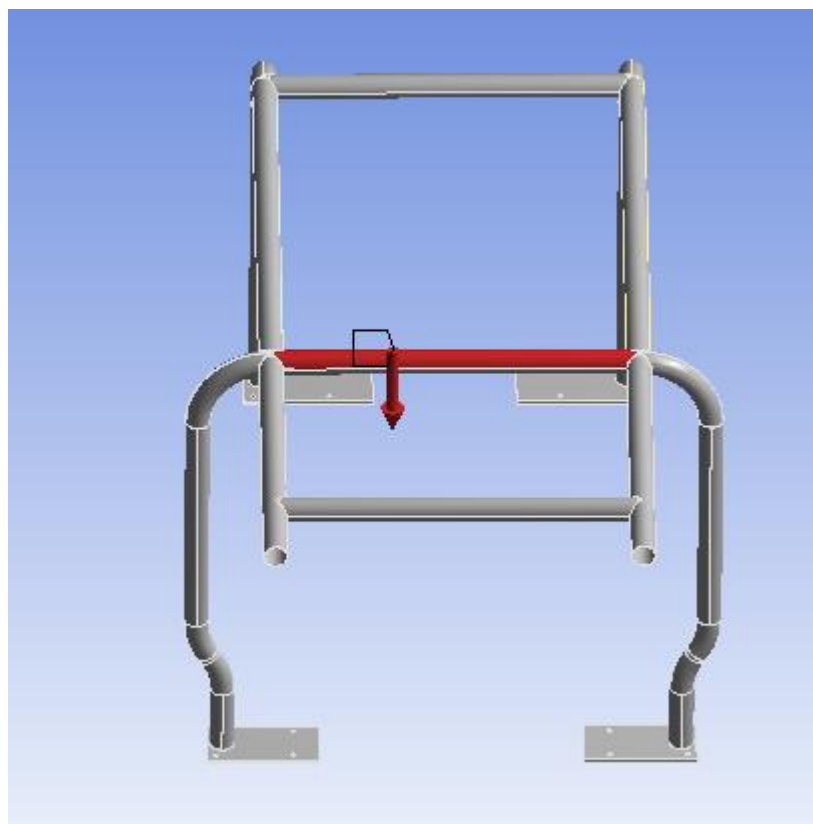


Fig.51– Zona d'aplicació de la càrrega vertical (Font pròpia)

El següent pas es generar la malla, per fer-ho es selecciona la opció Mesh i mitjançant la opció de “Automatic Method” el programa crearà de forma automàtica la malla que millor s’adapti a la geometria. També, amb la finalitat de crear una malla de millor qualitat, es convenient definir una mida del element, ja que la mida d’element per defecte (144mm) es molt gran i conduiria a resultats poc precisos. Es defineix una mida de 13 mm mitjançant la opció “body

sizing”, ja que es la mínima que permet la llicència del programa de la que disposo. Si es posa una mida menor, s'excedeix el nombre de nodes i elements permès per la llicència i a l'hora de calcular mostra advertències indicant que no s'ha pogut resoldre.

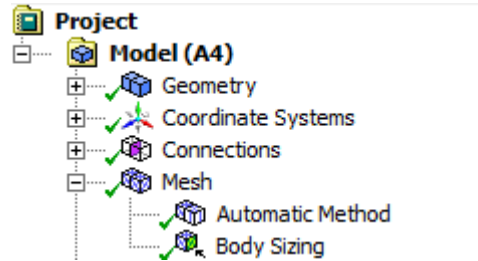


Fig.52 – Arbore del projecte / creació de la malla (Font pròpia)

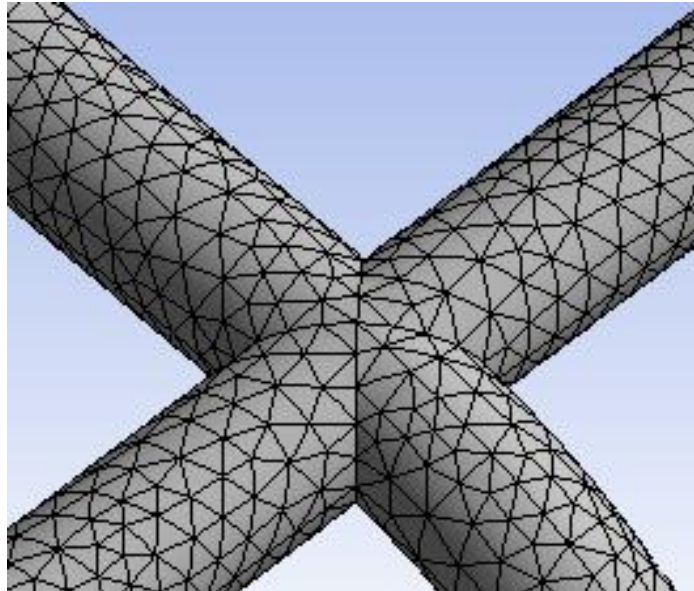


Fig.53 – Detall de la malla generada (Font pròpia)

Details of "Mesh"	
<input type="checkbox"/> Display	
Display Style	Body Color
<input type="checkbox"/> Defaults	
Physics Preference	Mechanical
<input type="checkbox"/> Relevance	0
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
<input type="checkbox"/> Sizing	
Size Function	Adaptive
Relevance Center	Coarse
<input type="checkbox"/> Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	High
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
<input type="checkbox"/> Defeature Size	Default
Minimum Edge Length	10,0 mm
<input type="checkbox"/> Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
<input type="checkbox"/> Transition Ratio	0,272
<input type="checkbox"/> Maximum Layers	5
<input type="checkbox"/> Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
<input type="checkbox"/> Advanced	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Topology Checking	No
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
<input type="checkbox"/> Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	219828
<input type="checkbox"/> Elements	132443

Fig.54 – Característiques de la malla (Font pròpia)

Amb la malla ja generada, tan sols quedarà donar la ordre de resoldre el problema (pestanya "solve"), obtenint els resultats que interessin per aquest cas que serien els de deformació i

tensió equivalent de Von Mises per poder comparar-los amb màxims que s'autoritzen segons la norma de la FIA.

El programa ens mostra els resultats en forma de estructura deformada en relació amb la no deformada i així poder distingir bé on es produeix la màxima deformació, també permet indicar el punt exacte on es produeix (etiqueta Max).

Com era de esperar, la deformació màxima es produeix al centre de la zona on s'ha aplicat la força i té un valor de 11,469 mm, valor que podem donar per acceptable ja que queda lluny dels 50 mm que es permeten per normativa.

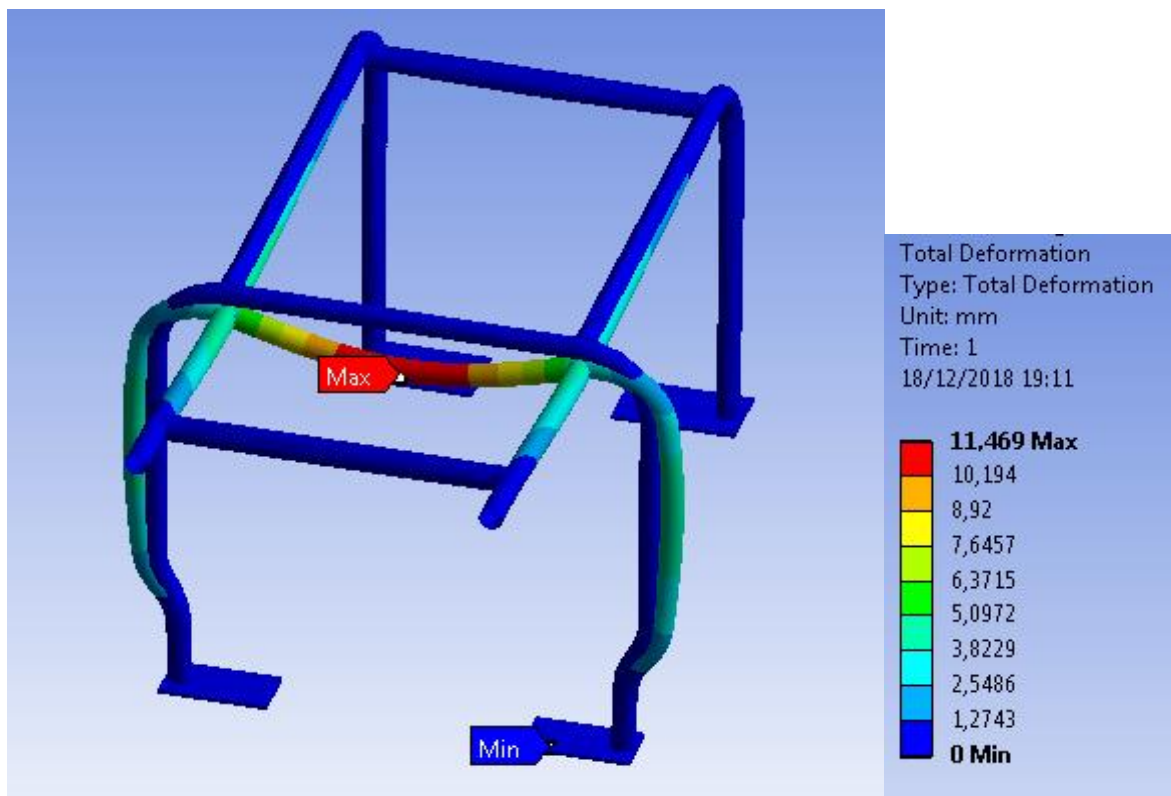


Fig.55 – Deformació total resultant d'aplicar la càrrega vertical (Font pròpia)

Pel que fa a la tensió equivalent de Von Mises, interessa que aquesta no superi en cap punt el límit elàstic del material fixat en 600 MPa.

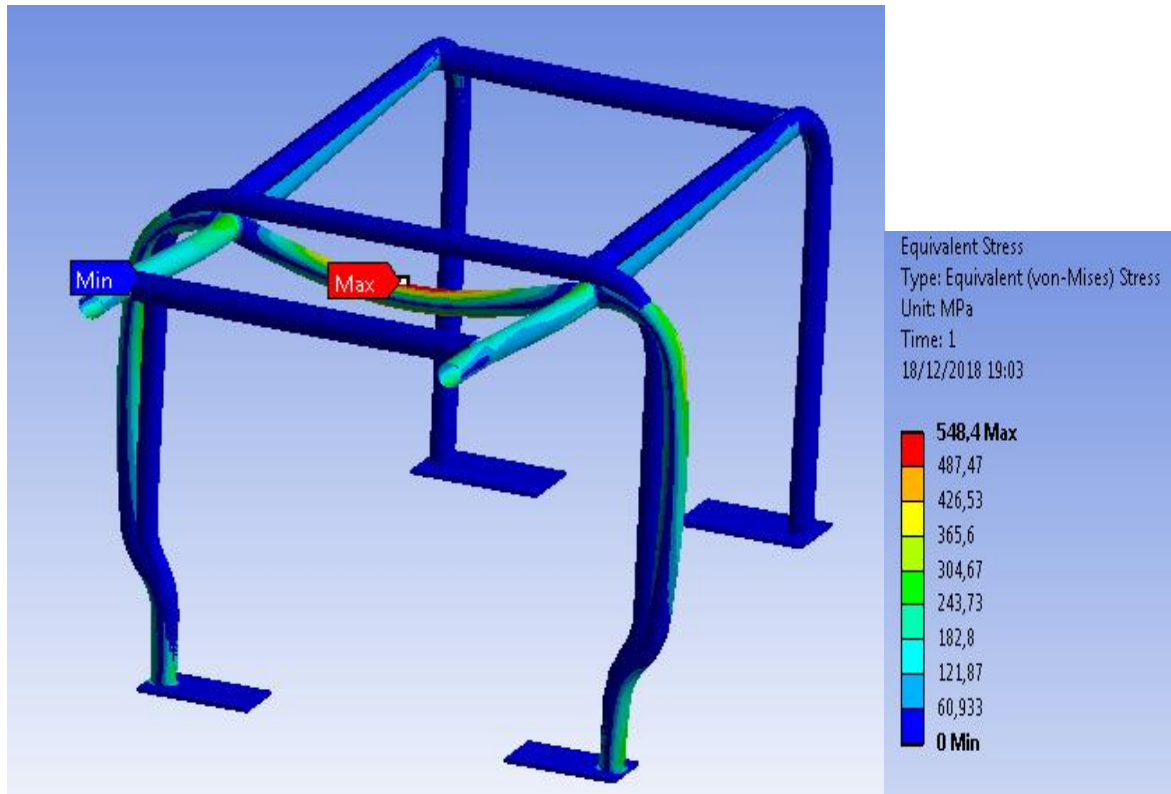


Fig.56 – Tensió equivalent de Von Mises resultant d’aplicar la càrrega vertical (Font pròpia)

Es pot observar que la tensió equivalent es força elevada, superant els 500 MPa i això suposa treballar amb poc marge de seguretat. Tot i així, el disseny compliria en aquest aspecte amb la normativa i es podria donar per vàlid ja que no s’arriba a superar el límit elàstic del material en cap punt, assegurant que l’estructura sempre treballaria en regim elàstic.

3.2 Segon assaig: càrrega obliqua

La preparació de l’assaig serà igual a la realitzada en el cas anterior pel que fa a selecció del material, assignació dels suports i mallat, canviat la zona d’aplicació de la força i les seves components. Aquest assaig estableix l’aplicació d’una càrrega obliqua sobre el semi-arc lateral, uniformement repartida i cap a l’interior de l’estructura de valor:

$$F_{frontal} = 3,5 \cdot P = 3,5 \cdot (1400 + 160)kg \cdot 10 \frac{m}{s^2} = 54600 N \approx 55000 N \text{ (eq. 3)}$$

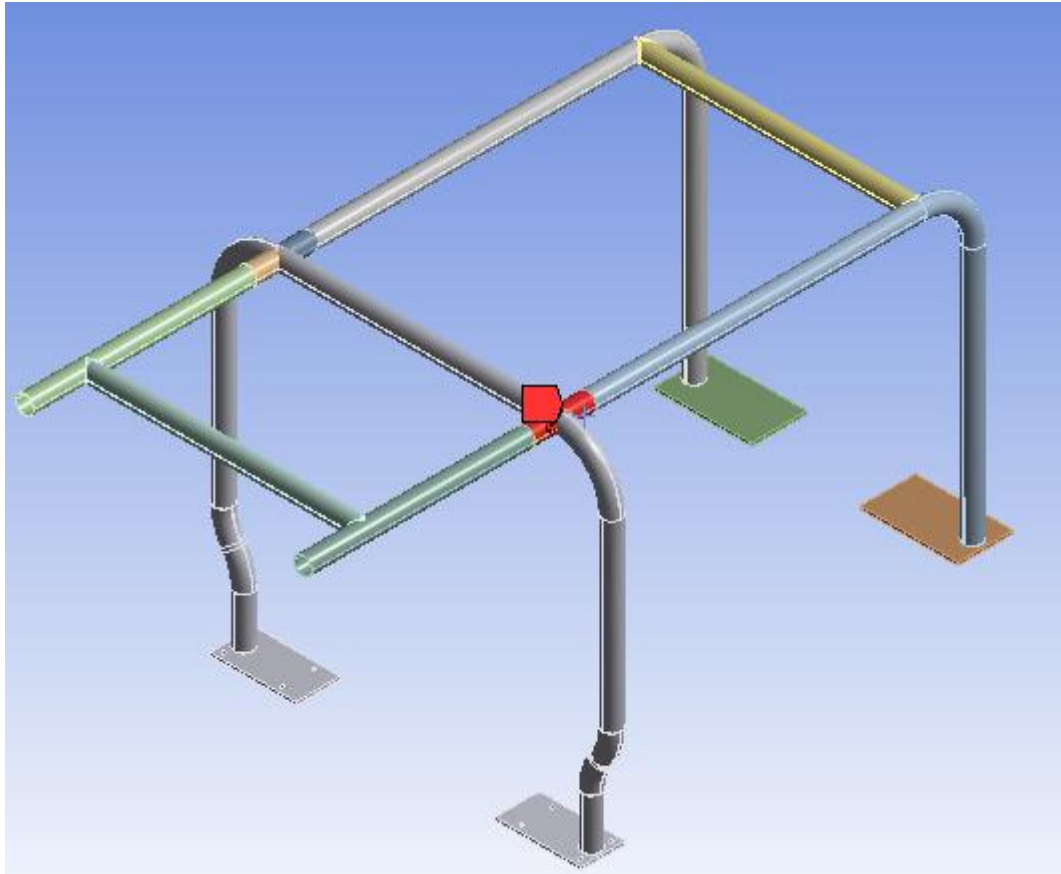


Fig.57– Zona d'aplicació de la càrrega frontal (Font pròpia)

Un mètode recomanat per distribuir aquesta força es descompondre-la en els tres eixos de l'espai segons aquesta regla:

- 90 % de la força nominal en la direcció vertical (Y)
- 8 % de la força nominal en la direcció longitudinal (Z)
- 42 % de la força nominal en la direcció transversal (X)

La descomposició en components quedaria d'aquesta manera:

Definition	
Type	Force
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
<input type="checkbox"/> X Component	-23100 N (ramped)
<input type="checkbox"/> Y Component	-49500 N (ramped)
<input type="checkbox"/> Z Component	4400, N (ramped)

Fig.58 – Components de la carrega frontal (Font pròpia)

Un cop finalitzat l'anàlisi, el programa ens mostra, igual que en el cas anterior, els resultats referents a deformacions i tensions.

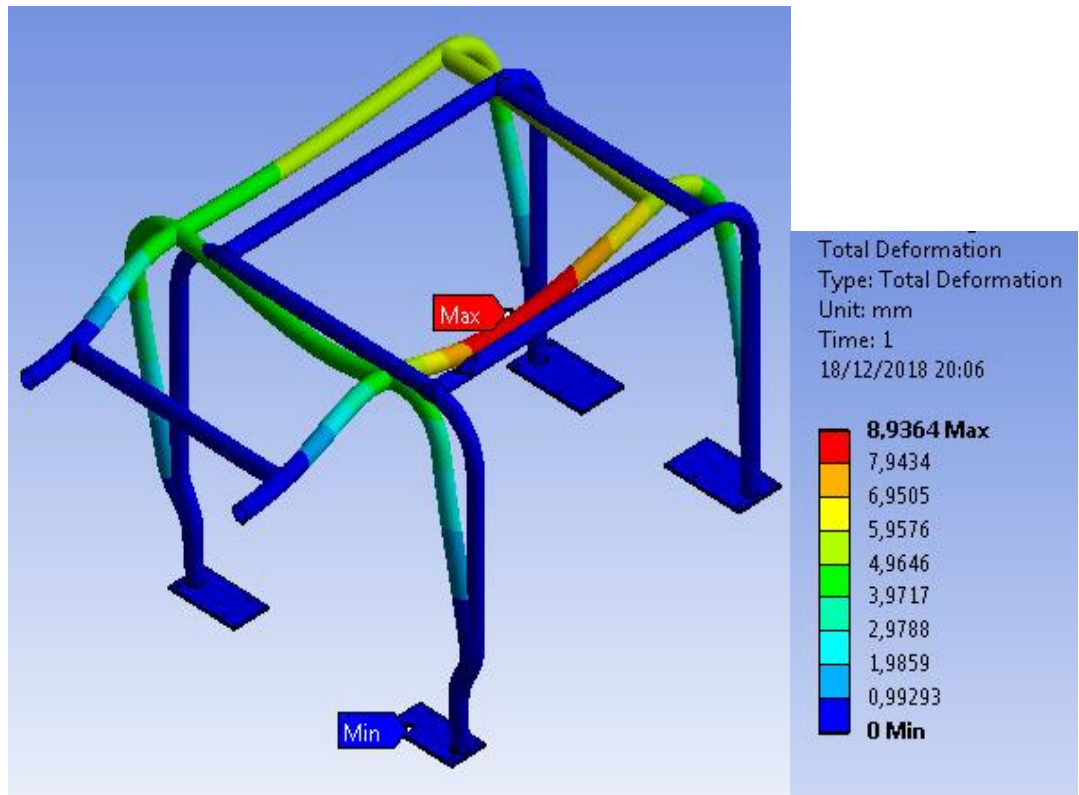


Fig.59 – Deformació total resultant d'aplicar la càrrega obliqua (Font pròpia)

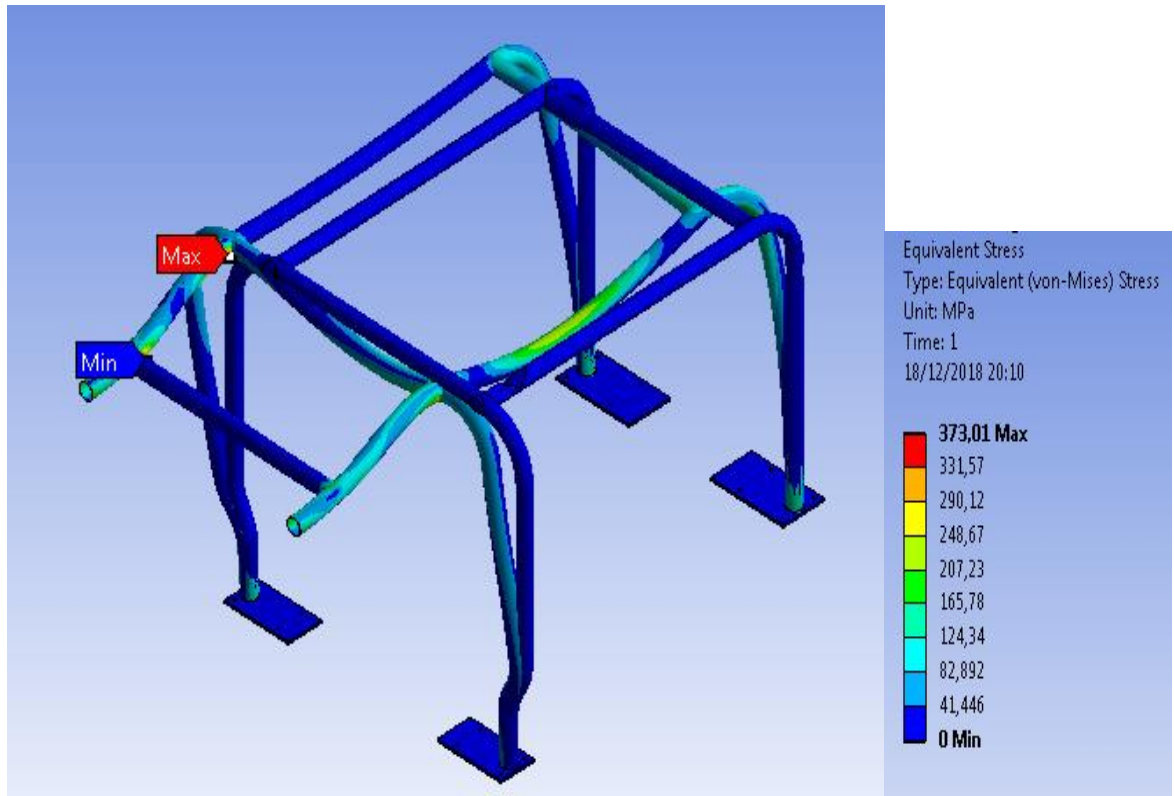


Fig.60 – Tensió equivalent de Von Misses resultant d'aplicar la càrrega obliqua

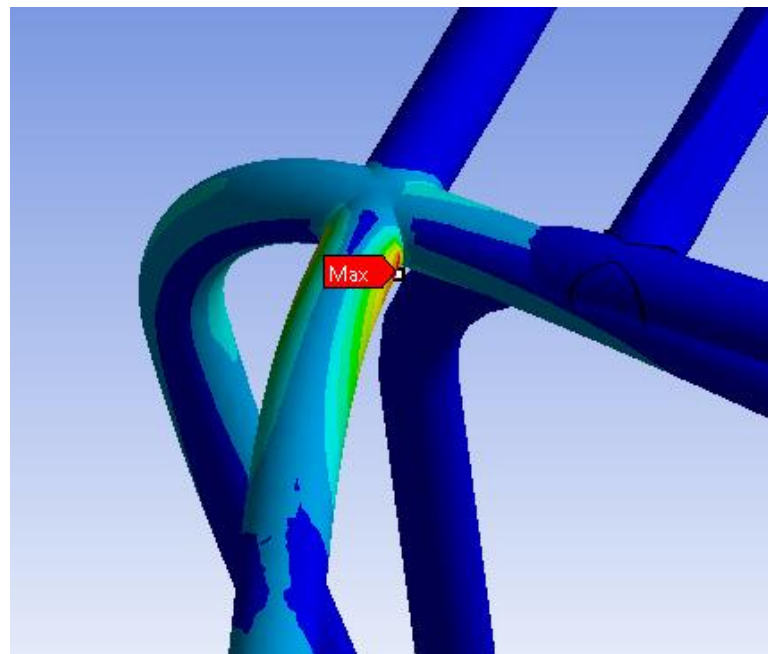


Fig.61 – Detall zona de màxima tensió equivalent

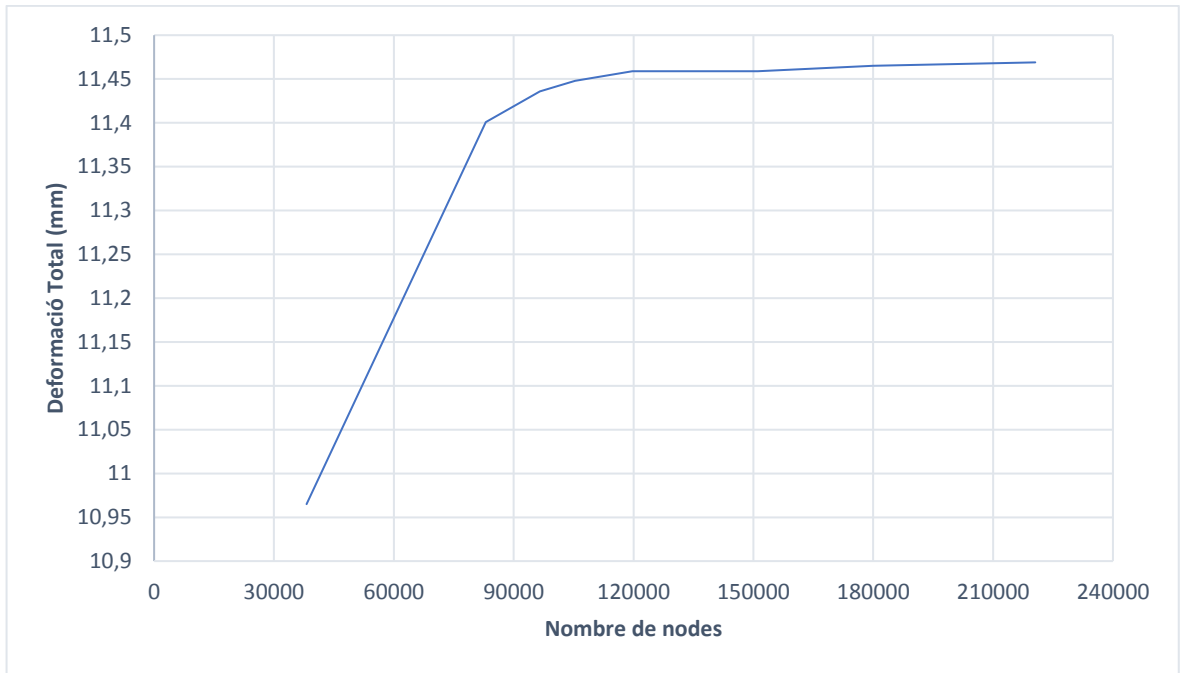
Tal com es pot apreciar, en el cas de la càrrega obliqua tampoc s'arriba a superar el límit elàstic ni la deformació màxima permesa, així que també es pot donar el disseny per vàlid en aquest aspecte.

3.3 Estudi de convergència dels resultats obtinguts

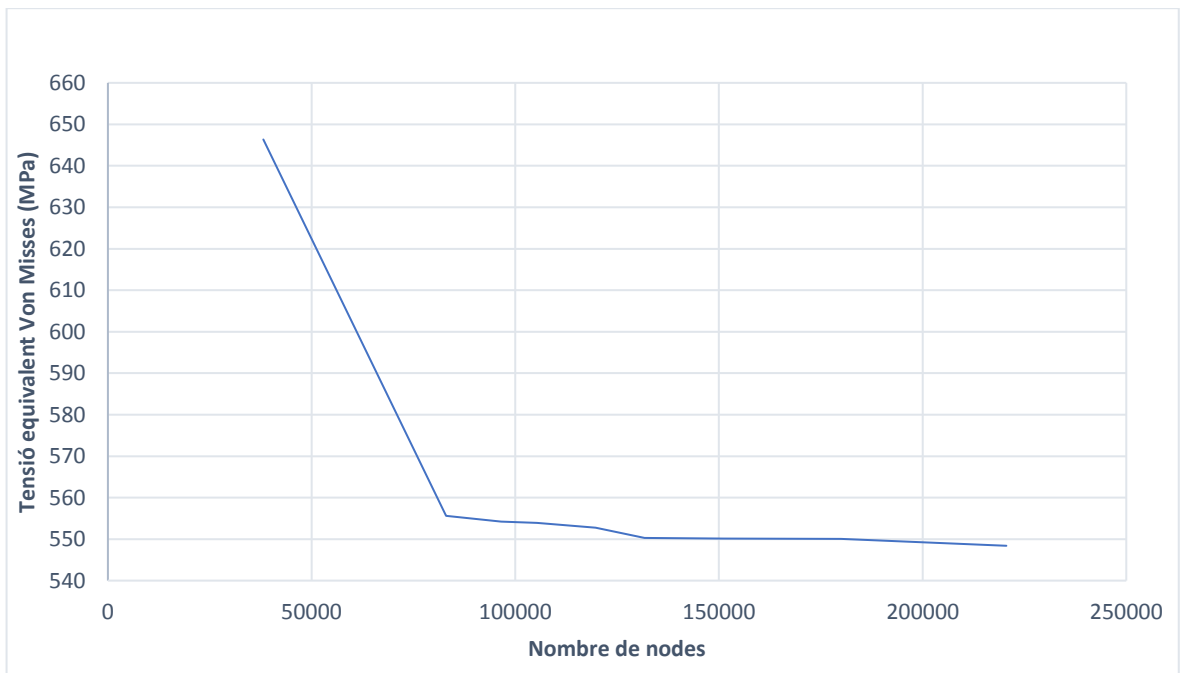
Tal com s'ha comentat anteriorment, en l'anàlisi per el mètode dels elements finits, generalment una malla més refinada condueix a una solució mes acurada. En contraposició, una malla més refinada requereix de més temps de càlcul i capacitat per part de l'ordinador, a banda de disposar de la llicència adequada. El que es persegueix es aconseguir una malla el suficientment bona però que no requereixi una capacitat i temps de càlcul desproporcionats. Per els dos casos de carrega s'ha repetit l'anàlisi 9 cops, començant per una malla poc refinada amb una mida d'element força gran i s'ha anat reduint la mida d'aquest fins al mínim que permetia la llicència de la que disposava.

Càrrega vertical				
Mida element (mm)	Nº de nodes	Nº elements	Deformacions (mm)	Tens. Von Mises (MPa)
50	38159	17414	10,965	646,35
20	82983	44729	11,401	555,6
19	96575	52844	11,436	554,23
18	105342	58710	11,448	553,90
17	119689	67737	11,459	552,77
16	131728	75976	11,459	550,26
15	151088	88683	11,459	550,1
14	179977	106786	11,465	548,5
13	220562	133044	11,469	548,4

Taula – 4. Valors de l'estudi de convergència. Càrrega vertical



Gràfic – 1. Convergència deformació total. Càrrega vertical

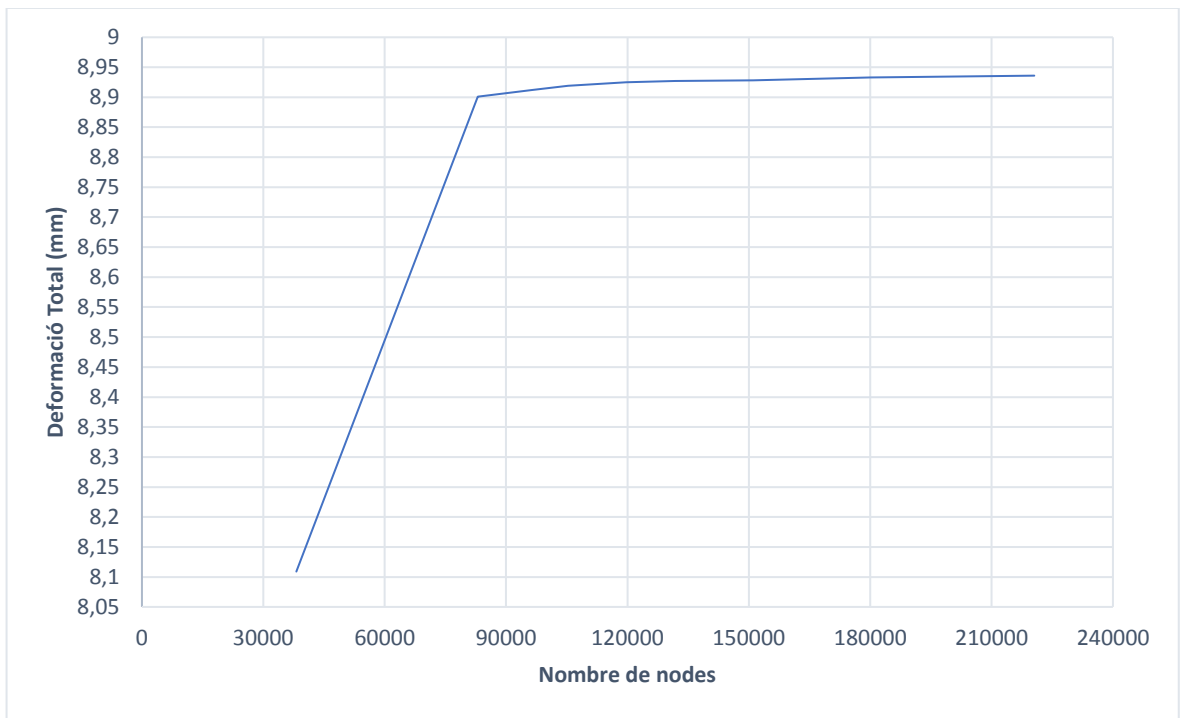


Gràfic – 2. Convergència tensió equivalent de Von Mises. Càrrega vertical

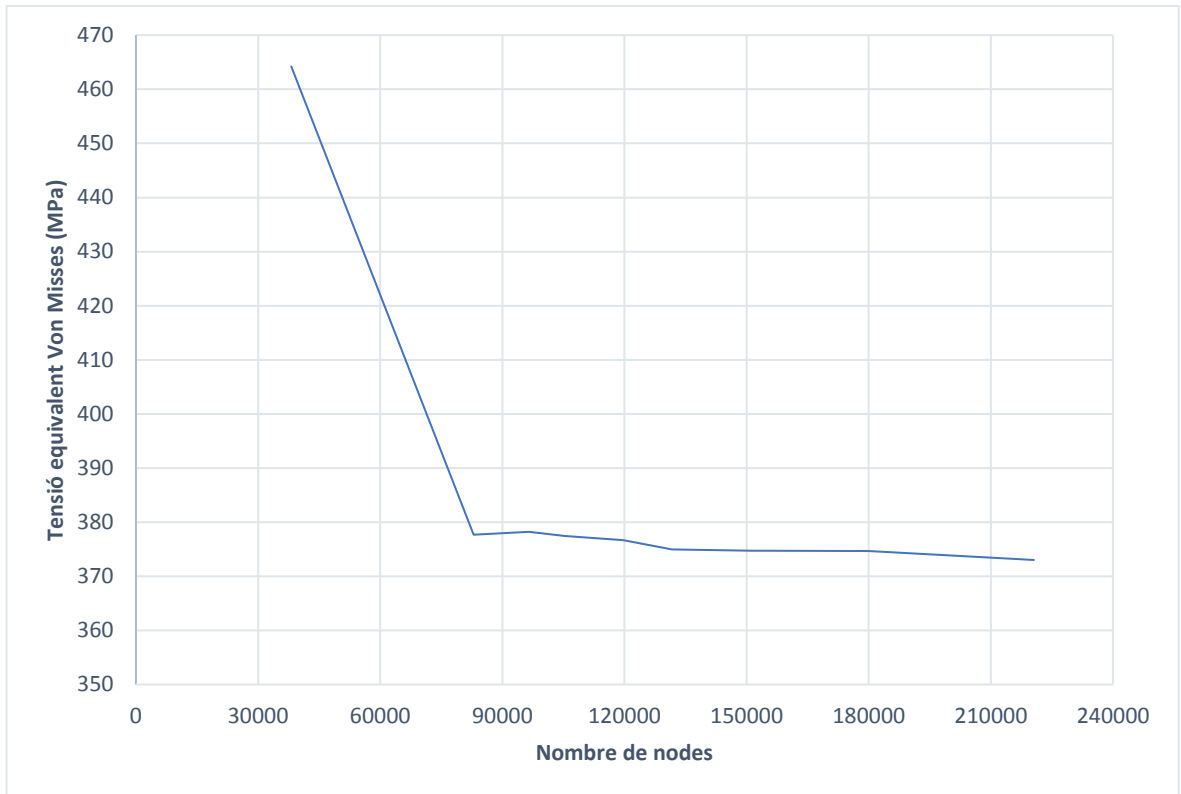
Tal com es pot apreciar en els gràfics per a la càrrega vertical, a mesura que es refina la malla els resultats presenten una tendència a convergir de manera ràpida cap a la solució obtinguda, així que es pot donar per vàlid l'assaig i acceptar el resultat.

Càrrega obliqua				
Mida element (mm)	Nº de nodes	Nº elements	Deformacions (mm)	Tens. Von Mises (MPa)
50	38159	17414	8,109	464,21
20	82983	44729	8,901	378,24
19	96575	52844	8,912	377,69
18	105342	58710	8,919	377,46
17	119689	67737	8,925	376,65
16	131728	75976	8,927	374,95
15	151088	88683	8,928	374,72
14	179977	106786	8,933	374,65
13	220562	133044	8,936	373,01

Taula. 5 – Valors de l'estudi convergència. Càrrega obliqua



Gràfic – 3. Convergència deformació total. Càrrega obliqua



Gràfic – 4. Convergència tensió equivalent Von Mises. Càrrega obliqua

De la mateixa manera que ha succeït amb la càrrega vertical, en el cas de la càrrega obliqua passa quelcom semblant que per la càrrega vertical, així que també es pot acceptar el resultat obtingut en aquest assaig.

3.4 Reforços de l'estructura

Veient que la tensió equivalent de Von Mises es propera al límit elàstic tal com s'ha comprovat en el cas de càrrega vertical, seria convenient reforçar d'alguna manera l'estructura. Allà on hi hagi unions en forma de "T" o similar es soldaran unes cartel·les de reforç amb les especificacions següents, segons la normativa FIA:

- Les cartel·les es fabricaran de xapa doblegada en forma de "U" i tindran un espessor mínim de 1mm. Tot i així, donat que es complicat soldar plaques tan primes, s'opta per utilitzar xapa de 2mm d'espessor.
- Els punts E es situaran a una distància de S d'entre 2 i 4 vegades el diàmetre exterior del tub de major diàmetre. En el cas que ens ocupa, establim una distància SE de 180 mm.

$$2 \cdot D_{ext} \leq SE \leq 4 \cdot D_{ext} \rightarrow SE = 3 \cdot D_{ext} = 3 \cdot 60 \rightarrow SE = 180mm \text{ (eq. 3)}$$

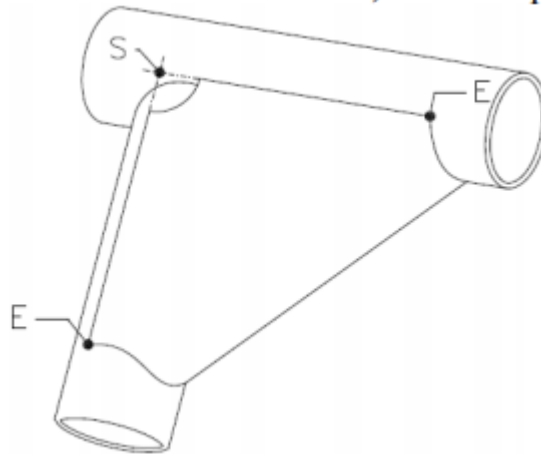


Fig.62 – Mides de les cartel·les de reforç (Font : Reglament FIA)

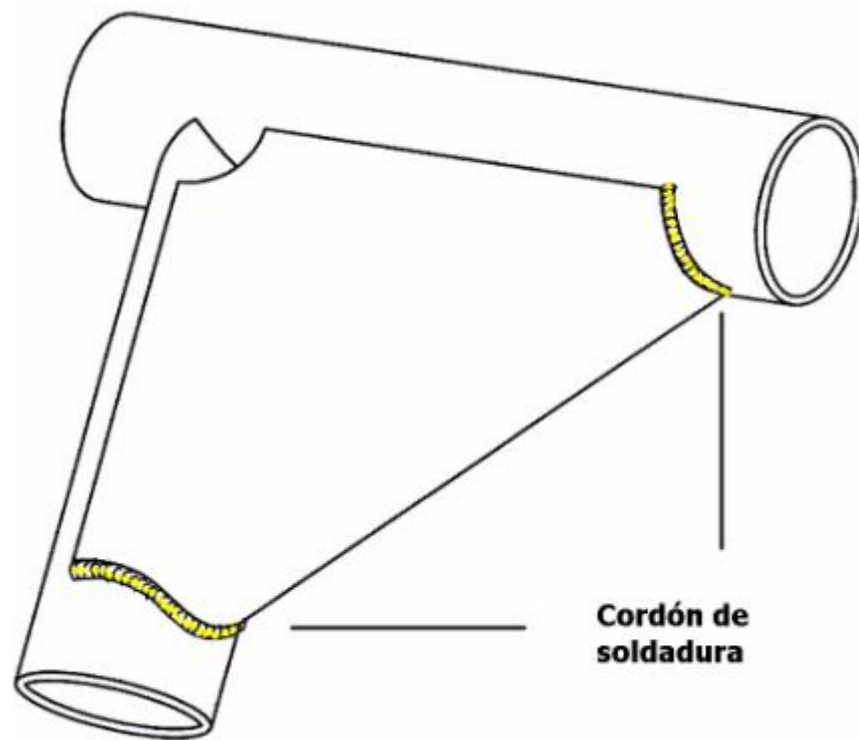


Fig.63 – Disposició dels cordons de soldadura en les cartel·les de reforç (Font: Reglament FIA)

Capítol 4: Homologació

Sempre es més fàcil la homologació de estructures dissenyades per un fabricant que les produeixi en sèrie específicament per un determinat model de cotxe i aporti documentació, però la finalitat d'aquest treball es aconseguir homologar una gàbia de seguretat artesanal. A més, degut a l'antiguitat del vehicle i al poc nombre de unitats que es van fabricar, no hi ha cap fabricant de estructures de seguretat que en fabriqui expressament per aquest model de cotxe.

Un cop realitzats els assaigs i les posteriors comprovacions, basades en els criteris d'acceptació explicats anteriorment, i estan segurs que el disseny compleix amb les condicions d'homologació detallades anteriorment, es pot procedir a fabricar e instal·lar l'estructura en el vehicle i posteriorment sol·licitar la homologació e inclusió de la reforma en la fitxa tècnica del vehicle presentant tota la documentació i portant el vehicle a una estació de ITV.

La tramitació de reformes en vehicles esta regulada pel Reial Decret 866/2010

Per realitzar la homologació es necessita aportar la següent documentació:

- Projecte tècnic
- Informe de conformitat
- Certificat de taller on s'ha realitzat la reforma

El projecte tècnic es un document que ha d'elaborar una empresa o enginyer col·legiat on ha de quedar detallat completament l'objecte de la reforma, qui la fa, sobre quin vehicle, característiques d'abans i després de la reforma. S'han d'incloure fotografies d'abans i després de la reforma (frontal, posterior i laterals). També han de figurar els assaigs de resistència de materials que s'han realitzat així com el tipo de unió dels punts de fixació (nombre i mètrica dels cargols

L'informe de conformitat es un document per el qual un laboratori autoritzat, després de realitzar les proves que consideri oportunes o revisar el projecte aportat per l'enginyer responsable del projecte, certifica que es mantenen les condicions de seguretat i de protecció al medi ambient que s'exigeixen per al vehicle.

En el certificat, emes pel taller responsable de realitzar la reforma, es certifica que la reforma s'ha realitzat segons normativa i d'acord al projecte tècnic presentat, adjuntant una descripció de la reforma efectuada.

Un exemple comú de certificat de taller podria ser el següent:

Certificat de Taller

D. -----, expressament autoritzat per l'empresa -----, domiciliada a -----, en el carrer -----, i dedicada a l'activitat de mecànica, xapisteria, pintura i electricitat, amb número de registre industrial: _____, i número de registre especial -----.

CERTIFICA

Que la mencionada empresa ha realitzat la/s Reforma/s i assumeix la responsabilitat de l'execució, sobre el vehicle marca ----- tipo -----, variant -----, denominació comercial -----, matrícula -----, amb número de bastidor -----, d'acord amb:

- La normativa vigent en matèria de reformes de vehicles.
- Les normes del fabricant del vehicle aplicables a las reformes efectuades en ell.
- El projecte descriptiu (estudio tècnic) de las reformes, adjunto al expedient.

OBSERVACIONS (Descripció de la/las reforma/as:)

Es compleix el previst en l'article 6 del Reglament General de Vehicles i, en el seu cas, en l'article 5 del Reial Decret 1457/1986, de 10 de gener, por el que se regula l'activitat industrial en tallers de vehicles automòbils, d'equipaments i els seus components, modificat por 455/2010, de 16 de abril, por el que es modifica el Reial Decret 1457/1986, de 10 de gener, por el que se regula l'activitat industrial i la presentació de serveis en los tallers de reparació de vehicles automòbils, dels seus equipaments i components.

I per tal que així consti firmo, a petició de la persona interessada, **aquest certificat**

A -----, a X de _____ del 2019

Signatura i segell

Anàlisi d'impacte ambiental

L'impacte ambiental que pot tenir la implementació d'aquest projecte es mínim degut a les petites dimensions del projecte. Es podria considerar l'impacte ambiental que te la generació de l'energia elèctrica per fer funcionar les màquines/eines necessàries per fabricar l'estructura. Aquest impacte ambiental dependrà en gran mesura de les fonts energètiques utilitzades per produir aquesta energia. A Espanya l'energia elèctrica te l'origen que es mostra en el diagrama següent:

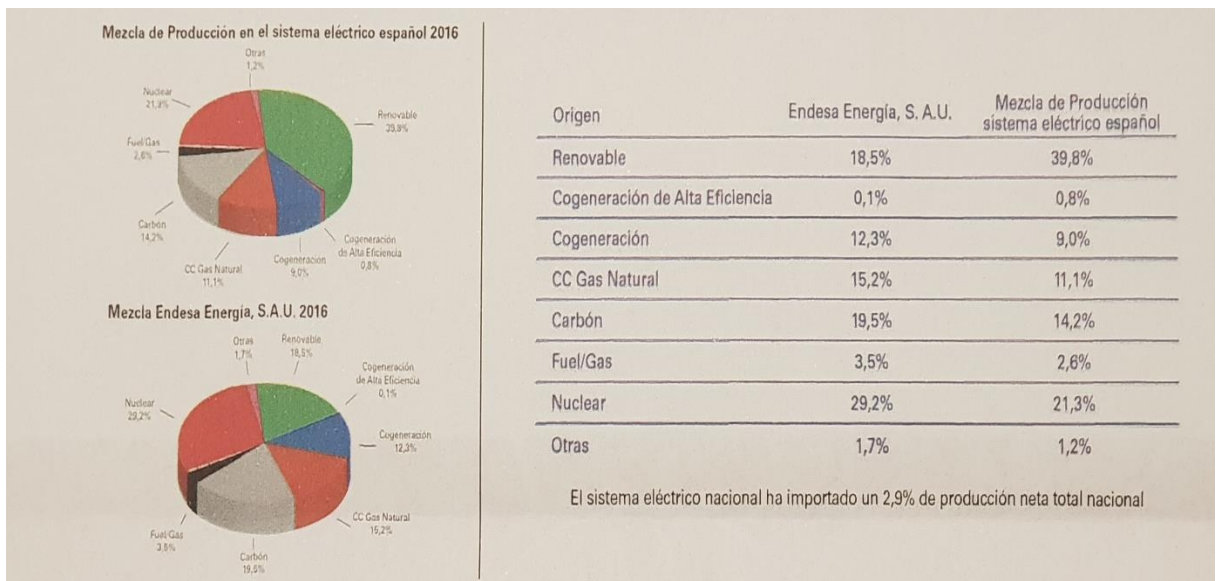


Fig.64 – Origen de l'energia elèctrica a Espanya (Font: Comisión Nacional de los Mercados y Competencia)

Així mateix, s'han buscat les emissions de CO₂ (Kg de diòxid de carboni per kWh) i els residus radioactius generats (mg per kWh).

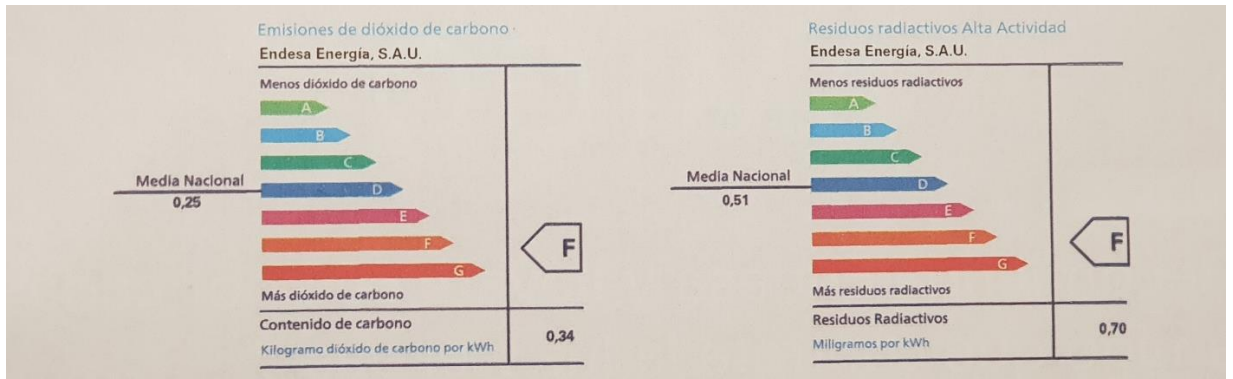


Fig.65 – Emissions de CO₂ i residus radioactius d'alta activitat (Font: Comisión Nacional de los Mercados y Competencia)

Arran de una estimació de la potencia total d'un taller mecànic destinat a la fabricació i soldadura de peces mecàniques es podria calcular l'impacte ambiental referent a l'emissió de CO₂ i residus radioactius generats considerant les hores de treball necessàries en el taller.

Instalación	Potencia calculada (kW)	Coefficiente de simultaneidad	Coefficiente de utilización	Potencia real (kW)
Alumbrado	16,41	0.9	1	14,76
Maquinaria	141,81	0.8	0,7	79,41
Tomas de corriente	69,21	0.9	1	62,28
Instalaciones ajenas al proyecto	20	1	1	20
POTENCIA TOTAL (kW)				176,45

Taula. 6 – Potencia de la instal·lació (Font: PFC Instalación elèctrica y equipamientos de un taller mecánico destinado a la fabricación y soldadura de piezas mecánicas. Autor: Álvaro Luaces Gómez)

Estimant un temps de fabricació/muntatge de 20 hores el consum energètic seria de
 $Consum(kWh) = 176,45 \text{ kW} \cdot 20 \text{ h} = 3529 \text{ kWh}$ (eq. 4)

Aquest consum energètic suposaria unes emissions de CO₂ i de residus radioactius segons la informació de la Fig.65 considerant la mitja nacional de:

$$\text{Emissions de } CO_2 = 0,25 \frac{kgCO_2}{kWh} \cdot 3529 kWh = 882,25 kg CO_2 \text{ (eq. 5)}$$

$$\text{Residus radioactius} = 0,51 \frac{mg}{kWh} \cdot 3529 kWh = 1799,79 mg = 1 \approx 1,8 g \text{ (eq. 6)}$$

La pintura antioxidant es tòxica per a organismes aquàtics, cal evitar-ne el seu abocament i els recipients que la contenen han de ser convenientment reciclats.

El procés de soldadura implica una contaminació atmosfèrica per l'emissió de gasos procedents del procés.

Conclusions

La realització d'aquest treball ha estat útil per entendre millor com funciona el mètode dels elements finits per analitzar peces i per aprofundir més en el disseny assistit per ordinador, sobretot en l'ús de ANSYS ja que el software més utilitzat al llarg de la carrera es el SolidWorks.

He pogut comprovar la importància que té la realització d'un estudi de convergència per assegurar que els resultats que s'obtenen de les simulacions CAE son fiables i es poden considerar adequats.

El TFG m'ha servit per millorar l'aspecte de la recopilació de informació referent a normatives aplicables, permetent adaptar el millor possible l'estructura a la normativa evitant repetir proves conseqüència de dissenys inviables normativament parlant. Així mateix he pogut comprovar la gran quantitat de burocràcia que implica tirar endavant un projecte d'enginyeria que requereix de una homologació com el cas d'una reforma d'importància en un vehicle. Tot i això ha estat una experiència enriquidora el fet d'elaborar un treball que servirà de base per el disseny de la gàbia de seguretat que equipara el Jeep del meu pare en quant estigui acabada la restauració, la qual espero no es demori gaire per poder veure quant abans millor la materialització d'aquest treball.

Pressupost

El pressupost presentat a continuació es de caràcter orientatiu, posteriors modificacions o contratemps en la execució material poden influir en el cost final del projecte. Aquest pressupost ha estat calculat per el disseny i fabricació/muntatge d'una sola estructura de seguretat.

DESGLOSSAMENT DE COSTOS

COSTOS DE MÀ D'OBRA:

Els costos de mà d'obra inclouen la presa de les mides interiors del vehicle prèvies al disseny, els costos de disseny i anàlisi CAD/CAE i els costos de muntatge amb les operacions necessàries d'acoblament de les peces que componen l'estructura (soldadures, corbat de tubs, mecanitzats...) i posterior instal·lació en el vehicle.

Els costos mencionats queden recollits a la taula següent:

Tasca	Responsable	Cost Unitari (€/h)	Nº de Hores	Cost Total (€)
Presa de mides	Tècnic	12	5	60
Disseny i Anàlisi CAD / CAE	Enginyer Mecànic	20	40	800
Muntatge	Tècnic	12	20	240
			SUBTOTAL	1100

Taula. 7 – Costos de mà d'obra

COSTOS DE MATERIAL:

Inclouen els costos de tots els materials necessaris per la construcció, fixació i protecció de l'estructura. Els preus son orientatius, podent patir petites variacions en funció del preu de mercat al que es trobin en el moment de l'adquisició. El nombre de unitats de material s'ha arrodonit al alça ja que els proveïdors subministren un mínim establert de material i també per permetre mecanitzats i corbat dels tubs.

Producte	Preu unitari (€)	Nº unitats	Cost Total (€)
Perfil tubular acer AISI 4130 60x3mm	18,5	12 m	222
Barra diàmetre 60mm acer AISI 4130	26,4	1 m	26,4
Barra diàmetre 20mm acer AISI 4130	21,1	1 m	21,1
Xapa acer AISI 4130 e=5mm	15,6	1m ²	15,60
Xapa acer AISI 4130 e=10mm	17,8	1m ²	17,80
Cargol M10x30mm Zincat Qualitat ISO 10.9	0,8	16	12,80
Femella hexagonals auto-blocant amb interior de nylon M10	0,3	16	4,8
Volanderes (arandelas) per a cargol hexagonal M10	0,04	32	1,28
Cargol M8 x 30 Qualitat ISO 8.8	0,5	2	1
Espuma protectora	25	12 m	300
Brides 200x2,6mm	0,035	Paquet 100 unitats	3,5
Pintura antioxidant	13,10	4l	52,41
		SUBTOTAL	678,69

Taula. 8 – Costos de material

PRESSUPOST EXECUCIO MATERIAL (ABANS DE IMPOSTOS)

Es la suma dels costos de mà d'obra més els costos de materials

Concepte	Cost (€)
Mà d'obra	1100
Materials	678,69
SUBTOTAL	1778,69

Taula. 9 – Pressupost execució material

Al pressupost d'execució material se li ha de sumar el benefici industrial que percebrà el director del projecte. Generalment s'estableix un benefici industrial del 7 % sobre el pressupost d'execució material.

Concepte	Cost (€)
Pressupost execució material	1778,69
Benefici industrial (7%)	124,51
SUBTOTAL	1903,20

Taula. 10 – Pressupost després de aplicar el benefici industrial

Finalment, aquest preu cal aplicar-li els impostos corresponents.

Concepte	Cost (€)
Cost sense impostos	1903,20
IVA (21%)	399,67
SUBTOTAL	2302,87

Taula. 11 – Cost del projecte amb impostos

El cost aproximat de disseny, fabricació i muntatge de la gàbia en el vehicle seria de 2302,87 €. Aquest preu caldria afegir els costos de la homologació.

Per calcular els costos de la homologació s'han de tenir en compte el costos individuals del projecte tècnic, l'informe de conformitat, el certificat de taller on s'ha realitzat la instal·lació i les taxes de la ITV.

Aquests costos, a excepció de les taxes de la ITV, s'estimen en conjunt, ja que la tramitació dels documents va a càrrec de l'empresa responsable de elaborar el projecte, aproximadament tenen un cost de 300 € en funció de l'empresa.

Finalment la taxa de ITV es de 45,50 €.

Concepte	Cost (€)
Documentació homologació	300
Taxa ITV	45,50
SUBTOTAL	345,50

Taula. 12 – Costos de homologació

Sumant els costos de homologació i del projecte en si s'obté el cost final

Concepte	Cost (€)
Cost del projecte amb impostos	2302,87
Costos homologació	345,50
SUBTOTAL	2648,37

Taula. 13 – Cost Final

Bibliografía

Aarón Pérez [05.07.2018]. *Viejas Leyendas: Jeep Comando*. Obtingut de <https://www.autobild.es/noticias/viejas-leyendas-jeep-comando-272925>

AENOR. *Normas UNE-EN ISO*. Obtingut de <https://www.aenor.com/>

Álvaro Luaces Gómez [Gener 2006]. *Instalación eléctrica y equipamientos de un taller mecánico destinado a la fabricación y soldadura de piezas mecánicas*. Obtingut de <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/827pub.pdf>

Anexo J – Artículo 253. *Equipamiento de Seguridad*. Obtingut de <https://www.rfeda.es/documents/20185/772209/art253.pdf>

American Welding Society. *Electrodos para soldaduras*. Obtingut de <https://www.aws.org/>

Bones pràctiques ambientals en la soldadura. *Anàlisi d'impacte ambiental*. Obtingut de http://www.somontano.org/images/stories/fotos/pestana/documentosdeinteres/soldadura200702210025_7_0.pdf

Club Jeep Comando de España. Historia del Comando español. Obtingut de https://www.jeepcomando.es/index.php?option=com_content&view=article&id=55:jeep-comando&catid=40:historiajeep&Itemid=29

Eduardo Alonso [07.03.2014]. *Jeep Comando. Un clásico muy fiable*. Obtingut de <https://www.autofacil.es/jeep/2014/03/07/jeep-comando-clasico-fiable/17845.html>

Fernando Álvarez [29.04.2012]. *Coches con historia: Jeep Comando*. Obtingut de <https://www.highmotor.com/coches-historia-jeep-comando.html>

Ferreterías Industriales. *Proveïdor de material per a unions roscades*. Obtingut de <https://www.ferreteriasindustriales.es/>

Fontana Fasteners S.A. *Fabricant de material per a unions roscaades*. Obtingut de <http://www.fontanafasteners.it/>

Ingemecanica. Tutorial nº 32. *Diseño y cálculo de uniones atornilladas*. Obtingut de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn32.html>

Ingemecanica. Tutorial nº 40. *Fundamentos de la soldadura por arco eléctrico*. Obtingut de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn40.html>

ITV. *Taxes de la Inspecció Técnica de Vehicles*. Obtingut de <https://www.certio.com/>

MC Enginyeria. *Homologació de vehicles i components. Barres antibolc*. Obtingut de <http://www.mcenginyeria.com/ca/serveis/homologacio/barres-antibolc>

Norma NBE EA-95. *Estructuras de acero en edificación*. Obtingut de https://w3.ual.es/Depar/proyectosingenieria/descargas/Normas_Edificacion/NBE-EA95.pdf

R.F.E de A. *Reglamento de homologación de estructuras de Seguridad ante la Real Federación Española de Automovilismo*. Obtingut de <https://www.rfeda.es/documents/20185/776060/RH+ES+RFEA>

Tormetal. *Normas básicas, información de montaje, detalles constructivos para agujeros previos al roscado*. Obtingut de <https://tormetal.com/wp-content/uploads/2017/03/6-TMT-CAT-FIX-AP-Tecnico-Normas-basicas-Informacion-montaje-detalles-constructivos.pdf>

Universidad de Castilla la Mancha. *Uniones por soldadura*. Obtingut de https://previa.uclm.es/area/ing_rural/trans_const/elementosconstruccion02.pdf

UPC Commons. *Uniones atornilladas*. Obtingut de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6080/05.pdf>

UPC Commons. *Uniones soldadas*. Obtingut de

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6080/06.pdf?sequence=7>

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

**DISSENY D'UNA GABIA DE SEGURETAT PER A UN TOT
TERRENY**



Plec de Condicions

Autor: Albert Guiu Ortiz
Director: Daniel Di Capua
Convocatòria: Gener 2019

Contingut del Plec de Condicions

1. EL PLEC DE CONDICIONS	
1.1. Introducció	3
1.2. Plec de Condicions Generals	3
1.3. Plec de Condicions Particulars	3
2. OBJECTE DEL PLEC DE CONDICIONS	
2.1. Objectius del plec de condicions.....	3
2.2. Àmbit d'aplicació	4
2.3. Elements del projecte	4
2.4. Documentació tècnica de referència.....	6
2.4.1. Normativa de disseny i homologació de l'estructura de seguretat.....	6
2.4.2. Normativa relativa a la seguretat de la instal·lació.....	7
3. CONDICIONS GENERALS	
3.1. Condicions Facultatives.....	8
3.1.1. Obligacions del contractista.....	8
3.1.2. Obligacions del enginyer director del projecte.....	8
3.2. Condicions d'Execució.....	8
3.2.1. Condicions d'execució de les feines.....	8
3.2.2. Defectes en l'execució de les feines.....	8
3.2.3. Defectes en els materials subministrats.....	9
3.2.4. Assaigs.....	9
3.2.5. Normes bàsiques de seguretat.....	9
3.3. Condicions Econòmiques	10
3.3.1. Preus pactats.....	10
3.3.2. Càlcul de costos.....	10
3.3.3. Compensacions econòmiques.....	10
3.4. Condicions dels materials.....	11
3.4.1. Perfils.....	11
3.4.2. Unions roscades a les pletines.....	11
3.4.3. Unions roscades al parabrises.....	12
3.4.4. Protecció de les barres.....	12
3.5. Condicions d'execució de l'estructura	12
3.5.1. Soldadures.....	12

3.6. Condicions de muntatge	13
3.6.1. Procés de muntatge.....	14
3.6.1.1. Punts de fixació.....	14
3.6.1.2. Components de l'estructura (perfils tubulars).....	15
3.6.1.3. Cartelles de reforç.....	16
3.6.1.4. Pintura de protecció.....	16
3.7. Condicions de seguretat i manteniment	16

1. EI PLEC DE CONDICIONS

1.1 Introducció

El plec de condicions es pot considerar el document de més importància d'un projecte des de un punt de vista legal i contractual.

La seva funció no es altra que la de regular les relacions entre el contractista i el director del projecte, deixant clars els drets, obligacions i responsabilitats de cadascú, aconseguint una presa ràpida i eficaç de les decisions en l'execució del projecte.

Un plec de condicions no pot contradir lleis, normes i/o ordenances nacionals o locals sinó complementar-les en aquells aspectes on pugui haver ambigüitat. Per això, queda oberta la possibilitat de consultar a experts en matèria jurídica quan les característiques del projecte així ho requereixin.

Per el seu desenvolupament es recomanable començar definint els aspectes més generals per acabar amb les especificacions més concretes.

1.2 Plec de Condicions Generals

En el plec de condicions generals es recull una descripció del contingut del projecte i de les seves característiques principals, així com també aspectes legals i administratius que condicionen la seva posta en marxa.

1.3 Plec de Condicions Particulars

Aquí es on es recullen les especificacions tècniques sobre materials i l'equipament necessari per portar a terme el projecte.

2. OBJECTE DEL PLEC DE CONDICIONS

En aquest apartat es descriu l'àmbit i abast del projecte, desenvolupant les diferents unitats constructives.

2.1 Objectiu del Plec de Condicions

En aquest document s'aborda el Plec de Condicions que regirà el disseny e instal·lació d'una gàbia de seguretat per a un vehicle model JEEP COMANDO S. En aquest document es recolliran las exigències tècniques i legals que regeixen la execució del projecte. S'inclouen el conjunt de lleis i normes que s'han tingut en compte.

2.2 Àmbit d'aplicació

El present Plec de Condicions es refereix al disseny i construcció d'una gàbia o estructura de seguretat per ser instal·lada en un tot terreny, model JEEP COMANDO S, propietat de Joan Guiu Mir.

2.3 Elements del projecte

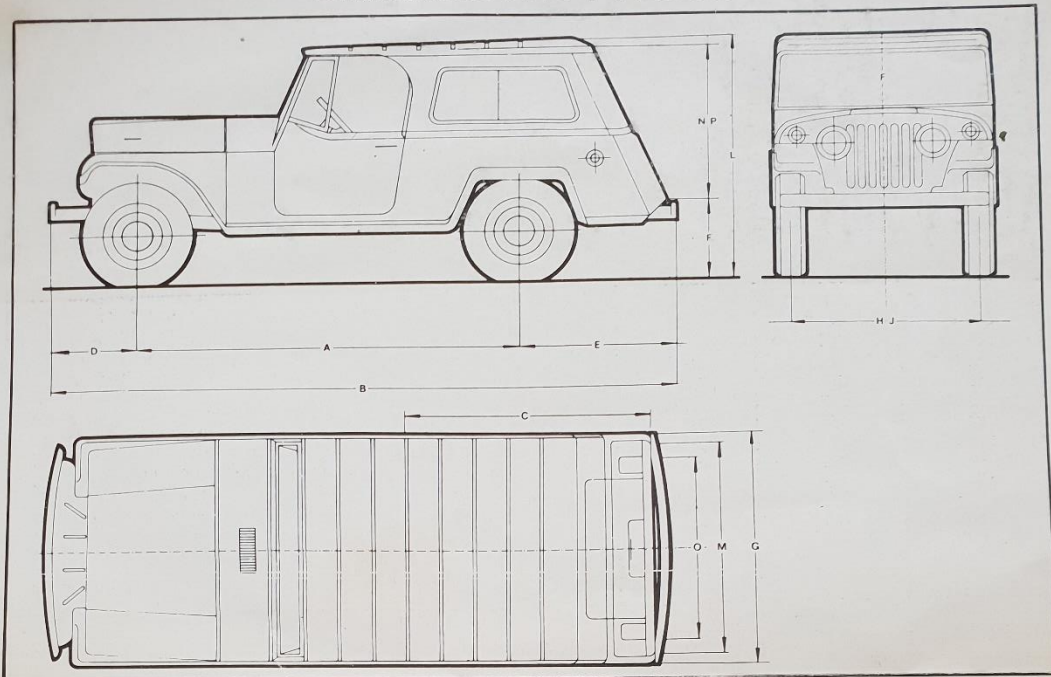
Els elements que defineixen el desenvolupament del projecte son:

- Vehicle

El vehicle sobre el que es pretén implementar aquesta modificació es tracta d'un JEEP COMANDO S amb unes dimensions exteriors 4276 x 1656 x 1640 mm amb una distància en eixos o batalla de 2565mm i un pes en ordre de marxa de 1550 kg (1400 kg per la versió sense capota rígida). Es tracta d'un vehicle amb xassís independent format per llarguers i travessers fabricat d'acer amb la carrosseria fixada sobre aquest xassís, sent aquesta totalment desmuntable.

S'adjunta full original de dimensions i pesos.

DIMENSIONES Y PESOS



MODELO	Básico	Capota de lona	Berlina
DIMENSIONES mm			
A Distancia entre ejes	2.565	2.565	2.565
B Longitud total del vehículo	4.276	4.276	4.276
C Longitud para carga	1.620	1.620	1.620
D Centro eje anterior-ext. parachoque	584	584	584
E Centro eje posterior-ext. parachoques	1.127	1.127	1.127
F Altura piso de carga	610	610	610
G Anchura total exterior	1.656	1.656	1.656
H Via posterior	1.270	1.270	1.270
J Via anterior	1.270	1.270	1.270
L Altura total exterior	1.585	1.620	1.640
M Anchura interior	1.500	1.500	1.500
N Altura total interior	—	980	1.000
O Anchura puerta trasera	1.130	1.130	1.130
P Altura puerta trasera	—	970	970
Q Volumen para carga m ³	1,9	1,9	1,9
PESOS kgs.			
Peso total en carga	2.025	2.025	2.025
— sobre eje anterior	680	680	680
— sobre eje posterior	1.345	1.345	1.345
Peso en orden de marcha (con conductor)	1.400	1.450	1.550
— sobre eje anterior	690	700	720
— sobre eje posterior	710	750	830
Carga útil	695	645	545
Esfuerzo en gancho	1.200	1.200	1.200

Fig. 66 – Dimensiones i pesos del vehicle segons la versió

- **Gàbia de seguretat**
La gàbia de seguretat tindrà unes dimensions exteriors de 2190 x 1270 x 1155 mm i es fabricarà íntegrament d'acer AISI 4130 (25CrMo4) el qual compleix tots els requeriments fixats per normativa a part de ser un material amb una bona soldabilitat, facilitant la unió dels tubs entre si i amb els suports. S'adjunta plànol de l'estructura completa a l'apartat plànols.
- **Taller o zona de treball**
La empresa/taller encarregat del muntatge haurà de ser un taller designat pel ministeri d'indústria, comerç i turisme per realitzar reformes en vehicles i autoritzat a emetre certificats de conformitat per a la tramitació d'aquestes reformes. Haurà de disposar de tots els equipaments necessaris per construir l'estructura segons els plànols facilitats i de personal qualificat per realitzar les operacions de soldadura i mecanitzats que siguin menesters.

2.4 Documentació tècnica de referencia

Abans de iniciar el procés de disseny es recopilarà tota la normativa existent en relació a les especificacions tècniques que ha de complir el disseny, així com també la posterior reglamentació a respectar durant la construcció e instal·lació de l'estructura en el vehicle.

Per això, per qualsevol dubte que pugui sorgir sobre la legalitat d'algun aspecte del projecte, es pot i s'ha de recórrer al assessorament legal pertinent per part d'experts en la matèria.

2.4.1 Normativa de disseny i homologació de l'estructura de seguretat

- **ANNEX J – Article 253.8. Estructures de seguretat. Federation Internationale de l'Automobile. FIA**

Aquesta normativa regula la disposició geomètrica dels elements que conformen l'estructura, estipula les propietats mecàniques que ha de tenir el material que s'utilitzarà i estableix els assaigs que s'han de realitzar per validar l'estructura i aconseguir la homologació.

- **Directiva europea CEE 74/60 sobre condicionament interior dels vehicles**

Aquesta directiva regula la instal·lació d'accessoris dins l'habitacle i estableix unes condicions de instal·lació que s'han de respectar

- **UNE-EN ISO 898-1:2015. Característiques mecàniques dels elements de fixació d'acer al carboni i acer aliat. Part 1 : Perns, cargols i bolons amb classes de qualitat especificades. Rosca de pas gruixut i rosca de pas fi.**

Estableix com calcular les propietats mecàniques dels elements que formen les unions roscades a partir de la seva nomenclatura.

- **Norma NBE EA-95. Estructuras de acero en edificación.**

Entre altres coses, estableix normes per als processos de soldadura que afecten a la conformació de l'estructura de protecció.

- **ISO 581:2005. Principis generals dels processos de soldadura**

S'estableix el mètode, les característiques geomètriques i els materials d'aportació segons els materials que es vulguin soldar.

- **AWS-A5.5 Sistema de classificació dels elèctrodes**

Estableix les disposicions geomètriques i químiques que ha de tenir l'elèctrode que s'ha d'utilitzar segons les característiques dels elements a soldar

- **REIAL DECRET 866/2010, de 2 de juliol de 2010, per el que es regula la tramitació de reformes en vehicles**

2.4.2 Normativa relativa a la seguretat en la instal·lació

- **ISO 4850:1979. Protecció ocular per a la soldadura i altres tècniques relacionades**

Estableix les condicions mínimes de seguretat que haurà de respectar el tècnic encarregat de realitzar les soldadures.

- **NTP 494. Soldadura elèctrica per arc: Normes de seguretat. Any 1998.**

No es d'obligat compliment però el ministeri de treball i assumptes socials recomana realitzar els processos de soldadura seguint les recomanacions que figuren en aquest document.

- **REIAL DECRET 455/2010, de 16 d'abril per el que es regula l'activitat industrial i prestació de serveis en els tallers de reparació de vehicles automòbils, els seus equipaments i components**

Estableix tota la documentació que deurà disposar el taller, en matèria de seguretat i legalitat, per a realitzar reparacions i modificacions en automòbils amb plenes garanties.

3. CONDICIONS GENERALS

Segons el mencionat a l'apartat 1.2, es necessari descriure de manera clara el conjunt de condicions de caràcter facultatiu, econòmic i legal que regiran el desenvolupament del projecte acordat entre el contractista i l'enginyer encarregat de la direcció del mateix.

3.1 Condicions facultatives

Aquestes condicions estableixen i regulen les relacions entre el contractista i la direcció facultativa, derivades de l'execució tècnica del projecte.

3.1.1 Obligacions del contractista

- Assegurar el compliment dels terminis d'execució
- Assegurar el compliment de la normativa vigent en termes de seguretat laboral en l'espai de treball
- Comprovar que les propietats dels materials aportats per el proveïdor compleixen les especificacions del plec de condicions.
- Supervisar el procés de construcció de l'estructura, assegurant que es realitza segons el plec de condicions.
- Garantir la actualització de la documentació tècnica del vehicle, on quedi reflectida la modificació realitzada

3.1.2 Obligacions de l'enginyer director del projecte

- Elaborar un disseny que garanteixi un comportament adequat de l'estructura d'acord a la normativa establerta.
- Definir el procés de execució del projecte.
- Supervisar el desenvolupament del projecte.
- Donar assistència tècnica al contractista per tal d'assegurar un correcte muntatge de les parts que formen l'estructura.

3.2 Condicions d'execució

3.2.1 Condicions d'execució dels treballs

Els treballs es realitzaran segons l'estipulat en el projecte, o en el seu defecte, en les modificacions puntuals que pugui introduir el director del projecte a causa de imprevistos sempre que aquestes comptin amb el vistiplau de les parts i quedin recollides per escrit.

3.2.2 Defectes en l'execució dels treballs

En l'execució del projecte s'utilitzarà obligatòriament el material fixat en el plec de condicions. Per normativa no es pot substituir per un altre ja que suposaria un canvi radical en les propietats mecàniques, modificant el comportament de

l'estructura, invalidant també el procés de soldadura dissenyat per ser utilitzat en aquest material.

En quant a defectes en el muntatge s'haurà de ser extremadament curós en el moment de realitzar les soldadures i el corbat dels tubs, doncs un error suposaria invalidar tot el treball i haver de començar de zero.

El contractista serà responsable de la correcta execució del muntatge, podent ser assessorat en tot moment pel director del projecte de ser necessari.

3.2.3 Defectes en els materials subministrats

Serà responsabilitat del contractista comprovar que els perfils i materials necessaris per la construcció de la gàbia de seguretat compleixen les característiques de resistència requerides i no existeixen defectes en la seva microestructura que puguin perjudicar les propietats mecàniques finals.

En cas de detectar algun defecte, serà el contractista l'encarregat de substituir els materials afectats per uns altres que s'adaptin a les exigències del projecte, podent canviar de proveïdor si així ho creu oportú.

3.2.4 Assaigs

El contractista pot realitzar tots els assaigs que cregui oportuns, fent-se càrrec dels costos, per assegurar les aptituds del material i components utilitzats.

Es realitzarà una comprovació de tots els cordons de soldadura amb la finalitat de detectar micro-fissures o defectes de penetració del material en la unió soldada. Per aquesta tasca s'estableix una doble comprovació.

Primerament, l'operari comprovarà el comportament mecànic de la soldadura, del metall base i de la ZAT mitjançant un assaig de duresa no destructiu Brinell amb un duròmetre portàtil. El valor màxim de duresa permès es de 225. En el cas de obtenir un valor superior, s'invalidarà la operació i es realitzarà de nou.

Si el resultat del primer assaig es positiu, es realitzarà una segona comprovació mitjançant una inspecció per partícules magnètiques per assegurar la no presencia de micro-fissures que debilitarien la soldadura.

3.2.5 Normes bàsiques de seguretat

Durant l'execució del projecte, tot operari que treballi en ell respectarà obligatòriament totes les normes bàsiques de seguretat relacionades amb les activitats realitzades al taller així com també en els processos de soldadura.

Els operaris vestiran la roba de protecció recollides a la norma **ISO 4850:1979** i al **REIAL DECRET 455/2010, de 16 d'abril**.

3.3 Condicions econòmiques

En la definició de qualsevol projecte resulta fonamental regular les relacions econòmiques entre el contractista, l'enginyer responsable del projecte i els proveïdors o altres empreses auxiliars.

S'estableix el dret que posseeixen totes les parts involucrades en el projecte a percebre les quantitats prèviament acordades per la seva correcta intervenció en l'execució d'acord a les condicions contractuals estipulades en el contracte.

3.3.1 Preus acordats

El conjunt de preus unitaris inclouen els costos de subministrament i ús de tots els materials necessaris per a l'execució del projecte.

3.3.2 Càlcul de costos

El preu final de la gàbia de seguretat ve donat per la suma de tots els costos recollits en el pressupost d'execució material, del benefici industrial i de les taxes establertes per a activitats industrials.

Els costos que conformen el pressupost d'execució material són els derivats dels materials emprats en la fabricació de l'estructura i de la mà d'obra necessària per el seu acoblament i posterior muntatge en el vehicle.

El benefici industrial recull el marge de benefici que obtindria l'enginyer responsable del projecte. Aquest benefici es fixa en un 7 % del pressupost d'execució material.

La taxa corresponent al IVA del 21 % s'aplica a la suma total dels costos recollits en el pressupost d'execució material i del benefici industrial.

3.3.3 Compensacions econòmiques

S'haurà de compensar econòmicament al director tècnic en cas d'abandonament del projecte per part del contractista. Aquest haurà de abonar en concepte de compensació per danys i perjudicis una quantitat igual al als gestos originats fins a la data de desistiment mes una quantitat igual al 50 % del total de gestos originats fins al moment.

En el cas de el proveïdor entregui materials que no corresponguin a les condicions especificades, el contractista podrà exigir la substitució de la partida completa sense haver de compensar al proveïdor. Es contempla la possibilitat de poder canviar de proveïdor sense necessitat de indemnització alguna.

3.4 Condicions dels materials

Els materials emprats deuran complir les condicions que s'especifiquen en el plec de condicions. Es permet rebutjar aquells que es consideri que no compleixen amb les especificacions pactades o aquells que, conseqüència de les comprovacions efectuades pel contractista, mostrin un comportament inadequat.

3.4.1 Perfils

El material utilitzat per a la construcció de l'estructura de seguretat serà l'acer 25CrMo4 (segons norma ISO) o AISI 4130 amb la següent composició química.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,250	0,250	0,650	0,035	0,040	0,950	0,200

Taula. 14 – Composició química del 25CrMo4 en % en pes de cada element

L'aliatge haurà de presentar les característiques mecàniques següents:

- Densitat : 7850 kg/m³
- Mòdul de Young: 2,12 ·10⁵ MPa
- Limiti elàstic: 600 MPa
- Resistència a la tracció (ruptura): 950 MPa
- Elongació a la fractura del 15 %
- Reducció àrea transversal del 60 %

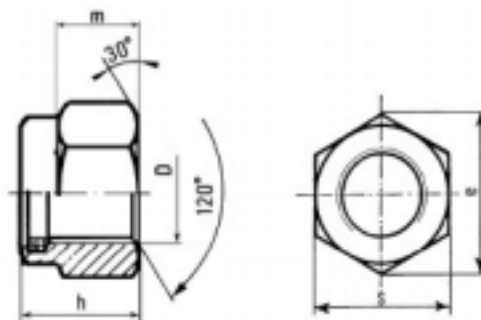
S'utilitzarà el mateix tipus de perfil (**60x3mm**) per a tots els tubs que conformaran l'estructura.

3.4.2 Unions roscades a les platines

Per fixar l'estructura al xassís s'utilitzaran cargols passants de cap hexagonal zincats distribuïts segons especificacions dels plànols, mètrica M10x30mm i qualitat 10.9.

Les femelles a utilitzar seran de tipus auto-blocant amb interior de nylon adequades a les dimensions dels cargols (M10).

A cada unió roscada s'afegiran 2 volanderes (arandelas) per a cargol hexagonal M10



	D	e	h*	m	s
Passo	Passo	min	max	min	
	grosso	fine			
M 3	-	6,08	4,4	2,4	5,5
M 4	-	7,74	6	3,2	7
M 5	-	8,87	6,3	4,4	8
M 6	-	11,05	8	4,9	10
M 7	-	12,72	8,8	5,7	12
M 8	M 8x1	14,38	9,5	6,4	13
M 10	M 10x1,25	18,90	11,5	8	17

Fig. 67 – Femella auto-blocant amb dimensions

3.4.3 Unions roscades al parabrises

Per fixar l'estructura al parabrises s'utilitzaran cargols de cap hexagonal zincats, distribuïts segons especificacions dels plànols, de mètrica M8x30mm i qualitat 8.8. Serà necessària la inclusió d'un espaiador a cada unió roscada per tal de compensar l'angle que fa el parabrises i que el cargol treballi correctament.

3.4.4 Protecció / recobriment de les barres

Les barres aniran recobertes en la seva totalitat amb una espuma de protecció per als ocupants. La espuma anirà fixada amb brides de plàstic de 200x2,6mm.

3.5 Condicions d'execució de l'estructura

3.5.1 Soldadures

Es realitzarà un procés combinat de soldadura, consistent en dues parts. Primerament es realitzarà un cordo base mitjançant el mètode TIG (Tungsten Inert Gas) i un cop realitzat es faran tantes passades de rebliment com calgui amb el mètode SMAW anomenat també MMA (Manual Metal Arc).

Per el cordó base amb el mètode TIG es tindran en compte les següents condicions :

- Com a material d'aportació s'utilitzaran elèctrodes de 25CrMo4

- Es realitzarà un preescalfament de la zona de soldadura amb un bufador oxiacetilènic fins a una temperatura de 220 °C
- Mantenir la temperatura mínima de 220 °C durant la realització de les diferents passades, evitant descensos de la temperatura del cordo que podrien provocar la formació d'estructures internes d'alta duresa que debilitarien la soldadura.
- Si es necessari interrompre la soldadura, no es continuarà fins a tenir una temperatura homogènia a la zona igual a la temperatura de preescalfament.
- Un cop finalitzada la soldadura, es realitzarà un post-escalfament mantenint una temperatura en la zona de soldadura igual a la temperatura de preescalfament durant almenys 30 min, per després deixar refredar progressivament fins a la temperatura ambient.
- L'elèctrode no consumible serà d'un aliatge de Tungstè (W) amb Tori (Th) amb una alçada del con igual a dos cops el diàmetre.
- El gas inert que s'utilitzarà serà l'argó (Ar).
- El corrent per generar l'arc elèctric serà una font de corrent continu, configurada de tal manera que l'elèctrode no consumible vagi connectat al pol negatiu.

Per als cordons de rebliment amb el mètode SMAW serà necessari respectar aquestes condicions:

- Segons la **Norma AWS-A5.5**, en el cas soldadura de 25CrMo4, s'utilitzarà un elèctrode revestit de tipus E8018-B2L.
- La font de corrent serà de tipus continu i es fixarà l'elèctrode al pol positiu.
- Es permet realitzar la soldadura des de qualsevol posició.
- Es recomana assecar els elèctrodes abans de cada ús degut a la tendència del material a absorbir la humitat ambient.

3.6 Condicions de muntatge de l'estructura

El muntatge es realitzarà per el contractista en un espai apropiat, segons les disposicions recollides en el **REIAL DECRET 455/2010, de 16 d'abril**, i per personal qualificat en la realització d'operacions de soldadura tal com mana el **REIAL DECRET 1692/2007, de 14 de desembre**.

3.6.1 Procés de muntatge

Per procedir al muntatge de l'estructura i amb la finalitat de facilitar la tasca serà necessari seguir un ordre i respectar les pautes recollides en aquest plec de condicions, el contractista no podrà obviar-les ja que podria originar defectes estructurals en la gàbia.

Per facilitar el procés de muntatge de l'estructura dins el vehicle es recomana desmuntar els seients, tant davanters com posteriors.

Un cop es tinguin els seients desmuntats, es procedirà a presentar l'estructura amb les platines soldades i es marcarà la zona del pis a retallar per tal d'anar a trobar el xassís del vehicle i les platines soldades sobre aquest. A continuació s'haurà de retallar la superfície marcada amb una serra radial i extreure el material sobrant permetent el pas de les barres a través del pis del vehicle.

S'acabarà fixant l'estructura amb les unions roscades especificades en el projecte.

S'accepten altres mètodes de tall com pot ser el làser, plasma, xorro d'aigua a pressió entre d'altres si el taller disposa dels mitjans.

3.6.1.1 Punts de fixació (xassís i parabrises)

Els punts de fixació (platines) tant del arc principal com dels semi-arcs laterals s'elaboraran amb xapa d'acer de 5mm de espessor.

El primer pas es definir la geometria de les platines amb un marcador d'acer segons les mesures que figuren als plànols per a continuació, amb una serra radial, tallar les peces seguint les línies marcades.

Un cop obtingudes les peces i mitjançant un trepant de columna equipat amb la broca adequada es procedirà a realitzar els forats segons les cotes facilitades en els plànols. Es important realitzar els forats concèntrics de les platines alhora per evitar errors de centratge que podrien dificultar el pas del cargol. Per fer-ho s'haurà de subjectar cada conjunt de dos platines amb uns serjants i realitzar els forats segons indicacions del plànol.

Es soldarà una platina a la base de cada tub del arc principal dels i semi arcs laterals i una altre sobre el seu emplaçament en el xassís.

En el cas de les fixacions del parabrises, es partirà de perfils d'acer massissos de diàmetre 60mm. El primer pas serà realitzar una operació de cilindrada al torn fins a diàmetre 57mm, possibilitant l'acoblament entre la peça de fixació i el tirant davanter, segons indicacions especificades al plànol. Un cop tornejada, es tallarà la peça segons l'angle indicat al plànol per fer possible l'acoblament amb el parabrises. Finalment, es foradarà i

s'elaboraran els fils de rosca. Les peces tornejades s'introduiran en els tirants una longitud de 45mm.

Per tal que el cargol s'assenti bé i treballi correctament s'afegirà un espaiador per compensar l'angle del parabrises (cotes indicades al plànol).

L'espaiador, degut a la seva peculiar forma, no es una peça normalitzada així que s'haurà de fabricar expressament a partir de una peça massissa cilíndrica en brut de diàmetre 20mm segons les cotes del plànol facilitat. Requerirà una operació de cilindrada al torn.

La unió entre les peces de fixació i els tirants es reforçarà amb un cordo de soldadura omplint completament l'espai.

Els reforços anti-vinclament (cartelles) de l'arc principal s'obtindran de la mateixa manera que les platines, però en aquest cas el material en brut serà una xapa de 10mm d'espessor.

3.6.1.2 Components de l'estructura (perfils tubulars)

Tots els perfils tindran el mateix diàmetre i el mateix espessor. Es partirà de perfils d'acer de 60mm de diàmetre exterior i 3mm d'espessor i amb l'ajuda d'una dobladora hidràulica de tubs es conformarà la geometria de l'arc principal i dels semi arcs laterals. Ambdues parts s'han dissenyat amb radis de curvatura de 180 mm, ja que es recomanable que el radi de curvatura sigui com a mínim tres cops el diàmetre exterior.

Un cop es tinguin els tubs corbats segons els plànols facilitats, abans de soldar-los, s'hauran de realitzar uns talls amb una eina especial anomenada "Tube Notcher" o entallador de tubs que permet realitzar uns talls anomenats "boca de peix" de tal manera que s'aconsegueixi una bona adaptació dels tubs a soldar. Aquests talls s'hauran de realitzar a cada extrem dels travessers de reforç i als extrems dels semi arcs laterals que s'hagin de adaptar a l'arc principal.

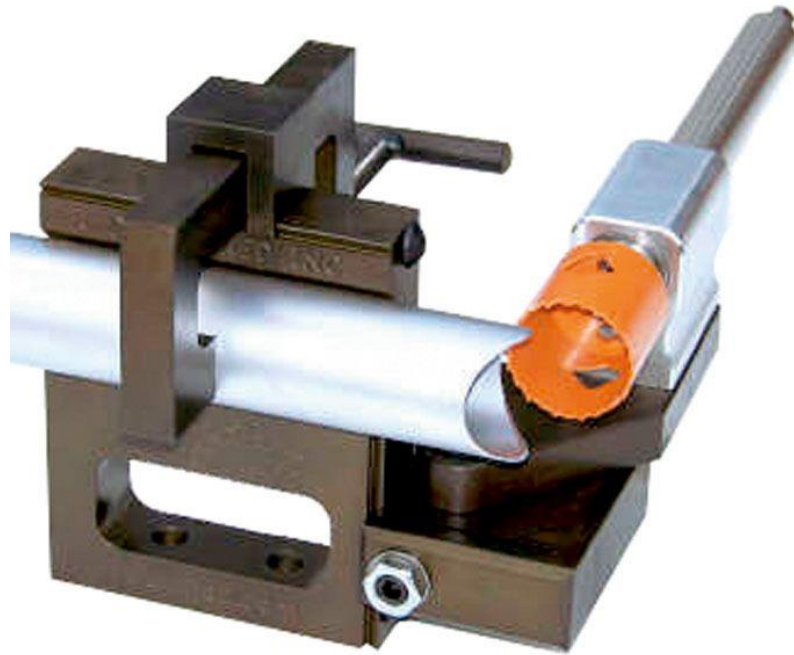


Fig. 68 – Entalladora de tubs (Font: Matthys.net)

3.6.1.3 Cartel·les de reforç

Un cop es tingui l'entramat de tubs soldats, es soldaran unes cartel·les de reforç a les unions de tubs en forma de "T" amb la finalitat de reforçar la unió i consegüentment reforçar l'estructura sencera. Les cartel·les tindran les dimensions especificades per la FIA.

3.6.1.4 Pintura de protecció

Un cop finalitzat el muntatge de l'estructura es procedirà a donar una capa de pintura antioxidant per prevenir en la mesura del possible la corrosió en l'estructura. Aquesta pintura té una durada efectiva d'entre 5 i 10 anys.

3.7 Condicions de seguretat i manteniment

Un cop muntada i homologada la gàbia de seguretat es recomana revisar les unions, tant soldades com roscades, anualment per tal de detectar a temps possibles defectes, fissures en els cordons de soldadura, pèrdua de tensió o auto-afluixament de les unions roscades o indicis de corrosió.

En cas de patir un accident, serà obligatori substituir l'estructura, les fixacions i les unions roscades per unes de noves.

Si es decideix desmuntar temporalment la gàbia de seguretat per tornar a la configuració original de sostre rígid, s'aconsella substituir tots els conjunts de les unions

roscades (cargols, femelles auto-blocant i volanderes) per uns de nous al tornar a muntar-la.

Es revisarà l'estat de la pintura antioxidant cada 5 anys i si es detecta algun deteriorament o pèrdua de la pintura en alguna zona es recomana repintar la zona afectada.

TREBALL FI DE GRAU

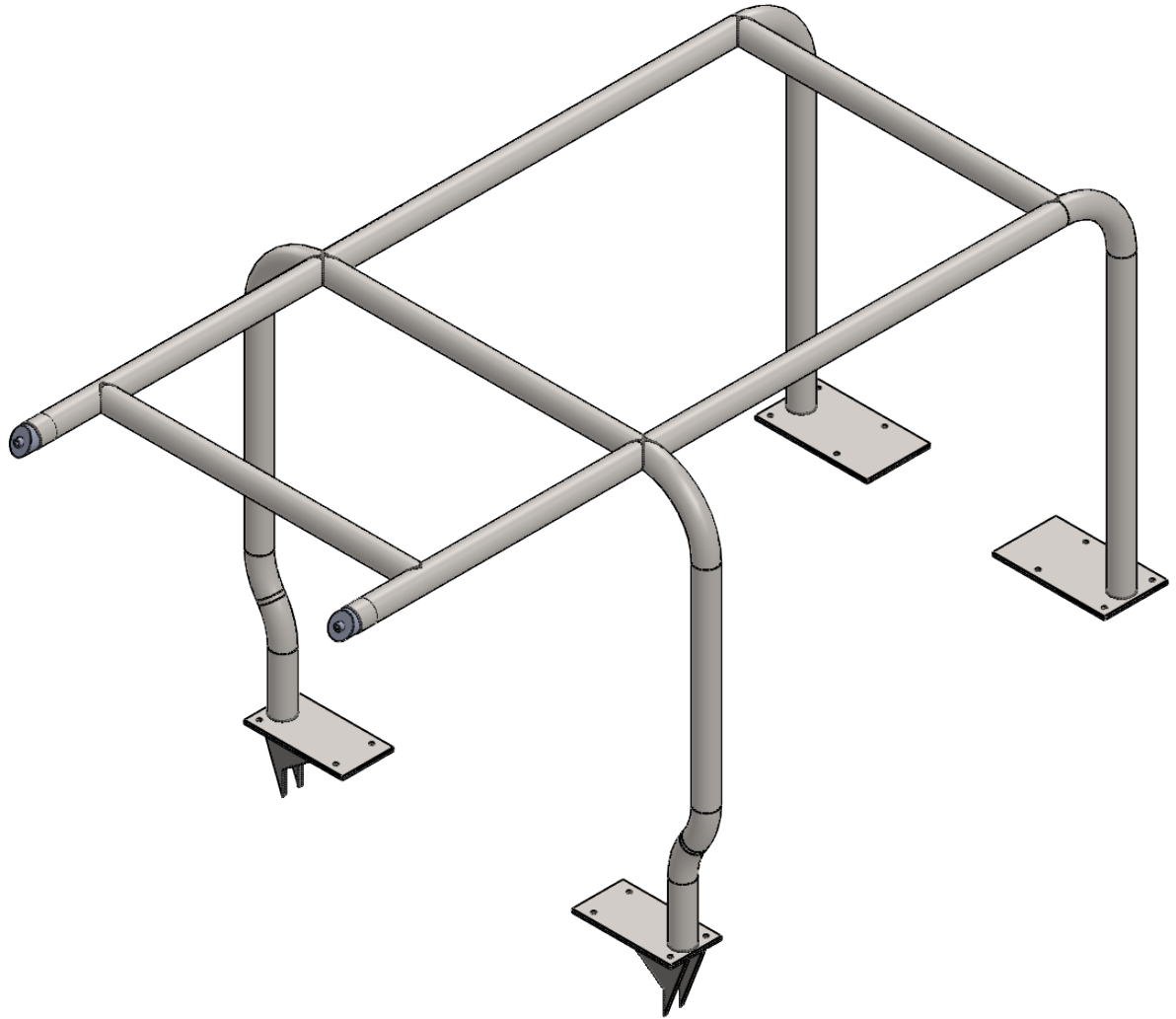
Grau en Enginyeria Mecànica



**DISSENY D'UNA GABIA DE SEGURETAT PER A UN TOT
TERRENY**



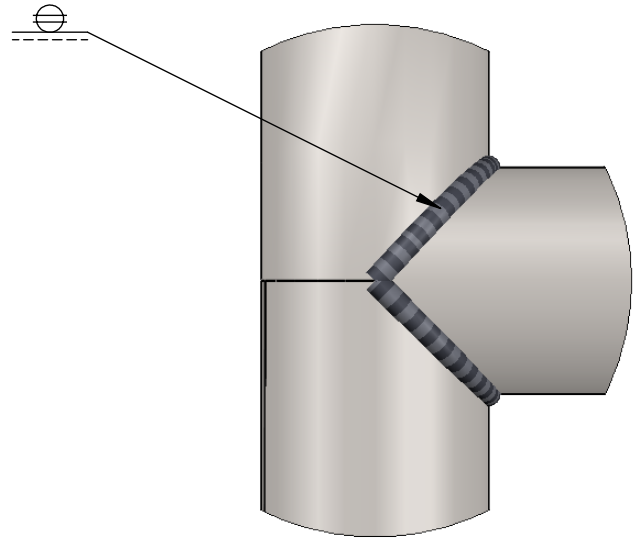
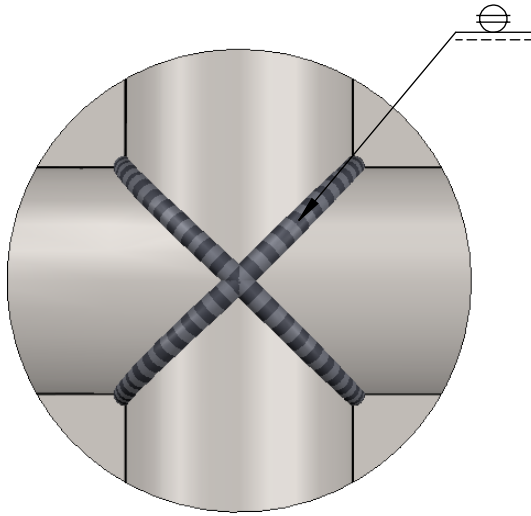
Plànols

Autor: Albert Guiu Ortiz
Director: Daniel Di Capua
Convocatòria: Gener 2019

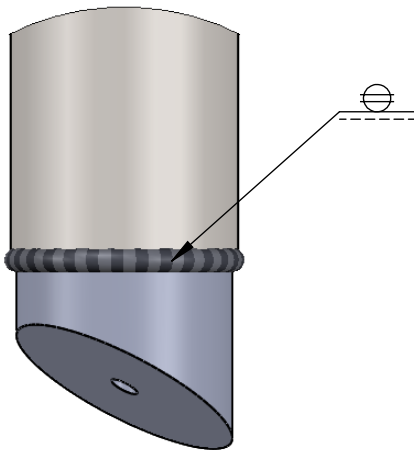


Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Gàbia Final	Plànol nº: 1
Revisat: Daniel Di Capua	Data d'entrega: 10/01/2019		Quantitat:
Dibuixat: Albert Guiu Ortiz	Format: DIN A4	Escala: 1:15	Projecció: 
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est			

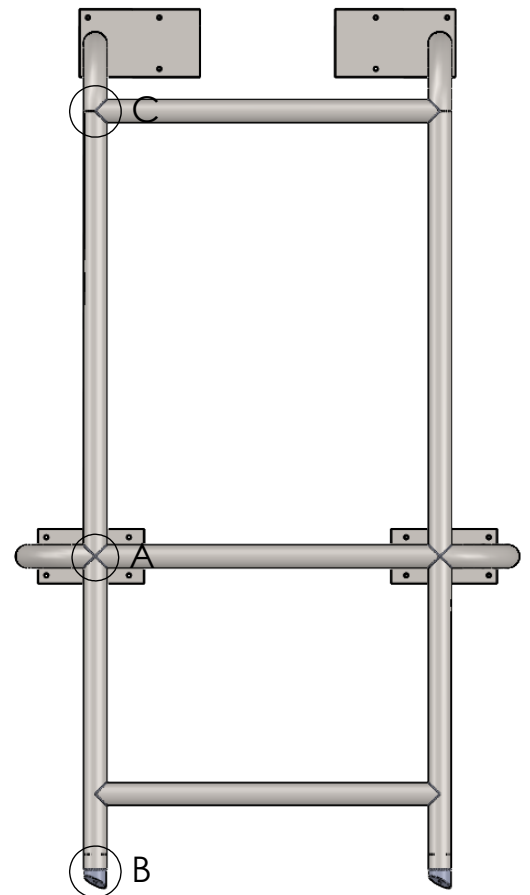
DETALL A
ESCALA 1 : 2



DETALLE C
ESCALA 1 : 2



DETALLE B
ESCALA 1 : 2



Disseny d'una gàbia de seguretat
per a un tot terreny

Peça:

Ensamblatge Total

Plànol nº:

1.1

Revisat: Daniel Di Capua

Data d'entrega: 10/01/2019

Quantitat: 1

Dibuixat: Albert Guiu Ortiz

Format:

DIN A4

Escala:

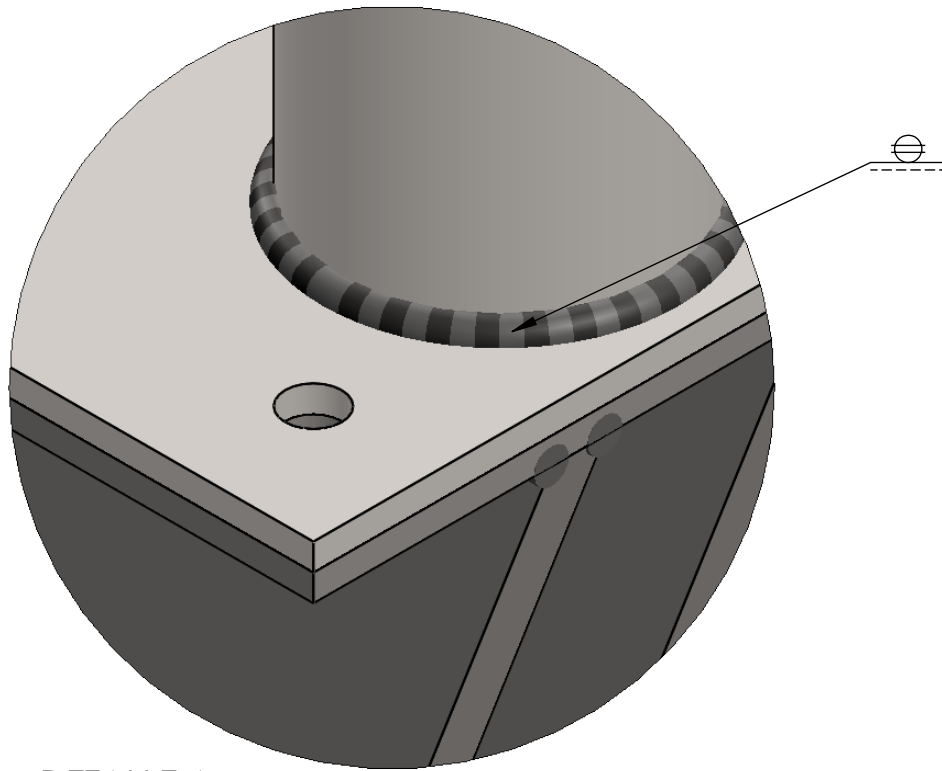
1:20

Projecció:

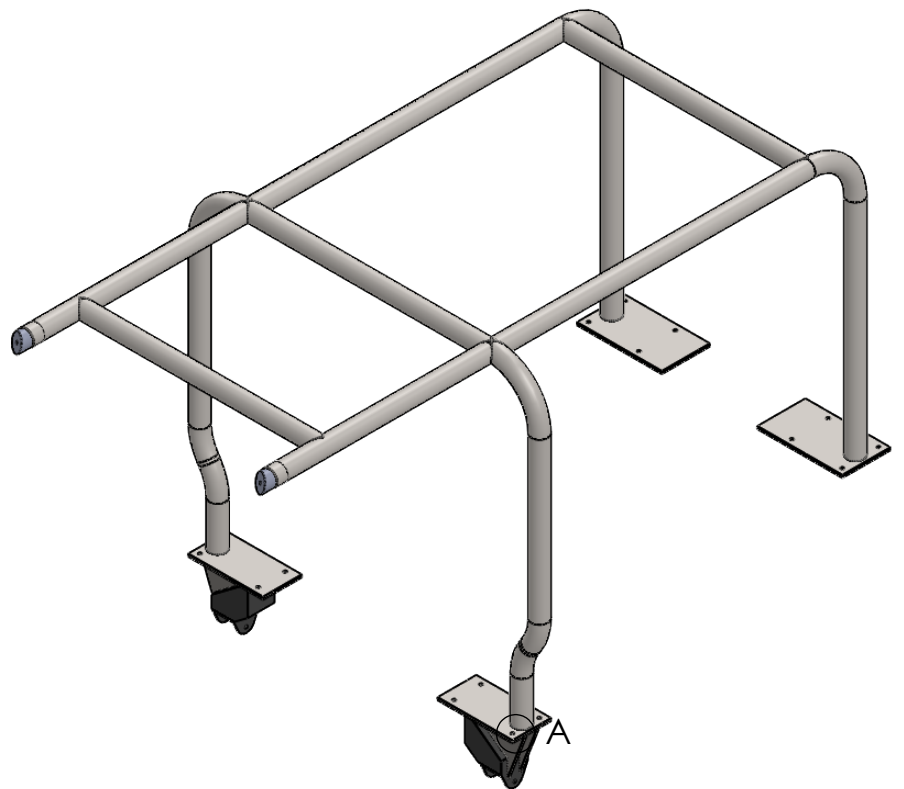




UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

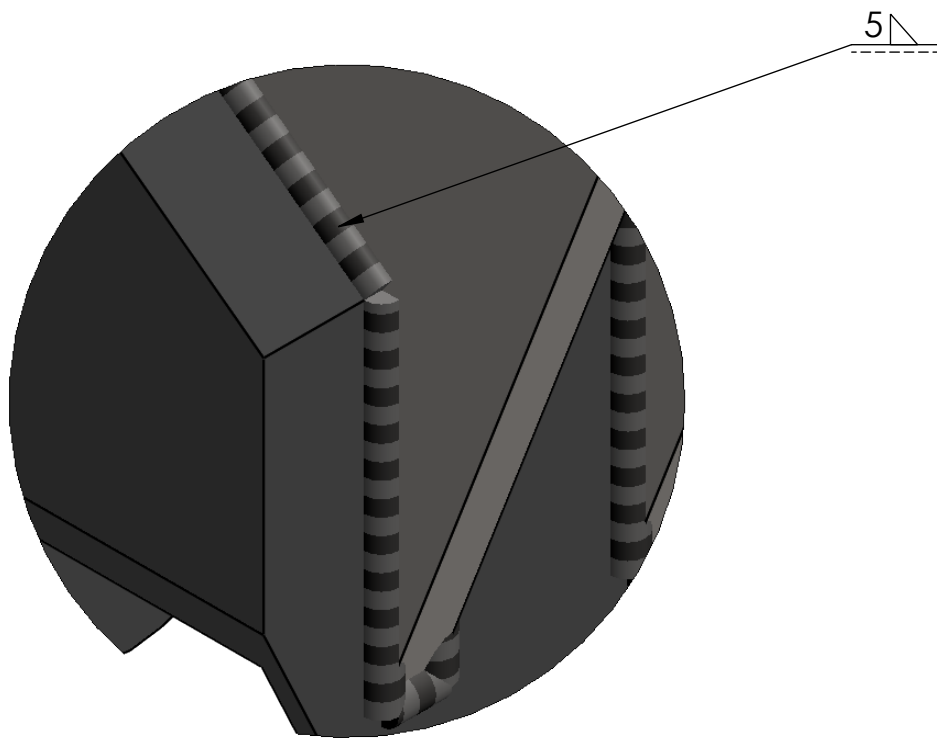
Material: Acer AISI 4130



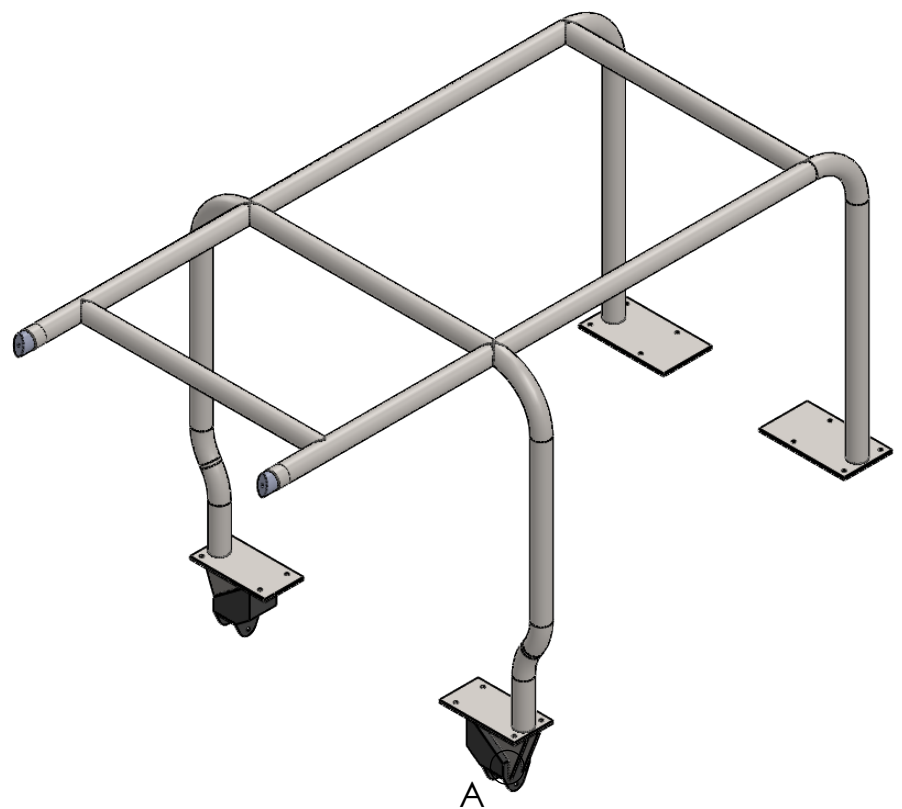
DETALLE A
ESCALA 1 : 1





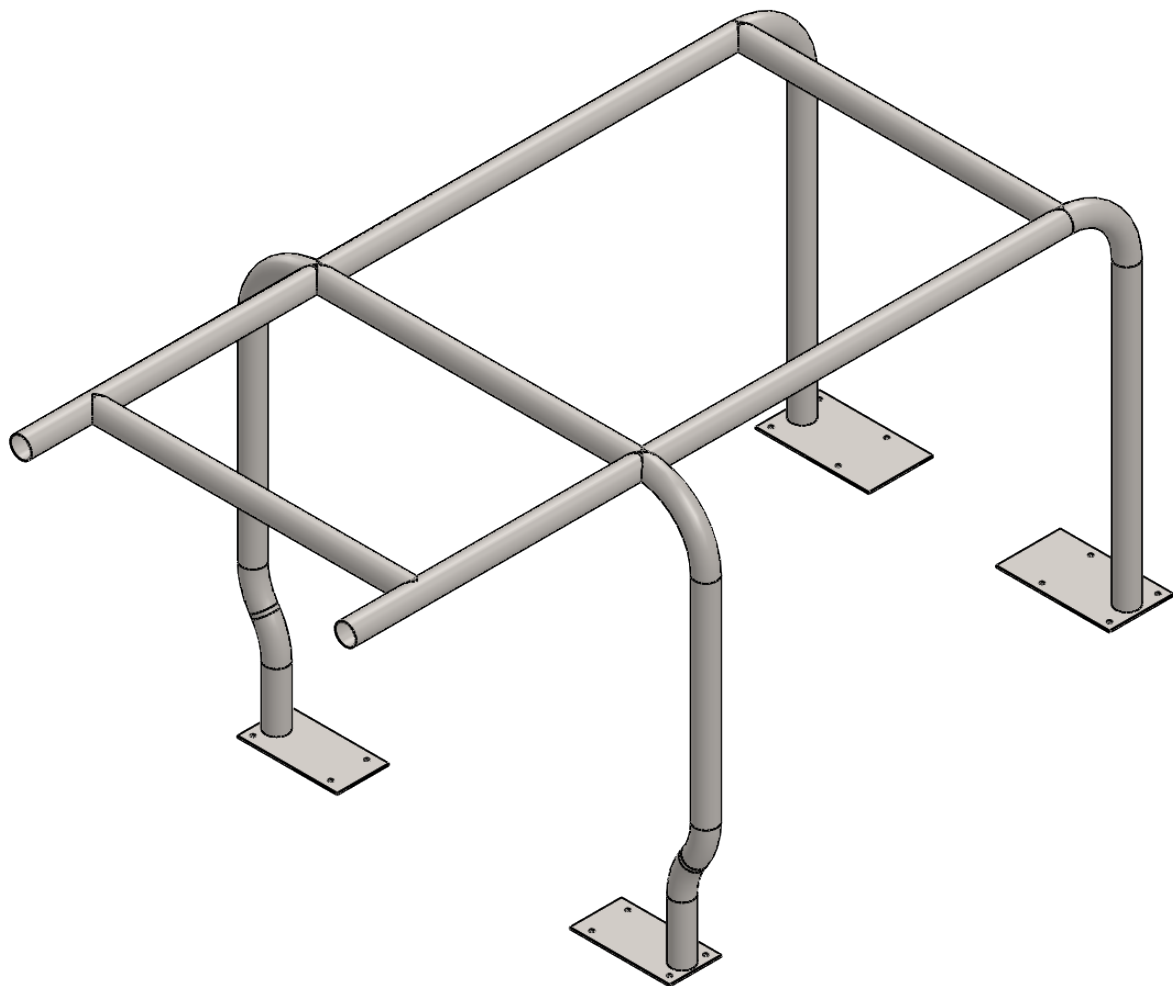
Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Ensamblatge Total	Plànol nº: 1.2
Revisat:	Daniel Di Capua	Data d'entrega:	10/01/2019
Dibuixat:	Albert Guiu Ortiz	Format:	DIN A4
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Escala:	1:20
			





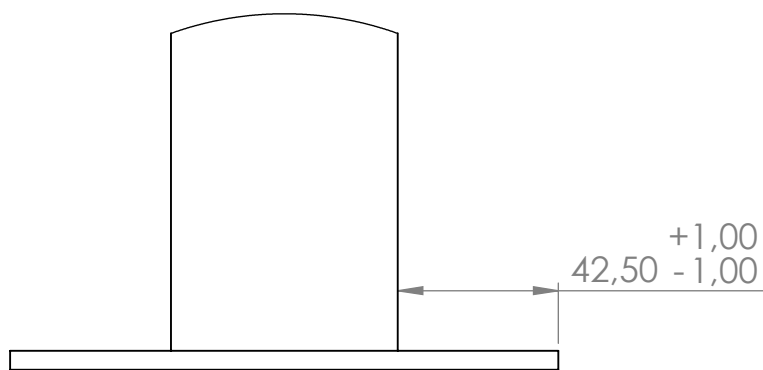
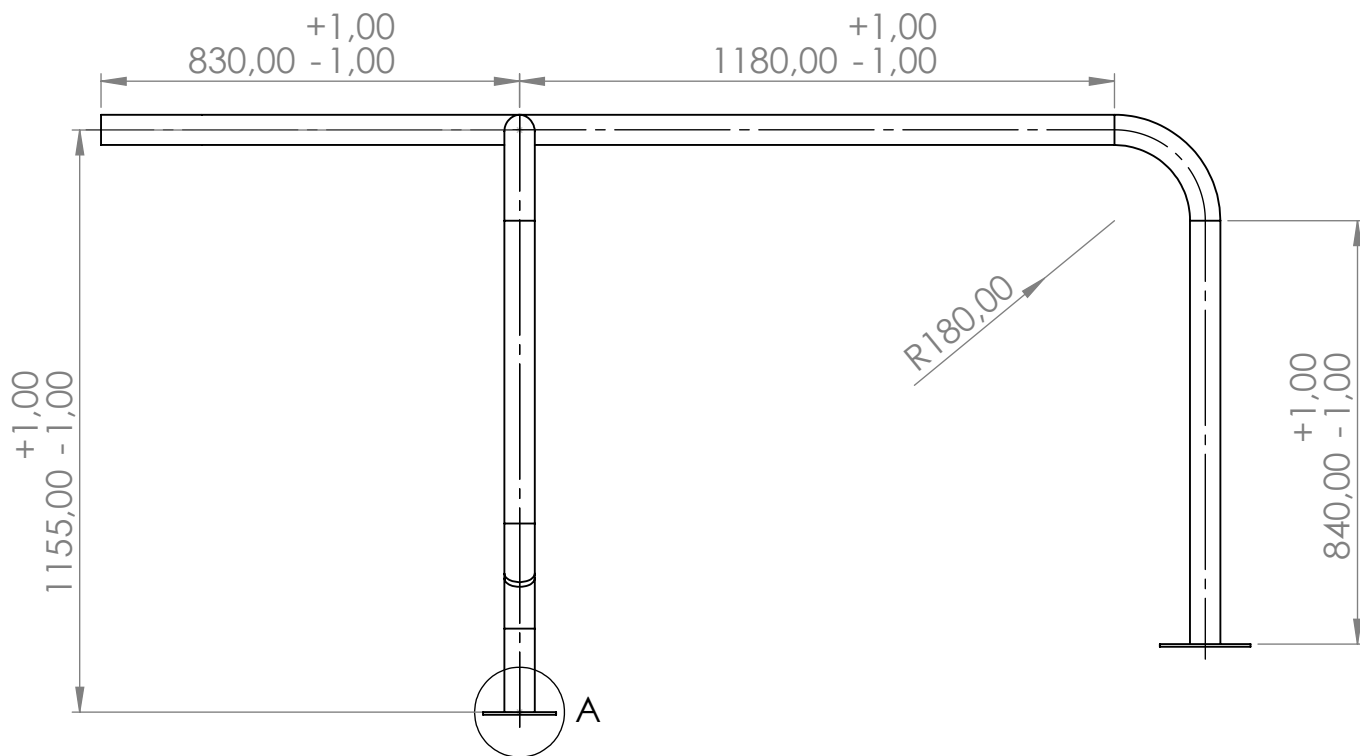
DETALLE A
ESCALA 1 : 1



Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Ensamblatge Total	Plànol nº: 1.3
Revisat:	Daniel Di Capua	Data d'entrega:	10/01/2019
Dibuixat:	Albert Guiu Ortiz	Format:	DIN A4
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Escala:	1:20
			

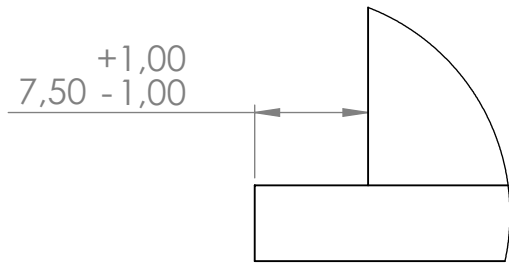


Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Estructura Completa	Plànol nº: 2
Revisat: Daniel di Capua	Data d'entrega: 10/01/2019		Quantitat: 1
Dibuixat: Albert Guiu Ortiz	Format: DIN A4	Escala: 1:15	Projecció: 
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Masa: 24574,12 g	Material: AISI 4130

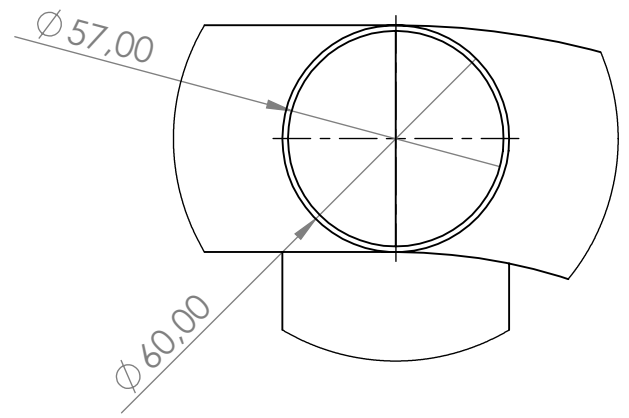


DETALL A
ESCALA 1 : 2

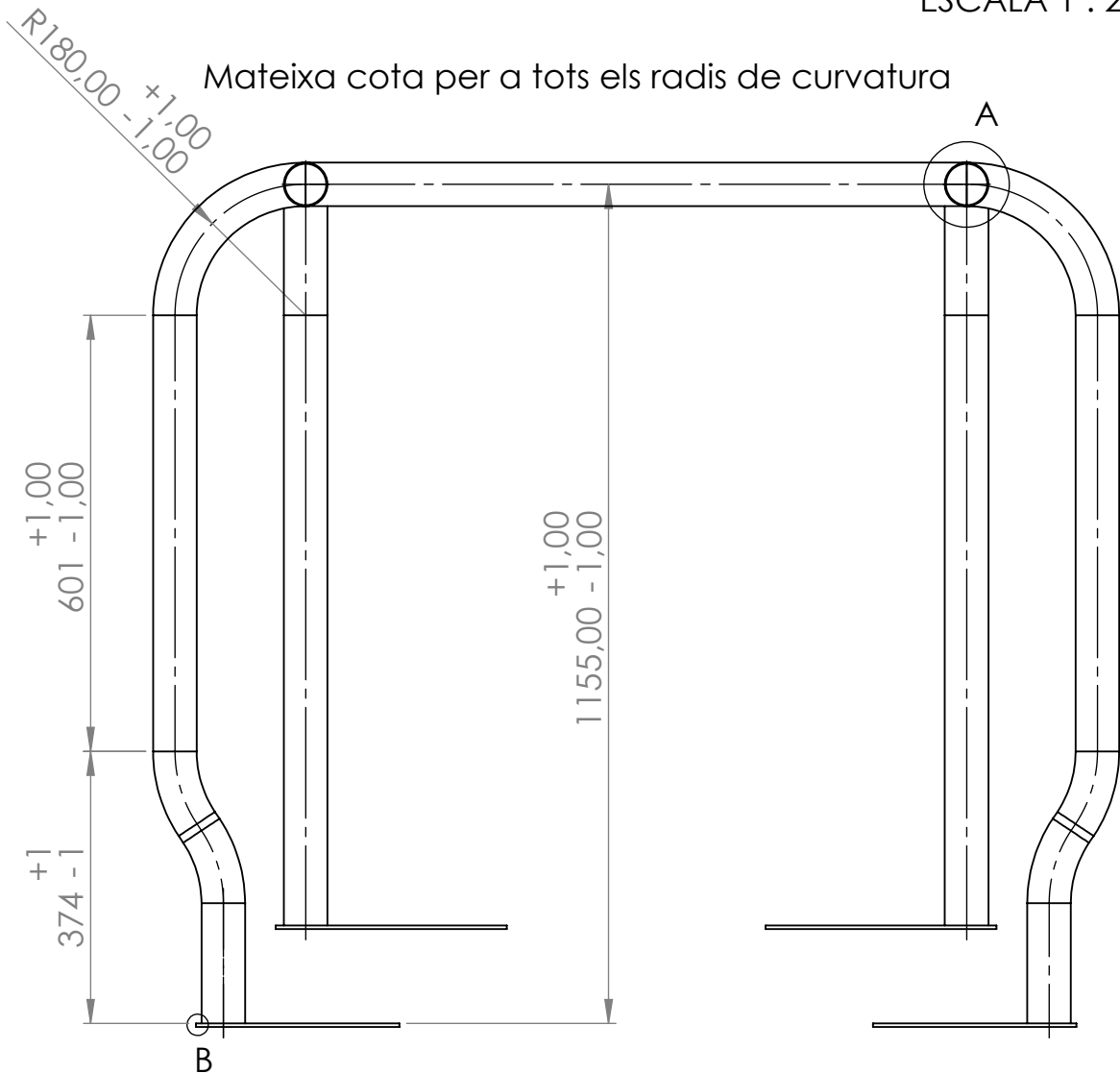
Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Estructura completa	Plànol nº: 2.1
Revisat:	Daniel di Capua	Data d'entrega:	10/01/2019
Dibuixat:	Albert Guiu Ortiz	Format:	DIN A4
		Escala:	1:15
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Material:	Acer AISI 4130
			



DETALL B
ESCALA 2 : 1



DETALL A
ESCALA 1 : 2



Mateixa cota per a tots els radis de curvatura

DETALL B
ESCALA 2 : 1

Disseny d'una gàbia de seguretat
per a un tot terreny

Peça:
Estructura completa

Plànol nº:
2.2

Revisat: Daniel Di Capua

Data d'entrega: 10/01/2019

Quantitat: 1

Dibuixat: Albert Guiu Ortiz

Format:
DIN A4

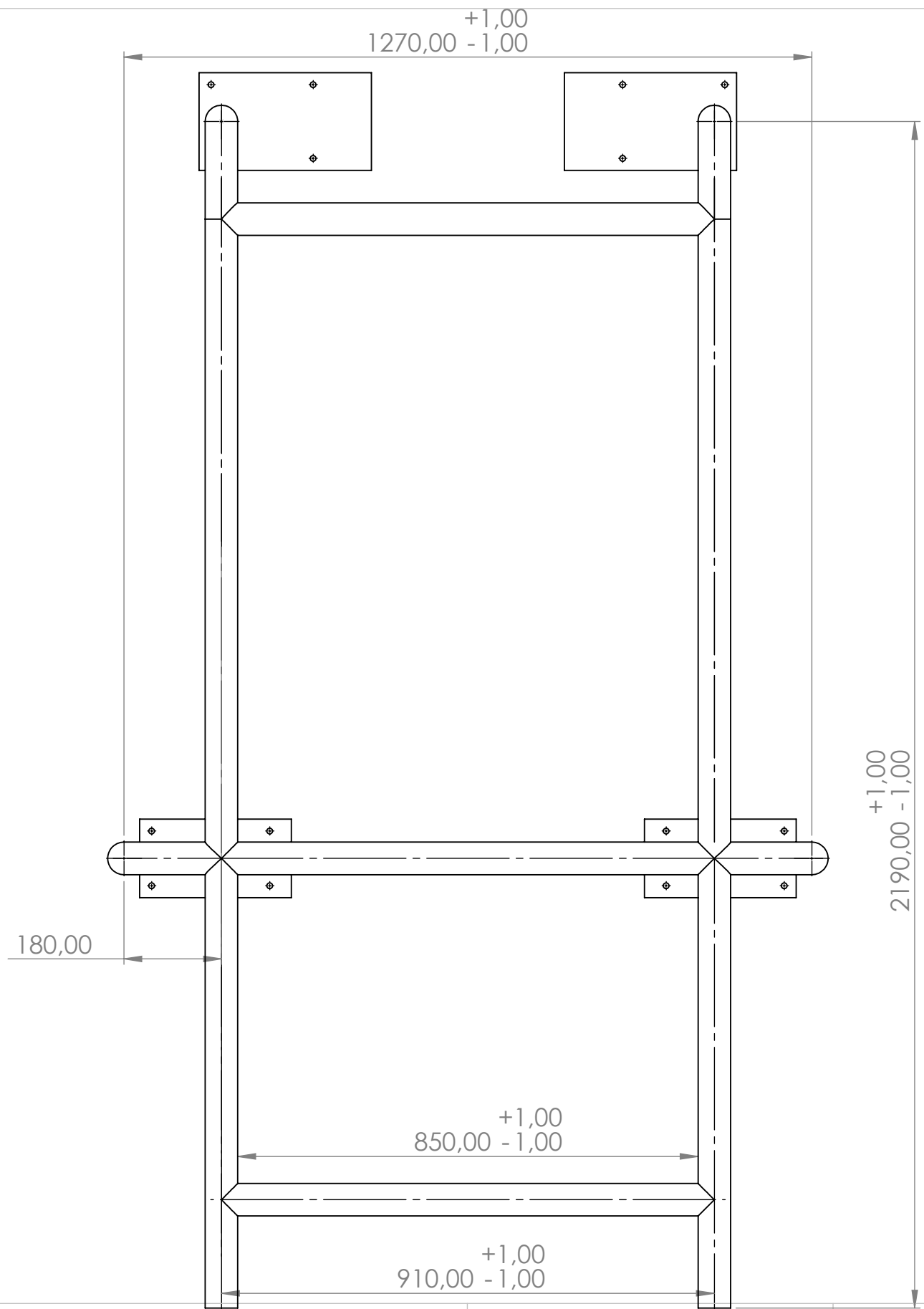
Escala:
1:10

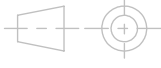

Projecció:

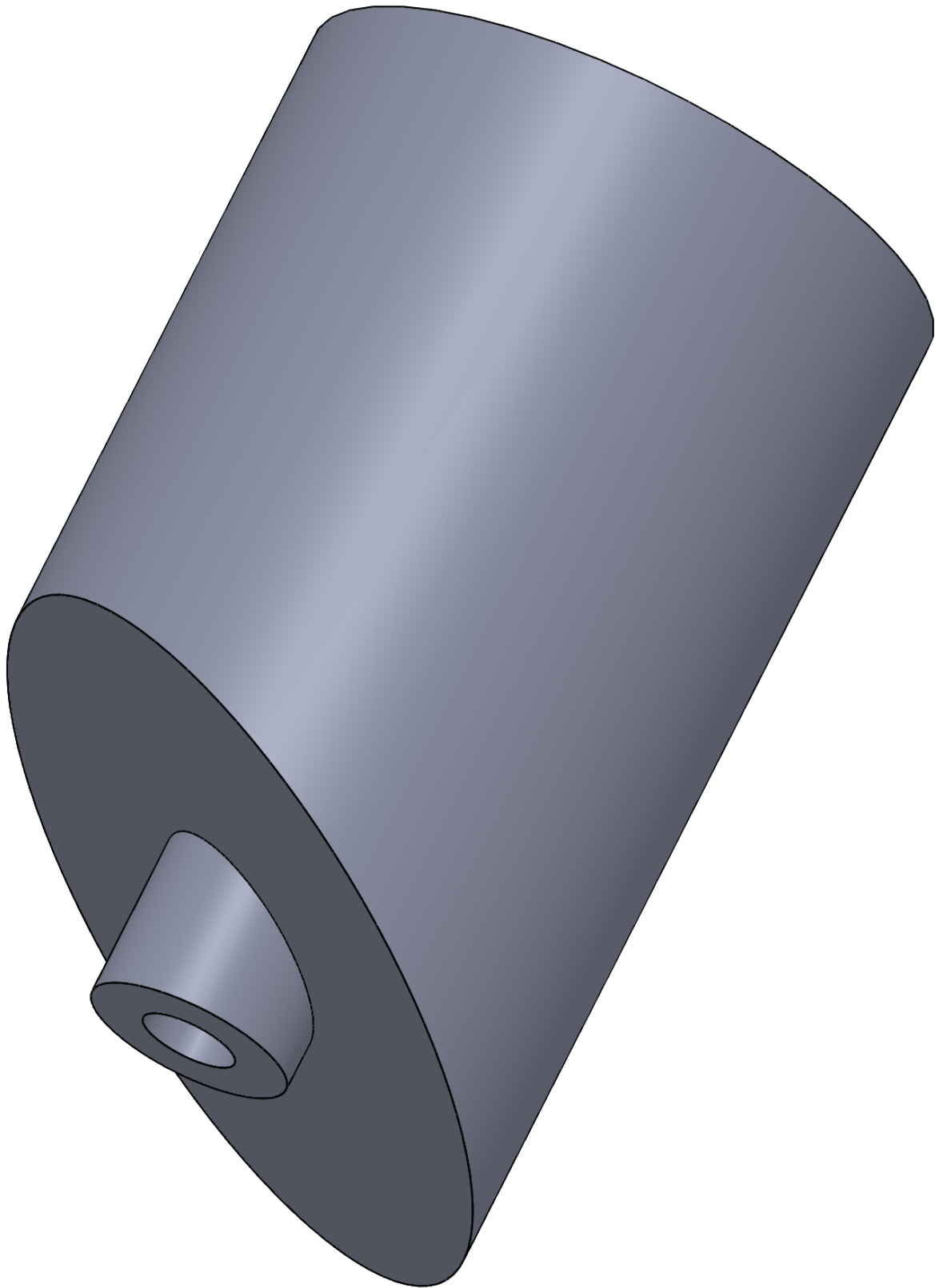



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

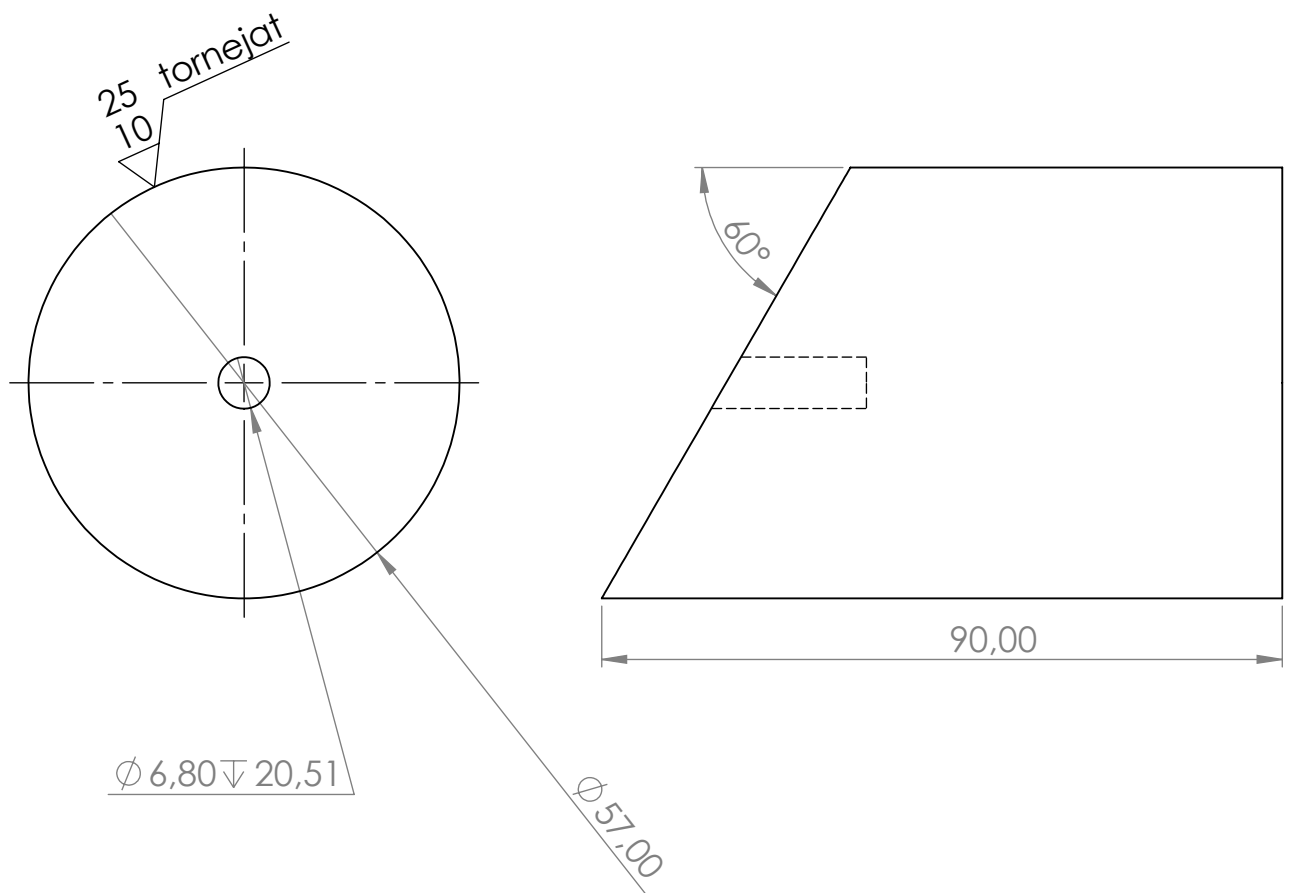
Material: Acer AISI 4130




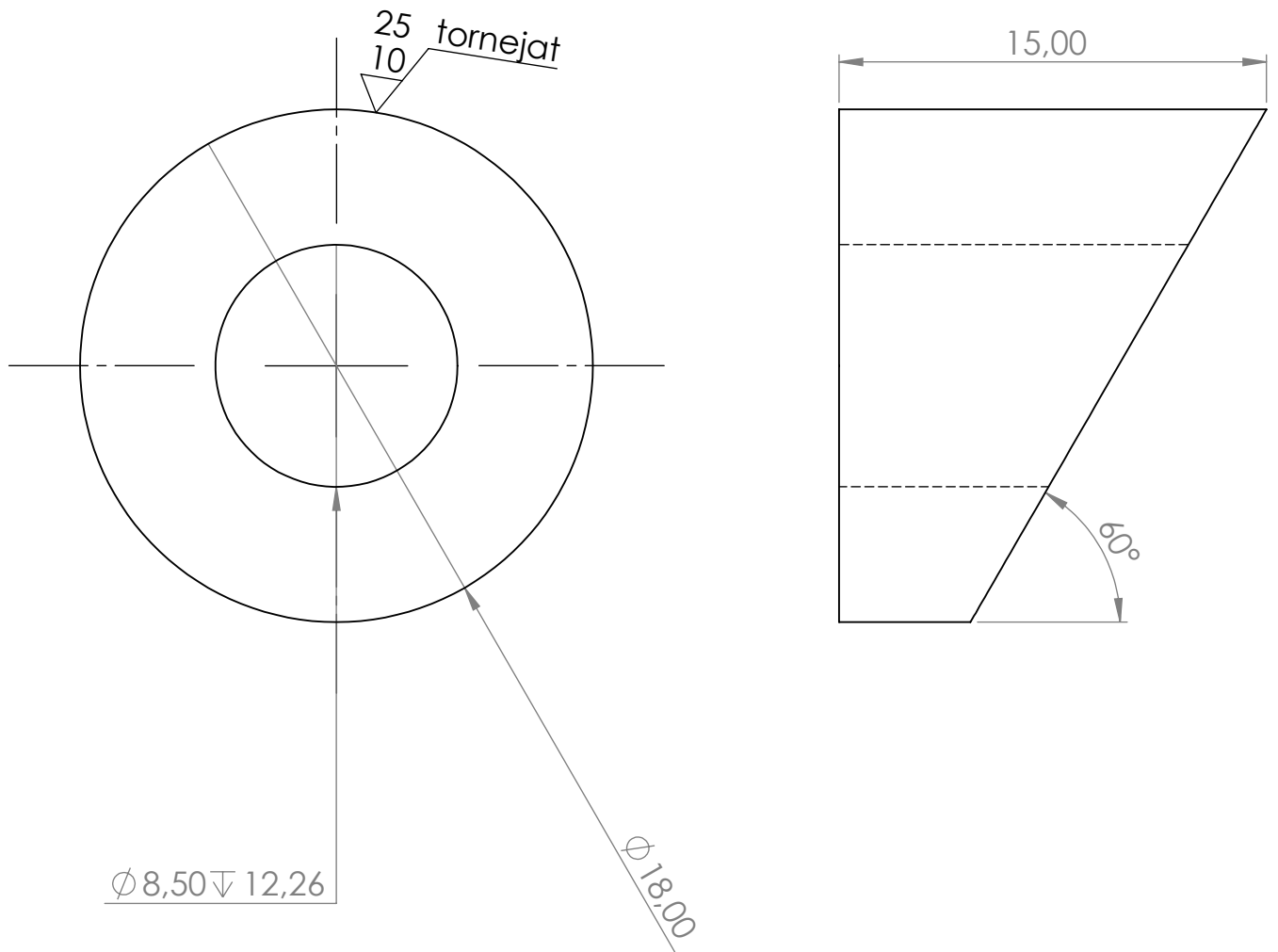
Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Estructura completa	Plànol nº: 2.3
Revisat: Daniel Di Capua	Data d'entrega: 10/01/2019		Quantitat: 1
Dibuixat: Albert Guiu Ortiz	Format: DIN A4	Escala: 1:10	Projecció: 
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Material: Acer AISI 4130	



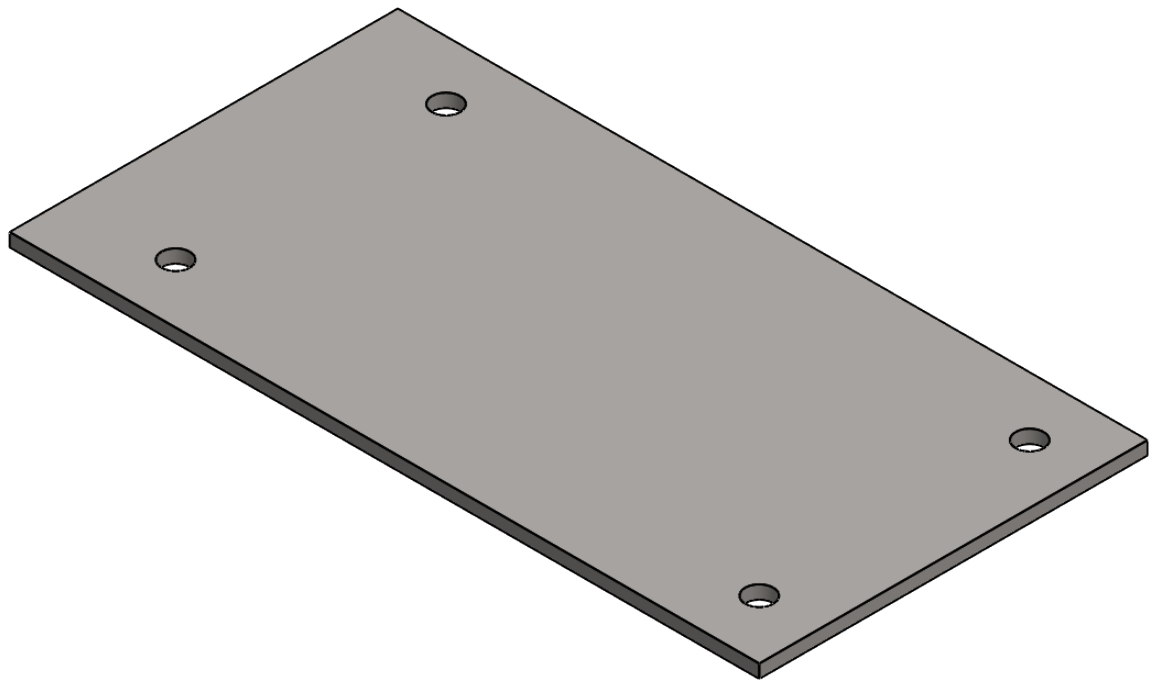
Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Conjunt fixació parabrises	Plànol nº: 3
Revisat:	Daniel Di Capua	Data d'entrega:	10/01/2019
Dibuixat:	Albert Guiu Ortiz	Format:	Escala:
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		DIN A4	2:1
		Material: Acer AISI 4130	





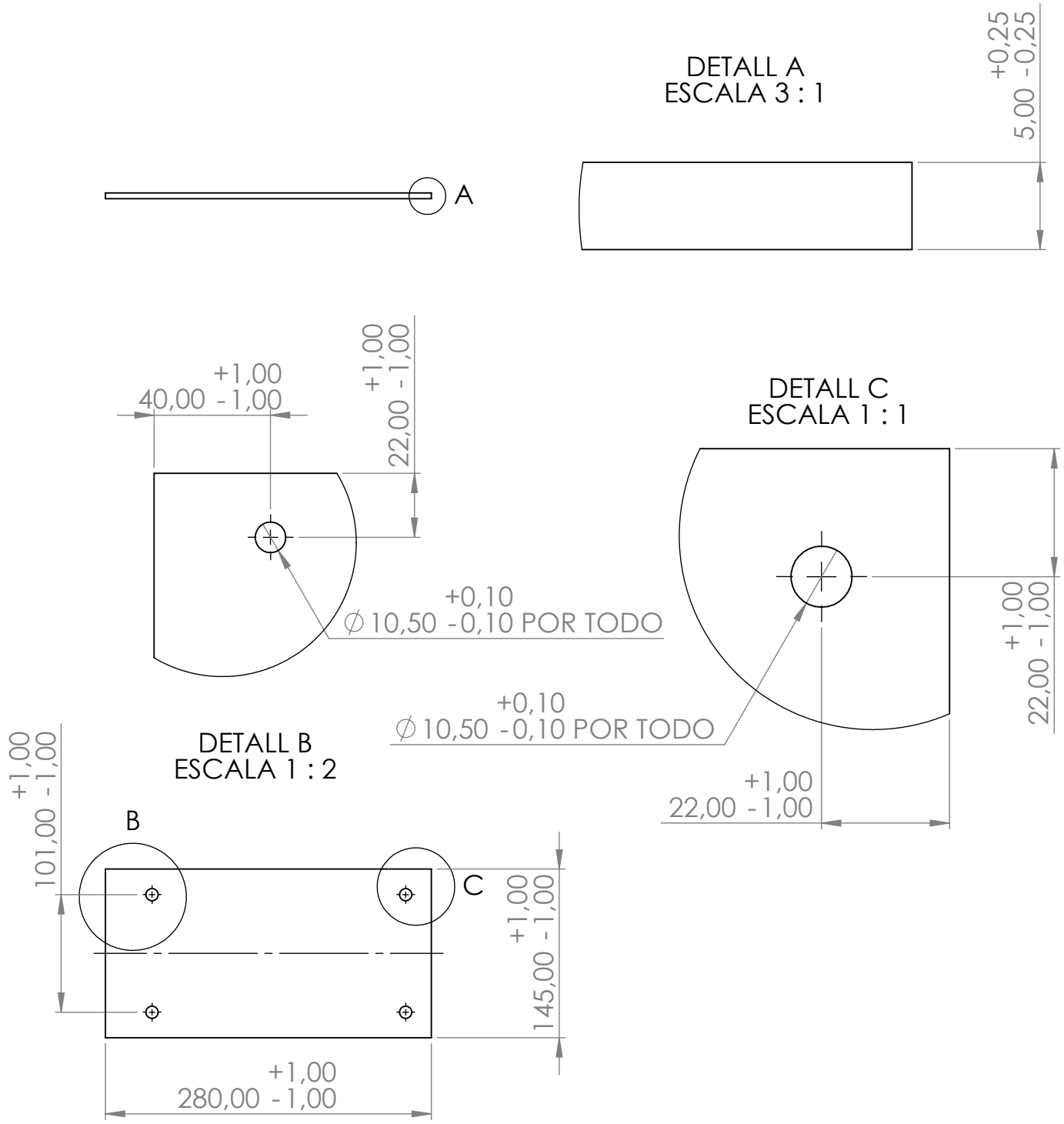
Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Suport fixació parabrises	Plànol nº: 3.1
Revisat:	Daniel Di Capua	Data d'entrega:	10/01/2019
Dibuixat:	Albert Guiu Ortiz	Quantitat:	2
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Format:	Escala:
		DIN A4	1:1
		Material:	Acer AISI 4130



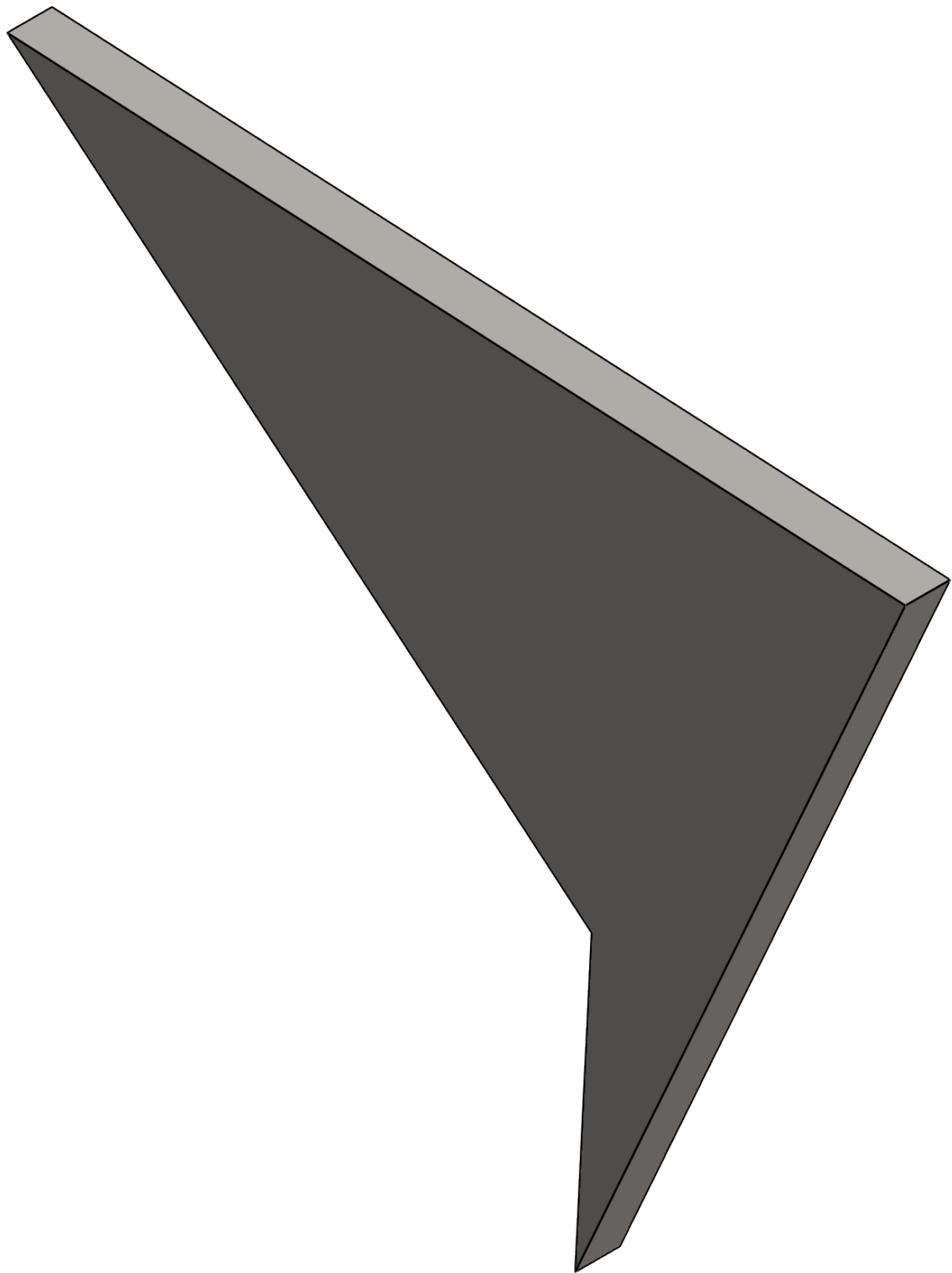
Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny	Peça: Espaiador suport parabrises	Plànol nº: 3.2
Revisat: Daniel Di Capua	Data d'entrega: 10/01/2019	
Dibuixat: Albert Guiu Ortiz	Format: DIN A4	Escala: 4:1
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	Material: Acer AISI 4130	
Projectió: 		





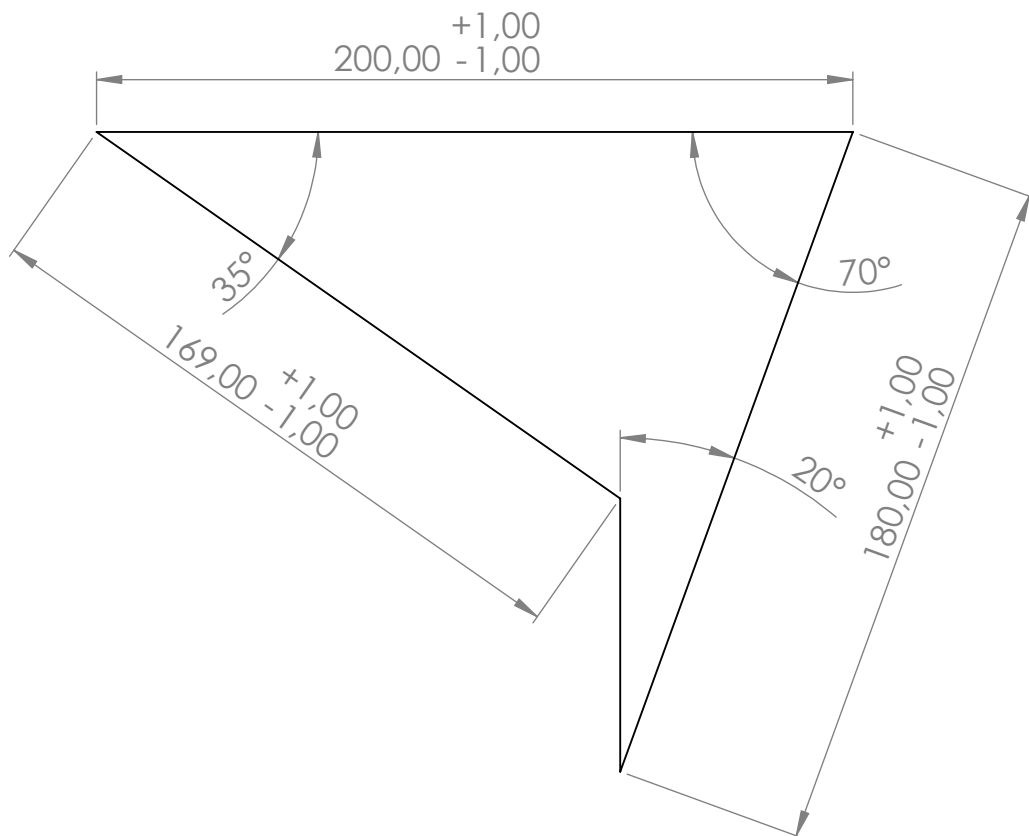
Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny	Peça: Suport central		Plànol nº: 4
Revisat: Daniel Di Capua	Data d'entrega: 10/01/2019		Quantitat: 4
Dibuixat: Albert Guiu Ortiz	Format: DIN A4	Escala: 1:2	Projecció: 
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est	Massa: 1579,97 g		Material: AISI 4130





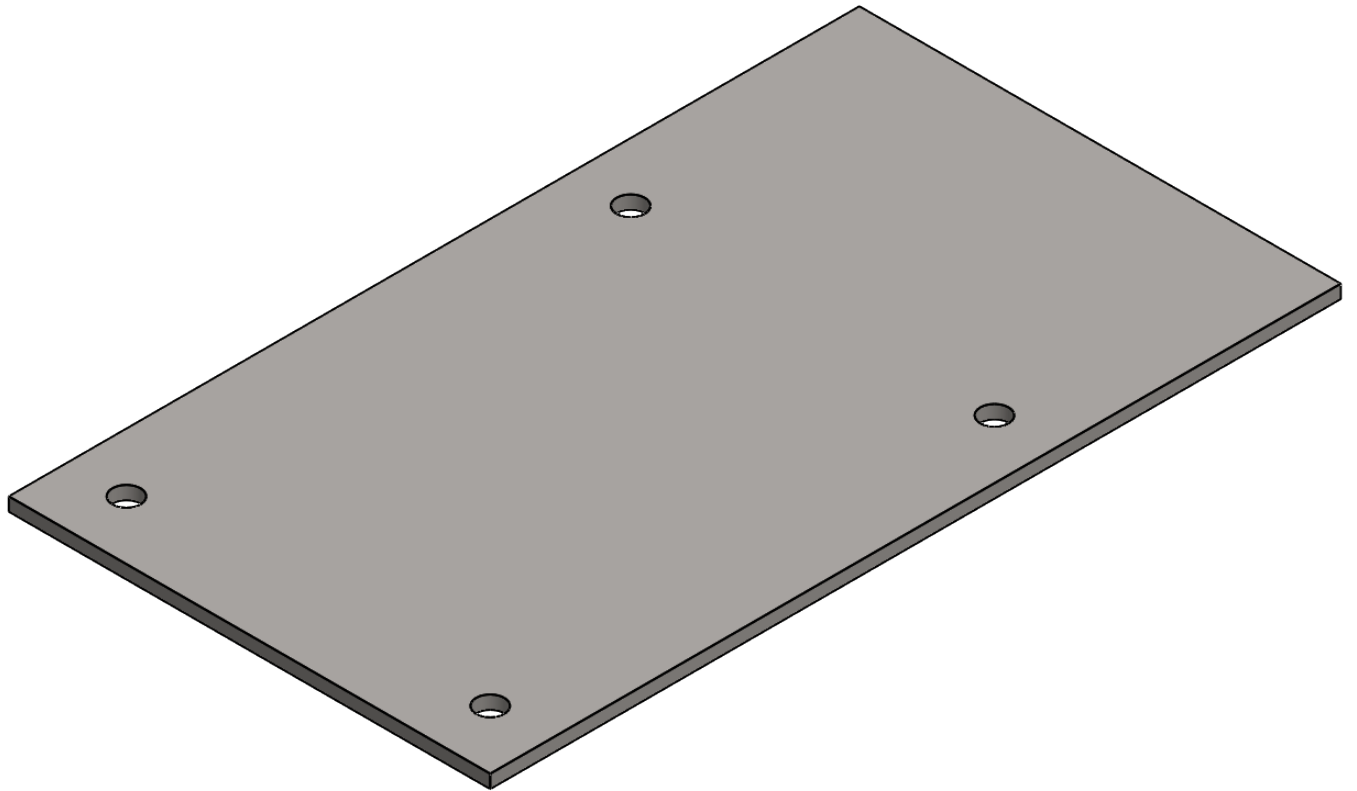
Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Suport central	Plànol nº: 4.1
Revisat: Daniel Di Capua		Data d'entrega: 10/01/2019	Quantitat: 4
Dibuixat: Albert Guiu Ortiz		Format: DIN A4	Escales: 1:5
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Material: Acer AISI 4130	





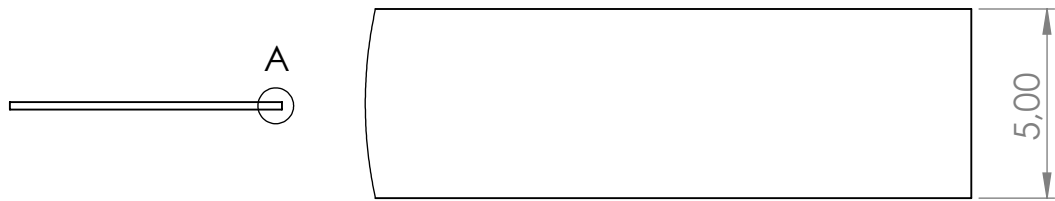
Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Cartel·la de reforç	Plànol nº: 5
Revisat: Daniel Di Capua	Data d'entrega: 10/01/2019		Quantitat: 4
Dibuixat: Albert Guiu Ortiz	Format: DIN A4	Escala: 1:1	Projecció: 
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Massa: 973,92 g	Material: AISI 4130



Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Cartel·la reforç	Plànol nº: 5.1
Revisat: Daniel Di Capua		Data d'entrega: 10/01/2019	Quantitat: 4
Dibuixat: Albert Guiu Ortiz		Format: DIN A4	Escala: 1:2
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Material: Acer AISI 4130	
			



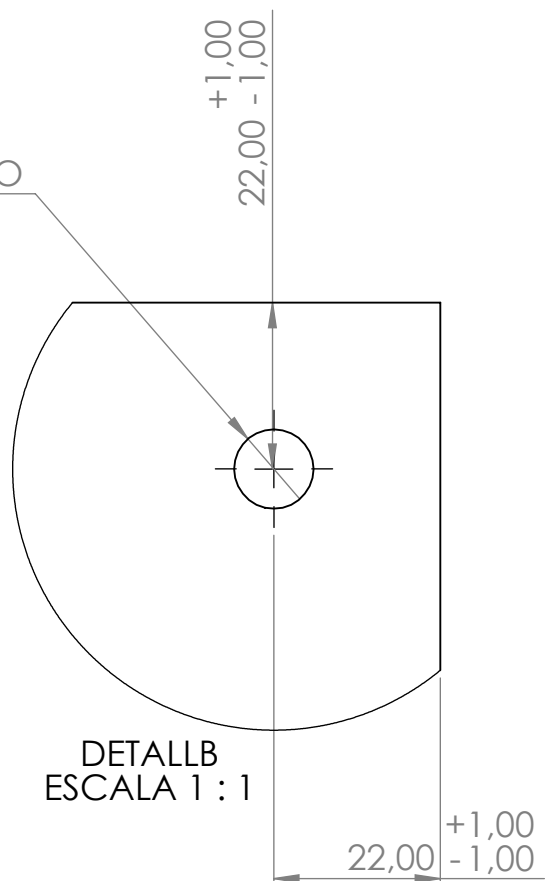
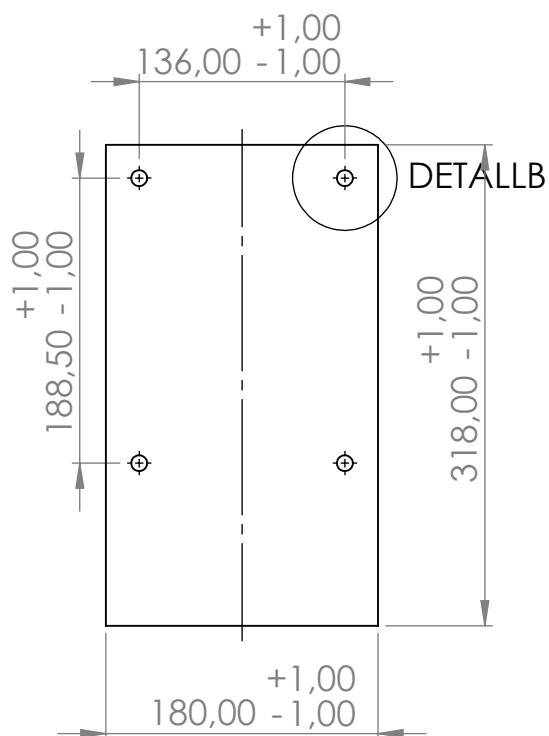
Disseny d'una gàbia de seguretat per a un tot terreny		Peça: Suport posterior	Plànol nº: 6
Revisat: Daniel Di Capua	Data d'entrega: 10/01/2019		Quantitat: 4
Dibuixat: Albert Guiu Ortiz	Format: DIN A4	Escala: 1:2	Projecció: 
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est		Massa: 2233,09 g	Material: AISI 4130



DETALL A
ESCALA 5 : 1

Per a tots els taladros

$\phi 10,50 \begin{matrix} +0,10 \\ -0,10 \end{matrix}$ POR TODO



Disseny d'una gàbia de seguretat
per a un tot terreny

Peça:
Suport posterior

Plànol nº:
6.1

Revisat: Daniel Di Capua

Data d'entrega: 10/01/2019

Quantitat: 4

Dibuixat: Albert Guiu Ortiz

Format:
DIN A4

Escala:
1:5

Projecció:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Material:
Acer AISI 4130

