

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención Fabricación de Autopartes de Vehículos

Diseño y construcción de un *bullbar* delantero para adaptar un winche para rescate, en las camionetas DMAX RT50 empleadas por el Cuerpo de Bomberos Ibarra.

Ing. Fernando Rene Flores Benitez

Nota del autor

Ing. Fernando Rene Flores Benitez, Facultad de Ingeniería Arquitectura e Ingeniería.
Universidad Internacional SEK.

Director Ing. Edilberto Llanes, Ph.D.

Codirector Ing. Juan Carlos Rocha, M.S.c

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

fflores.mdm@uisek.edu.ec

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, **Fernando Rene Flores Benitez**, con cédula de identidad 100295046-5, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

FERNANDO RENE FLORES BENITEZ

C.I.: 100295046-5

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar este trabajo, por lo que hace y por lo que hará en mí. Por esta meta alcanzada y por las lecciones enseñadas.

A mi hermano por el respaldo que día a día me lo entrega incondicionalmente.

A mi madre por su apoyo absoluto.

A mis maestr@s por los conocimientos impartidos y a la Universidad Internacional SEK por haberme permitido ser parte de ella.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN JURAMENTADA	2
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	4
Lista de Figuras	9
Lista de tablas.....	14
Resumen	16
Abstrac	17
INTRODUCCIÓN	18
Antecedentes	18
Planteamiento del problema.....	20
Justificación.....	21
ESTADO DEL ARTE.....	24
Generalidades	24
Diseño	27
La técnica de análisis por el método de elementos finitos	31
Método del elemento finito	31

Definición del problema.....	32
Discretización del dominio	33
Formulación matricial	34
Generación de malla.....	35
Mallas Estructuradas	35
Mallas No Estructuradas	36
Aplicación de la carga.....	37
Condiciones de frontera	37
Modelado	38
Materiales	38
Fabricación	39
Corte por plasma	40
Ensamble Mecánico	41
Soldadura	44
Tolerancias	46
Acabados superficiales.....	47

Fondeado	47
Pintado	48
MÉTODO.....	49
Determinación de los factores de diseño.....	50
Análisis de la geometría	52
Puntos de sujeción.....	¡Error! Marcador no definido.
Ensamble.....	¡Error! Marcador no definido.
Selección de instrumentos de investigación.....	55
Diseño e Implementación.....	56
Diseño tridimensional	58
Determinación de los desplazamientos en el <i>bullbar</i>	59
Definición del problema.....	59
Discretización.....	60
Identificación de variables de estado	61
Formulación del problema	64
Formulación Matricial (Ensamblaje de ecuaciones).....	65

Condiciones de frontera	65
Simulación por elementos finitos.....	65
Convergencia de la malla	67
Construcción	69
RESULTADOS.....	71
Diseño	71
Especificaciones de diseño.....	71
Anclajes.....	72
Juntas.....	72
Modelo	73
Modelado	74
Desplazamientos	74
Simulación	76
Análisis de desplazamientos	76
Análisis de tensión	78
Análisis de Fatiga.....	80

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DE BULLBAR	8
Prototipo.....	80
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

Lista de Figuras

Figura 1. Guardachoque; (Bahr, 1939).	18
Figura 2. Bullbar; (Norman & Drury, 1984).....	19
Figura 3. Barras de choque; (Safety, 2016).....	24
Figura 4. Bullbar; (La Voz, 2014).....	24
Figura 5. Barra Summit Sahara; (ARB, 2017).....	25
Figura 6. Winche; (Duthey, 2008)	26
Figura 7. Inaceptable bullbar; (Safety, 2016).....	27
Figura 8. Prototipado en cartón; (Duthey, 2008)	27
Figura 9. Bosquejo; (Diaz, 2016).....	27
Figura 10. Modelo tridimensional de bullbar; (Mike, 2012)	28
Figura 11. Diseño de una estructura; (HALL, HOLOWENCO, & LAUGHLIN, 1971)..	28
Figura 12. Diagrama de cuerpo libre de una viga simplemente apoyada; (Budynas & Nisbett, 2012).....	30
Figura 13. Convenciones de signos de la flexión y el cortante; (Budynas & Nisbett, 2012)	30

Figura 14. Cadena de elementos unidimensionales, (a): Modelo estructural. (b): Fuerzas en el nodo i (Hurtado G ., 2002)	32
Figura 15. diagramas de cuerpo libre por separado; (Hurtado G ., 2002).....	33
<i>Figura 16.</i> Mallas estructuradas; (DÍAZ MORCILLO, 2000)	36
<i>Figura 17.</i> Malla no estructurada; (DÍAZ MORCILLO, 2000).....	36
Figura 18. Cortado; (EcuRed, 2015)	40
Figura 19. Antorcha. (J D, 2012)	40
<i>Figura 20.</i> Perno y tuerca; (MIke, 2012)	41
Figura 21. Soldadura; (Masterax, 2017)	45
Figura 22. Representación simbólica de soldadura estándar AWS; (Helsel, 2010).....	45
Figura 23. Soldaduras de filete; (Budynas & Nisbett, 2012)	46
Figura 24. Fondeado; (Gamarra, 2016).....	48
Figura 25. Pintado; (Gamarra, 2016)	48
Figura 26. Etapas del diseño	49
Figura 27. Proceso de diseño	50
Figura 28. Analisis de la geometria.....	52

Figura 29. Desarmado del bumper delantero; (ISUZU, 2012)	53
Figura 30. Distrubcion de la fuerza; (ISUZU, 2012)	53
Figura 31. Placas de sujeción	53
Figura 32. Aplicación de la fuerza en las placas de sujeción.....	54
Figura 33. Bosquejo esquemático	56
Figura 34. Medidas	56
Figura 35. Moldes	56
Figura 36. Cacho del bullbar.....	58
Figura 37. Prototipo bullbar	58
Figura 38. Cuna del bullbar, a) base del bullbar b) estructura simplificada	59
Figura 39. Fuerzas que actúan sobre la estructura	60
Figura 40. Diagrama de cuerpo libre.....	60
Figura 41. Diagrama de cuerpo libre nodal.....	62
Figura 42. Diagrama de cuerpo libre del nodo 1.....	62
Figura 43. Diagrama de cuerpo libre del nodo 2.....	62
Figura 44. Diagrama de cuerpo libre del nodo 3.....	63

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DE BULLBAR	12
Figura 45. Diagrama de cuerpo libre de desplazamientos	63
Figura 46. Asignación del Material.....	66
Figura 47. Definición de la geometría fija	66
Figura 48. Asignación de fuerza	67
Figura 49. Mallado	68
Figura 50. Cortado	69
Figura 51. Soldado del bullbar	69
Figura 52. Bullbar pintado	70
Figura 53. Puntos de anclaje en la camioneta DMax RT50.....	72
Figura 54. Bullbar, prototipo de cartón.....	73
Figura 55. Prototipo bullbar	74
Figura 56. Modelado, a) solido a estudiar b) modelo completo.....	74
Figura 57. Desplazamientos (Vista lateral).....	76
Figura 58. Desplazamientos	77
Figura 59. Análisis de tensión.....	78
Figura 60. Análisis de tensión (Vista lateral).....	79

Figura 61. Análisis de fatiga 80

Figura 62. *Bullbar* real 81

Figura 63. Bullbar 81

Figura 64. Prototipo real y prototipo de cartón 83

Figura 65. Gráfico fuerza-desplazamiento / Calculado vs Simulado..... 85

Lista de tablas

Tabla 1.....	34
Tabla 2.....	39
Tabla 3.....	39
Tabla 4.....	42
Tabla 5.....	43
Tabla 6.....	47
Tabla 7.....	51
Tabla 8.....	55
Tabla 9.....	57
Tabla 10.....	60
Tabla 11.....	68
Tabla 12.....	71
Tabla 13.....	75
Tabla 14.....	77

Tabla 15..... 79

Tabla 16..... 82

Tabla 17..... 84

Resumen

A través del presente proyecto se busca diseñar y construir un *bullbar* delantero, autoparte destinada para las camionetas DMAX RT50 utilizadas para rescate por el Cuerpo de Bomberos Ibarra que garantice la seguridad y el soporte. trabajo que cuenta con varias etapas entre estas se encuentra la revisión bibliográfica, donde se busca obtener la mayor cantidad de información la que servirá de pilar fundamental. En la etapa de diseño la primera parte es la generación de una idea que se plasmará en un bosquejo que servirá como base para la construcción de un prototipo inicial en un material que se pueda manipular de esta manera poder realizar algunas reformas, consecuentemente proceder con el modelado numérico y simulación tomando en cuenta las características y condiciones de trabajo, que a través de una herramienta permitan emular el comportamiento del *bullbar*, e identificación posibles puntos de falla para su respectiva análisis mediante el cual después de su validación servirá para la generación de planos de taller y de montaje, terminando finalmente con las conclusiones y recomendaciones que se deben tener en cuenta.

Palabras Claves: Diseño mecánico, diseño de autopartes, prototipo, *bullbar*, simulación.

Abstrac

Throughout the present investigation, it is intended to design and build a front bullbar, part of a vehicle for DMAX RT50 trucks used for rescue by the Cuerpo de Bomberos Ibarra to ensure safety and support, project that has several stages among these is the bibliographic review, which seeks to obtain the largest amount of information which will serve as a pillar. In the design stage the first part is the generation of an idea that will be embodied in a sketch that will serve as the basis for the construction of an initial prototype in a material that can be manipulated in this way to be able to carry out some reforms, consequently proceed with numerical modeling and simulation taking into account the characteristics and working conditions that through a tool allow bullbar emulate the behavior of obtaining results, identification of possible points of failure for your respective analysis through which, after its validation, it will be used for the generation of workshop and assembly plans, finally ending with the conclusions and recommendations that should be have in mind.

Keywords: Mechanical design, auto parts design, prototype, *bullbar*, simulation.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El guardachoque fue presentado el 27 de junio 1939 por su inventor Bahr Gustave F y con American Chain & Cable Co patentaron esta autoparte como un dispositivo de parachoques, particularmente, un protector sujeto al *bumper* para aumentar su área vertical (Bahr, 1939). Ver figura 1.

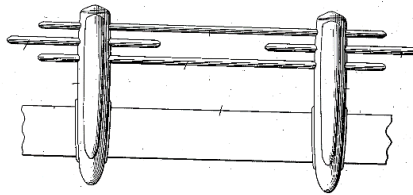


Figura 1. Guardachoque; (Bahr, 1939).

Los fabricantes de automóviles de la época han gastado un tiempo considerable además de dinero para perfeccionar el diseño de los vehículos, y en la medida en que la parrilla frontal empezaba a jugar un papel muy importante en el diseño del vehículo, los fabricantes intentan hacer la parrilla tan agradable al ojo como sea posible. En 16 de diciembre de 1952, James Dykstra conjuntamente Gen Motors Corporation presenta una construcción extrema para ello, combina un paragolpes y una rejilla de admisión de aire (Dykstra, 1949).

Luego, Norman K. Drury quien invento los *bullbars* conjuntamente con Drumac Holding Pty. Limited la patentaron y fue publicada el 4 de septiembre de 1984, donde menciona que un *bullbar* vehículo comprende una serie de barras de defensa montadas en un par de postes verticales fijados por sus extremos inferiores a la parte delantera del vehículo como se puede ver en la figura 2 (Norman & Drury, 1984).

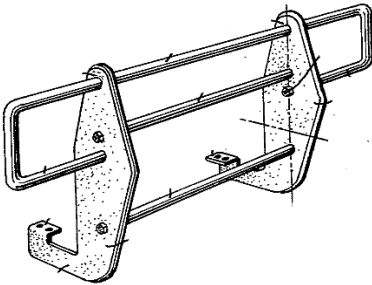


Figura 2. Bullbar; (Norman & Drury, 1984).

Planteamiento del problema

El cuerpo de bomberos de la ciudad de Ibarra cuenta con unidades de rescate que están equipadas con defensas, las cuales son empleadas como protectores de los vehículos y para soporte de los neblineros, por lo que se le considera como implemento automotriz deficiente a la hora de algún incidente o accidente, ya que no se puede sujetar cuerdas de las cuales puedan descolgarse para realizar su trabajo una operación de rescate.

Se considera un problema importante cuando se presenta un llamado de emergencia y no pueden ayudar con su vehículo para levantar objetos pesados, debido a que estas defensas no cuentan con un estudio técnico que avale la capacidad, resistencia, soporte o límites de trabajo.

En la ciudad de Ibarra existen varias empresas que se dedican a realizar este tipo de autopartes, entre ellas se encuentran varias cerrajerías, metalmecánicas además de mecánicas automotrices que ofertan sus servicios mencionando que son de alta calidad sin contar con un estudio que avale esta autoparte.

Por lo anteriormente señalado se presenta el problema siguiente:

¿Cómo diseñar un *bullbar* para los equipos de rescate del cuerpo de bomberos de la ciudad de Ibarra que permita la adaptación de un winche?

Justificación

La misión del cuerpo de bomberos Ibarra es salvar vidas y proteger bienes inmuebles con acciones oportunas y eficientes, en la lucha contra el fuego, rescate, salvamento y prevención de emergencias, por desastres naturales y/o producidos por el ser humano (Cuerpo de Bomberos, 2017).

El Coronel del cuerpo de bomberos afirma que: la institución está equipada con nueve vehículos, 8 camionetas Chevrolet DMAX RT50 distribuidas en toda la provincia de Imbabura de las cuales las estaciones Yahuarcocha, San Antonio , Ambuquí, San Gerónimo y Rumipamba, se encuentran en las zonas rurales, y existe solo un vehículo para rescate, una camioneta Ford F250 que se encuentra en el centro de la ciudad (Bomberos, 2017).

Los ríos de la provincia son visitados con frecuencia en los feriados, y el Cuerpo de Bomberos Ibarra designa sus unidades para acudir a estos sitios, en ciertas partes específicas del río se colocan cuerdas para prevenir accidentes, para los casos que hay atrapamientos en las corrientes de agua, la extracción mediante la fuerza manual es la única opción, misma que quita tiempo y se convierte en tortuosa para la persona que está actuando en auxilio, dejándolo fatigado y con menos fuerza para realizar otra extracción.

En lo concerniente a desastres naturales, tales como inundaciones o deslaves, es necesario el uso de cuerdas y procesos manuales para acceder y extraer personas, o para liberarlos de atrapamientos bajo objetos pesados que necesiten ser removidos.

El acceso a varios lugares de la provincia es complicado para vehículo Ford F250 debido a su tamaño y al tipo de carretera, además tampoco puede estar en varios lugares a la vez, para lo cual se desea incrementar esta herramienta en las camionetas DMax con las cuales se puede acceder a cualquier tipo de terreno, como los lugares donde se generan incendios con frecuencia

sobre todo en verano, Yahuarcocha, Loma de Guayabillas, Cubilche y el Volcán Imbabura, sitios que contienen laderas y cada año son afectados con este tipo de eventualidades.

Considerando el accidente que hubo en el sector de Oyacoto en la ciudad de Quito, un autobús de la cooperativa Pulman Carchi que perdió pista y cayó a un barranco de 60 metros en el cual doce personas fallecieron y hubo veintiún heridos donde la extracción se la llevo a cabo manualmente, el tiempo de extracción se extendió durante dos días debido al agotador trabajo y a que necesitaban maquinaria pesada para extraer un cuerpo que se encontraba bajo los escombros (El Universo, 2016).

Cuando se presentan dos acontecimientos de los ya mencionados a uno de estos acude el vehículo de rescate y al otro la camioneta que no está equipada con el equipo apropiado, de esto se deduce que se debería implementar al menos un *bullbar* en cada estación de la institución.

Debido a que Imbabura tiene varios sectores rurales mismos que contienen varias carreteras aledañas a quebradas donde existe la probabilidad de que los vehículos pierdan la carretera y caigan a los barrancos, el winche instalado en las camionetas serviría de soporte para izar o contener el vehículo mientras la grúa lo rescata.

La tecnología avanza al igual que las herramientas, entonces es lo más factible que este desarrollo tecnológico también llegue a las instituciones de rescate brindándoles comodidad y seguridad, para este caso es el generar un dispositivo que se adapte a los vehículos sin la necesidad de modificar la estructura ni forma, en el cual se coloque un winche.

El presente trabajo tiene como objetivo principal:

Construir un *bullbar* en la camioneta DMAX RT50 del cuerpo de bomberos a partir del diseño, análisis estructural de cargas y simulación FEM de la estructura, para la adaptación de un winche en el guardachoque delantero.

Con la finalidad de alcanzar el objetivo principal es necesario:

1. Identificar la geometría de la camioneta a partir de las formas en la parte frontal, para definir las medidas adecuadas y establecer los puntos idóneos para el anclaje de la autoparte al vehículo.
2. Determinar las fuerzas que actúan sobre el bullbar a partir de las condiciones máximas de trabajo para realizar la modelación matemática.
3. Realizar un análisis de simulación por el método de elemento finito para la validación del prototipo y construcción del mismo.

ESTADO DEL ARTE

Generalidades

Los *bullbars*, también conocidos como barras de choque son fuertes estructuras metálicas colocadas para evitar daños a la parrilla, el capó y faros de los automóviles en impactos leves (TRL, 2017). Los mismos son instalados exteriormente en las partes frontales de los vehículos (Real Academia Española, 2014). Ver figura 3.

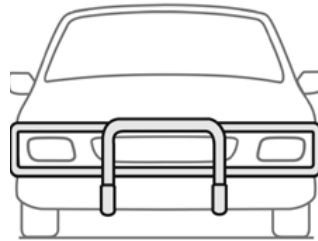


Figura 3. Barras de choque; (Safety, 2016).

Las camionetas son los vehículos más apropiados para instalar esta autoparte, debido a la forma del *bullbar*. Este aumenta la distancia entre el piso y el punto más bajo de la parte delantera del vehículo, mejorando el ángulo de ataque y ayudando a que no golpee con piedras u objetos altos en el camino, del mismo modo que no se llene de tierra al momento de circular por lugares lodosos como se observa en la figura 4 (La Voz, 2014).



Figura 4. Bullbar; (La Voz, 2014)

También son adecuados los vehículos diseñados para usarse en zonas rurales y remotas proporcionando una protección mejorada para componentes mecánicos además proporciona una base sólida para montar accesorios como luces, winches, grilletes y también antenas como se observa en la figura 5 (ARB, 2017). Para la construcción de estos se debe tomar en cuenta las tolerancias y condiciones de los *bullbars* según el anexo A (Safety, 2016).



Figura 5. Barra Summit Sahara; (ARB, 2017)

En 1992 el arrastre de madera se consideraba una de las operaciones más costosas en la cosecha forestal (SESSIONS, 1992), y se veía como un avance tecnológico de alto rendimiento el uso de vehículos para alar (SARRE, 1993).

En la actualidad el sistema de arrastre se encuentra simplificado en un dispositivo mecánico, rodillo o cilindro giratorio, impulsado por un motor, con un cable, que sirve para arrastrar o desplazar grandes cargas (Lexicoon, 2017), compuestos por un tambor horizontal, donde se enrolla un cable de acero a la tracción, que está sujeto a un objeto para remolcar o ser remolcado, y operado por un motorreductor (Indumaq, 2017). Ver figura 6.



Figura 6. Winche; (Duthey, 2008)

La Revisión Técnica de Vehículos tiene por objeto primordial garantizar las condiciones mínimas de seguridad de los vehículos basadas en los criterios de diseño y fabricación de los mismos (M.O.P.T., 2008). Según lo establecido en el Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte y Seguridad Vial en el artículo 312, establece que, con respecto a los *bullbars* está prohibida la instalación de accesorios extras como protectores adicionales. Acotándose a esto, para vehículos particulares se ha emitido un criterio técnico por el comité de transporte público del 16 de febrero de 2001 que dice: la colocación del *bullbar* no se considera como un accesorio extra en el guardachoque, debido a que en este caso particular, se retira la defensa original del vehículo, la misma que es reemplazada por un elemento de similares dimensiones y forma (Mayorga, 2012), también se puede mencionar que según la resolución No. 070-DIR-2015-ANT del reglamento relativo a los procesos de la revisión de vehículos, en el capítulo XI de las excepciones, en el Art. 53, quedan exentos los vehículos destinados a la seguridad interna y externa, que se someterán al proceso de revisión vehicular (A.N.T., 2015). En la figura 7 se puede observar una de las formas inaceptables para *bullbars* debido a que cubre parte de las luces direccionales, además que en este caso se puede observar que es un implemento adicional en el vehículo.

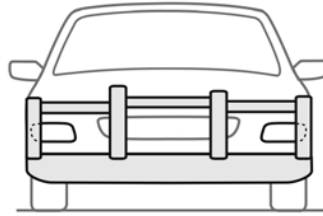


Figura 7. Inaceptable bullbar; (Safety, 2016)

Diseño

Descubrir, interpretar, idear-experimentar y evolucionar, ir y regresar las veces que se desee hasta obtener el resultado deseado (designthinking, 2017). Ver figura 8.



Figura 8. Prototipado en cartón; (Duthey, 2008)

El dibujo o bosquejo es la base para identificar la viabilidad de un producto, dando paso a realizar planos (Helsel, 2010, p. 3). Mediante el cual se puede tener la primera idea ya sea de un vehículo o de sus partes. Ver figura 9.

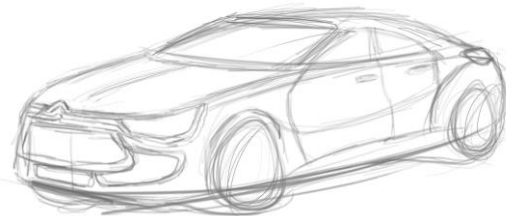


Figura 9. Bosquejo; (Diaz, 2016)

Para la construcción de autopartes la aparición del CAD ayudó para que se pueda analizar la forma, dimensiones y materiales, en él se puede variar los diseños para que el usuario pueda elegir, así ahorrar costos y trabajo (Callister, 2007). Cuando la industria automotriz empieza a surgir el desarrollo de los sistemas CAD y los programas empiezan a evolucionar para realizar dibujos en 2D y sistemas más complejos para geometría en 3D que usaban modelado sólido y superficies, favoreciendo al desarrollo de productos. (Helsel, 2010, p. 3). Ver figura 10.

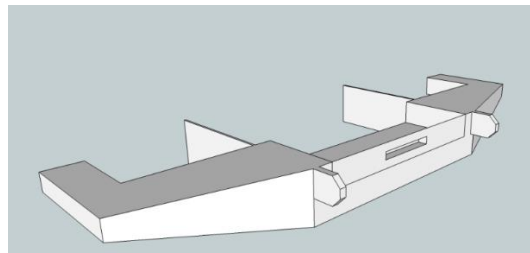


Figura 10. Modelo tridimensional de bullbar; (Mike, 2012)

El proceso de diseño incluye: reconocer una necesidad, establecerla en términos generales, realizar un diseño preliminar para identificar características globales amplias que permitan escribir las especificaciones para las componentes principales, siguiendo un plan semejante al que se muestra en la figura 11.

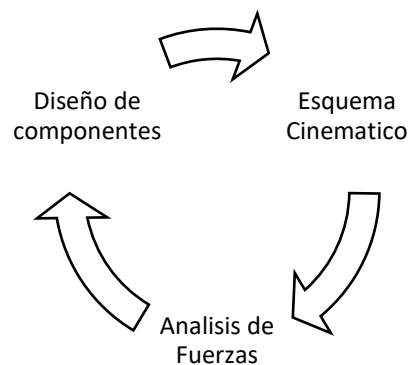


Figura 11. Diseño de una estructura; (HALL, HOLOWENCO, & LAUGHLIN, 1971)

Después de haber establecido las especificaciones generales, debe fijarse una disposición cinemática, o esqueleto. (HALL, HOLOWENCO, & LAUGHLIN, 1971). Posteriormente se debe hacerse un análisis de fuerzas.

Equilibrio y diagramas de cuerpo libre

Para estudiar los sistemas de izaje o cualquier parte aislada de una estructura, y se debe considerar las fuerzas y los momentos que actúan y se balancean de tal manera que la suma de todas las fuerzas y de todos los momentos del sistema son igual a cero. Por medio de los diagramas de cuerpo libre se podrá aclarar las partes que se vuelven confusas y permite destacar puntos que no siempre son obvios, así realizar un análisis de una estructura compleja separándola en elementos para estudiarlos y analizarlos, subsecuente a esto las respuestas se unifican para producir información respecto al sistema total, proporcionando información que se traduce en dimensiones, magnitudes. (Budynas & Nisbett, 2012).

Fuerza cortante y momentos flexionantes

Es considerado el esfuerzo interno que realiza una autoparte a las tensiones, la fuerza cortante es igual a la suma de fuerzas de la sección cortada. El momento flexionante es igual a la suma de momentos de las fuerzas. El momento flexionante se describe mediante la ecuación 1.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (1)$$

En la figura 12a, se muestra una viga con tres fuerzas F1, F2 y F3 y las reacciones R1 y R2. Si la viga se corta en alguna sección a lo largo de $x = x_1$ y se quita la parte izquierda se

establece un diagrama de cuerpo libre, también se observa la actuación de una fuerza cortante interna V y un momento flexionante M (figura 12b)

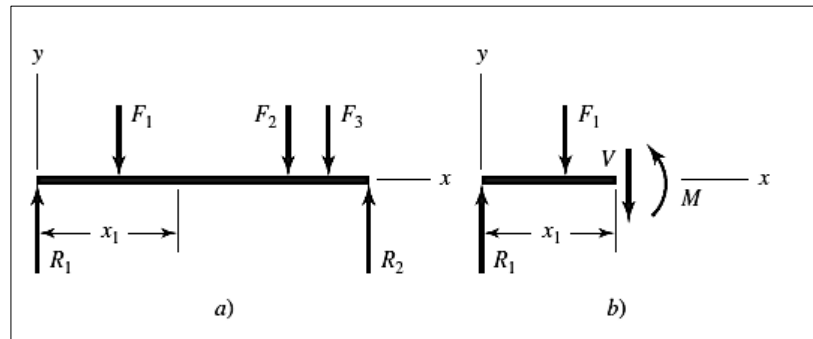


Figura 12. Diagrama de cuerpo libre de una viga simplemente apoyada; (Budynas & Nisbett, 2012)

En la figura 13, se observa las convenciones de signo.

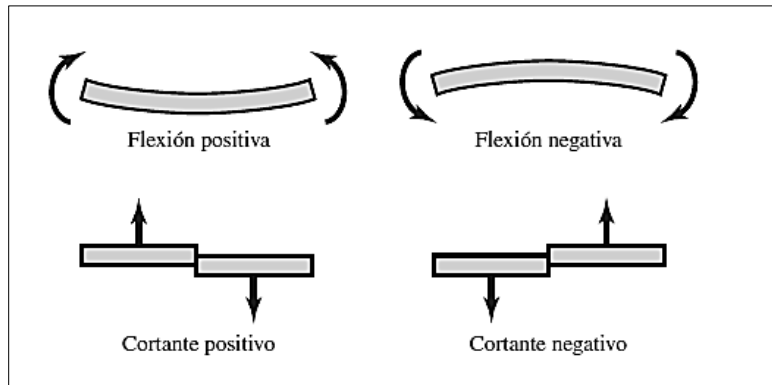


Figura 13. Convenciones de signos de la flexión y el cortante; (Budynas & Nisbett, 2012)

Esfuerzos uniformemente distribuidos

Con frecuencia, en el diseño se adopta una distribución uniforme del esfuerzo llamada tensión simple, compresión simple o cortante simple, dependiendo de cómo se aplique la carga externa al cuerpo. Una barra en tensión es un ejemplo típico con una carga de tensión F se aplica mediante pasadores a los extremos de la barra que se puede reemplazar su efecto aplicando una fuerza uniformemente distribuida de magnitud σA al extremo cortado. De esto se dice que el esfuerzo σ está uniformemente distribuido y se obtiene mediante la ecuación 2.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

En esta suposición quiere decir que la distribución uniforme del esfuerzo requiere que, la barra sea recta y homogénea, la línea de aplicación de la fuerza pase por el centroide de la sección y además que la sección se tome lo suficientemente alejada de los extremos.

Esfuerzos normales

Para representar los esfuerzos hay que suponer que la viga se somete a flexión simple esto se traduce en que la fuerza cortante es nula y que no hay cargas de torsión o axiales, el material es homogéneo y cumple con la ley de Hooke la viga tiene un eje de simetría en el plano de la flexión y es recta.

La técnica de análisis por el método de elementos finitos

Método del elemento finito

La técnica de análisis por elementos finitos (AEF), consiste en el empleo de los métodos numéricos en la resolución de problemas físico como los de mecánica estructural (Roderas, 2005). Está basado en dividir la geometría en la que se quiere resolver, a un problema en pequeños elementos (Roderas E. , 2007). Para solucionar problemas de esfuerzos en sólidos

continuos como varillas o vigas en el campo de la mecánica estructural se utiliza una rejilla de elementos lineales (Hrennikoff McHenry y Newmark, 1940).

Definición del problema

Para el análisis de problemas en elementos finitos, se considera un elemento de barra con carga en tensión o compresión con el área transversal constante (A), módulo elástico (E) y longitud (l). Que se lo reemplaza por un resorte lineal simple, cuyo índice de elasticidad (k) se determina en función de la ecuación 3.

$$k = \left(\frac{AE}{L}\right)^e \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Considerando un elemento de resorte (e) con nodos i y j y con el índice de elasticidad ke como se representa en la figura 14.

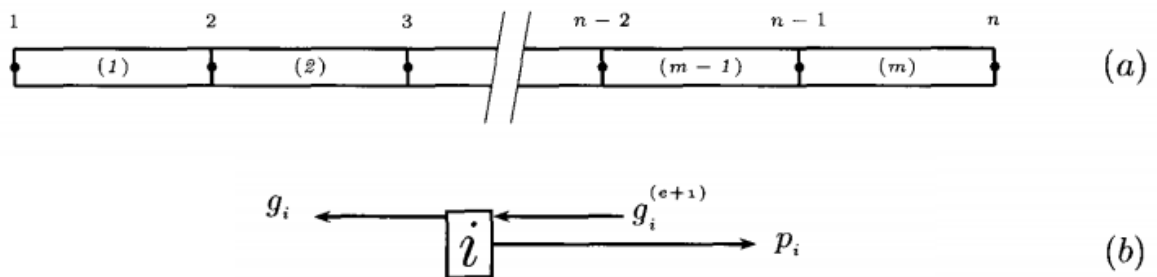


Figura 14. Cadena de elementos unidimensionales, (a): Modelo estructural. (b): Fuerzas en el nodo i (Hurtado G., 2002)

En la figura 15 se representa el diagrama de cuerpo libre para identificar las fuerzas internas, sobre el cual actúa las fuerzas P en cada nodo.

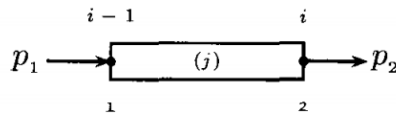


Figura 15. diagramas de cuerpo libre por separado; (Hurtado G ., 2002)

Discretización del dominio

Para describir los grados de libertad de los desplazamientos en cada elemento se según el diagrama de cuerpo libre se obtiene la ecuación 4.

$$\begin{aligned}
 \text{Elemento}(e) : \quad & \begin{pmatrix} g_{i-1}^{(e)} \\ g_i^{(e)} \end{pmatrix} = \left(\frac{EA}{l} \right)^{(e)} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}^{(e)} \\
 \text{Elemento}(e + 1) : \quad & \begin{pmatrix} g_i^{(e+1)} \\ g_{i+1}^{(e+1)} \end{pmatrix} = \left(\frac{EA}{l} \right)^{(e+1)} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}^{(e+1)}
 \end{aligned} \tag{4}$$

Luego al sustituir la nomenclatura local de los nodos por la global se obtiene las numeraciones locales y nodales

Para definir la configuración de los elementos que conforman el modelo general de método directo se utiliza como referencia la tabla 1 (Hurtado G ., 2002).

Tabla 1
Configuación de los elementos del sistema

Elemento	Numeración	Numeración
	Local	Global
1	1	1
	2	2
2	1	2
	2	3
3	1	3
	2	4

De donde se obtiene la ecuación 5

$$\begin{aligned}
 & -\left(\frac{EA}{l}\right) \begin{pmatrix} -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{i-1} \\ u_i \end{pmatrix} + p_i \\
 & -\left(\frac{EA}{l}\right)^{(e+1)} \begin{pmatrix} 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_i \\ u_{i+1} \end{pmatrix} = 0
 \end{aligned} \tag{5}$$

La ecuación 5 puede ser expresada según la ecuación 6:

$$\left(-\left(\frac{EA}{l}\right) \begin{pmatrix} EA \\ l \end{pmatrix} + \left(\frac{EA}{l}\right)^{(e+1)} \begin{pmatrix} EA \\ l \end{pmatrix} - \left(\frac{EA}{l}\right)^{(e+1)} \begin{pmatrix} EA \\ l \end{pmatrix} \right) \begin{pmatrix} u_{i-1} \\ u_i \\ u_{i+1} \end{pmatrix} = p_i \tag{6}$$

Formulación matricial

La ecuación 6 se puede establecer para cada uno de los nodos, formando una matriz generalizada como se muestra en la ecuación 7 (Hurtado G ., 2002).

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \kappa^{(1)} & -\kappa^{(1)} & 0 & \dots & 0 \\ -\kappa^{(1)} & \kappa^{(1)} + \kappa^{(2)} & -\kappa^{(2)} & \dots & 0 \\ 0 & -\kappa^{(2)} & \kappa^{(2)} + \kappa^{(3)} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \kappa^{(m-1)} + \kappa^{(m)} & -\kappa^{(m)} \\ 0 & 0 & \dots & -\kappa^{(m)} & \kappa^{(m)} \end{pmatrix}}_{\mathbf{k}^*} \underbrace{\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_{n-1} \\ u_n \end{pmatrix}}_{\mathbf{d}^*} = \underbrace{\begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ \vdots \\ p_n \end{pmatrix}}_{\mathbf{f}^*} \tag{7}$$

Generación de malla

La generación de la malla permite conocer la geometría exacta de un objeto, cuanta más precisión exista entre el mallado y la geometría del objeto, los resultados del análisis serán más precisos (DASSAULT SYSTEMES, 2017).

Para elementos tipo sólido se utiliza mallas tipo tetraedro, pirámide y hexaedro, mientras que para elementos de cascarones se usa triángulos y cuadriláteros. (Lopez Ortiz, 2016)

El método de mallado 2-D, permite crear una malla mapeada de una superficie, el orden de selección de puntos puede ser arbitrario. (Morelo, iberisa.wordpress.com, 2011)

El uso de mallas tetraédricas es sugerido para ensambles multi-sólidos debido a que al tocar las caras no tienen el mismo tamaño. (Morelo, 2017)

El uso de elementos hexaédricos permite reducir el tamaño del modelo al máximo manteniendo una elevada precisión de resultados. (Morelo, iberisa.wordpress.com, 2011)

Normalmente, si no se especifica ningún método, el programa decide si crear una malla libre o una malla estructurada. (Morelo, 2017)

Mallas Estructuradas

En la malla estructurada se utilizan fundamentalmente elementos cuadriláteros (2D), o hexaédricos (3D) como se ilustra en la figura 16 (DÍAZ MORCILLO, 2000).

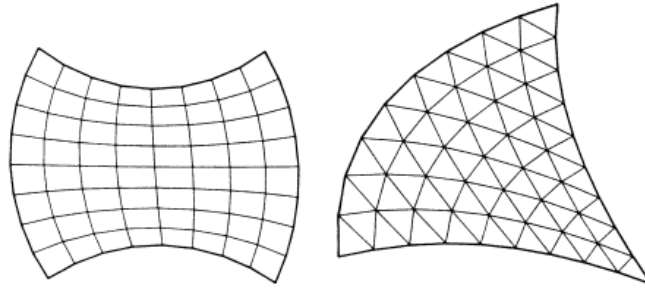


Figura 16. Mallas estructuradas; (DÍAZ MORCILLO, 2000)

Mallas No Estructuradas

La malla no estructurada está determinada por el contorno del objeto, para discretizar elementos en forma triangular (2D) o el tetraédrico (3D) como se muestra en la figura 17 (DÍAZ MORCILLO, 2000).

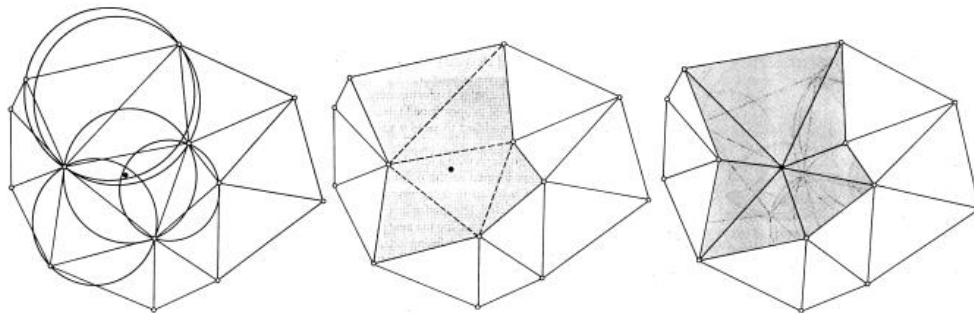


Figura 17. Malla no estructurada; (DÍAZ MORCILLO, 2000)

Convergencia de mallado

Para escoger la malla adecuada se puede tomar en cuenta los valores del radio de aspecto, el rango de valores aceptables depende del tipo de elemento, se utilizan límites entre 1 y 10 para desplazamientos.

EL estudio de convergencia, permite obtener una solución precisa con una malla lo suficientemente densa, sin demandar una cantidad excesiva de recursos de procesamiento (autodesk, 2015).

Aplicación de la carga

Se puede especificar cargas en forma nodal y por carga de elementos. Un aspecto de la aplicación de cargas se relaciona con el principio de Saint-Venant (Makai, 1966).

Las cargas en los elementos pueden ser cargas estáticas o dinámicas ya sea por el peso, la aceleración constante o la rotación (Budynas & Nisbett, 2012).

Carga muerta

Se relaciona con el peso total de la estructura en condiciones operativas, incluye todos los componentes estructurales y no estructurales que lo conforman, es decir, el *bullbar* con todos sus accesorios.

Carga viva

Se identifica como carga viva, a la carga distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales del *bulbar*, son aquellas que pueden cambiar de lugar y magnitud, o sea, todas las cargas que la autoparte va a levantar o traccionar.

Condiciones de frontera

Consideradas condiciones de contorno, son los parámetros de trabajo conocidos de acuerdo al origen del sistema. Así como el empotramiento donde los desplazamientos son iguales

a cero y el extremo libre donde se pueden aplicar las fuerzas ya se ha tensión o a compresión.

(Ramirez, 2012)

Modelado

Para la realización de las partes y el ensamble de la estructura vehiculares se puede utilizar simuladores o softwares de diseño como SolidWorks, RhinoCeros, Nx, entre otros, los que se basan en modelos matemáticos que se adaptan a la realidad mediante modelos de elementos finitos (Du Bois & E., 2004) . La generación de cualquier modelo computacional siempre presentará varias dificultades. Desde otro punto de vista para que los resultados sean precisos se debe representar el modelo lo más exacto posible. Si la forma y las variables para el análisis son consideradas adecuadamente, los resultados se asemejarán mucho a lo real (Fuerte Hernández, y otros, 2014).

Materiales

La industria de la Mecánica Industrial y la metalmecánica son quienes se dedican a realizar este tipo de guardachoques y defensas en el país, específicamente se fabrica a partir de láminas de acero desde los 2mm reforzado con una estructura tubular. Todo dependiendo la función que va a desarrollar (Masterax, 2017) (J D, 2012), y bisagras o sujetadores a partir de 4 mm (ARB, 2017).

Mientras tanto para la construcción de *bullbars* cuyas bisagras son de láminas de acero con las cuales se sujeta la autoparte al chasis se utiliza planchas de 8mm (Duthey, 2008). Para la construcción de estas autopartes se necesita saber la disponibilidad del material debido a esto en

la tabla 2 se encuentran las descripciones generales de planchas de acero negro con las cuales se puede disponer.

Tabla 2
Especificaciones Generales de Planchas de acero

Especificaciones Generales	
Espesores	1.20mm a 150.00mm
Rollos	Ancho 1000mm,1220mm,1500mm
Planchas	4x8 pes y a medida

Nota: en la tabla 2 Especificaciones Generales de Planchas de acero; (DIPAC, 2017)

Mientras tanto en la tabla 3 se puede apreciar la calidad estructural de las planchas de acero.

Tabla 3
Calidad estructural de las planchas de acero

	Norma		Composición Química			Propiedades Mecánicas		
	C	Mn	Si	P	S	Esfuerza Fluencia	Esfuerzo Tracción	Elongación
Acero A36	0,26	0,8 a 1,20	0,40	0,04	0,05	250 MPa	400 MPa	20 %
Acero 4140	0,38 a 0,43	0,75 a 1	0,15 a 0,035	0,035	0,04	588 Mpa	931MPa	18%

Nota: En la tabla 3 se representa la calidad estructural de las planchas de acero; (DIPAC, 2017)

Las planchas de acero son procesadas con el fin de ser usadas en accesorios para automóviles y maquinaria. (Kalpakjian, 2008).

Fabricación

Varias de las partes de los vehículos utilizan diferentes tipos de procesos de fabricación (Garavito, 2008). Para la construcción de autopartes como *bullbars*, barras de tiro, baldes de camionetas o furgones, se emplea la manufactura, que se encarga de convertir las materias primas en productos, a partir de procesos como el cortado, doblado, soldado y pintado entre otros (Kalpakjian, 2008).

Corte por plasma

Este tipo de proceso permite cortes de espesores desde 0.5 a 160 milímetros, en comparación con los procesos de corte mecánicos, la cantidad de fuerza requerida para sostener la pieza de trabajo muy inferior en el caso del proceso de corte con arco de plasma (EcuRed, 2015)



Figura 18. Cortado; (EcuRed, 2015)

El fundamento del corte por plasma se basa en elevar la temperatura del material a cortar por encima de los 14 000 °C, llevando el gas utilizado hasta el cuarto estado de la materia, el plasma. Al aumentar el flujo del gas y reducir la abertura de la boquilla utilizada, se obtiene un chorro de plasma capaz de cortar metales. El chorro de plasma al ser lanzado contra la pieza penetra la totalidad del espesor, reduciendo el riesgo de deformaciones (J D, 2012). Ver figura 19.

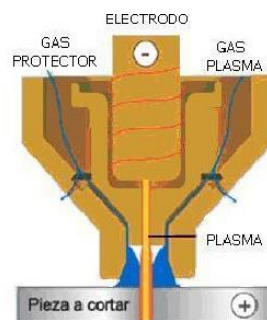


Figura 19. Antorcha. (J D, 2012)

Ensamble Mecánico

Para realizar un ensamble mecánico de componentes vehiculares se usan diferentes métodos de sujeción que implican el uso de componentes tales como tornillos y tuercas o también sueldas.

Los automóviles, la maquinaria y todo tipo de vehículo se ensamblan mediante métodos de sujeción mecánica (Groover, 2007). Para la unión de las partes es necesario probar diferentes tipos de uniones tales como uniones con pernos, que no son tan simples como las uniones fijas (Budynas & Nisbett, 2012). En la figura 20 se puede apreciar un ensamble mecánico, para sujetar un *bullbar* al chasis.



Figura 20. Perno y tuerca; (Mike, 2012)

Respecto a los sujetadores roscados o tornillos en el Ecuador se puede encontrar una serie de estos elementos según sus características mecánicas y dimensionales. Al referirse a roscas, se pueden encontrar de dos tipos de serie, como rosca basta y fina. Las dimensiones y características se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Especificaciones para pernos métricos de acero.

Grado SAE	Intervalo de tamaños	Resistencia límite mínima a la tracción Sp (MPa)	Resistencia de fluencia mínima a la tracción Sy (MPa)	Resistencia última mínima a la tracción Su (MPa)	Características del acero
4.6	M5-M36	225	240	400	Medio o bajo carbono
4.8	M1.6-M16	310	340	420	Medio o bajo carbono
5.8	M5-M24	380	420	520	Medio o bajo carbono
8.8	M16-M36	600	660	830	Medio o bajo carbono templado y revenido
9.8	M1.6-M16	650	720	900	Medio o bajo carbono templado y revenido
10.9	M5-M36	830	940	1040	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido
12.9	M1.6-M36	970	1100	1220	De aleación templado y revenido

Nota: En la tabla 4 se representa las especificaciones para pernos; (San Zapata, 2013)

Refiriéndose a tracción inicial para diámetros menores a ¾ de pulgada, Faires propone la siguiente ecuación

$$A_t = \left(\frac{6F_e}{(1in^{-1})S_y} \right)^{2/3} \quad (8)$$

La siguiente ecuación permitirá encontrar las fuerzas que actúan en una junta, fuerza externa F_e y está dada por, donde n_b es el número de pernos y F_{eT} es la fuerza que actúa sobre las bridas denominada fuerza externa total (FAIRES, 1995)

$$F_e = \frac{F_{eT}}{n_b} \quad (9)$$

De manera que un tornillo no posee una sección uniforme, se debe utilizar un área equivalente para realizar los cálculos, esta área se denomina área de esfuerzo a tracción A_t que se puede elegir en la tabla 5.

Tabla 5

Dimensiones de roscas métricas ISO

Tamaño	Diámetro mayor (nominal) d (in)	ROSCA BASTA (UNC)			ROSCA FINA (UNF)			Ancho aproximado entre caras A_T (in)	
		Número de hilos por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo a tracción A_t (in ²)	Número de hilos por pulgada	Diámetro menor d_r (in)	Área de esfuerzo a tracción A_t (in ²)	Cabeza	Tuerca
0	0.0600	-	-	-	80	0.0438	0.0018		
2	0.0860	56	0.0628	0.0037	64	0.0657	0.0039		
3	0.0990	48	0.0719	0.0049	56	0.0758	0.0052		
5	0.1250	40	0.0925	0.0080	44	0.0955	0.0083		
6	0.1380	32	0.0974	0.0091	40	0.1055	0.0101		
8	0.1640	32	0.1234	0.0140	36	0.1279	0.0147		
10	0.1900	24	0.1359	0.0175	32	0.1494	0.0200		
¼	0.2500	20	0.1850	0.0318	28	0.2036	0.0364	7/16	7/16
5/16	0.3125	18	0.2403	0.0524	24	0.2584	0.0581	½	½
3/8	0.3750	16	0.2938	0.0775	24	0.3209	0.0878	9/16	9/16
7/16	0.4375	14	0.3447	0.1063	20	0.3725	0.1187	5/8	11/16
½	0.5000	13	0.4001	0.1419	20	0.4350	0.1600	¾	¾
9/16	0.5625	12	0.4542	0.1819	18	0.4903	0.2030	13/16	7/8
5/8	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560	15/16	15/16
¾	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730	1 1/8	1 1/8
7/8	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095	1 5/16	1 5/16
1	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630	1 ½	1 ½
1 1/8	1.1250	7	0.9394	0.7633	12	1.0167	0.8557	1 11/16	1 11/16
1 ¼	1.2500	7	1.0644	0.9691	12	1.1417	1.0729	1 7/8	1 7/8
1 3/8	1.3750	6	1.1585	1.1549	12	1.2667	1.3147	2 1/16	2 1/16
1 ½	1.5000	6	1.2835	1.4053	12	1.3917	1.5810	2 ¼	2 ¼
1 ¾	1.7500	5	1.4902	1.8995				2 5/8	2 5/8

Nota: En la tabla 5 se representa las especificaciones roscas bastas y finas; (San Zapata, 2013)

Soldadura

En la industria automotriz la soldadura permite establecer la unión de dos o más elementos, la relación entre voltaje y la corriente es importante (Rodriguez, 2001). Este proceso de soldadura por fusión permite que se fundan los metales mediante el calor intenso que genera el arco eléctrico (Helsel, 2010).

Al ser el acero el material convencional más utilizado en la actualidad en casi la totalidad de las uniones de piezas de la carrocería del vehículo, estas se realizan mediante soldadura con electrodo o alambre, ya sea en fabricación de la propia carrocería o en la reparación de la misma (Gassó Bas, 2012).

Para obtener buenos resultados es recomendable un arco de longitud mediana que permita controlar el aspecto y la forma del cordón, evitando tener salpicaduras, mordeduras, porosidad, agrietamiento o una penetración poco profunda. Ver figura 21.

Para soldar todo tipo de aceros de bajo carbono como las utilizadas en la construcción de estructuras, tuberías, construcciones navales, recipientes a presión, entre otras se utiliza electrodo 6011 o alambre para MIG AW A5.18, ER70S-6.

Este electrodo 6011 permite soldar en todas las posiciones con resistencia a la tracción de hasta 413 MPa, y resistencia a la fluencia entre 434 y 510 MPa si mismo que viene en diámetros de 3/32", 1/8", 5/32" y 3/16", para lo cual se recomienda un amperaje de 50-80, 70-115, 90-160 y 120-210 respectivamente, teóricamente cubre 30cm por electrodo (West Arco, 2017).

Mientras que el ER70S-6 permite soldar en todas las posiciones con resistencia a la tracción de hasta 86 000 psi, y resistencia a la fluencia entre 592 y 510 psi mismo que viene en

diámetros de 3/32”, 1/8”, 5/32” y 3/16”, para lo cual se recomienda un amperaje de 60 -160, 80-220, 90-280, 100-340 respectivamente (West Arco, 2017).



Figura 21. Soldadura; (Masterax, 2017)

Las soldaduras se deben especificar en los planos de trabajo de la forma que se muestra en la figura 18, estandarizados por la American Welding Society (AWS, 2017).

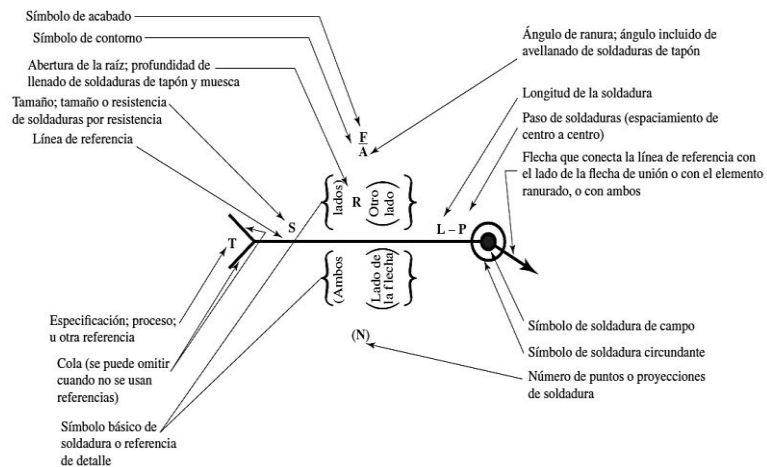


Figura 22. Representación simbólica de soldadura estándar AWS; (Helsel, 2010)

Por lo general para la fabricación de carrocerías de vehículos se utiliza la soldadura de filete para rellenar los bordes de las placas, debido a que esta configuración de costura ha cumplido con todas las condiciones necesarias para lograr la resistencia original (feandalucia, 2010), en el cual el número indica del tamaño del cateto y la flecha debe apuntar a solo una de las soldaduras cuando los dos lados son iguales como se ve en la figura 23.

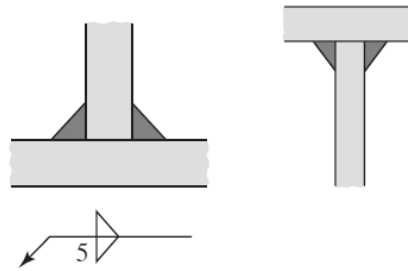


Figura 23. Soldaduras de filete; (Budynas & Nisbett, 2012)

Tolerancias

Para asegurar el montaje apropiado de los componentes se deben especificar las tolerancias, debido a que es imposible fabricar componentes de conjuntos que tengan las mismas dimensiones, se han estructurado sistemas que permiten que las partes tengan pequeñas variaciones sin modificar su funcionamiento (Budynas & Nisbett, 2012).

Con las tolerancias dimensionales se puede valorar y clasificar las partes o piezas producidas, estableciendo un límite superior y otro inferior donde se identifica a las piezas en buen estado, mientras tanto las tolerancias geométricas se describen para piezas que han de cumplir con funciones importantes en un conjunto (ASD, 2017).

Acabados superficiales

Es considerado un proceso de manufacturación, con la finalidad de que el producto contenga especificaciones dimensionales, permitiendo que las piezas que sirven para la construcción de una máquina obtengan cierto acabado superficial según la función que vaya a cumplir se puede observar en la tabla 6 (GD&T, 2017). Para ver la tabla completa ver anexo E.

Tabla 6

Especificaciones Generales de Planchas de acero

Clase de Rugosidad	Aplicaciones
N1 N2	
N3 N4	Torneado fino, bruñido, lapeado
N5	
N6	
N7	Escariado, rectificado, esmerilado
N8	Torneado Fino, rectificado, brocahdo ,
N9	escariado

Fondeado

Denominada pintura de fondo que tiene un alto contenido de sólidos, permite rellenar pequeños defectos como poros y surcos de parches o masilla y proteger la autoparte de la corrosión además de un lijado fácil, si la chapa está limpia sin ningún material, antes de darle

fondo se debe aplicar una imprimación fosfatante la cual proporcionar un tratamiento anticorrosivo además que garantiza la adherencia del aparejo (MAPFRE, 2017). Ver figura 24.



Figura 24. Fondeado; (Gamarra, 2016)

Pintado

Denominada a la aplicación del color, luego de la preparación de la pieza, es decir luego de la aplicación de fondo, donde intervienen factores, como la presión y la distancia de aplicación. (MAPFRE, 2017) Ver figura 25.



Figura 25. Pintado; (Gamarra, 2016)

MÉTODO

El trabajo se fundamenta a partir de una investigación explicativa, donde se establece la relación de las partes componentes del *bullbar*. Se emplea el método inductivo y deductivo como vía para establecer un pre-diseño, tomando en cuenta el tiempo y el grado de rigurosidad de la investigación se aplica el método experimental como vía de validación del prototipo, el mismo dividido en 4 etapas como se muestra en la figura 26.

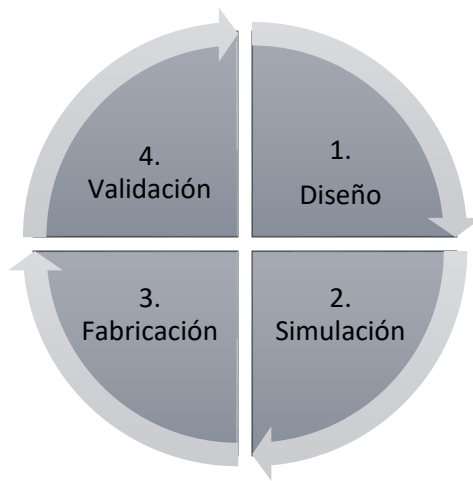


Figura 26. Etapas del diseño

En la figura 27, se detalla mediante un flujograma el proceso a seguir para diseñar el *bullbar*, con algunas de las especificaciones que se tienen en cuenta para cada una de las etapas anteriormente.

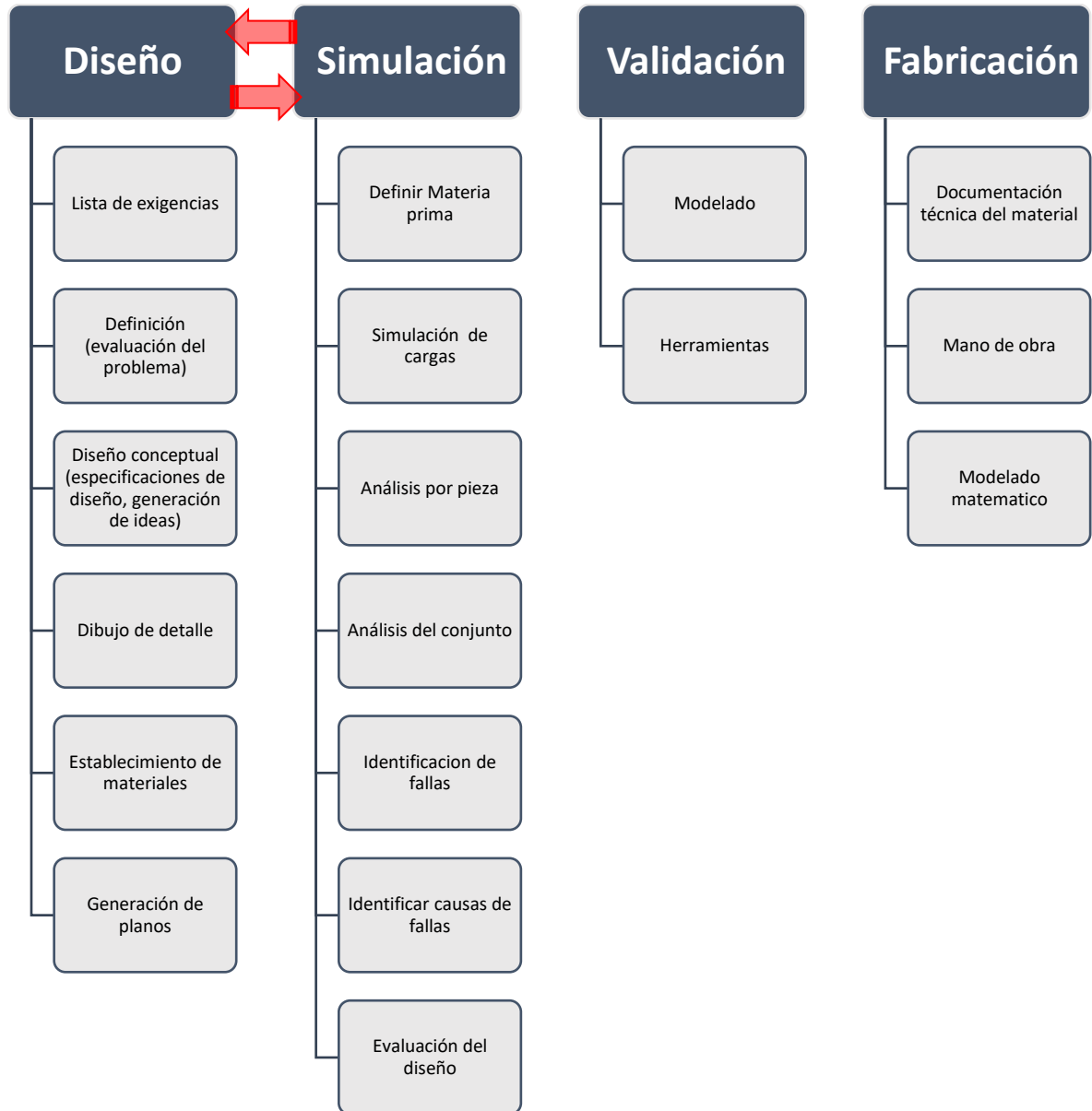


Figura 27. Proceso de diseño

Determinación de los factores de diseño

Uno de los factores elementales para generar un producto basado en la técnica del *Design Thinking* es satisfacer el diseño desde el punto de vista del usuario, por lo tanto, es importante

definir el usuario como elemento etnográfico, es decir, basándose en las costumbres de este usuario que en este caso es el Cuerpo de bomberos Ibarra.

Para desarrollar la propuesta, es necesario tener una lista de atributos generados para el desarrollo tales como: identificar características clave basándose en recomendaciones de especialistas del grupo de bomberos, para lo cual se desarrolla una encuesta (ver tabla 7), en el cual se establece un indicador de importancia en escala de 0 a 10, donde el 10 es considerado el de mayor relevancia; se considera además, si la necesidad tomada en consideración es una demanda (D) o simplemente es un deseo (d).

Tabla 7

Encuesta acerca de las especificaciones de diseño del producto

Necesidad	Importancia	Métrica	Valor	Demanda (D)
	1-10			deseo (d)
El winche este escondido por protección		Cantidad de protección (Porcentaje)		
Que contenga rodillos en la parte superior e inferior y laterales		Número de rodillos		
Se deben colocar neblineros de 9 pulgadas de diámetro		Tamaño de los neblineros		
Sea agradable a la vista		Conformidad Siendo (1 la menor y 10 la mayor)		

Nota: En la Tabla 7 se describe la encuesta de las especificaciones para el diseño del producto

Análisis de la geometría

El cuerpo frontal de la camioneta está formado por un rectángulo que contiene las cavidades para los neblineros frontales, estas cavidades también son de forma rectangular, además la línea que de las mascarilla y faros del vehículo está dada básicamente por una elipse y triángulos que se utiliza para acoplar la elipse con el rectángulo tal y como se identifica en la figura 28.



Figura 28. Analisis de la geometria

Con respecto a las formas que componen la parte superior del *bumper* refiriéndose a tendencias de diseño, no utiliza formas geométricas complejas.

Anclajes

Para identificar los puntos donde se puede sujetar el *bullbar* se desmonta el *bumper* original como se indica en el manual de trabajo de la camioneta de la forma que se identifica en la figura 29.

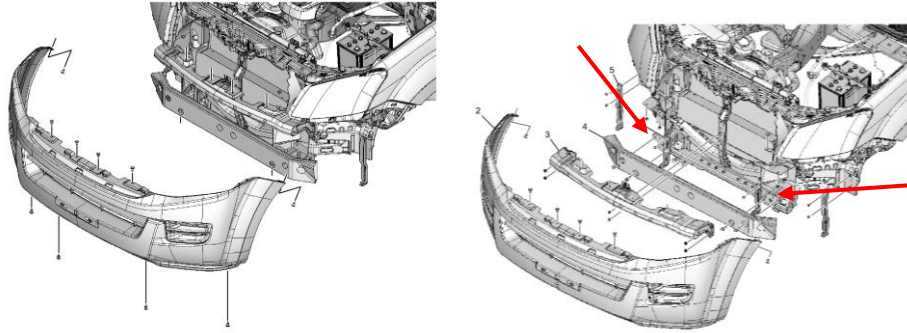


Figura 29. Desarmado del *bumper* delantero; (ISUZU, 2012)

Identificando las platinas se encuentran en las puntas de las barras que conforman el chasis siendo este el lugar más recomendable para anclar el *bullbar* debido a que si se coloca en esta parte, la carga que va a soportar el winche se distribuye a lo largo de todo el vehículo como se muestra en la figura 30.

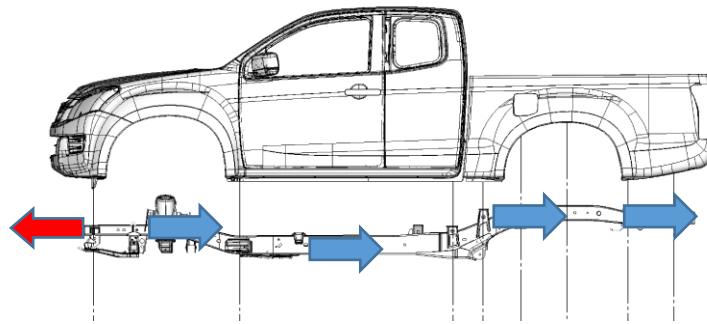


Figura 30. Distribucion de la fuerza; (ISUZU, 2012)

Para el ensamble se debe comprobar si los pernos que se encuentran en las placas del chasis son los adecuados, y soportan las cargas a las que la autoparte va a estar sometida. Ver figura 31.

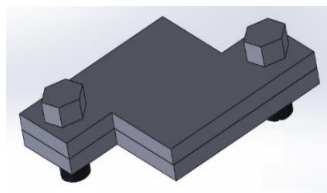


Figura 31. Placas de sujeción

Para calcular pernos a momentos flexionantes y a esfuerzos cortantes se utiliza la ecuación 1 y 2, bajo las siguientes condiciones.

diámetro del perno = 15 mm

F= 5 443.18 kg

$$\sigma \text{ flexionante} = \frac{(4)*5443.18 \text{ kg}*(1.5\text{cm})*4\text{cm}}{\pi(0.75 \text{ cm})^4 * 4} = 61604.19 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 604.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma \text{ cortante} = \frac{5443.18 \text{ kg}}{(1.59 \text{ cm}^2)*4} = 855.46 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 83.92 \text{ MPa}$$

A partir de los pernos M15 Clase 9.8 se los puede considerar para el uso en los empotramientos. Las propiedades del perno M16 clase 9.8 se describen a continuación:

Límite de fluencia $S_y = 720 \text{ MPa} = 104417.17 \text{ lbf/in}^2$

Diámetro mayor nominal $d = 15 \text{ mm}$

Área de esfuerzo a tracción $A_t = 135,359 \text{ mm}^2 = 5.32 \text{ in}$

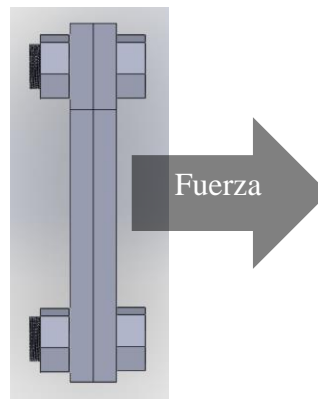


Figura 32. Aplicación de la fuerza en las placas de sujeción.

$$A_t = \left(\frac{6 \frac{F_e T}{n b}}{(1 \text{ in}^{-1}) S_y} \right)^{2/3} \quad (11)$$

$$5.32 \text{ in}^2 = \left(\frac{\sigma_{eT}}{104427.17 \text{ lbf/in}^2} \right)^{2/3} \quad (12)$$

Al despejar F_{eT} que es la denominada fuerza externa total máxima de (12) se obtiene que los pernos soportan hasta:

$$F_{eT} = 361330.47 \text{ Mpa}$$

Selección de instrumentos de investigación

A continuación, se enumeran los factores que se deberán considerar tales como el peso de la camioneta y espesor del material con el que se va a realizar el *bullbar*, todo esto de acuerdo a la información, especificaciones, el winche que se desea colocar y las sugerencias e ideas entregadas por la institución Bomberil. En la tabla 8 se puede apreciar el listado de materiales con los cuales se va a realizar el análisis.

El peso de la camioneta en vacío es de 1.990 kg (Arpem, 2017).

Tabla 8

Materiales para simulación

Parte	Material	Espesor
Base / Estructura	Plancha acero	8 mm

Nota: Material para construir *bullbars* 8mm (*Duthey, 2008*)

Con esta información se procederá a realizar la simulación y análisis, para lo que se utilizará una herramienta computacional basada en elementos finitos.

Diseño e Implementación

Para proceder a realizar el diseño se debe partir de una idea, misma que debe ser plasmada inicialmente en un bosquejo el que sirve como punto de partida para la realización del *bullbar*, tal y como se puede apreciar en la figura 33.



Figura 33. Bosquejo esquemático

Mediante la utilización de elementos de medición se debe tomar medidas de la camioneta mismas que son dibujadas en una cartulina a escala real tal como se aprecia en la figura 34.



Figura 34. Medidas

Posteriormente se obtiene moldes realizados en cartón tales como los de la figura 35 que servirán para el desarrollo del prototipo, detallado en la tabla 9.

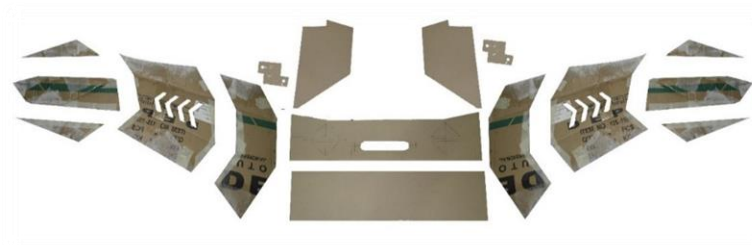











Figura 35. Moldes

Para estos moldes se utiliza aproximadamente 3 metros cuadrados de cartón.

En la tabla 9 se enumera cada una de las partes del *bullbar*.

Tabla 9

Descripción de las partes del bullbar

N°	Imagen	Nombre	Cantidad
1		Refuerzo lateral 1	2
2		Cacho	2
3		Refuerzo lateral 2	2
4		Lateral	2
5		Lateral 1	2
6		Parante	2
7		Frontal	1
8		Base	1
9		Junta	2

A continuación, como se muestra en la figura 36, se debe armar el modelo de cartón paso a paso, mismo que permitirá analizar la forma y el tamaño del *bullbar*.



Figura 36. Cacho del bullbar

Continuando con ese proceso para realizar la comprobación y validación de dimensiones y formas del prototipo se lo ubica en la camioneta como se puede apreciar en la figura 37.



Figura 37. Prototipo bullbar

Siguiendo la definición de diseño y una vez validado el prototipo de este se obtendrá planos para su correspondiente modelado en el software.

Diseño tridimensional

Para la realización del diseño se ha utilizado el software de diseño denominado SolidWorks en su versión estudiantil. En la figura 38 a), se puede apreciar la estructura del

bullbar, para su análisis se ha simplificado el modelo para su estudio (ver figura 38 b)), debido a que hay componentes que el software no logra mallar. Asignando los siguientes datos al modelo para su correspondiente estudio.

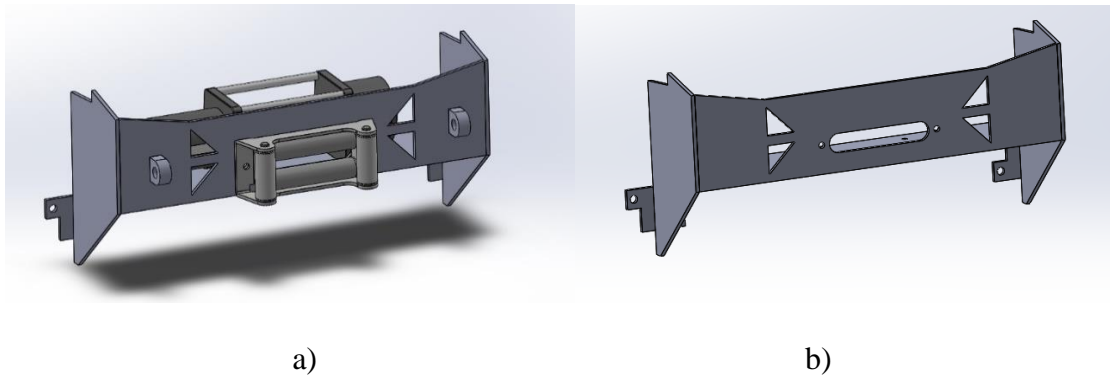


Figura 38. Cuna del *bullbar*, a) base del *bullbar* b) estructura simplificada

El siguiente paso es ejecutar el estudio e interpretar los valores resultantes que entregara el software.

Determinación de los desplazamientos en el *bullbar*

El método a aplicarse es una extensión del método de rigidez usado para realizar análisis estructural, tiene como ventaja presentar aspectos fundamentales sin mucha manipulación matemática, denominado como método de aproximación directa (Hurtado G ., 2002).

Definición del problema

Para determinar los desplazamientos y esfuerzos en la estructura del *bullbar*, se considera como un sistema de dos barras sometida a una carga P en el extremo como se muestra en la figura 39, además en la figura 40 se observa el diagrama de cuerpo libre, donde los puntos de apoyo son denominados por 1 y 2 y donde actúa la fuerza por 3.

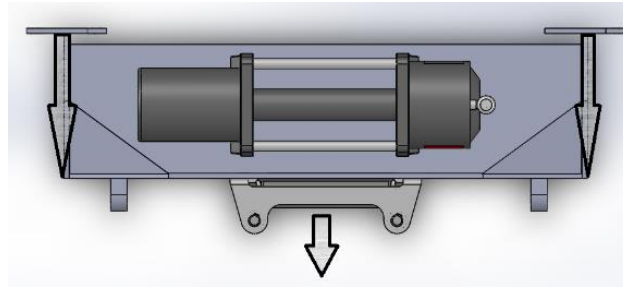


Figura 39. Fuerzas que actúan sobre la estructura

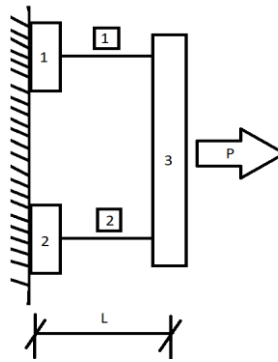


Figura 40. Diagrama de cuerpo libre

Discretización

Para aplicar el cálculo por elementos finitos es necesario definir la configuración de los elementos que conforman el sistema, los cuales se muestran en la tabla 10.

Tabla 10

Topología de la malla

BARRAS O ELEMENTOS	Conexiones Nodales	
	Nodo local 1	Nodo local 2
1	1	3
2	2	3

Las ecuaciones de equilibrio originadas a partir de la tabla 10. y según lo referenciado en la sección sobre Método de Elementos Finitos del presente documento, se muestran a continuación:

$$\text{BARRA 1} \begin{Bmatrix} R_1^{(1)} \\ R_2^{(1)} \end{Bmatrix} = K^{(1)} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1^{(1)} \\ U_2^{(1)} \end{Bmatrix} \quad (11)$$

$$\text{BARRA 2} \begin{Bmatrix} R_1^{(2)} \\ R_2^{(2)} \end{Bmatrix} = K^{(2)} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1^{(2)} \\ U_2^{(2)} \end{Bmatrix} \quad (12)$$

De las ecuaciones (11) y (12) se encuentra las ecuaciones de equilibrio para cada barra

$$R_1^{(1)} = K^{(1)}(U_1^{(1)} - U_2^{(1)}) \quad (13)$$

$$R_2^{(1)} = K^{(1)}(-U_1^{(1)} + U_2^{(1)}) \quad (14)$$

$$R_1^{(2)} = K^{(2)}(U_1^{(2)} - U_2^{(2)}) \quad (15)$$

$$R_2^{(2)} = K^{(2)}(-U_1^{(2)} + U_2^{(2)}) \quad (16)$$

Cálculo de su respectivo K denominado la constante de elasticidad aplicando la ley de Hooke.

$$K^{(1)} = \frac{EA}{L} = K^{(2)} = \frac{EA}{L} \quad (17)$$

Identificación de variables de estado

En la figura 41, se representa el diagrama de cuerpo libre de cada uno de los nodos y de las barras de la estructura. Cada uno de los nodos de la estructura deberá estar equilibrio, por tanto, se plantean las siguientes ecuaciones:

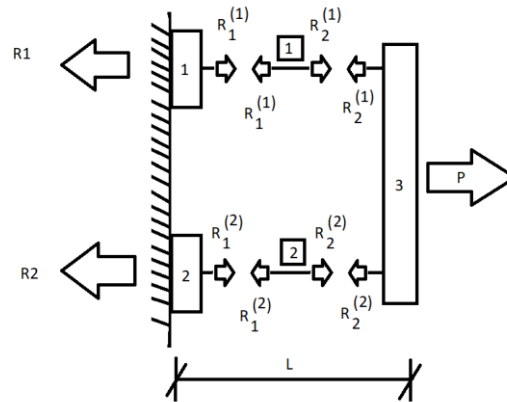


Figura 41. Diagrama de cuerpo libre nodal

Tomando como referencia el diagrama de cuerpo libre nodal se analizará cada uno de ellos.

Nodo 1

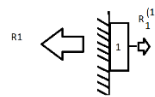


Figura 42. Diagrama de cuerpo libre del nodo 1

$$R_1^{(1)} - R_1 = 0 \tag{18}$$

$$K^{(1)}(U_1^{(1)} - U_2^{(1)}) - R_1 = 0 \tag{19}$$

Nodo 2

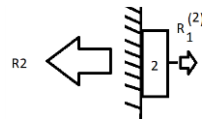


Figura 43. Diagrama de cuerpo libre del nodo 2

$$R_1^{(2)} - R_2 = 0 \tag{20}$$

$$K^{(2)}(U_1^{(2)} - U_2^{(2)}) - R_2 = 0 \tag{21}$$

Nodo 3

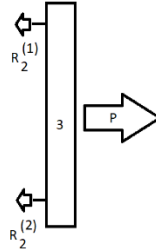


Figura 44. Diagrama de cuerpo libre del nodo 3

$$-R_2^{(1)} - R_2^{(2)} + p = 0 \tag{22}$$

$$-K^{(1)}(-U_1^{(1)} + U_2^{(1)}) - K^{(2)}(-U_1^{(2)} + U_2^{(2)}) + P = 0 \tag{23}$$

A partir del análisis de los nodos se encuentra las siguientes para cada uno

Nudo 1 $K^{(1)}(U_1^{(1)} - U_2^{(1)}) - R1 = 0 \tag{24}$

Nudo 2 $K^{(2)}(U_1^{(2)} - U_2^{(2)}) - R2 = 0 \tag{25}$

Nudo 3 $-K^{(1)}(-U_1^{(1)} + U_2^{(1)}) - K^{(2)}(-U_1^{(2)} + U_2^{(2)}) + P = 0 \tag{26}$

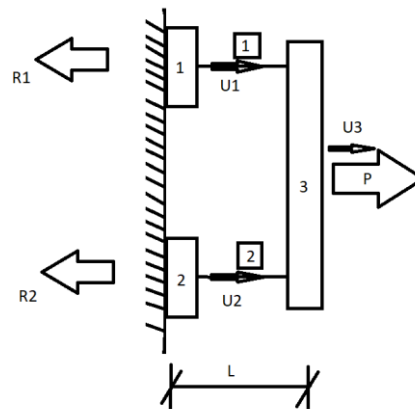


Figura 45. Diagrama de cuerpo libre de desplazamientos

Formulación del problema

A continuación, se representa las ecuaciones de compatibilidad entre desplazamientos locales y globales en cada nudo son

$$U_1^{(1)} = U_1 \quad (27)$$

$$U_2^{(1)} = U_3 \quad (28)$$

$$U_1^{(2)} = U_2 \quad (29)$$

$$U_2^{(2)} = U_3 \quad (30)$$

Sustituyendo los valores obtenidos en las ecuaciones de equilibrio de cada barra en las expresiones anteriores, se llega a las ecuaciones siguientes.

$$K^{(1)}(U_1 - U_3) - R1 = 0 \quad (31)$$

$$K^{(2)}(U_2 - U_3) - R2 = 0 \quad (32)$$

$$-K^{(1)}(-U_1 + U_3) - K^{(2)}(-U_2 + U_3) + P = 0 \quad (33)$$

Entonces:

$$K^{(1)}U_1 - K^{(1)}U_3 - R1 = 0 \quad (34)$$

$$K^{(2)}U_2 - K^{(2)}U_3 - R2 = 0 \quad (35)$$

$$K^{(1)}U_1 - K^{(1)}U_3 + K^{(2)}U_2 - K^{(2)}U_3 + P = 0 \quad (36)$$

Si se multiplica por (-1) la tercera ecuación.

$$K^{(1)}U_1 - K^{(1)}U_3 + K^{(2)}U_2 - K^{(2)}U_3 + P = 0 \quad (-1) \quad (37)$$

Nos queda.

$$K^{(1)}U_1 - K^{(1)}U_3 - R1 = 0$$

$$K^{(2)}U_2 - K^{(2)}U_3 - R2 = 0$$

$$-K^{(1)}U_1 + K^{(1)}U_3 - K^{(2)}U_2 + K^{(2)}U_3 - P = 0 \quad (38)$$

Formulación Matricial (Ensamblaje de ecuaciones)

Finalmente, las ecuaciones anteriores se expresan de forma matricial utilizando las condiciones de compatibilidad de desplazamientos como:

$$\begin{bmatrix} K1 & 0 & -K1 \\ 0 & K2 & -K2 \\ -K1 & -K2 & K1 + K2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} R1 \\ R2 \\ P \end{Bmatrix} \quad (39)$$

Condiciones de frontera

En la estructura se definen como empotramientos los nodos 1 y 2 dando así los desplazamientos de cada nodo $U_1 = 0$, $U_2 = 0$, la fuerza $P = 5\,443.1084$ kgf y las reacciones $R1$ y $R2 = 2721.5542$

$$\begin{bmatrix} K1 & 0 & -K1 \\ 0 & K2 & -K2 \\ -K1 & -K2 & K1 + K2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ U_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 2721.5542 \\ 2721.5542 \\ 5\,443.1084 \end{Bmatrix} \quad (40)$$

De (40) se reduce a:

$$(K1+K2) U_3 = P \quad (41)$$

Simulación por elementos finitos

Para la realización de la simulación en el programa SolidWorks en su versión estudiantil se siguen los siguientes pasos.

Asignación de Material

Inicialmente se procede a realizar la asignación del material, acero A36 con módulo de elasticidad del acero $E= 2039420 \text{ kg/cm}^2$, como se observa en la figura 46.

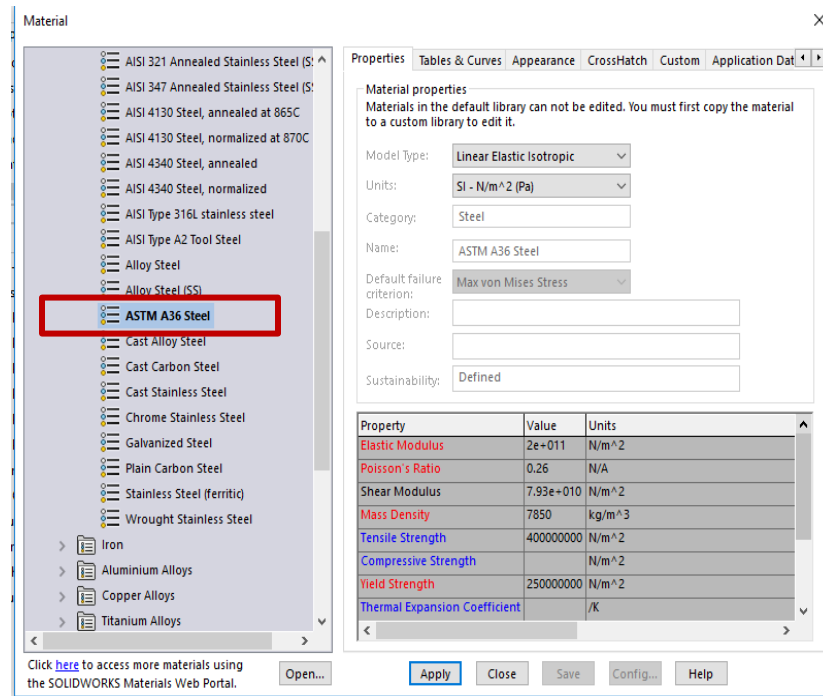


Figura 46. Asignación del Material

Definición de la geometría fija

A continuación, se realiza la identificación de la geometría fija, que son las partes donde se sujeta con el chasis (ver figura 47).

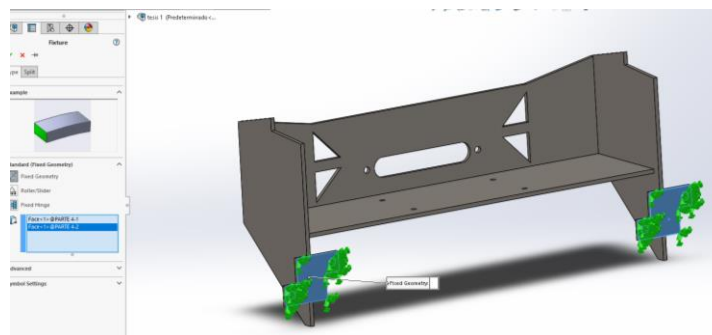


Figura 47. Definición de la geometría fija

Aplicación de cargas.

Seguidamente se realiza la asignación de la fuerza a la que va a ser sometida la autoparte

$F = 5443.1084 \text{ kgf}$ (ver figura 48).

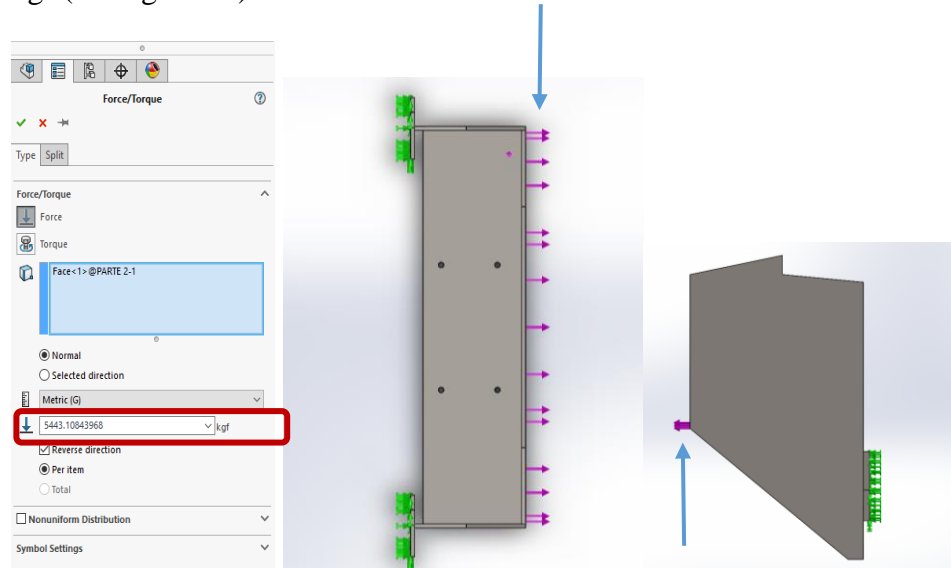


Figura 48. Asignación de fuerza

Mallado

Para la simulación se utilizará un mallado tetraédrico debido a que es sugerido en ensambles. Según el número de elementos en el que divide la región que se va a estudiar, se podrá apreciar la aproximación con la realidad.

Para identificar cuál es la malla adecuada para la simulación se procede a hacer un estudio de convergencia de la malla.

Convergencia de la malla

En la tabla 11 se muestra los valores de los desplazamiento máximo y N muestra los cambios en el desplazamiento de los resultados de acuerdo a los diferentes tipos de malla.

Tabla 11

Comparación de mallas (tamaño del elemento 10mm)

Malla	Tolerancia	Elementos	Nodos	Tamaño mínimo	Aspect ratio
	Mm	Unidades	Unidades	mm	
Malla estándar	0.5	30849	60442		9.41
Malla estándar (Transición automática)	0.5	33394	64928		9.41
Malla basada en la curvatura		39194	75788	2	7.72
Mezclado Malla basada en la curvatura		30021	61052	2	238

Del estudio realizado en la geometría del *bullbar* se ha encontrado que el mallado basado en curvatura es el mejor para realizar la simulación, debido a que la malla se divide en más secciones y además contiene un radio de aspecto menor. Ver figura 49.

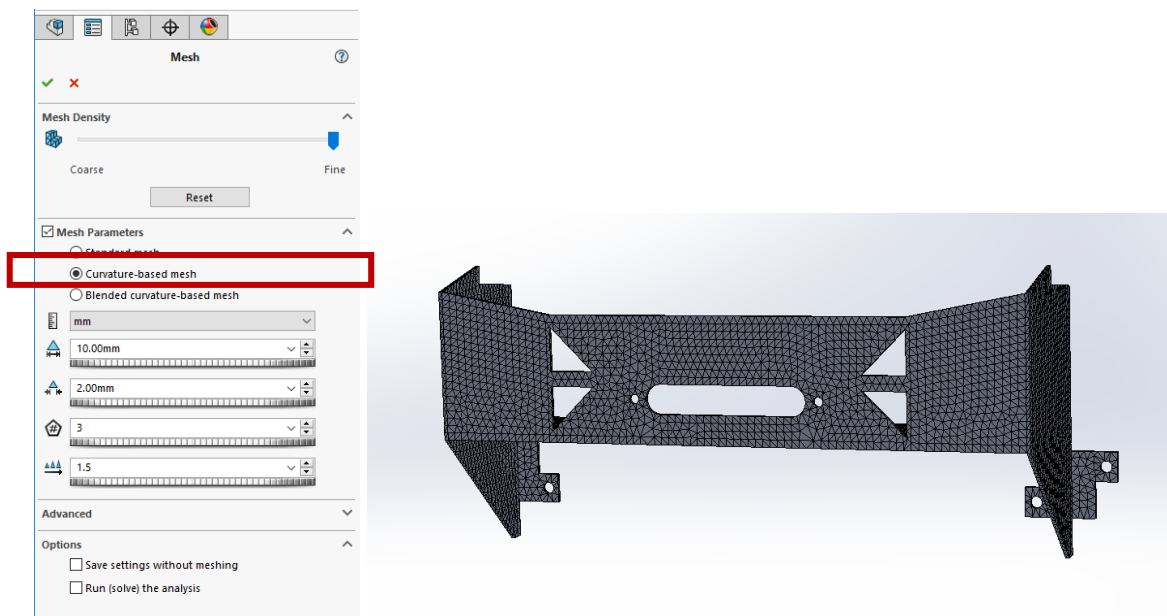


Figura 49. Mallado

Construcción

En esta etapa se necesita aproximadamente 3 metros cuadrados de lámina de acero de 8mm. En la construcción intervienen procesos como:

Cortado

Para el cortado se utiliza una cortadora de plasma con la cual se puede obtener piezas con bordes sin imperfecciones. Ver figura 50.



Figura 50. Cortado

Soldado

En este paso se realiza la unión de las partes, iniciando por la armar la base, posteriormente la ubicación los cachos del *bullbar* como se aprecia en la figura 51 observando que la autoparte tenga la configuración deseada, utilizando alambre para MIG AW A5.18, ER70S-6 de 0.35 pulgadas de diámetro, con un amperaje de 90 -280 amperios, de electrodo positivo.



Figura 51. Soldado del bullbar

Pintura

Para la preparar la autoparte antes de pintarlo se lija utilizando un disco flap número 80, posteriormente se aplica fondo automotriz anticorrosivo de relleno, y finalmente se aplica la pintura de características sintético automotriz, como se puede observar en la figura 52.



Figura 52. Bullbar pintado

RESULTADOS

Diseño

Especificaciones de diseño

Luego de aplicar y tabular la encuesta a los integrantes del grupo de rescate del cuerpo de bomberos se obtuvieron los siguientes datos, que se expresan en la tabla 12.

Tabla 12

Especificaciones del diseño del producto

Necesidad	Interpretación	Importancia 1-10	Métrica	Valor	Demanda deseo
El winche este escondido por protección	El winche no se encuentre a la intemperie	7	Cantidad de protección (Porcentaje)	80 %	d
Que contenga rodillos en la parte superior e inferior y laterales	Que cuando una <i>bullbar</i> no sea afectado	10	Número de rodillos	4 rodillos	D
Se deben colocar neblineros de 9 pulgadas de diámetro	Definir la medida adecuada para la ubicación de neblineros	3	Tamaño de los neblineros	9"	d
Soporte el peso del vehículo	Identificar la capacidad de carga del winche	10	Peso del vehículo	1.990 kg	D
Sea agradable a la vista y se vea fuerte	El diseño conserve las líneas y sea robusto	3	Conformidad Siendo (1 la menor y 10 la mayor)	De 1-10	d

En los cuales se aprecia que lo más importante para este grupo es que en el caso que la carga se mueva o resbale, otro de los aspectos más importantes es el saber cuánto soporta.

Anclajes

Es importante destacar que la autoparte va a ser anclada al chasis, sin afectar ni perforar ninguna parte del vehículo, esto mediante la sujeción directa a las barras del chasis que se identifican en círculos rojos en la figura 53.



Figura 53. Puntos de anclaje en la camioneta DMax RT50

Juntas

Para las juntas se utilizará pernos M15 Clase 9.8 que tienen un límite elástico de 720 MPa que sobrepasa el límite de trabajo igual a 688.2 MPa. Entregando así un factor de seguridad igual a 1.04.

Modelo

Mediante la construcción del modelo a escala real se logra identificar las formas y tamaños adecuados de la autoparte, construido a base de cartón (ver figura 54) al cual se lo denomina prototipo, presentando así una idealización objetiva para mejorar el entendimiento, permitiendo al usuario tener claro lo que se desea construir a un bajo costo.



Figura 54. Bullbar, prototipo de cartón

Respecto a la instalación, al ser montado en la camioneta sirve como un control de dimensionamiento y tolerancias, debido al material que se encuentra construido resulta que es moldeable, en la figura 52 se puede observar un modelo que se encuentra cumpliendo con lo solicitado por la institución.



Prototipo de cartón

Figura 55. Prototipo bullbar

Modelado

Mediante el uso de SolidWorks, software que se acelera el proceso de diseño se obtienen el modelo que cumple con los requerimientos planteados hasta obtener el diseño final tal cual se puede observar en la figura 56 (en el anexo B se encuentra los planos individuales).

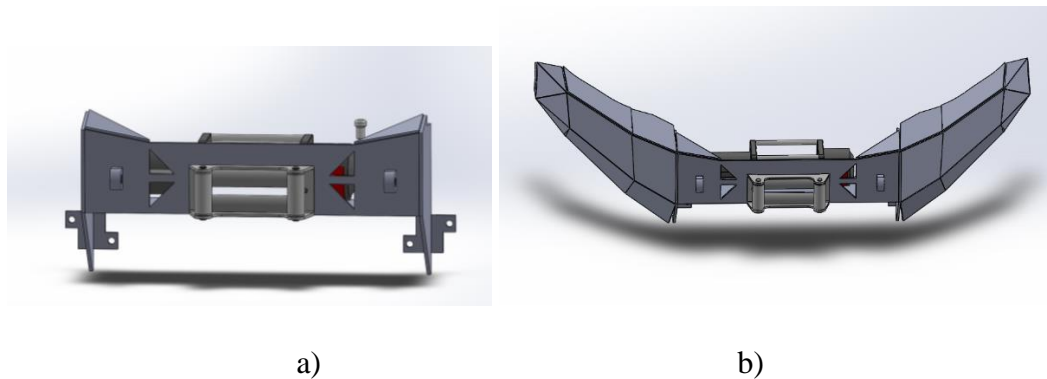


Figura 56. Modelado, a) solido a estudiar b) modelo completo

Desplazamientos

El problema del presente trabajo para su análisis y comparación de resultados se lo trata como un problema unidimensional, simplificando el problema a elementos de barra con carga en tensión, que al reemplazar las condiciones de frontera se simplifica en la ecuación 42.

$$U_3 = \frac{P(L)}{2EA} \quad (42)$$

Para analizar el comportamiento de la estructura armada con una lámina de 8 mm en la con condiciones de frontera $U_1 = 0$, $U_2 = 0$, la fuerza $P = 5\,443.1084$ kgf y las reacciones R_1 y $R_2 = 2721.5542$.

En la tabla 13 se muestra los resultados al resolver la matriz de desplazamientos por área sometidos a diferentes fuerzas, según los objetos más usuales en los sectores rurales.

Tabla 13

Desplazamientos obtenidos a través del modelo matematico.

Objeto	Peso kg	Desplazamiento mm
Perro	10	9.85E-04
Persona	58	5.71E-03
Persona más perro	68	6.70E-03
dos personas	116	1.14E-02
Ternero	180	1.77E-02
Ternero más persona	238	2.34E-02
Moto	250	2.46E-02
Moto más persona	308	3.03E-02
Vaca	720	7.09E-02
Toro	1100	1.08E-01
Automóvil	1800	1.77E-01
Automóvil mediano	2250	2.22E-01
Mini van	2700	2.66E-01
Camión	5400	5.32E-01
Maxima	5,443.108	5.36E-01

Simulación

Análisis de desplazamientos

Para la simulación con lámina de 8mm, se aplica las condiciones de frontera iguales que en el modelo numérico, para que el software se encargue de analizar obteniendo así los desplazamientos de la autoparte como se observa en la figura 57.

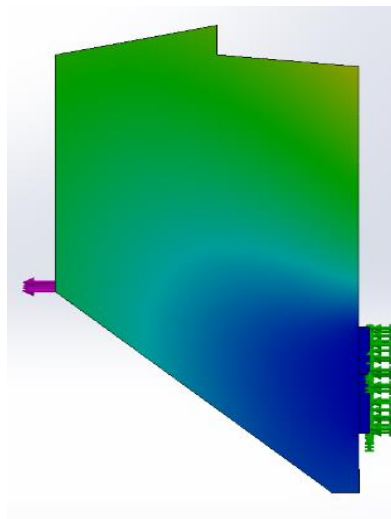


Figura 57. Desplazamientos (Vista lateral)

En la figura 58 se puede apreciar de color rojo las secciones con mayor desplazamiento, donde $5.94E-01$ mm es el máximo y en azul las que tienen menor desplazamiento, siendo $1.09E-03$ mm es el mínimo.

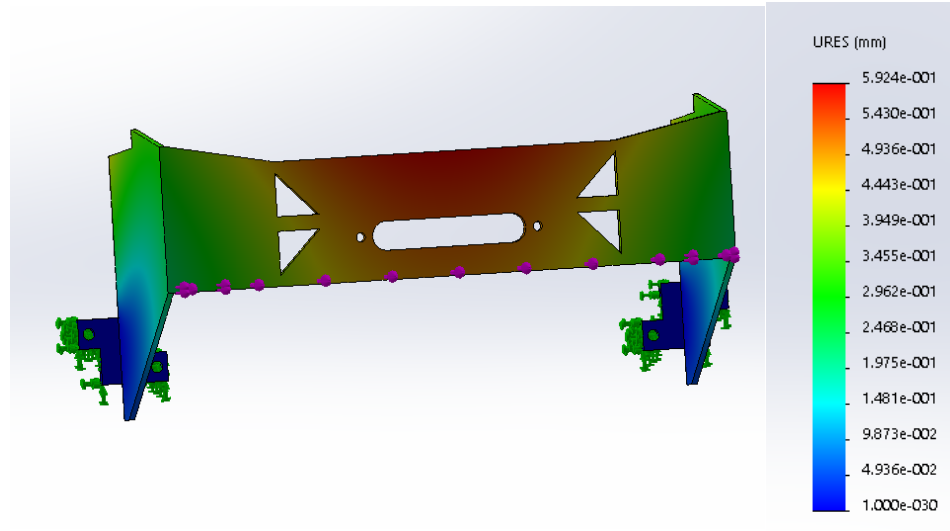


Figura 58. Desplazamientos

En la tabla 14 se encuentran los valores de los desplazamientos resultantes de la simulación cuando es sometida a diferentes fuerzas.

Tabla 14

Desplazamientos de la simulación

Objeto	Peso kg	Desplazamiento mm
Perro	10	1.09E-03
Persona	58	6.31E-03
Persona más perro	68	7.40E-03
dos personas	116	1.26E-02
Ternero	180	1.96E-02
Ternero más persona	238	2.59E-02
Moto	250	2.72E-02
Moto más persona	308	3.35E-02
Vaca	720	7.84E-02
Toro	1100	1.20E-01

Automóvil	1800	1.96E-01
Automóvil mediano	2250	2.45E-01
Mini van	2700	2.94E-01
Camión	5400	5.88E-01
Maxima	5,443.108	5.92E-01

Análisis de tensión

Al someter la autoparte a un estudio de tensiones y al ser analizado por el software, se obtiene un elemento sometido a esfuerzos como el de la figura 59.

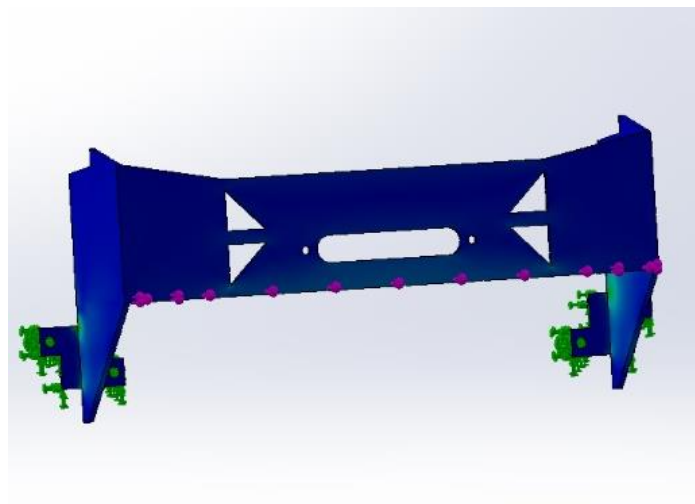


Figura 59. Análisis de tensión

En la figura 60 se puede apreciar de color rojo las partes que se encuentran sometidas a mayor esfuerzo con $4.182E+008 \text{ N/m}^2$ y en azul las partes con menor esfuerzo siendo el mínimo $1.131E+003 \text{ N/m}^2$.

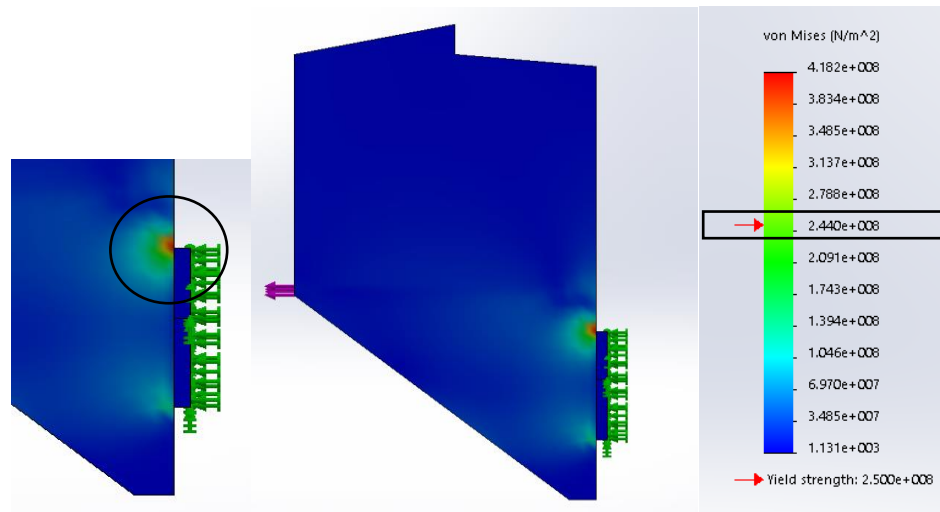


Figura 60. Análisis de tensión (Vista lateral)

En la tabla 14 se encuentran los valores resultantes de la simulación cuando es sometida a diferentes fuerzas

Tabla 15

Tensiones de la simulación

Objeto	Peso kg	Von Mises	
		N/m ²	MPa
Perro	10	7.31E+05	0.58
Persona	58	4.24E+06	3.34
Persona más perro	68	4.56E+06	3.59
Dos personas	116	8.48E+06	6.68
Ternero	180	1.32E+07	10.37
Ternero más persona	238	1.74E+07	13.71
Moto	250	1.83E+07	14.40
Moto más persona	308	2.25E+07	17.75
Vaca	720	5.26E+07	41.48
Toro	1100	8.04E+07	63.38

Automóvil	1800	1.32E+08	103.74
Automóvil mediano	2250	1.64E+08	129.60
Mini van	2700	1.97E+08	155.54
Camión	5400	3.95E+08	311.16
Maxima	5,443.108	3.98E+08	313.60

Análisis de Fatiga

Mediante la utilización del software se puede obtener los resultados del estudio a la fatiga, los cuales se puede observar en la figura 61, donde los puntos que presentarían una posible falla se encuentran pintados de color rojo.

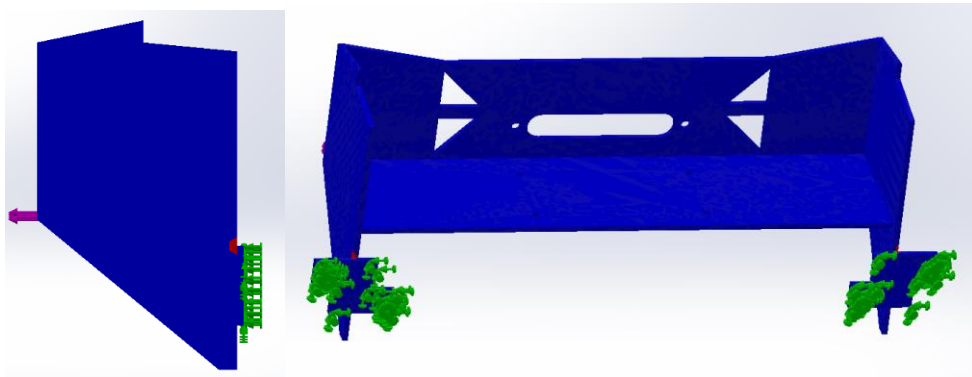


Figura 61. Análisis de fatiga

Prototipo

Una vez conseguido y definido el diseño definitivo, se procede a realizar cada parte según los planos, cada parte deberá tener un acabado N7, acabado con lima o esmerilado, posteriormente se deberá efectuar el ensamblaje correspondiente mediante soldadura.

En la figura 62 se puede observar el *bullbar* con la configuración geométrica que se desarrolló en concordancia con los planos obtenidos del modelo virtual y al modelo inicial de cartón.



Figura 62. *Bullbar* real

El siguiente paso es el montaje sujetar la autoparte en las placas que se encuentran ancladas al chasis, permitiendo así obtener la autoparte instalada como se aprecia en la figura 63.



Figura 63. *Bullbar*

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para realizar la discusión de los resultados se tiene como partes principales: el diseño el modelo, la simulación y el prototipo.

Mediante el prototipo con cartón, considerado un material moldeable, permite, validar las formas y el tamaño de la autoparte (Zambrano García, Guarín Torres, Sánchez, & Castro, 2014), con lo cual se logra minimizar costos de prototipado. Ver tabla 16.

Tabla 16

Materiales para prototipado

Descripción	Cantidad	Valor dólares	Presentación mm
Plancha de Acero 6mm	2m ²	151.111	1500x600x6
Plancha de Acero 8mm	1m ²	105.55	1500x600x8
Electrodo	2kg	7	6011 1/8
Plancha de Carton	3m ²	3	100x100x2
Cinta adhesiva	3 unidades	1.5	50x500 mm

Nota: Materiales para construcción de prototipos; (IPAC, 2017)

De donde se obtiene un valor para materiales de 263.661 dólares para un prototipo real, mientras que 4.50 dólares para uno de cartón.

El prototipo realizado tiene como finalidad servir como base para la definición final de la autoparte. Ver figura 64.



Figura 64. Prototipo real y prototipo de cartón

Al identificar y estudiar las placas en las cuales la autoparte puede ser sujeta mediante dos pernos cada una, se demuestra que su capacidad es de 43.56 kN que al compararlo con la resistencia máxima del winche que es 53.37 kN, esta resistencia es considerada adecuada para el material aleado de medio carbono, templado y revenido que también es usado para el diseño de estructura metálicas desmontables (Almeida & Montero, 2013).

Mediante el software de simulación se permite predecir el comportamiento del modelo sometido a tensión, donde el valor máximo de trabajo es de 31.87 kN el cual genera una tensión en el material de 249.60 MPa valor que no supera el valor máximo que puede tomar el Acero A 36 que esta dado por 250 MPa,

A nivel general tanto con el modelo teórico y el virtual, al realizar el análisis comparativo, estos proporcionan información similar como se observa en la tabla 17.

Tabla 17

Comparación de desplazamientos Calculados – Simulados

Objeto	Peso kg	Calculado	Simulado
		Desplazamiento mm	
Perro	10	9.85E-04	1.09E-03
Persona	58	5.71E-03	6.31E-03
Persona más perro	68	6.70E-03	7.40E-03
Dos personas	116	1.14E-02	1.26E-02
Ternero	180	1.77E-02	1.96E-02
Ternero más persona	238	2.34E-02	2.59E-02
Moto	250	2.46E-02	2.72E-02
Moto más persona	308	3.03E-02	3.35E-02
Vaca	720	7.09E-02	7.84E-02
Toro	1100	1.08E-01	1.20E-01
Automóvil	1800	1.77E-01	1.96E-01
Automóvil mediano	2250	2.22E-01	2.45E-01
Mini van	2700	2.66E-01	2.94E-01
Cámion	5400	5.32E-01	5.88E-01
Maxima	5,443.108	5.36E-01	5.92E-01

Al realizar la comparación de la simulación y la calculada entre los valores para las estructuras con lámina de 8 mm, se obtiene un grado de coincidencia 90.48 %, obteniendo una congruencia altamente satisfactoria, donde el error relativo = 0.095 obteniendo si comparamos con el resultado obtenido en el análisis estructural en el que se compara el valor analítico con el valor simulado da como resultado un 12.1 % de diferencia, misma que es considerada aceptable (Manjarres & Santillan, 2016), en donde también se menciona que si los errores de desplazamientos no superan el 15% y los errores de tensiones no superan el 12% se pueden

considerar aceptables. De acuerdo a lo mencionado anteriormente se deduce que la información obtenida en el presente documento se traduce en satisfactoria, quedando abierta la posibilidad experimentar.

En la figura 65 se puede apreciar en forma de gráfico la similitud de los valores calculas y los valores simulados.

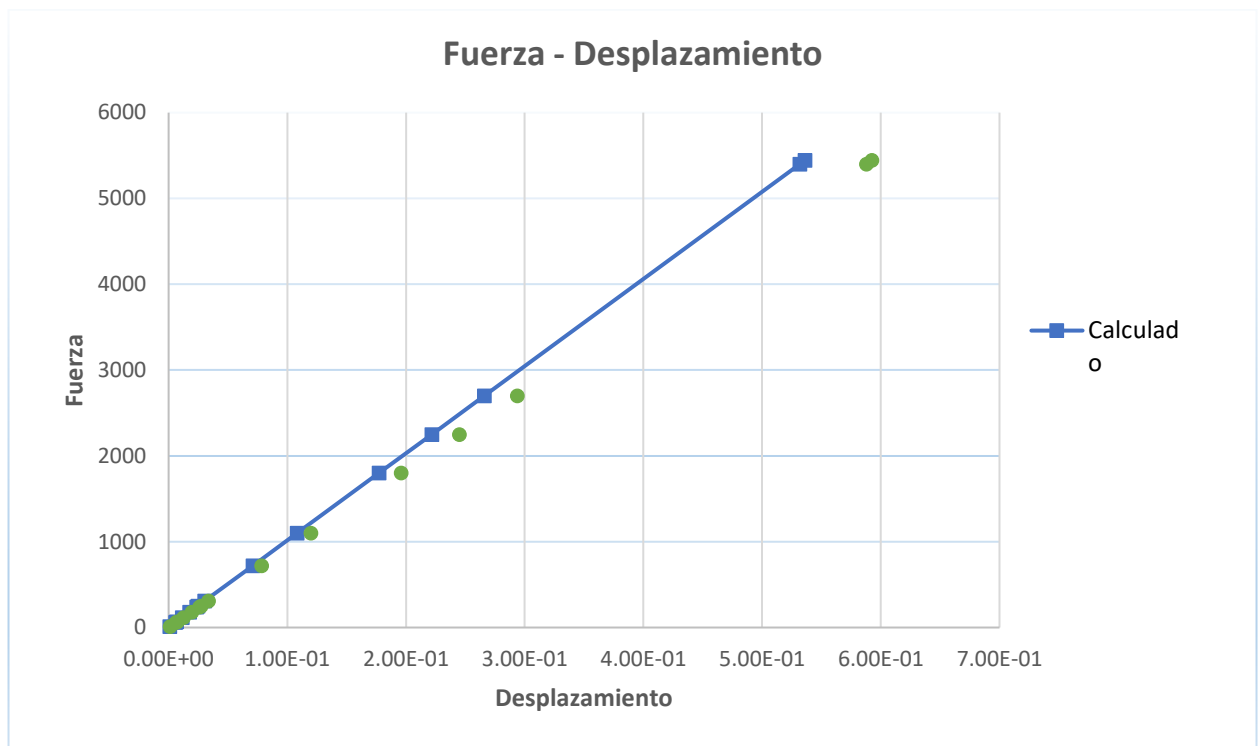


Figura 65. Gráfico fuerza-desplazamiento / Calculado vs Simulado

CONCLUSIONES

Realizar maquetas del modelo, permite al investigador tener un punto de vista más amplio, estableciendo una gran ayuda mediante la cual se puede despejar dudas que se van formulando al momento de la obtención de la geometría. Además, generando un ahorro del 80 %.

La resistencia del material del que está constituido el perno M15 clase 9.8, definido para fijar las juntas, contiene un límite elástico de 720 MPa, este sobrepasa el límite de trabajo de 688.2 MPa. Mismo que entrega un factor de seguridad igual a 1.04.

Se ha determinado que en Ecuador no existen normativas que sirvan como guía o referencia para el diseño o construcción de bullbars, pese a que se los utiliza con frecuencia en las empresas que prestan sus servicios en los sectores de la industria petrolera y minera.

Del estudio a tensión o Von Mises de 313 MPa como valor máximo de tensión, valor que se puede mejorar mediante una buena soldadura formando radios de acuerdo mínimo de 2mm.

A través de la simulación se puede idear y experimentar las veces que se desee hasta obtener el resultado deseado, obteniendo así un espacio seguro para probar la estructura, permitiendo retroalimentarse tantas veces como sea posible. Tomando en cuenta variables como el radio de aspecto para elegir un mallado adecuado y obtener resultados fiables.

Con base al estudio realizado se considera viable la implementación de esta autoparte debido a que cumple con requerimientos tanto físicos, estructurales y de forma requeridos por la institución.

RECOMENDACIONES

Una de las recomendaciones es realizar un estudio a impactos. Por seguridad en el transporte, considerando las lesiones que podría ocasionar.

Otra recomendación es realizar es realizar las pruebas físicas con los pesos planteados en el presente proyecto, y comparar con los resultados obtenidos.

Los vehículos tienen varias etapas de diseño antes de que se los empiece a producir en masa por lo que es necesario trabajar siguiendo las líneas y formas del vehículo.

También se recomienda realizar una soldadura adecuada para evitar concentradores de esfuerzo que debilitarían la estructura.

Proponer un reglamento que regule la construcción de *bullbars*, barras de tiro y *rollbars*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DÍAZ MORCILLO, A. (2000). *MÉTODOS DE MALLADO Y ALGORITMOS ADAPTATIVOS EN DOS Y TRES DIMENSIONES PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ELECTROMAGNÉTICOS CERRADOS MEDIANTE EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS*. VALENCIA.

Fuerte Hernández, A., Rodríguez Cañizo, R. G., Susarrey Huerta, O., Merchán Cruz, E. A., Sandoval Pineda, J. M., & Pérez Hernández, E. (2014). Aplicación de metodología de modelado 3D utilizando Tomografías Computarizadas para su análisis numérico. Medellín.

A.N.T. (2015). Reglamento Relativo a los Procesos de la Revisión de Vehículos a Motor. Quito: Agencia Nacional de Tránsito.

ALLEN, S. H., HOLOWENKO, M., & LAUGHLIN, H. M. (1971). *DISEÑO DE MAQUINAS*. MEXICO: MCGRAW-HILL.

Almeida, G., & Montero, R. (2013). Diseño de la estructura de un taller automotriz desmontable para la planta de mantenimiento del bloque 15 Petroamazonas.

Andrade, & Jaramillo. (2009). *Tesis : Construcción un de chasis para un vehículo tipo buggy*. Ecuador: ESPOCH.

- ARB. (2017). *ARB 4x4*. Obtenido de <https://www.arb.com.au/products/protection-equipment/bull-bars-frontal-protection/>
- Arpem. (2017). *Ficha técnica Isuzu D-MAX D-Max 3.0 4WD Doble Cabina LS 163 CV (2007)*. Obtenido de <http://www.arpem.com/coches/coches/isuzu/d-max/modelos-10/30d-163-ls-doble-cabina-4x4.html>
- ASD, I. (2017). *Universidad Politécnica de la Región Ribereña*. Obtenido de <http://uprr.edu.mx/Procesos%20de%20Manufactura%201.pdf>
- autodesk. (2015). *knowledge.autodesk.com/es*. Obtenido de <https://knowledge.autodesk.com/es/support/simulation-mechanical/learn-explore/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/How-to-Perform-a-Mesh-Convergence-Study.html>
- Autor. (2017). Ibarra.
- AWS. (2017). *American Welding Society*.
- Bahr, G. (27 de junio de 1939). *Patente*. Obtenido de www.google.com/patents/US2250565
- Bomberos, C. F. (23 de febrero de 2017). Jefe cuerpo de bomberos de la Ciudad de Ibarra. (F. Flores, Entrevistador)
- Budynas, R. G., & Nisbett, K. J. (2012). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY, Novena Edición*. México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Callister, W. D. (2007). *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, Volumen 1.*

Barcelona: REVERTE.

Calvo, R. A. (2010). Diseño y análisis de un chasis para un prototipo de fórmula SAE.

Cipollina, A., López, & F., J. (1995). Modelos simplificados de daño en pórticos de concreto armado. *Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería*, 11(1), 3-22.

Cuerpo de Bomberos, I. (10 de enero de 2017). *Misión y Vision*. Obtenido de

<http://bomberosibarra.gob.ec>: <http://bomberosibarra.gob.ec/?p=622#!/>

DASSAULT SYSTEMES, D. (2017). *Solidworks*. Obtenido de

<https://www.solidworks.es/sw/products/simulation/finite-element-analysis.htm>

designthinking. (2017). *designthinking*. Obtenido de <http://designthinking.es/inicio/index.php>

Diaz, R. (2016). *diseño automotriz propio*.

DIPAC. (08 de 05 de 2017). *Catalogo de productos* . Obtenido de

<http://www.dipacmanta.com/tubos/tubos-estructurales/tubo-estructural-redondo-galvanizado>

Du Bois, P. C., & E., B. J. (2004). *Vehicle crashworthiness and occupant protection*.

Duthey, P. (2008). *www.clubmusso.com.ar/*. Obtenido de

<https://www.clubmusso.com.ar/kb.php?mode=article&k=17>

Dykstra, J. (31 de diciembre de 1949). *Patente*. Obtenido de

<https://www.google.com/patents/US2621955>

EcuRed. (2015). *www.ecured.cu*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Corte_por_plasma

El Universo. (8 de 4 de 2016). *Al menos doce fallecidos en accidente de bus en Oyacoto, al norte de Quito*. Recuperado el 22 de 2 de 2017, de <http://www.eluniverso.com>:

<http://www.eluniverso.com/noticias/2016/12/08/nota/5944444/bus-cooperativa-pullman-carchi-se-fue-abismo-oyacoto-norte-quito>

Fábregas Villegas, J., Quesada Tatis, F. J., J, V. D., E, O. B., J, U.-S., & J, A. R. (2016). Análisis de deformaciones en un dispositivo electromecánico para medición de fuerzas del proceso de soldadura por fricción-agitación realizado en fresadora universal.

FAIRES, V. M. (1995). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: Editorial Limusa.

feandalucia. (Enero de 2010). *Revista Digital para profesionales de la enseñanza* . Obtenido de feandalucia: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6731.pdf>

Foley, J. V. (1995). *Computer Graphics: Principles and Practice. Reading,*. Massachusetts.

Gamarra. (16 de 3 de 2016). *Talleres y repuestos Gamarra*. Obtenido de

<https://twitter.com/tallergamarra>

Garavito, J. (2008). *Conformado de Metales*. Escuela Colombiana de Ingeniería .

Gassó Bas, J. P. (2012). Soldadura TIG utilizada en los vehículos. *Publicaciones Didacticas N°* 33, 1.

- GD&T. (2017). *Estados Superficiales*. Obtenido de Universidad Politecnica de Madrid.
- Gerik, Z. (6 de 3 de 2014). *Dibujo manual de planillas arquitectonicas y elementos mecanicos*. Recuperado el 10 de 2 de 2017, de [https://es.slideshare.net/Zerojustice/clase-1-dibujo-tecnico-introduccion-al-dibujo-tecnico](https://es.slideshare.net/https://es.slideshare.net/Zerojustice/clase-1-dibujo-tecnico-introduccion-al-dibujo-tecnico)
- Groover, M. P. (2007). *FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA*. MÉXICO: MCGRAW-HILL.
- H. Palaniswamy, G. N. (2004). Finite element simulation of magnesium alloys sheet forming at elevated temperature . En *Journal of Materials Processing technology no. 146* (págs. 52-60).
- HALL, A. S., HOLOWENCO, A., & LAUGHLIN, H. (1971). *Diseño de Maquinas*. Mexico: McGraw-Hill.
- Hans Topo. (1993). *fluencia diagrama tracción acero*.
- Haydee, C. D. (2016). *PLANTEAMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN PUENTE*. Guayaquil.
- Helsel, C. j. (2010). Dibujo y diseño en ingeniería. En C. j. Helsel, *Graficos e ingenieria como lenguaje* (pág. 3). Mc Graw Hill.
- Hrennikoff McHenry y Newmark. (1940). *Roark's Formulas for Stress and Strain*. Obtenido de [passeidireto: https://www.passeidireto.com/cadastro/passol](https://www.passeidireto.com/cadastro/passol)

Hurtado G ., J. E. (2002). *INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS ESTRUCTURAL POR ELEMENTOS FINITOS*. Manizales: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

Ibarra, C. d. (s.f.). *Rescate*. Cuerpo de Bomberos Ibarra, Ibarra.

Indumaq. (17 de 06 de 2017). *centroindumaq*. Obtenido de <http://www.centroindumaq.com/winches-electricos.html>

IPAC. (2017). *Materiales* .

ISUZU. (2012). *WORKSHOP MANUAL*.

J D, J. (2012). *Construcción de guardachoques para vehículos*.

Kalpakjian, S. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología. Quinta edición*. . MEXICO.

La Voz, R. P. (05 de 11 de 2014). *La Voz*. Obtenido de <http://www.lavoz.com.ar/autos/cuanto-cuesta-armar-una-pick-para-hacer-road>

Lexicoon. (Enero de 2017). *Diccionario Lexicoon*. Obtenido de <http://lexicoon.org/es/cabestrante>

Lopez Ortiz, S. A. (2016). <http://repositorio.uta.edu.ec>. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24621/1/Maestr%C3%ADa%20D.M.%2014%20-%20L%C3%B3pez%20Ort%C3%ADz%20Santiago%20Alejandro.pdf>

Lopez, & Morillo. (2009). *Tesis : Construcción de remolques para dos motos*,. Escuela Politécnica Nacional.

M.O.P.T. (15 de 4 de 2008). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA REVISION*

TECNICA DE VEHICULOS. Obtenido de <http://www.escueladeltrabajo.net/>:

<http://www.escueladeltrabajo.net/revtecnica.pdf>

Makai, E. (1966). A proof of Saint-Venant's theorem on torsional rigidity. *Acta Mathematica*

Hungarica, (págs. 3-4).

Manjarres, F., & Santillan, E. (2016). Analisis estructural a cargas de impacto frontal de un bus

tipo interprovincial mediante el metodo de elementos finitos .

MAPFRE. (2017). *Introducción al proceso de pintado de vehículos*. Obtenido de

<http://www.mapfre.com/>:

<http://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/cesvimap/ficheros/CFPreparacionSuperficiesEXTRACTO.pdf>

Masterax. (2017). <http://www.masterax.com>. Obtenido de

<http://www.masterax.com/productos/bull-bar.html>

Mayorga, B. (2012). *Criterio Técnico vehicular* . Ecuador: ANT.

MIke. (01 de 09 de 2012). www.cheerokeeforum.com. Obtenido de

<https://www.cheerokeeforum.com/f58/my-first-winch-bumper-build-147435/>

Morelo, B. (2011). iberisa.wordpress.com. Obtenido de

<https://iberisa.wordpress.com/category/mallado/page/2/>

Morelo, B. (2017). Obtenido de <https://iberisa.wordpress.com/>

Naval, I. L. C. C. D., Formoso–Dr, & F., J. Á. (2013). WINCHE CON CARACTERISTICAS DE CONTROL AVANZADAS PARA LABORES DE MANIOBRA EN SUPERYATES.

Noboa, C. F. (2015). *Proceso de Manufactura*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Norman, K., & Drury. (1984). *Patente*. Obtenido de <https://www.google.com/patents/US4469360>

Parras. (2016). Use of 3D scanning and reverse engineering for the prototyping of mechanical. Universidad de Politecnica de Cartagena.

Pimentel, López, J., & López, F. (2016). Tesis: Diseño y análisis de un auto mini baja para estudiar y conocer el impacto de las volcaduras. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Ramirez, U. (11 de Marzo de 2012). *es.scribd.com*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/84973891/Condiciones-de-Frontera-y-ad-Para-Vigas-Sujetas-a-Flexion-1>

Real Academia Española, E. (2014). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=RpNH13J>

Roderas. (2005). *Modelado Térmico de Componentes Magnéticos en Electrónica de Potencia de Alta Frecuencia mediante Técnicas Analíticas y de Análisis por Elementos Finitos*.

Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Roderas, E. (12 de 4 de 2007). *El análisis por elementos finitos: una metodología muy reciente en economía*. Obtenido de <https://www.uv.es>:

<https://www.uv.es/asepuma/XIV/comunica/117.pdf>

Rodriguez, P. C. (2001). *Manual de Soldadura*. Buenos Aires - Argentina: Alsina.

Safety, C. f. (2016). Bull bar tolerances and conditions.

San Zapata, J. (2013). *Diseño de elementos de máquinas I*. Piura: EUMED.

SARRE, A. (1993). Extracción por cable, aumento o reducción del daño causado al bosque. En *Actualidad Forestal Tropical*, v. 1 (págs. 3-5).

servicables. (2013). *servicables*. Obtenido de <http://www.servicables.com.mx/img/sec-accesorios/grilletes/pdf/G-2130-A.pdf>

Servicables. (2013). *Servicables grilletes*. Obtenido de

<http://www.servicables.com.mx/?sec=grilletes>

SESSIONS, J. (1992). Cost Control in Forest Harvesting and Road Construction. . En *Forestry Paper* (pág. 106).

Tello, D. (2007). Tesis: Diseño de chasis para sistema de transporte terrestre monoplaza. Escuela Politécnica Nacional.

TRL, L. (. (10 de 06 de 2017). *Estudio de Accidentes de Vehículos Equipados con Barras*.

Obtenido de Base de datos de investigación:

<http://www.dft.gov.uk/rmd/project.asp?intProjectID=10328>

Villalva Hervas. (2017). <https://aprendemostecnologia.org/>. Obtenido de Aprendamos

Ingeniería:

<https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/03/procedimientos-de-fabricacion-por-separacion.pdf>

West Arco. (2017). <http://www.westarco.com/>. Obtenido de

<http://www.westarco.com/westarco/sp/support/documentation/upload/catalogo-resumido-westarco.pdf>

Zambrano García, M., Guarín Torres, J., Sánchez, J. A., & Castro, F. (2014). *Repositorio UNAC*.

Obtenido de Elaboración de prototipo de camilla rígida graduable:

<http://repository.unac.edu.co/jspui/bitstream/11254/159/1/Trabajo%20de%20grado%20%28rev%29>

ANEXOS

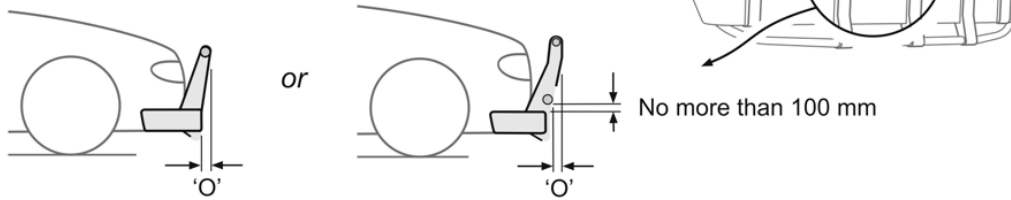
Anexo A

Condiciones generales de los *bullbars*

OFFSET

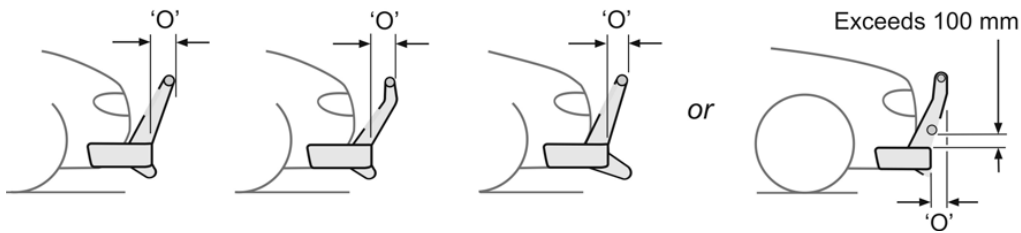
✓ Acceptable

Offset 'O' does not exceed 75 mm (approx. 9°)



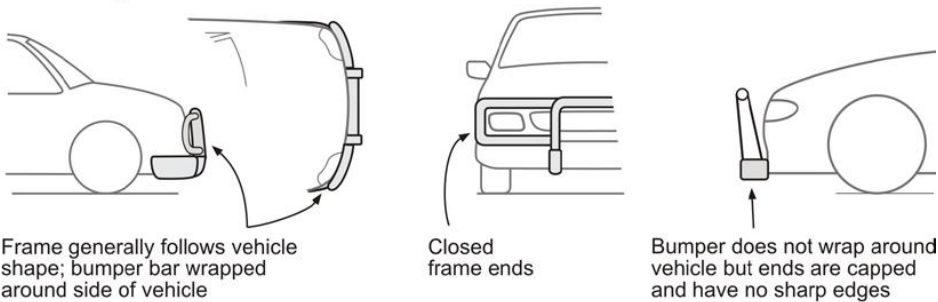
✗ Unacceptable

Offset 'O' exceeds 75 mm (greater than 9°)

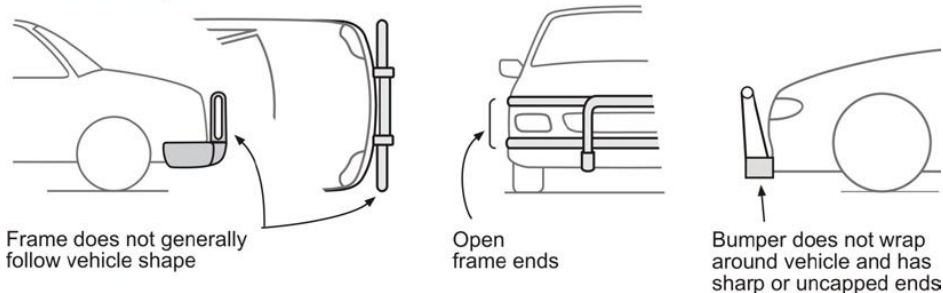


END SHAPE

✓ Acceptable

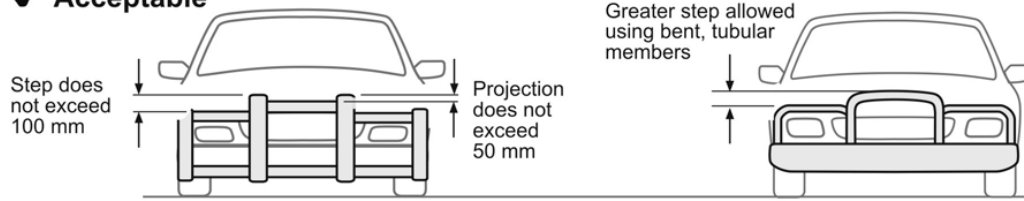


✗ Unacceptable

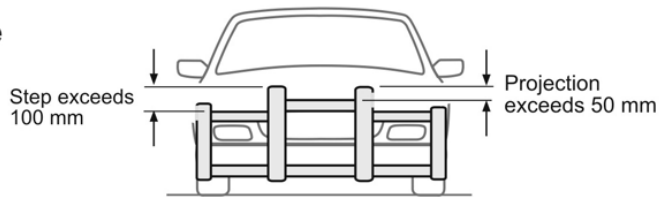


FRAME MEMBERS

✓ **Acceptable**

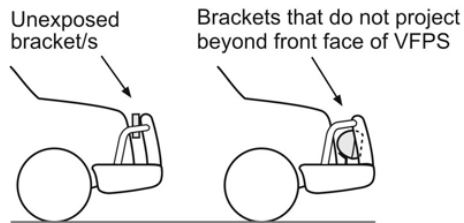


✗ **Unacceptable**

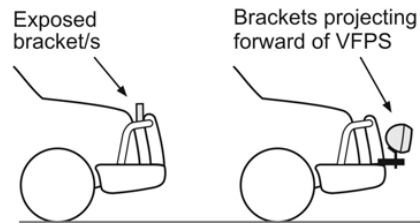


BRACKETS

✓ **Acceptable**

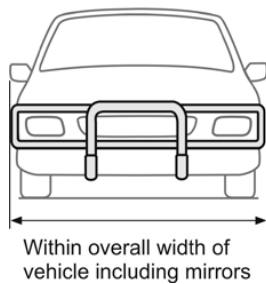


✗ **Unacceptable**

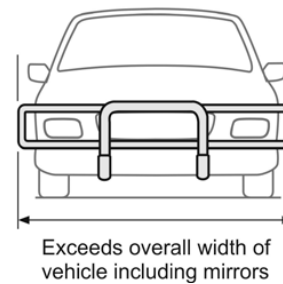


VEHICLE WIDTH

✓ **Acceptable**

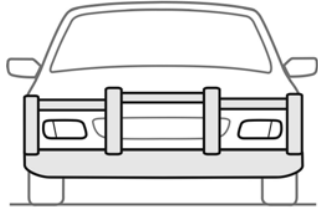


✗ **Unacceptable**

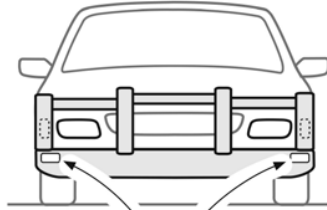


LIGHTS

✓ **Acceptable**

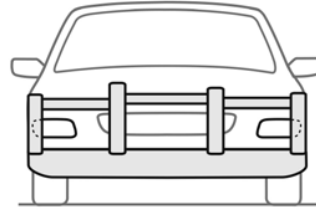


All of the vehicle's mandatory front lights are visible



If indicators are not visible an auxiliary set may be fitted

✗ **Unacceptable**

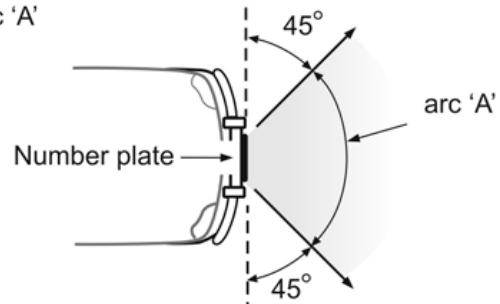
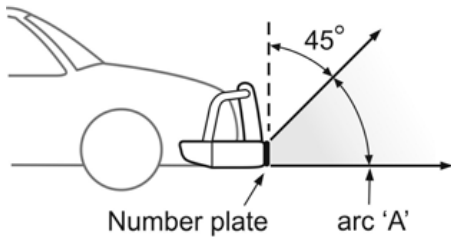


Any of the vehicle's mandatory front lights, including indicators, are obscured

NUMBER PLATE

✓ **Acceptable**

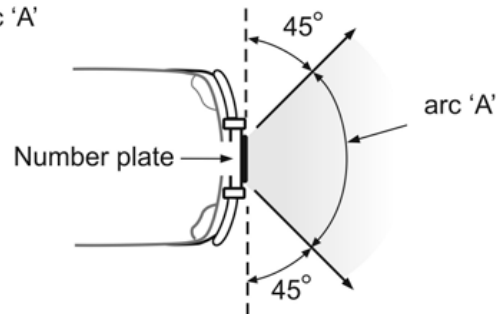
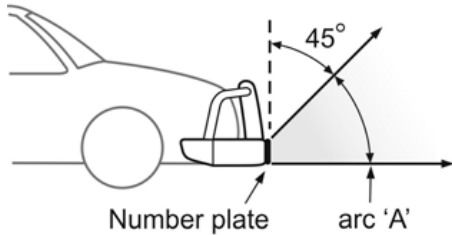
Number plate fully visible from 20 metres within shaded arc 'A'



NUMBER PLATE

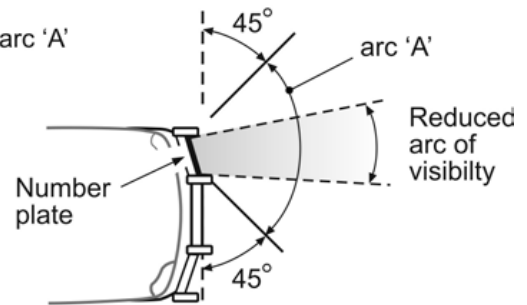
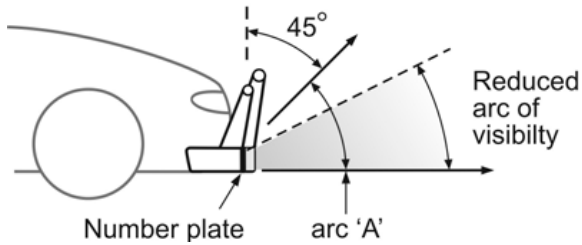
✓ Acceptable

Number plate fully visible from 20 metres within shaded arc 'A'



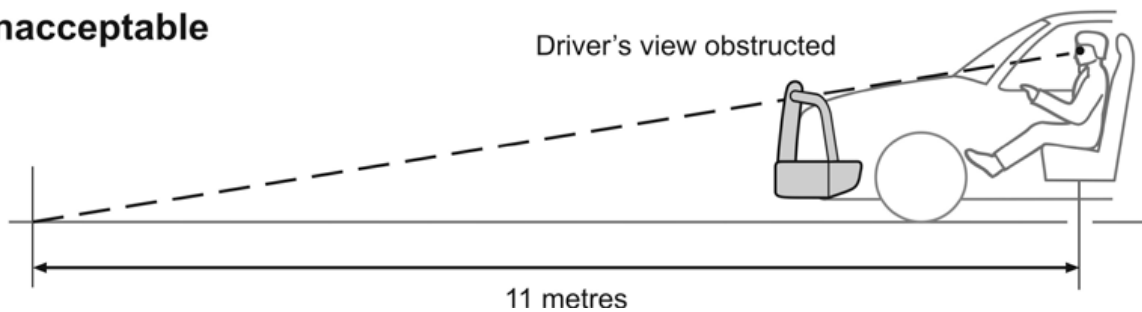
✗ Unacceptable

Number plate not fully visible from 20 metres at all points within arc 'A'



FORWARD VIEW OF THE ROAD

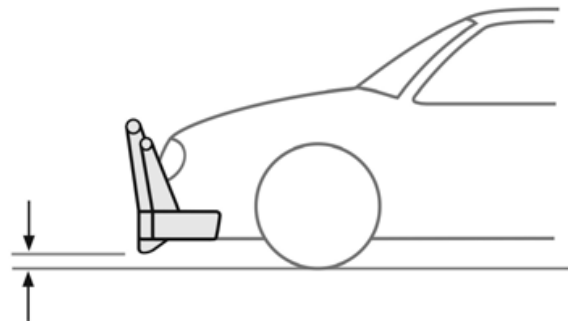
✗ Unacceptable



GROUND CLEARANCE

X Unacceptable

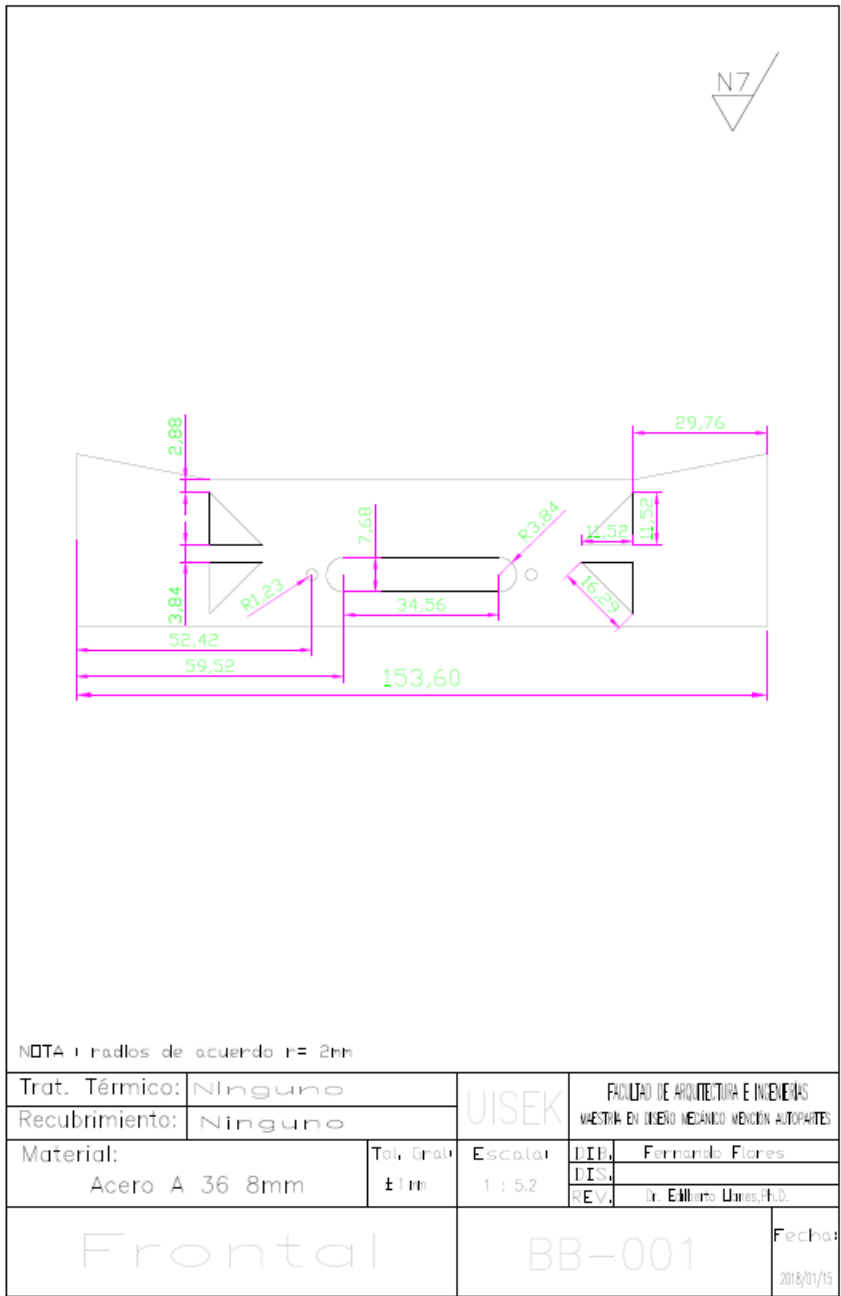
Ground clearance less than 100 mm

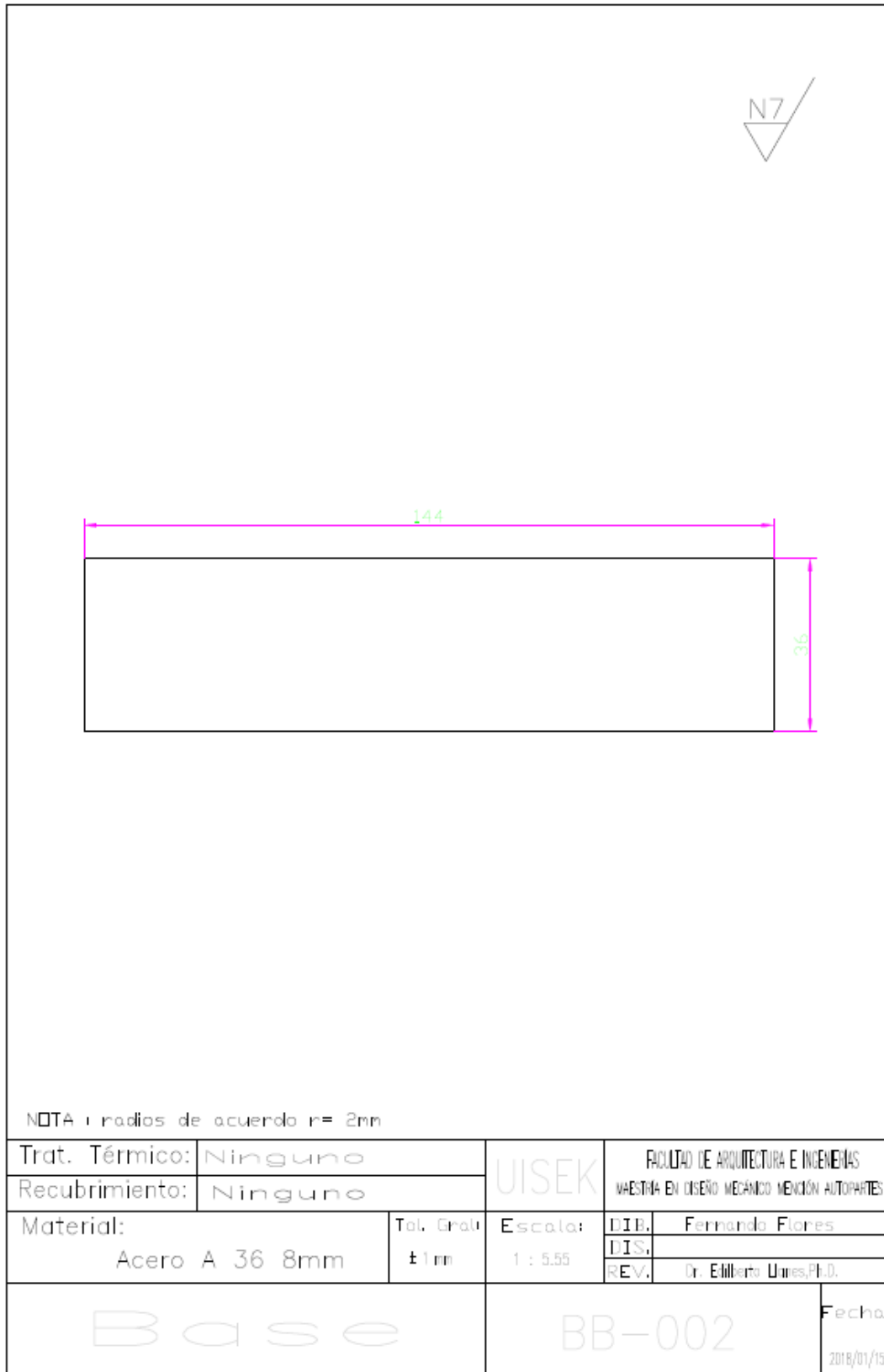


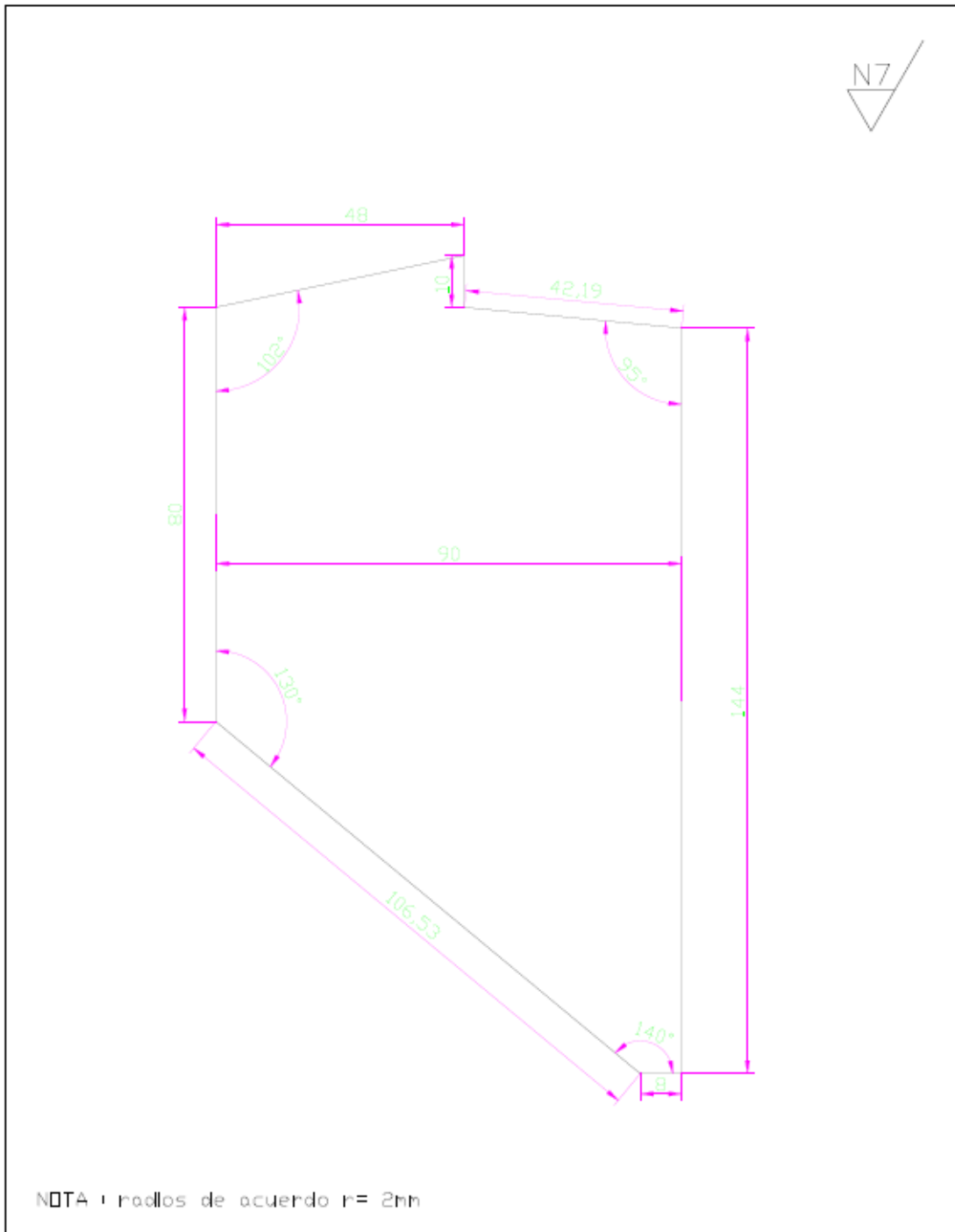
www.tlcc.com.au/LiteratureRetrieve.aspx?ID=178274

Anexo B

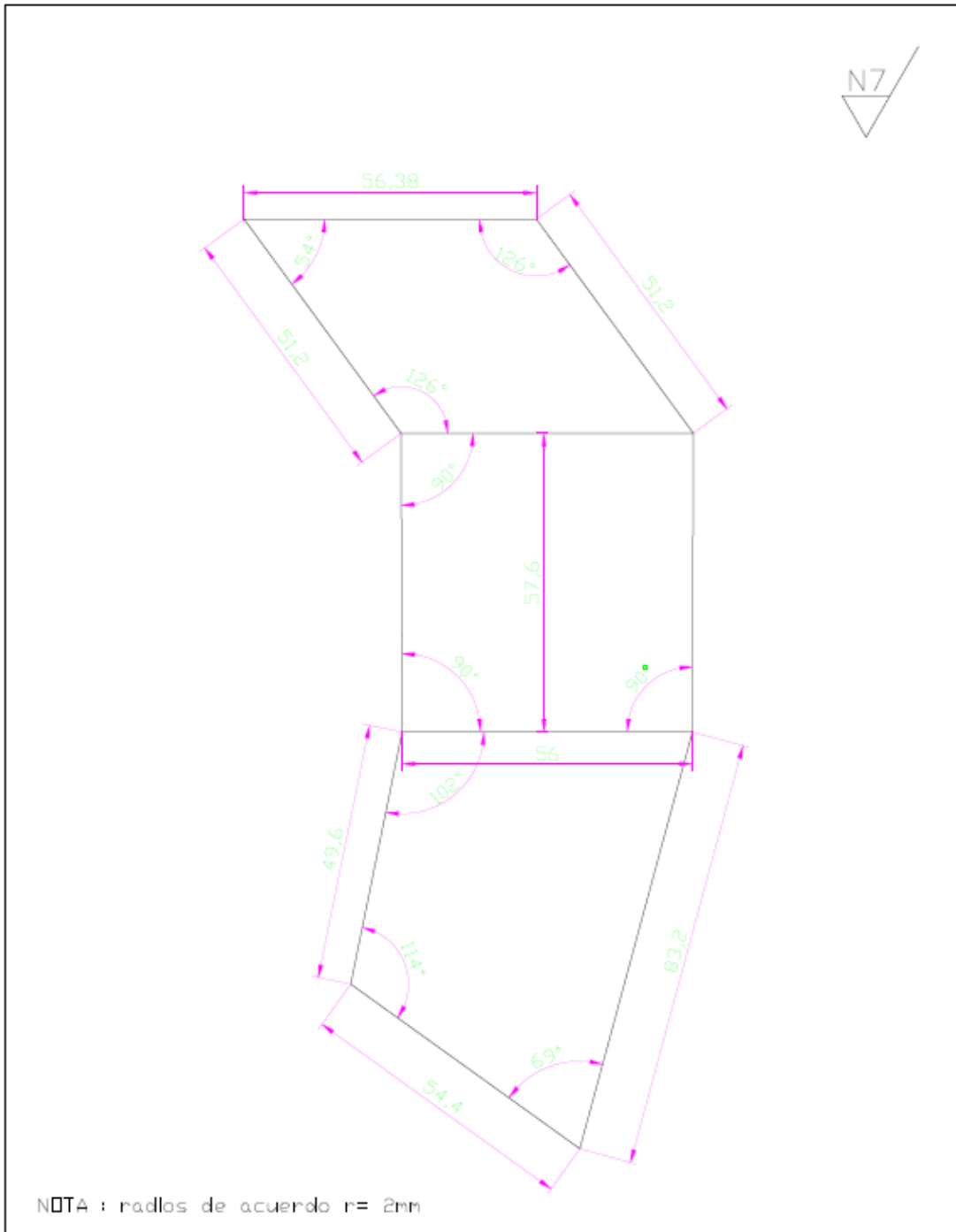
Planos individuales



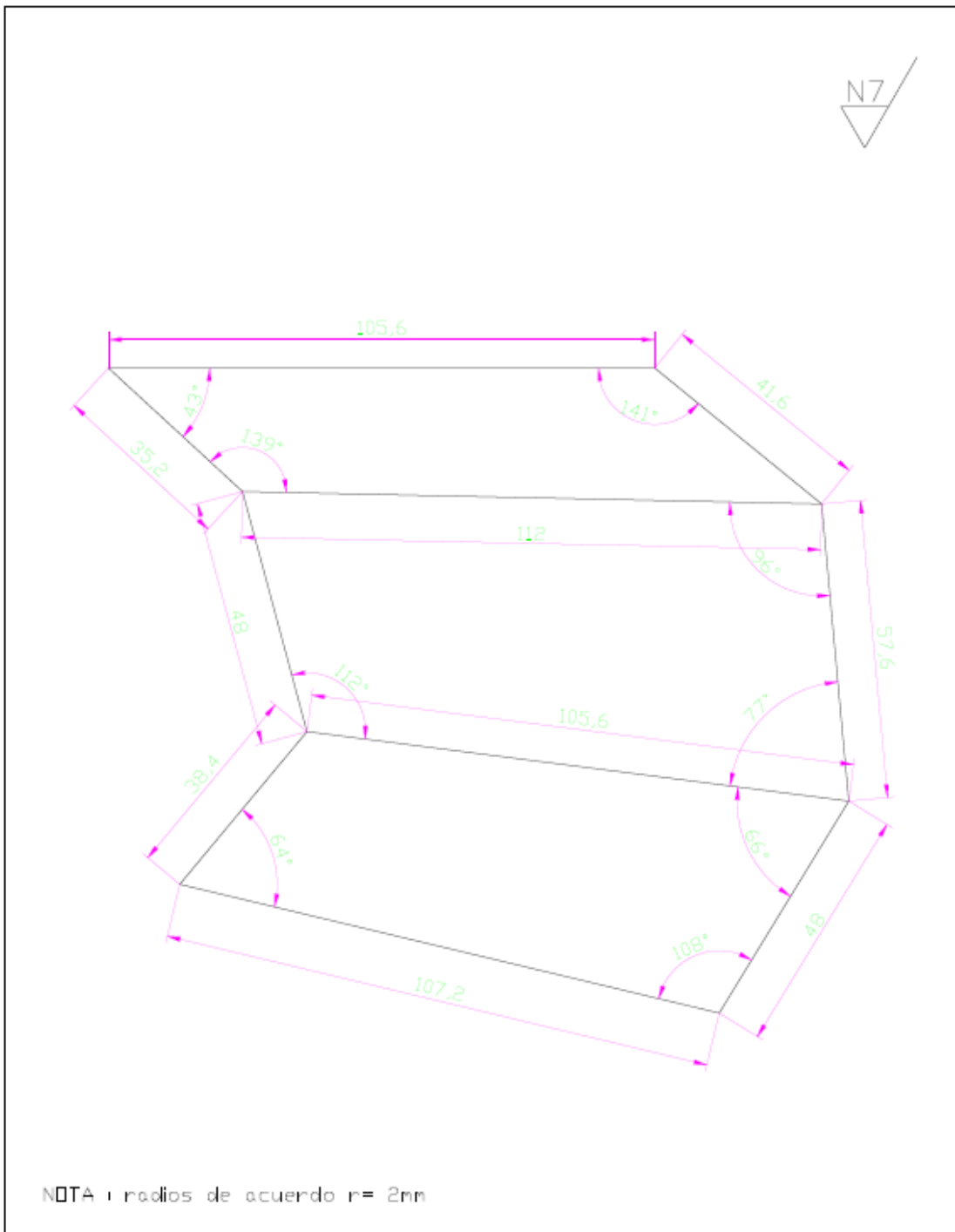




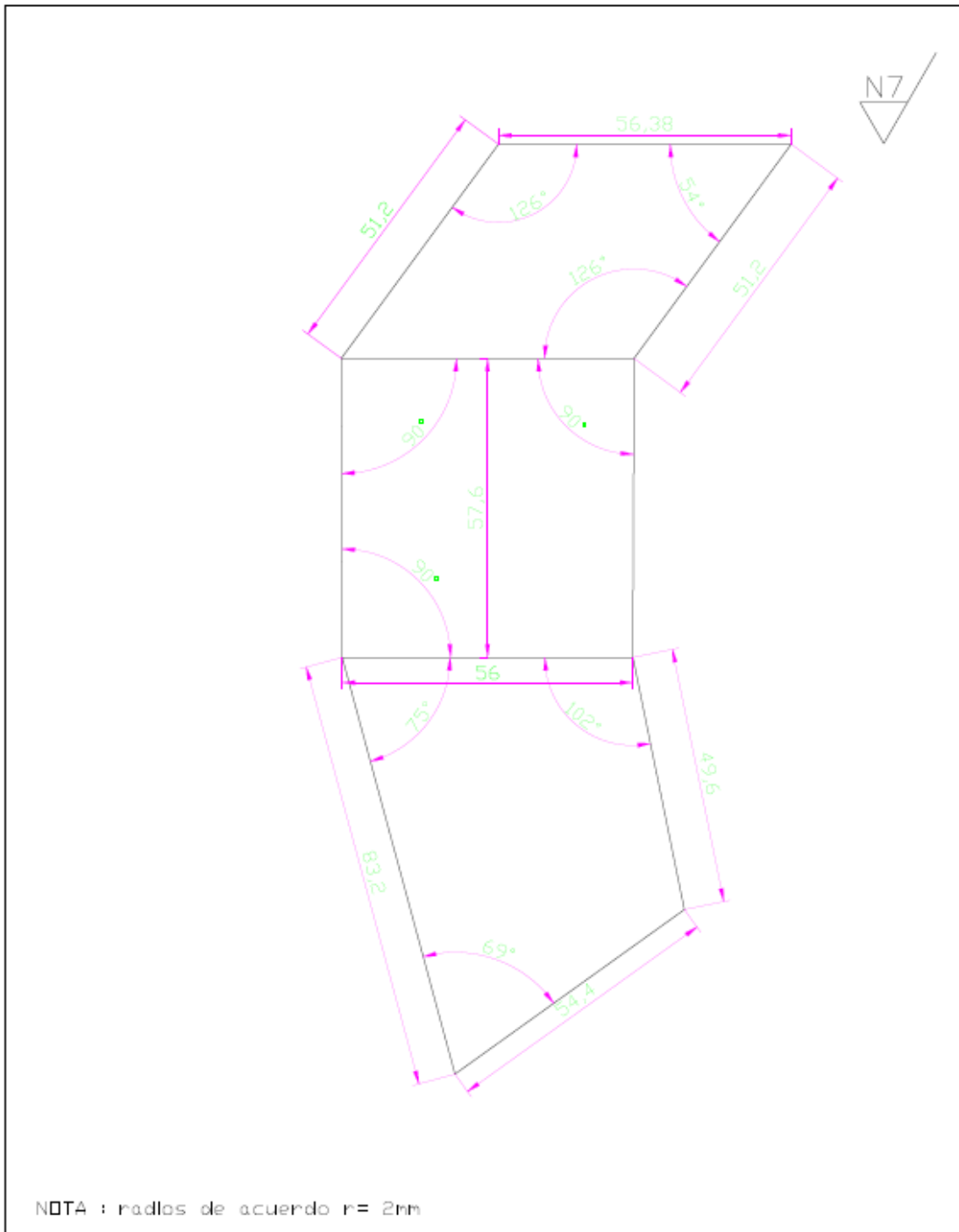
Trat. Térmico:	Ninguno	UISEK	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS	
Recubrimiento:	Ninguno		MAESTRIA EN DISEÑO MECANICO MENCIÓN AUTOPARTES	
Material:	Acero A 36 8mm	Tol. Grabi $\pm 1\text{mm}$	Escala:	1 : 2.5
			DI.B.	Fernando Flores
			DIS.	
			REV.	Dr. Emlbert Umes, Ph.D.
Parante		BB-003		Fecha: 2018/01/15



Trat. Térmico: Ninguno		UISEK	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS	
Recubrimiento: Ninguno			MAESTRIA EN DISEÑO MECÁNICO MENCIÓN AUTOPARTES	
Material: Acero A 36 6mm		Tol. Grati: ±1mm	Escala: 1 : 3.3	DIP. Fernando Flores
				DIS.
				REV. Dr. Edilberto Umes, Ph.D.
Lateral izquierdo		BB-004		Fecha: 2018/01/15

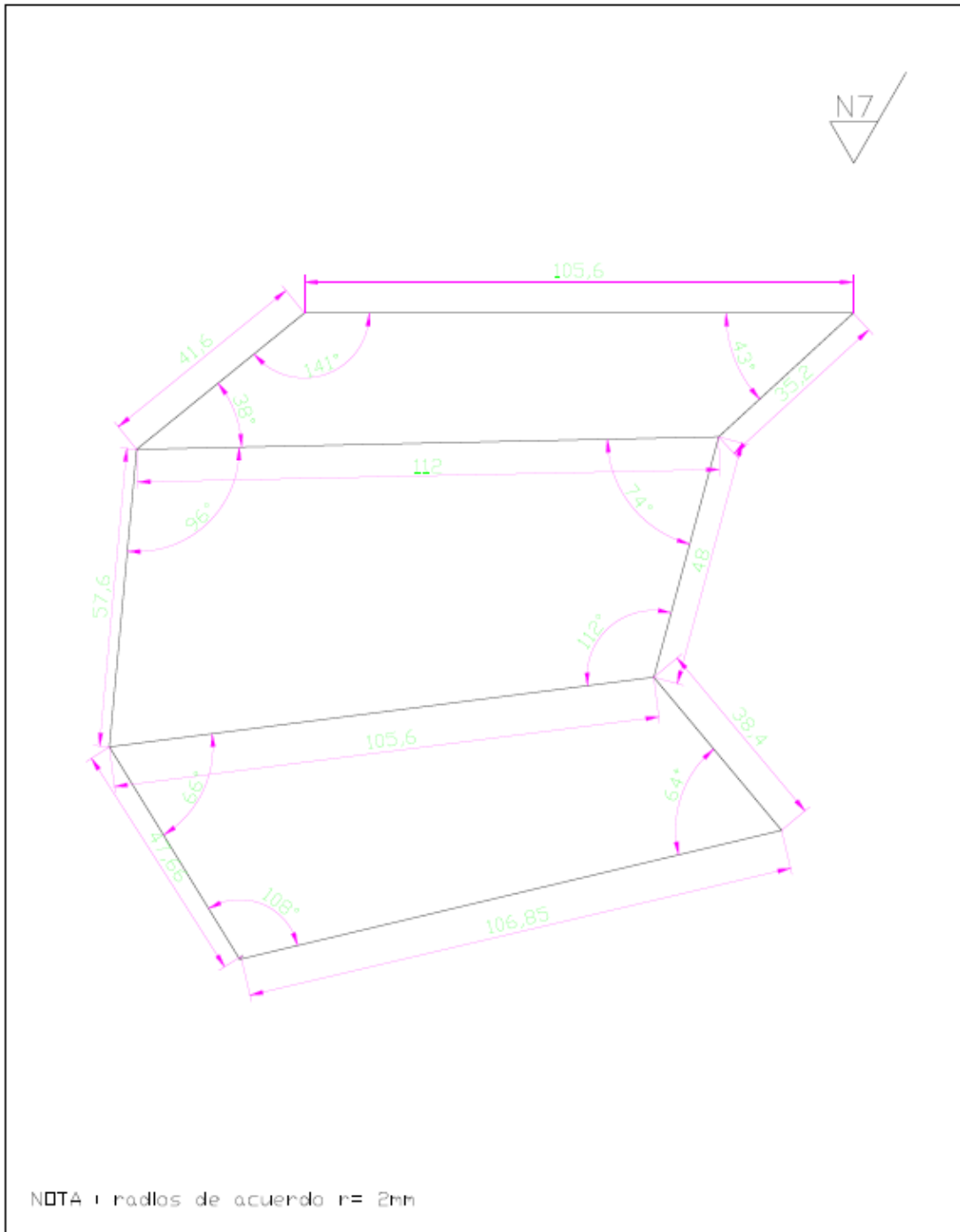


Trat. Térmico:	Ninguno	UISEK	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS		
Recubrimiento:	Ninguno		MAESTRIA EN DISEÑO MECÁNICO MENCIÓN AUTOPARTES		
Material:	Acero A 36 6mm	Tol. Gral:	± 1 mm	Escala:	1 : 2.8
				DIB.	Fernando Flores
				DIS.	
				REV.	Dr. Edilberto Umes, Ph.D.
Lateral izquierdo1			BB-005		Fecha:
					2018/01/15

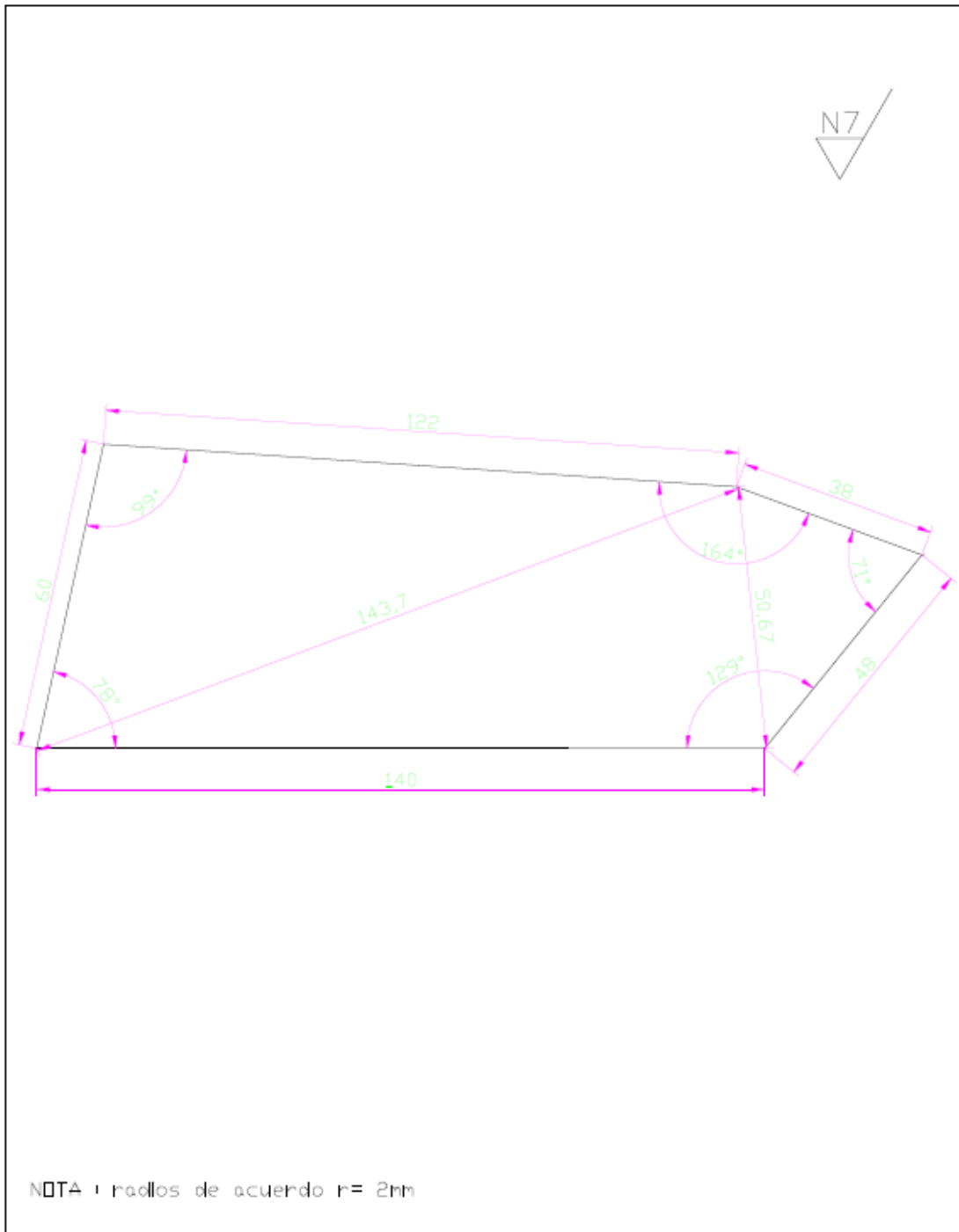


NOTA : radios de acuerdo r= 2mm

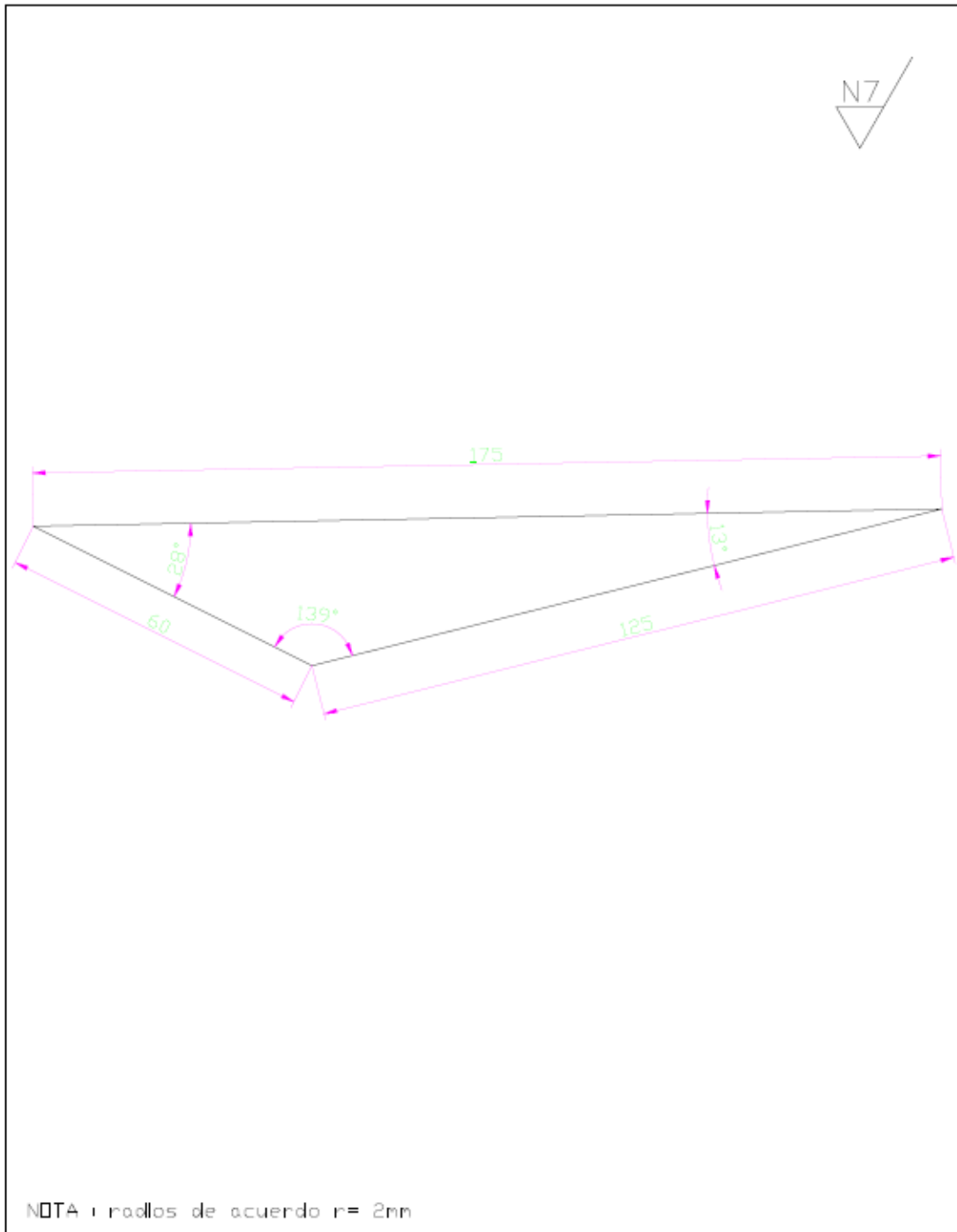
Trat. Térmico:	Ninguno	UISEK	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS	
Recubrimiento:	Ninguno		MAESTRIA EN DISEÑO MECÁNICO MENCIÓN AUTOPARTES	
Material:	Acero A 36 6mm	Tol. Gral: ± 1 mm	Escala: 1 : 3.3	DIB. Fernando Flores
				DIS.
				REV. Dr. Edilberto Umes, Ph.D.
Lateral derecho		BB-006		Fecha: 2018/01/15



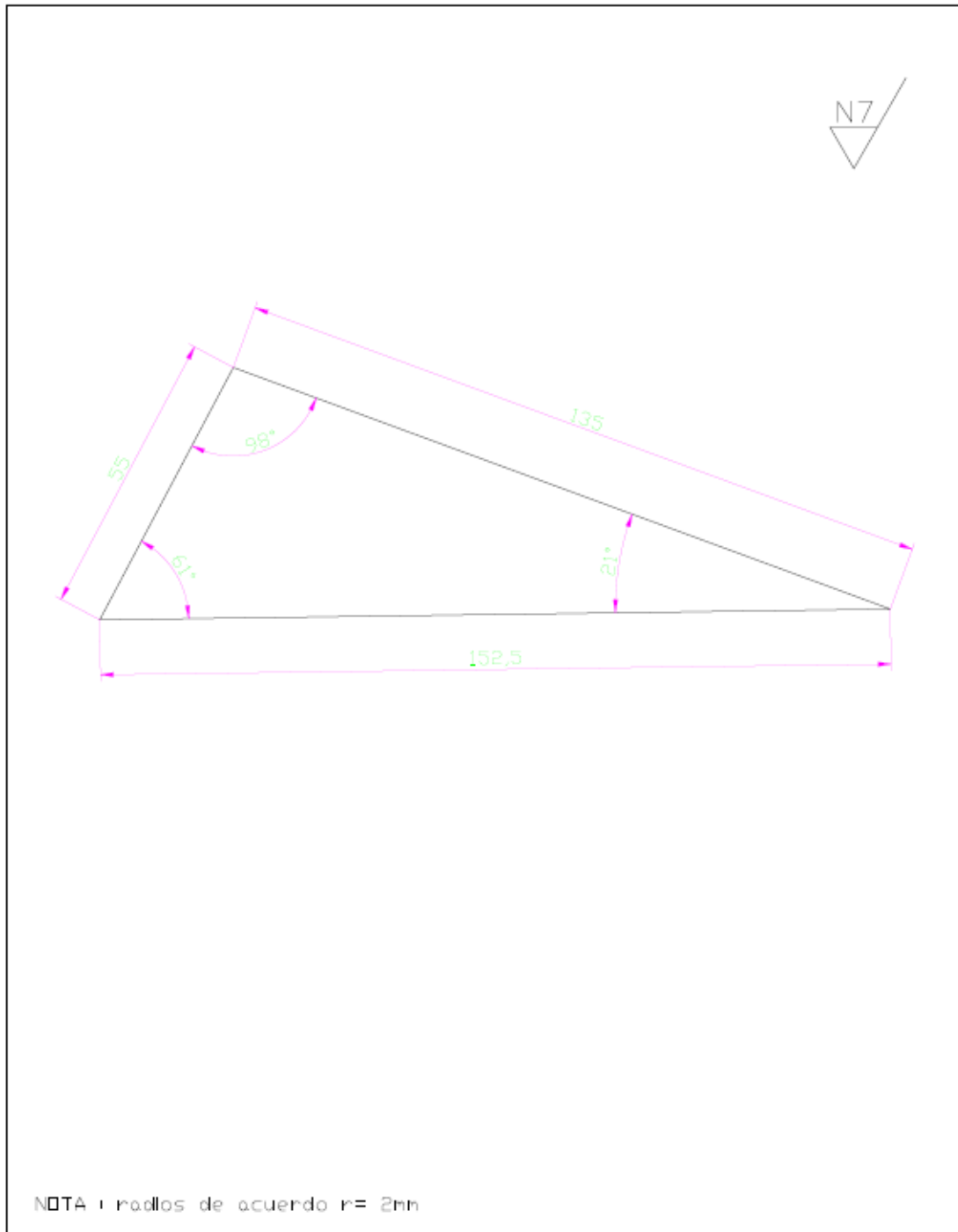
Trat. Térmico:	Ninguno	UISEK	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS		
Recubrimiento:	Ninguno		MAESTRIA EN DISEÑO MECANICO MENCIÓN AUTOPARTES		
Material:	Acero A 36	Tol. Gral:	±1mm	Escala:	1 : 2.8
			DIB.	Fernando Flores	
			DIS.		
			REV.	Dr. Edilberto Urrutia, Ph.D.	
Lateral derecho 1			BB-007		Fecha:
					2018/01/15



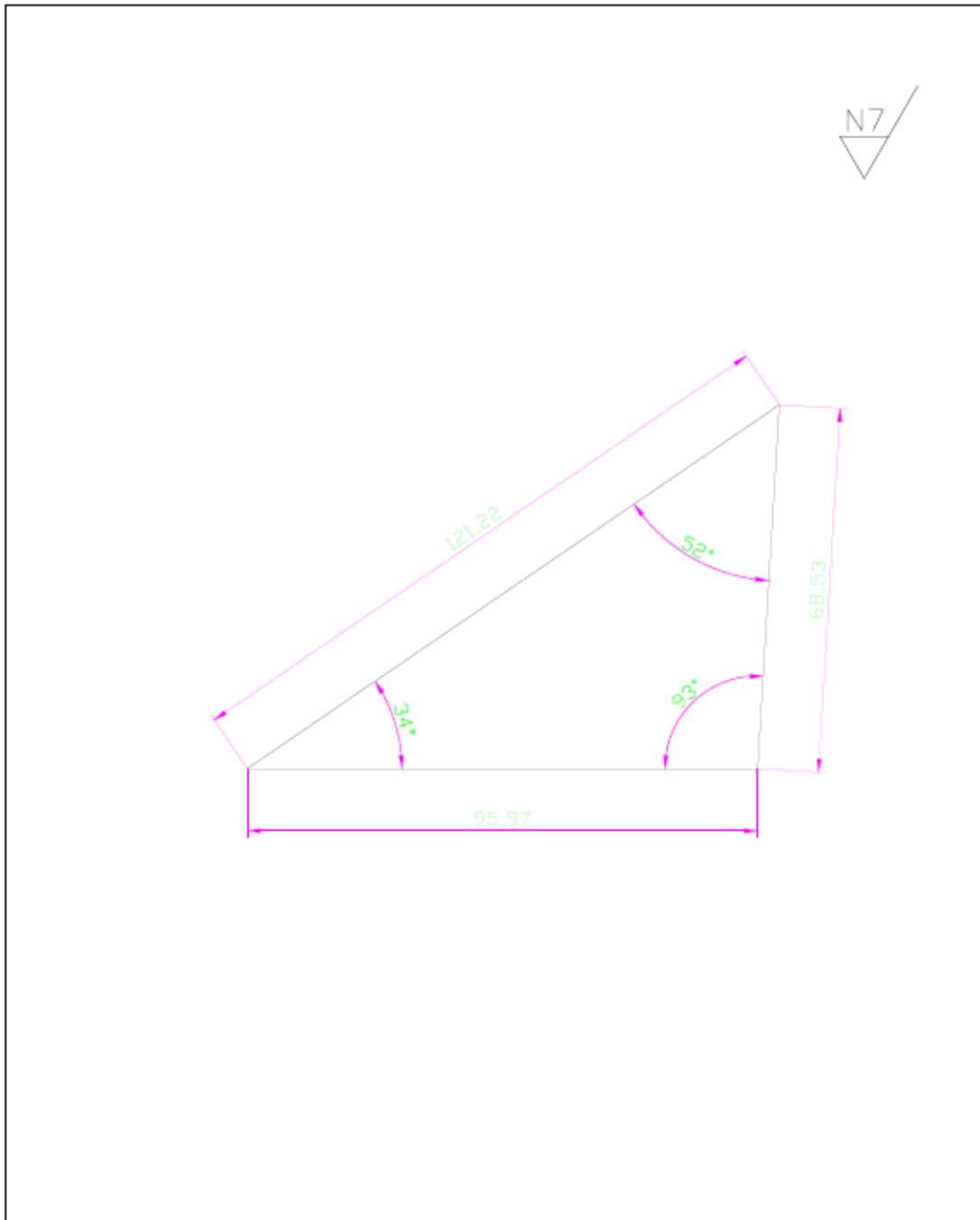
Trat. Térmico:	Ninguno	UISEK	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS	
Recubrimiento:	Ninguno		MAESTRIA EN DISEÑO MECÁNICO MENCIÓN AUTOPARTES	
Material:	Acero A 36 6mm	Tol. Gral ± 1mm	Escala:	DIB. Fernando Flores
			1 : 2.25	DIS.
				REV. Cr. Eliberto Umes, Ph.D.
Cacho		BB-008		Fecha: 2006/01/31



Trat. Térmico: Ninguno		UISEK	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS	
Recubrimiento: Ninguno			MAESTRIA EN DISEÑO MECÁNICO MENCIÓN AUTOPARTES	
Material: Acero A 36 6mm		Tol. Grati ± 0.05	Escala: 1 : 2.4	DIB. Fernando Flores
				REV. Dr. Emilio Uares Ph.D.
Refuerzo lateral 1		BB-009		Fecha: 2006/01/31

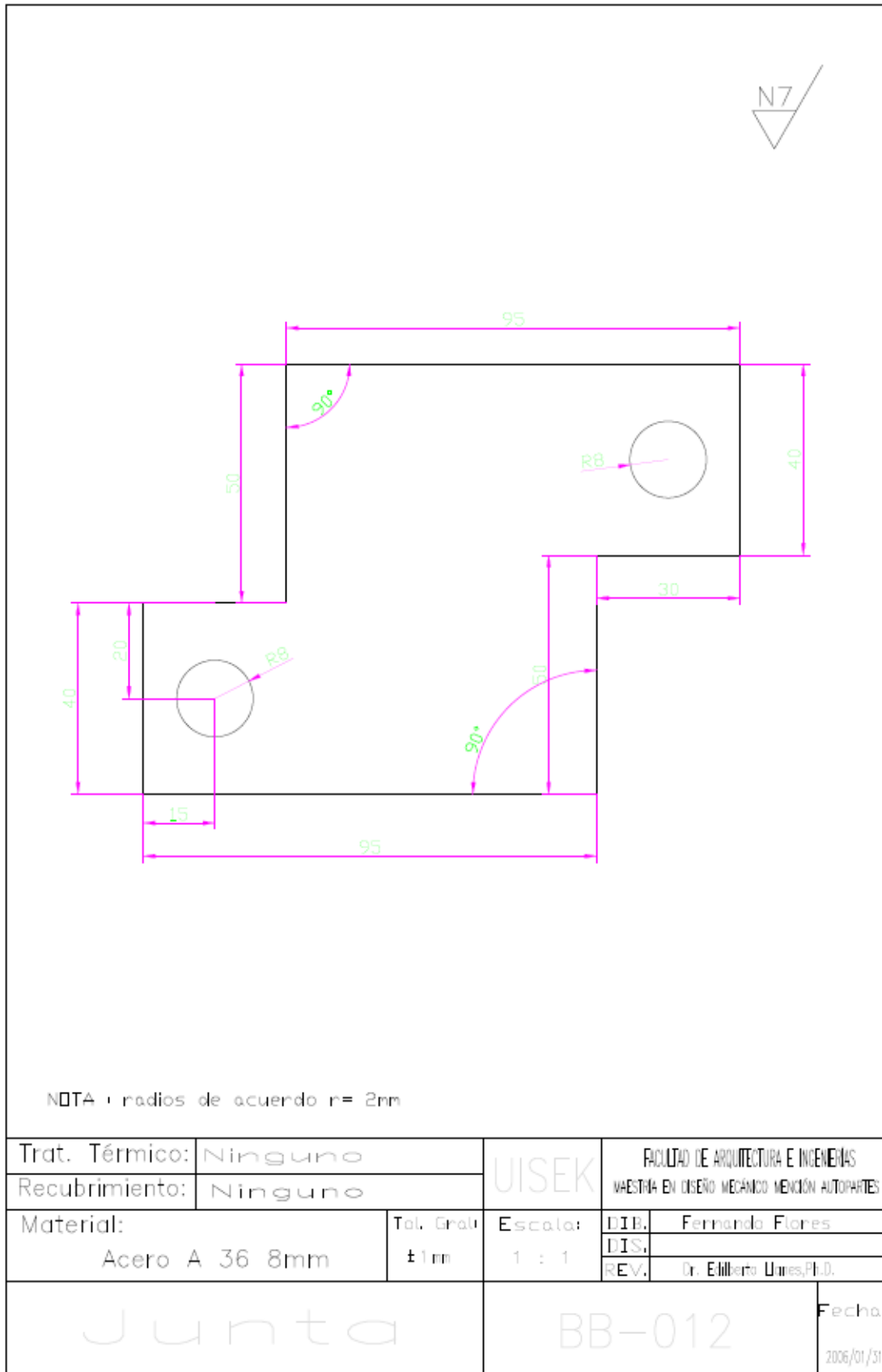


Trat. Térmico:	Ninguno	UISEK	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS	
Recubrimiento:	Ninguno		MAESTRIA EN DISEÑO MECÁNICO MENCIÓN AUTOPARTES	
Material:	Tol. Gral:	Escala:	DIB.	Fernando Flores
Acero A 36 6mm	±1mm	1 : 2	DIS.	
			REV.	Dr. Emilio Umes, Ph.D.
Refuerzo lateral 2		BB-010		Fecha:
				2018/01/10



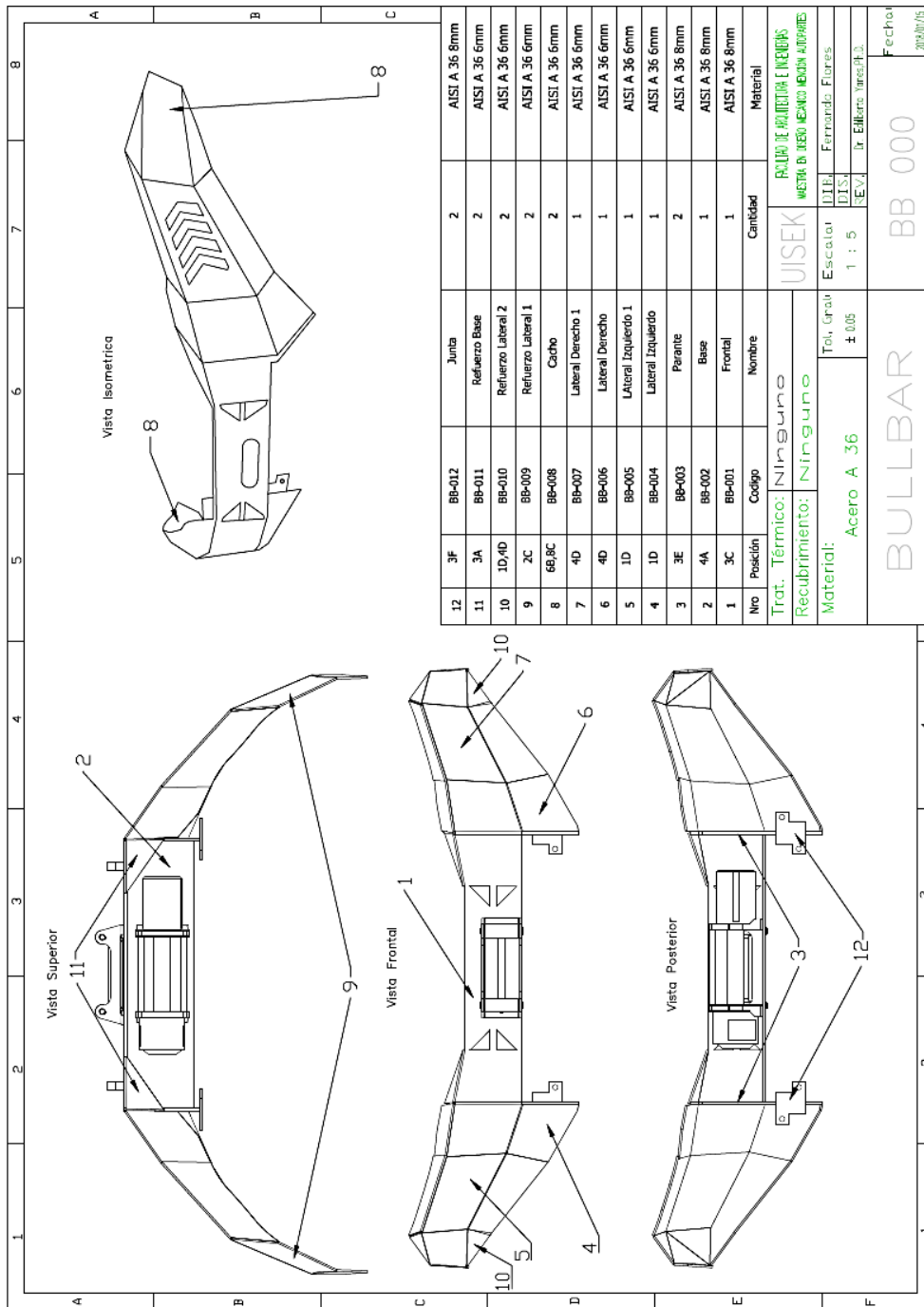
NOTA: r radlos de acuerdo r= 2mm

Trat. Térmico:	Ninguno	UISEK	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS	
Recubrimiento:	Ninguno		MAESTRIA EN DISEÑO MECÁNICO MENCIÓN AUTOPARTES	
Material:	Acero A 36 6mm	Tol. Grati ±1mm	Escala:	DIB. Fernando Flores
			1 : 1.66	DIS.
				REV. Dr. Edilberto Umes, Ph.D.
Refuerzo base		BB-011		Fecha: 2006/01/31



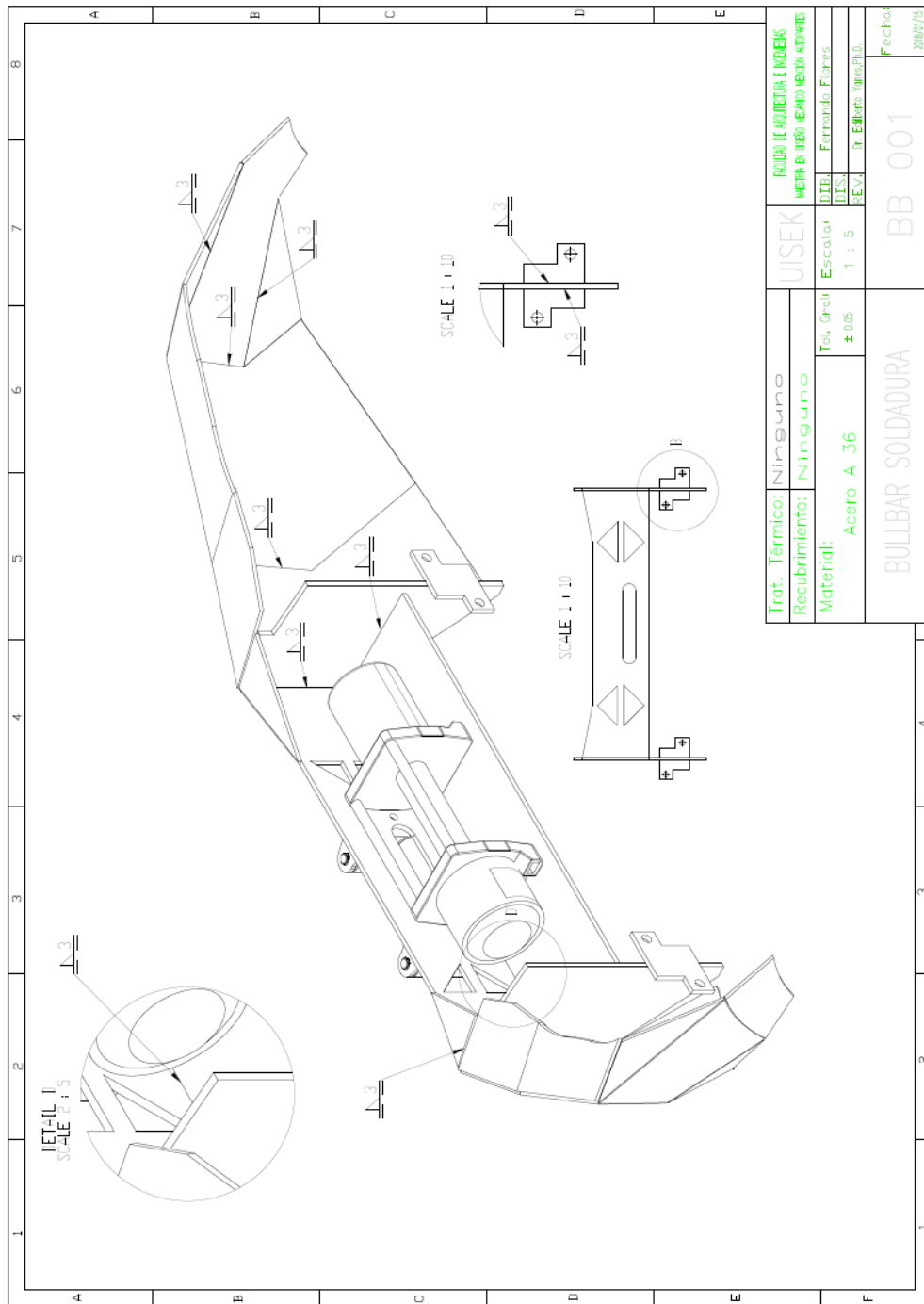
Anexo C

Plano de Montaje

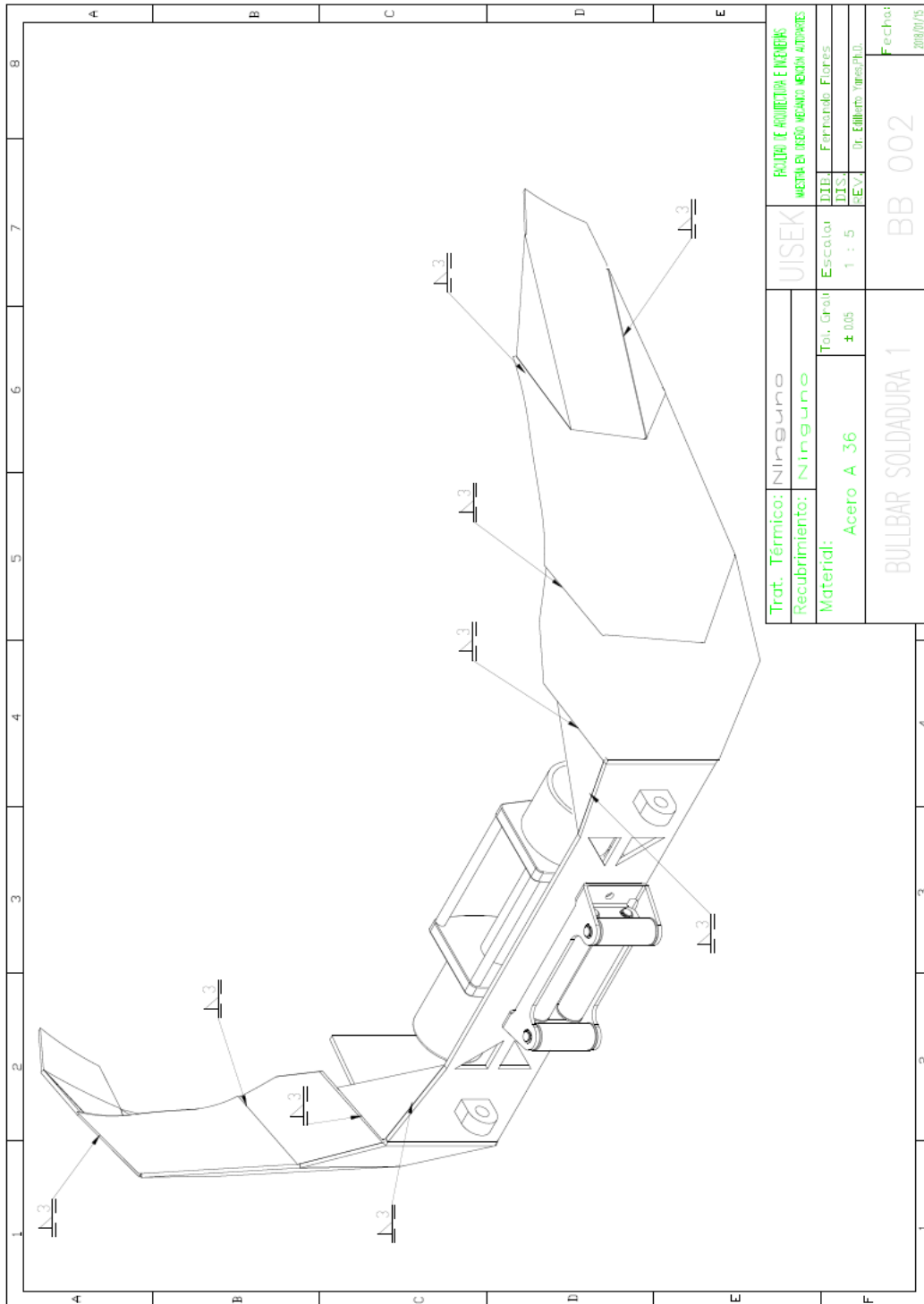


Anexo D

Plano de Soldadura








Trot. Térmico:	Ninguno	UISEK	PROYECTO ARQUITECTURA E INGENIERIA
Recubrimiento:	Ninguno	Escalas:	MEMORIA DE CÁLCULO MECÁNICO AUTOMÁTICO
Material:	Acero A 36	1:5	DISEÑO: Ferrnando Flores
		1:10	REVIZIÓN: Dr. Eduardo Viquez P.D.
BULLBAR SOLDADURA		BB 001	Fecha:
			2008/07/15



Trat. Térmico: Ninguno Recubrimiento: Ninguno Material: Acero A 36		UISEK Escala: 1 : 5 DIB: Ferrnald Flores REV: Ir. Edilberto Amador	FACULTAD DE INGENIERIA E INICIADORES MUESTRA EN DISEÑO MECANICO (BOVIN AUTOMATICO)
Bullbar SOLDADURA 1		BB 002	Fecha: 2009/07/15

Anexo E

Acabados Superficiales

Rugosidad (μm)	Clase de rugosidad	Equivalenci a DIN 140	Aplicaciones
50	N 12		Forja, fundición, estampación Trabajos de desbaste, arranque basto de viruta
25	N 11		
12.5	N 10		
6.3	N 9		Torneado fino, rectificado, brochado, escariado
3.2	N 8		
1.6	N 7		Escariado, rectificado, esmerilado
0.8	N 6		
0.4	N 5		Rectificado fino, bruñido Lapeado
0.2	N 4		
0.1	N 3		
0.05	N 2		
0.025	N 1		

<http://ocw.upm.es/ingenieria-mecanica/especificacion-de-dimensiones-y-tolerancias-gd-t/06-tolaca/0601-tolaca.pdf>

Anexo F

Documentos de la camioneta

ESPECIE UNICA DE MATRICULA				FORMULARIO		
PLACA ANTERIOR	A.N.T.		A 3597607			
FACTURA	2015		23/02/2015			
PLACA ACTUAL	IEA1307		FECHA MATRICU			
MARCA	CLASE	TIPO				
CHEVROLET	CAMIONETA	DOBLE CAE				
ANO / MODELO	MODELO	PAIS ORIGEN				
2015	D-MAX CRDI AC 3.0 CD 4X4 TM DIESECUAD	EQUAD				
No. MOTOR	COLOR 1	COLOR 2				
4JJ1MK8703	ROJO	ROJO				
No. CHASIS	CARR. COMB. PASAJ.	PESO				
81 BETE3N9F0299715	MT D 5	1.04				
OBSERVACIONES	FECHA DE CADUCIDAD	CILINDRAJE				
R6	31/12/2019	2999				

ORIGINAL		
OFICINA DE ATENCION AL USUARIO	CODIGO	TIPO DE SERVICIO
AGENCIA MUNICIPAL	877CHE8LB4JJA35	ESTADO
APELLIDOS Y NOMBRES		
CUERPO DE BOMBEROS DE IBARRA		
C.C. / PASAPORTE / RUC.	PROVINCIA	CANTON
1060021420001	IMBABURA	IBARRA
DIRECCION		TELÉFONO
LUIS FERNANDO VILLAMAR 1-84 Y OLMEDO		062607122
OPERADORA	DISCO	MODALIDAD
TRANSF. DOTT.	GRAMAMER	
0	NO	
TOTAL MATRICULA		
US\$ 108.00		MATRICULACION