



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

UNIDAD AZCAPOTZALCO

División CBI

Ingeniería Mecánica

Diseño y construcción de la estructura para un vehículo Baja
SAE 2018.

Modalidad: Proyecto Tecnológico

Datos de los alumnos:

ISMAEL GARCIA DE AQUINO. 2142002115

RODRIGO GILES CASTILLO. 2142000479

ISRAEL SANTIAGO FLORES. 2143032662

Asesores:

Dr. Manuel Eurípides Ruiz Sandoval Hernández

Ing. Romy Pérez Moreno

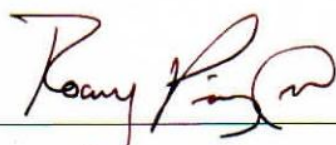
Enero 2019 18-O

Yo, Dr. Manuel Eurípides Ruiz Sandoval Hernández, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio institucional de UAM Azcapotzalco.



Dr. Manuel Eurípides Ruiz Sandoval Hernández

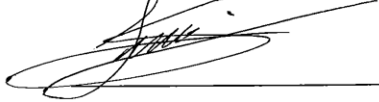
Yo, Ing. Romy Pérez Moreno, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio institucional de UAM Azcapotzalco.



Ing. Romy Pérez Moreno

DECLARATORIA.

Yo, **Ismael García De Aquino**, doy mi autorización a la coordinación de servicios de información de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, para publicar el presente documento en la biblioteca digital, así como en el Repositorio Institucional der la UAM Azcapotzalco.



Ismael García De Aquino

Yo, **Rodrigo Giles Castillo**, doy mi autorización a la coordinación de servicios de información de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, para publicar el presente documento en la biblioteca digital, así como en el Repositorio Institucional der la UAM Azcapotzalco.



Rodrigo Giles Castillo

Yo, **Israel Santiago Flores**, doy mi autorización a la coordinación de servicios de información de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, para publicar el presente documento en la biblioteca digital, así como en el Repositorio Institucional der la UAM Azcapotzalco.



Israel Santiago Flores

AUTORIZACIÓN DE INSCRIPCIÓN A PROYECTO DE INTEGRACIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA

PI-A-MEC

Trimestre en que se autoriza la propuesta:

18 I

Fecha: 05/04/2018

PI-A-MEC 010/18

DATOS DEL ALUMNO

Nombre: García De Aquino Ismael

Matrícula: 2142002115

Correo personal: ismael-30seconds@hotmail.com

Firma

ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Empresa: I.Romy Pérez Moreno

No. económico: 23812

Adscripción/Departamento/Sección: Energía

Área de investigación: Mecánica de Frontera

Correo institucional: romy@azc.uam.mx

Firma

COASESOR O ASESOR EXTERNO / JEFE O RESPONSABLE LEGAL DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal: Dr. Manuel E. Ruiz Sandoval Hernández

No. económico/Teléfono: 21499

Adscripción/Puesto: Área de estructuras

Área de investigación/Departamento: Materiales

Correo electrónico: mreh@azc.uam.mx

Firma

MODALIDAD DEL PROYECTO

☒ Proyecto tecnológico

☐ Proyecto de investigación

☐ Estancia profesional

☐ Experiencia profesional

TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño y construcción de la estructura para un vehículo Baja SAE 2018.

Proyecto de Integración asociado a un Proyecto de Investigación: ☒ No ☐ SI

Clave (2):

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir la estructura para un vehículo Baja SAE 2018 cumpliendo las normas y reglas establecidas, para concursar en la competencia intercolegial Baja SAE 2018.

UNIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE ASOCIADAS AL PROYECTO DE INTEGRACIÓN

Clave	UEA	UEA Autorizada	Vigencia
1100118	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I	SI	Inicio
			18 P
1100128	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II		Término
			18 O
1100138	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica		

Nombre y firma del Coordinador de Estudios

Ing. Romy Pérez Moreno



Revisión: Febrero 2016

Originales: Coordinador de Estudios; Coordinación de Sistemas Escolares.
Copias: Alumno; Asesor(es).

**AUTORIZACIÓN DE INSCRIPCIÓN A PROYECTO DE
INTEGRACIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA**

PI-A-MEC

Trimestre en que se autoriza la propuesta: 18 I

Fecha: 05/04/2018

PI-A-MEC 010/18

DATOS DEL ALUMNO

Nombre: Rodrigo Giles Castillo

Matrícula: 2142000479

Correo personal: gcrodrigo@outlook.es


Firma

ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA

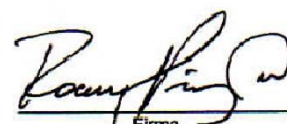
Nombre del asesor/Empresa: Ing. Romy Pérez moreno

No. económico: 23812

Adscripción/Departamento/Sección: Departamento de Energá

Área de investigación: Mecanica de frontera

Correo institucional: romy@azc.uam.mx


Firma

COASESOR O ASESOR EXTERNO / JEFE O RESPONSABLE LEGAL DE LA EMPRESA

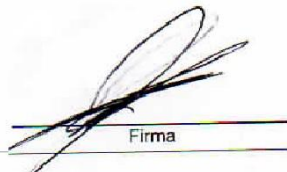
Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal: Dr. Manuel Eurípides Ruiz Sandoval Hernandez

No. económico/Teléfono: 21499

Adscripción/Puesto: Materiales

Área de investigación/Departamento: Estructuras

Correo electrónico: mrh@azc.uam.mx


Firma

MODALIDAD DEL PROYECTO

☒ Proyecto tecnológico

☐ Proyecto de investigación

☐ Estancia profesional

☐ Experiencia profesional

TÍTULO DEL PROYECTO

Diseñar y construcción de la estructura para un vehículo Baja SAE 2018.

Proyecto de Integración asociado a un Proyecto de Investigación: ☒ No ☐ SI

Clave (?):

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir la estructura para un vehículo Baja SAE 2018 cumpliendo las normas y reglas establecidas, para concursar en la competencia intercolegial Baja SAE 2018.

UNIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE ASOCIADAS AL PROYECTO DE INTEGRACIÓN

Clave	UEA	UEA Autorizada	Vigencia
1100118	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I	51	Inicio
1100128	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II		18 P
1100138	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica		Término
			18 O

Nombre y firma del Coordinador de Estudios


Ing. Romy Pérez Moreno



**AUTORIZACIÓN DE INSCRIPCIÓN A PROYECTO DE
INTEGRACIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA**

PI-A-MEC

Trimestre en que se autoriza la propuesta: 18-I

Fecha: 06/04/2018

PI-A-MEC 010/18

DATOS DEL ALUMNO

Nombre: Santiago Flores Israel

Matrícula: 2143032662

Correo personal: isra_flores_13@hotmail.com

Firma

ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Empresa: Romy Pérez Moreno

No. económico: 23812

Adscripción/Departamento/Sección: Energía

Área de investigación: Mecánica de Frontera

Correo institucional: romy@azc.uam.mx

Firma

COASESOR O ASESOR EXTERNO / JEFE O RESPONSABLE LEGAL DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal: Manuel E. Ruiz Sandoval Hernández

No. económico/Teléfono: 21499

Adscripción/Puesto: Estructuras

Área de investigación/Departamento: Materiales

Correo electrónico: mreh@azc.uam.mx

Firma

MODALIDAD DEL PROYECTO

☒ Proyecto tecnológico

☐ Proyecto de investigación

☐ Estancia profesional

☐ Experiencia profesional

TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño y construcción de la estructura para un vehículo Baja SAE 2018.

Proyecto de Integración asociado a un Proyecto de Investigación: ☒ No ☐ Si

Clave (?):

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir la estructura para un vehículo Baja SAE 2018 cumpliendo las normas y reglas establecidas, para concursar en la competencia intercolegial Baja SAE 2018.

UNIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE ASOCIADAS AL PROYECTO DE INTEGRACIÓN

Clave	UEA	UEA Autorizada	Vigencia
1100118	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I	SI	Inicio 18P
1100128	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II		Término 180
1100138	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica		

Nombre y firma del Coordinador de Estudios


Ing. Romy Pérez Moreno



DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por apoyarme en todo momento, por saberme guiar en este camino llamado vida.

A mis amigos, que me apoyaron en todos los momentos de la carrera, por sus consejos, por compartir esos momentos que marcaron esta etapa de mi vida.

A esas personas que siempre me supieron motivar en todo momento.

ISMAEL GARCIA DE AQUINO

DEDICATORIA

A mi padre y madre

Por siempre haberme guiado y brindarme su apoyo, por ser parte importante en mi preparación en la universidad, por confiar en mí, por haberme brindado su amor y siempre estar conmigo sin importar la distancia.

A mis amigos

Por siempre brindarme ese apoyo y palabras de aliento que muchas veces me alegraban, por su ayuda frente a situaciones no solo académicas si no también personales y por haber compartido muchos momentos inolvidables con ellos en mi tiempo en la universidad.

A la universidad

Por haberme brindado los apoyos y confianza para desarrollar este proyecto, por la excelente formación académica que me proporciono, a todos mis maestros por transmitir sus conocimientos, fue un privilegio representar y ser parte de la UAM-AZC.

RODRIGO GILES CASTILLO

DEDICATORIA

A mis padres

Agradecerles por apoyarme en todos los aspectos, por su sacrificio en algún tiempo incomprensido y el ejemplo de perseverancia y constancia que me brindaron desde pequeño, y sobre todo por su amor y amistad incondicional.

A mis familiares

A todos mis familiares que me brindaron su apoyo y motivación para poder ser parte de este gran proyecto

A mis profesores.

Ing. Romy Perez Moreno por el gran apoyo, motivación y la confianza que nos brindó durante el transcurso del proyecto y así mismo el tiempo compartido dentro del mismo.

ISRAEL SANTIAGO FLORES

Resumen

En este reporte se centra en el diseño y manufactura de una jaula antivuelco para un vehículo todo terreno dentro del proyecto de integración BAJA SAE de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco.

Con base al reglamento establecido de la SAE 2018 se llevó a cabo el diseño de la estructura, el cual se contemplaron aspectos como la integración correcta de los sistemas que integran el vehículo todo terreno y los factores de seguridad. La cual se utilizó en la competencia estudiantil de diseño automotriz Baja SAE 2018.

Finalmente, se muestra el proceso de análisis y construcción de la estructura, así como una serie de recomendaciones, fotografías y consejos para el desarrollo de futuras estructuras.

Contenido

INTRODUCCIÓN	14
ANTECEDENTES	15
JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS	16
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	16
<i>OBEJTIVOS PARTICULARES</i>	16
MARCO TEORICO	16
<i>RIGIDEZ</i>	16
<i>RIGIDEZ A LA FLEXION</i>	17
<i>RIGIDEZ TORSIONAL</i>	17
<i>TRANSFERENCIA DINAMICA DE PESO</i>	17
<i>CHASIS DE UN AUTOMOVIL</i>	18
<i>TIPOS DE CHASIS DE UN AUTOMOVIL</i>	18
CHASIS DE ESCALERA	18
CHASIS MONOCASO O COMPACTO	19
CHASIS MONOCASO ULSAB	19
CHASIS ESPACIAL TUBULAR	20
<i>NORMATIVA DE LA COMPETENCIA</i>	20
<i>REGLAS GENERALES</i>	20
DESCRIPCION TECNICA	21
DEFINICION DE LOS ELEMENTOS DEL CHASIS	21
MIEMBROS PRIMARIOS DE LA JAULA ANTIVUELCO	21
MIEMBROS SECUNDARIOS DE LA JAULA ANTIVUELCO	22
REQUISITOS MINIMOS DE LOS TUBOS	22
DIMENSIONES DE LA JAULA ANTIVUELCO RESPECTO AL PILOTO	22
ESTRUCTURA DEL ROLL CAGE	23
<i>CALCULOS REQUERIDOS</i>	32
CALCULO DE BENDING STIFFNESS (Kb)	32
CALCULO DE BENDING STRENGTH (Sb)	32
<i>SOLDADURA BAJA SAE</i>	33
COMPROBACION DEL PROCESO DE SOLDADURA	33
MUESTRA 1 – PRUEBAS DESTRUCTIVAS	33
MUESTRA 2 – INSPECCION DESTRUCTIVA	34
<i>TIPOS DE SOLDADURA</i>	34

SOLDADURA POR GAS	34
SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO	34
SMAW (shielded metal Arc welding)	35
GMAW (gas metal arc welding)	35
FCAW (flux cored arc welding)	35
GTAW (gas tungsten arc welding)	35
SAW (sumerged arc welding)	35
SOLDADURA POR RESISTENCIA	36
SOLDADURA POR RAYO DE ENERGIA CONCETRADA	36
SOLDADURA DE ESTADO SOLIDO	36
ACEROS	36
AISI 4130	36
SAE 1020	37
DESARROLLO DEL PROYECTO	37
<i>DISEÑO DEL CHASIS</i>	37
<i>ANÁLISIS DE LA JAULA BAJA SAE 2017</i>	38
<i>ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LAS DOS POSIBLES GEOMETRÍAS</i> <i>REGLAMENTADAS POR BAJA SAE 2018</i>	41
<i>DISEÑO DE LA GEOMETRÍA SELECCIONADA</i>	44
<i>SELECCIÓN DE MATERIAL</i>	47
SELECCIÓN DE MATERIAL PARA ELEMENTOS PRIMARIOS	48
SELECCIÓN DE MATERIAL PARA ELEMENTOS SECUNDARIOS	56
<i>ANALISIS NUMERICO</i>	58
CALCULÓ DE FUERZA DE IMPACTO	58
SIMULACIÓN	59
SIMULACIÓN DE CHOQUE FRONTAL	61
SIMULACIÓN DE CHOQUE LATERAL	62
CALCULÓ DE FUERZA DE VOLTEO	63
SIMULACION DE VOLTEO	64
ANÁLISIS DE RIGIDEZ TORSIONAL	65
<i>CONSTRUCCIÓN DE LA JAULA</i>	68
DOBLADO DE TUBO	68
CORTES Y BOQUILLAS PARA EL ENSAMBLE.	73
ABOCARDADOS.	75
ENSAMBLE Y UNION.	77

<i>COMPETENCIA BAJA SAE 2018</i>	80
<i>COMPETENCIA ESTATICA</i>	80
INSPECCION TECNICA.....	80
COSTO Y MANUFACTURA	81
PRESENTACION	81
DISEÑO	81
<i>COMPETENCIA DINAMICA</i>	82
FRENADO	82
ACELERACION	83
SUSPENSION	84
PENDIENTE	85
MANIOBRABILIDAD	85
ROCAS.....	86
RESISTENCIA.....	87
RESULTADOS	88
<i>SOLDADURA</i>	88
<i>SIMULACION</i>	92
<i>JAULA ANTIVUELCO</i>	92
<i>SUGERENCIAS</i>	95
ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	97
<i>RELATORIA</i>	98
CONCLUSIONES	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	107
ENTREGRABLES	107

INTRODUCCIÓN

Baja SAE es una competencia intercolegial de diseño automotriz que impulsa a los futuros ingenieros a enfrentarse a problemas reales de esta área. Los equipos participantes tienen la oportunidad de diseñar, construir y someter a pruebas un vehículo de bajo peso. Los integrantes deben aplicar los conocimientos que se adquieren en la ingeniería, así como el aprender a trabajar en equipo.

El proyecto se centra en el diseño de la estructura para un automóvil de bajo peso usado para fines de recreación y competencia. El diseño de esta estructura debe satisfacer varios requisitos como la seguridad del piloto y la resistencia a las pruebas. El material con el que se diseñe debe ser sometido a pruebas mecánicas las cuales permitan el cálculo de algunos parámetros como resistencia, esfuerzos, entre otros.

La jaula de un vehículo es el armazón cuyo propósito es fijar los distintos elementos que forman un coche. Entre ellos están el motor, la transmisión, la suspensión, el sistema de frenos, el sistema de dirección, la carrocería. La jaula permite la relación y el funcionamiento entre estos elementos. La jaula, además de soportar el peso de todos los elementos que constituyen un auto, debe soportar las sobrecargas. Esto incluye no solo el peso de la carga transportada en algún momento, sino también el de los ocupantes del mismo.

Por lo anterior debe estar hecho de un material rígido y fuerte.

ANTECEDENTES.

La finalidad de la competencia intercolegial, Baja SAE, es la presentación de proyectos de ingeniería del mundo real. Donde estudiantes de ingeniería se han visto en la tarea de diseñar y construir un vehículo capaz de realizar todas las pruebas que la sociedad de ingenieros automovilistas establece. Para la construcción de la estructura del Mini Baja 2011 la UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA de Venezuela realizó una comparación entre un acero al carbono AISI-SAE 1018 y un acero aleado AISI-SAE 4130. Los aceros AISI 1018 pueden utilizarse con éxito si la resistencia y otros requerimientos mecánicos no son demasiado severos. Sus usos típicos son flechas, tornillos, pernos, sujetadores, etc., ya aplicado en engranes, piñones, y muchas aplicaciones más. El contenido de carbono del acero AISI-SAE 4130 es nominalmente 0,30% y con esto relativamente razonable lo cual hace que la aleación sea excelente en la fusión y soldabilidad de estructuras. Las aplicaciones típicas incluyen el uso de estructuras en la ingeniería de aeronaves y aplicaciones en el ámbito automotriz. [1]

En el año 2017, Lenoyr Carrera Missael, alumno de la UAM Azcapotzalco, rediseñó y construyó una estructura para un vehículo Baja SAE y en base a los resultados de la competencia Baja SAE 2017 se concluyó que era necesario utilizar otro acero para reducir el peso de la estructura. [2]

La Universidad Autónoma Metropolitana concursó por primera vez en Baja SAE en el año 2017, donde el lugar obtenido fue # 23 de 28 participantes. [3]

JUSTIFICACIÓN

El problema a resolver en este proyecto se centra en diseñar la estructura del vehículo en base a los resultados de la competencia anterior Baja SAE 2017. Con base a la evaluación de la simulación se determinó el diseño de la estructura casi en su mayoría porque es necesario disminuir el peso global y corregir algunos errores.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Diseñar y construir la estructura para un vehículo Baja SAE 2018 cumpliendo las normas y reglas establecidas, para concursar en la competencia intercolegial Baja SAE 2018.

OBJETIVOS PARTICULARES.

Analizar y comparar los aceros AISI 4130 y SAE 1020 para la manufactura de la estructura.

Reducir el peso de la estructura del vehículo con respecto a la estructura utilizada en la competencia 2017.

Diseñar y analizar la estructura auxiliándose del software de simulación para modelado mecánico (Inventor, ANSYS).

Realizar pruebas estáticas y dinámicas.

Construir una entrada para el piloto que reduzca el tiempo de entrada y salida.

Diseñar y construir la estructura que soporte al motor y que satisfaga las reglas establecidas por SAE 2018.

MARCO TEORICO

RIGIDEZ

La rigidez es una medida cualitativa de la resistencia a las deformaciones elásticas producidas por un material, que contempla la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones.

La rigidez de una jaula antivuelco depende estructuralmente de la forma, la orientación de las barras que lo componen, de su geometría y del material.

RIGIDEZ A LA FLEXION

Es la resistencia de un miembro contra la deformación por flexión. Es una función del módulo elástico. E , el momento de inercia I de la sección transversal del material sobre el eje de interés, la longitud y la condición de contorno del material.

RIGIDEZ TORSIONAL

Una adecuada rigidez a la torsión de la jaula permite corregir los fenómenos de subviraje y sobreviraje, mejorando la estabilidad vehicular. Para corregir estos comportamientos no deseados se debe trabajar sobre el fenómeno denominado transferencia lateral de carga.

Este concepto es muy importante, debido que, afecta a parámetros tan importantes como el rendimiento en carretera, comodidad o la seguridad del vehículo.

TRANSFERENCIA DINAMICA DE PESO

La transferencia de peso es la redistribución de peso soportado por cada neumático en la aceleración longitudinal y lateral del vehículo y su desaceleración cuando un freno se activa.

La transferencia de peso se produce cuando el centro de gravedad del vehículo (ilustración 1) se altera durante las maniobras del vehículo.

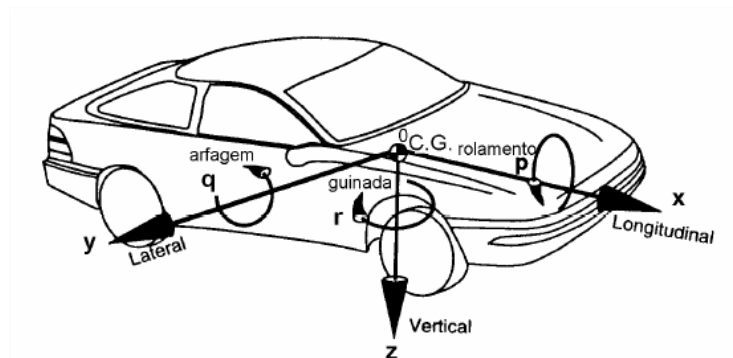


Ilustración 1 centro de gravedad de un vehiculo

CHASIS DE UN AUTOMOVIL

El chasis o también denominado bastidor en un automóvil (ilustración 2) es el armazón cuyo propósito es fijar los distintos elementos que forman un coche, entre ellos están el motor, la transmisión, la suspensión, el sistema de frenos, el sistema de dirección, la carrocería, entre otros. El mismo permite la relación y el funcionamiento entre ellos. El chasis además de soportar el peso de todos los elementos que constituyen un auto debe soportar las sobrecargas, lo que incluye no solo el peso de la carga transportada en algún momento, sino también el de los ocupantes del mismo, por lo que debe estar hecho de un material que, aunque rígido y fuerte debe también ser resistente a las deformaciones.



Ilustración 2 chasis de un vehiculo

TIPOS DE CHASIS DE UN AUTOMOVIL

CHASIS DE ESCALERA

La característica principal es que la carrocería del vehículo queda montada encima de él. Este chasis de escalera (ilustración 3) se encuentra compuesto por un par de largueros que recorre todo el auto de manera longitudinal y que se encuentra unido entre si gracias a diversas placas de acero que a la vez soportan otros componentes del automóvil, de ahí que su apariencia parezca una escalera.

La mayor desventaja de este bastidor es que posee poca profundidad a la estructura por lo que le otorga un centro de gravedad muy bajo.

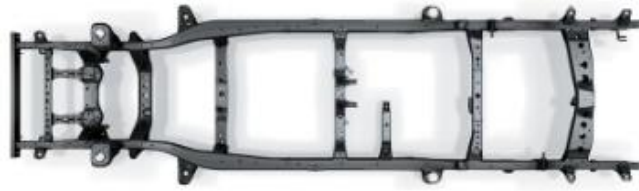


Ilustración 3 chasis de escalera

CHASIS MONOCASO O COMPACTO

La característica principal del chasis monocasco (ilustración 4) es que es una estructura bastante rígida que es muy fácil para su producción en masa y le proporciona al coche una gran estabilidad si se produjese un accidente. Su peso es la mayor desventaja.



Ilustración 4 chasis monocasco o compacto

CHASIS MONOCASO ULSAB

Es la versión ultraligera del chasis monocasco (ilustración 5). La característica principal es la reducción de la rigidez y el peso del bastidor.



Ilustración 5 chasis monocasco ulsab

CHASIS ESPACIAL TUBULAR

Es un chasis muy costoso para su fabricación y solo se destina para los vehículos de carreras. Su principal atributo es que es una estructura muy estable cuyo principal objetivo es proteger la integridad física del piloto y evitar que la carrocería se deforme en caso de un accidente o colisión (ilustración 6).



Ilustración 6 chasis espacial tubular

NORMATIVA DE LA COMPETENCIA

REGLAS GENERALES

Se presenta la información e imágenes que fueron tomadas del reglamento de Baja SAE 2018 el cual está escrita en inglés y es de carácter técnico. Se enuncian las reglas que constituyen las distintas partes que componen la jaula antivuelco, así

como los materiales que podrán ser utilizados para la construcción y sus respectivos cálculos que comprueban que son óptimos y cumplen con las reglas.

DESCRIPCION TECNICA

Los recorridos del automóvil en Baja SAE® 2018 están diseñados para vehículos con las siguientes dimensiones máximas:

162 cm (64 pulg.) de ancho (la anchura se medirá con las ruedas apuntando hacia adelante).

274 cm (108 pulg.) de largo.

Longitud sin restricciones y peso sin restricciones.

El vehículo debe tener la capacidad de transportar una persona de 190 cm de altura y 113 kg de peso (250 libras.)

DEFINICION DE LOS ELEMENTOS DEL CHASIS

La jaula antivuelco también llamado Frame o Roll Cage, está formado por elementos primarios y secundarios.

MIEMBROS PRIMARIOS DE LA JAULA ANTIVUELCO

- RRH: Arco antivuelco trasero.
- RHO: Arco de antivuelco de sobrecarga.
- FBM: Miembro de refuerzo frontal.
- ALC: Travesaño lateral copa.
- BLC: Travesaño lateral de sobrecarga.
- CLC: Travesaño lateral superior.
- DLC: Travesaño lateral SIM.
- FLC: Travesaño lateral delantero.
- LFS: Miembros laterales un marco más abajo.

MIEMBROS SECUNDARIOS DE LA JAULA ANTIVUELCO

- LDB: Refuerzo diagonal lateral.
- SIM: Miembro de impacto lateral.
- FAB: Elemento de refuerzo delantero/ trasero.
- USM: Travesaño debajo del asiento.
- RLC: Travesaño laterales posterior.

REQUISITOS MINIMOS DE LOS TUBOS

La estructura principal de la jaula antivuelco debe ser construida por un acero con un mínimo de 0.18% de carbono, y pueden ser doblados o rectos. Los miembros rectos no pueden extenderse más de 1016 mm (40 in) entre los puntos designados y los miembros doblados no deben tener un dobléz mayor de 30° y no pueden extenderse más de 838 mm (33in) entre puntos designados, con las dimensiones especificadas a continuación.

- Los miembros principales deben ser tubos de acero circulares con un diámetro exterior de 24.5mm (1 in) y un espesor de pared de 3mm (.120in).
- Los miembros secundarios deben ser tubos de acero con un espesor de pared mínimo de 0,89 mm (0,035 in) y un diámetro exterior mínimo de 25.4 mm (1,0 in).

DIMENSIONES DE LA JAULA ANTIVUELCO RESPECTO AL PILOTO

- El piloto deberá tener 6 pulgadas de espacio libre como mínimo, con el casco puesto, medido de manera lateral
- Hombros, torso, cadera, rodillas, codos y brazos del piloto deberán tener como mínimo 3 pulgadas de espacio libre lateralmente
- El casco del piloto deberá tener 6 pulgadas de espacio vertical libre
- En una vista superior y frontal de la jaula antivuelco, ninguna parte del cuerpo del conductor, zapatos o ropa pueden extenderse más allá de los límites del Roll Cage.

- Los valores de espacio dentro de la jaula antivuelco se miden de acuerdo al piloto seleccionado en la inspección técnica, sentado en una posición de manejo y usando el equipo de seguridad que se requiere.

ESTRUCTURA DEL ROLL CAGE

La jaula antivuelco debe ser un espacio armado de acero tubular y se puede construir de dos maneras, con marco delantero reforzado (Ilustración 8) o con marco sin refuerzo delantero (Ilustración 7).

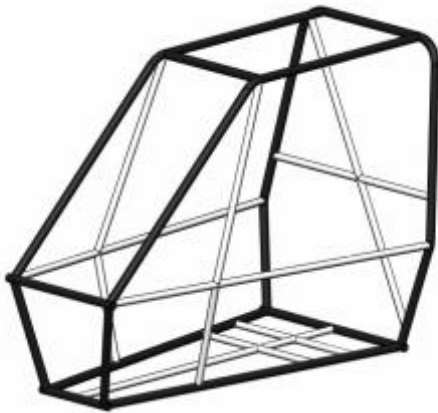


Ilustración 8 marco delantero reforzado

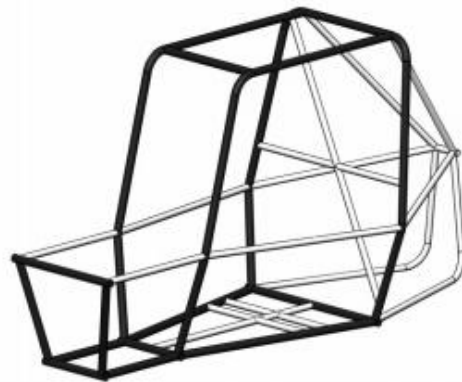


Ilustración 7 marco sin refuerzo delantero

Lateral Cross Member (LC):

- Los LC (ilustración 9) no pueden medir menos de 203.5 mm (8 in.).
- No puede tener una curva; sin embargo, Pueden ser parte de un sistema de tubo doblado más grande, siempre que la longitud mínima se cumpla entre cada curva.
- Debe estar hecho de un tubo primario.

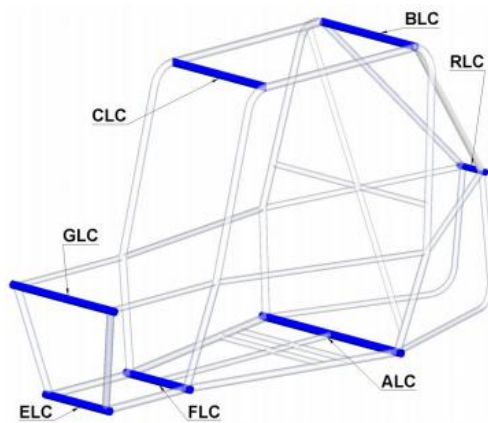


Figure B-7: Roll Cage, LC

Ilustración 9 lateral cross member

RRH – Roll Hoop:

- El arco antivuelco trasero (ilustración 10) es sustancialmente vertical, pero puede inclinarse hasta 20 grados.
- El ancho mínimo del RRH, medido en un punto a 686 mm (27 pulgadas) sobre el fondo del asiento interior, es de 736 mm (29 in).
- Los miembros verticales del RRH pueden ser rectos o doblados.

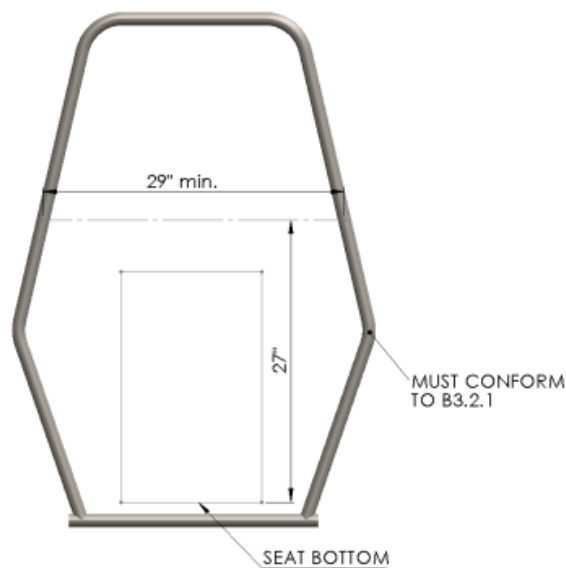


Ilustración 10 arco antivuelco trasero RRH

LDB – Lateral Diagonal Bracing:

- El RRH debe ser reforzado diagonalmente.
- Los LBD (ilustración 11) deben ir de un extremo del RRH al otro.

- El Angulo entre los miembros LDB y RRH deben ser mayores o iguales a 20 grados.
- Las intersecciones superior e inferior de los miembros LDB y RRH deben no estar a mas de 5 in.

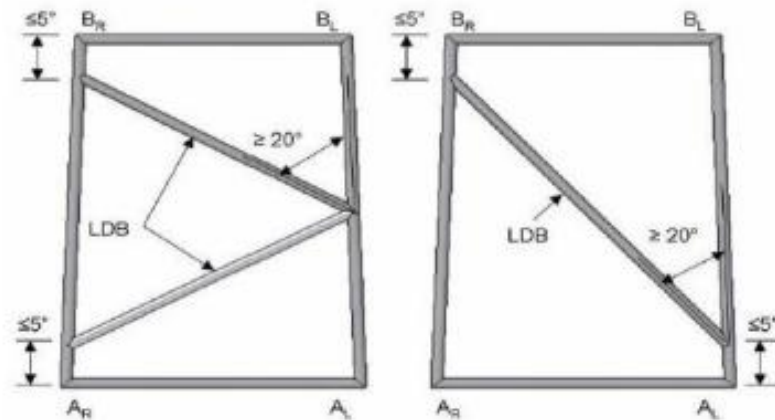


Ilustración 11 refuerzos diagonales del RRH

RHO – Roll Hoop Overhead Members:

- Los miembros del RHO (ilustración 12) se interceptan con el RRH
- Deben medir cuando menos 12 in respecto a la línea imaginaria que el “modelo” forma cuando toca el fondo del asiento (ilustración 13).

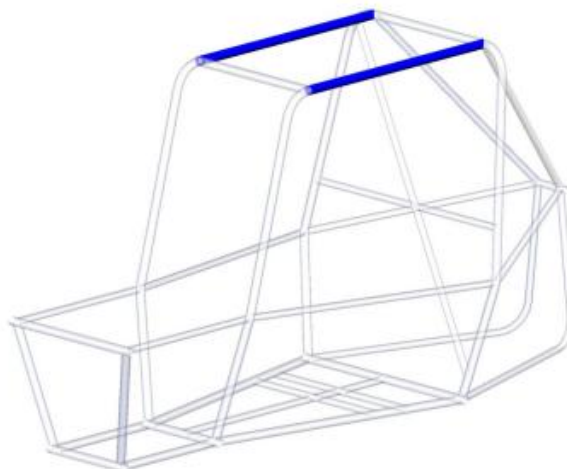


Figure B-10: Roll Cage, RHO

Ilustración 12 roll hoop

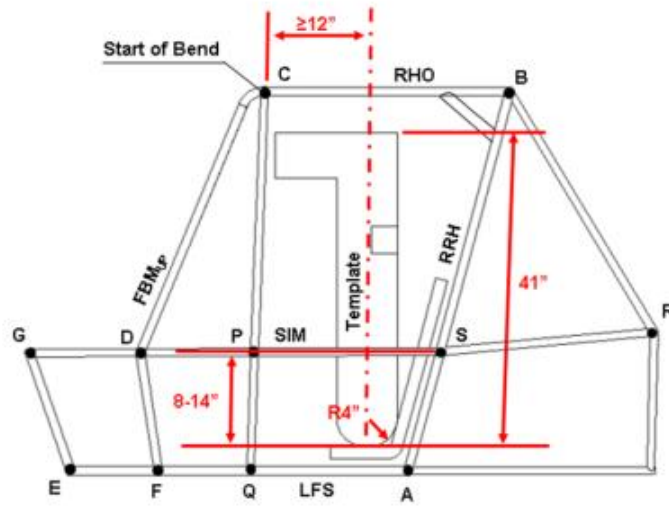


Figure B-11: Roll Cage, Template Installation

Ilustración 13 medida con respecto al modelo

Dimensiones del modelo:

- Altura total de 41 in.
- Ancho total de 29 in
- Radio de 4 in
- Mide 12 in de la línea del centro del modelo al extremo más largo (ilustración 14).

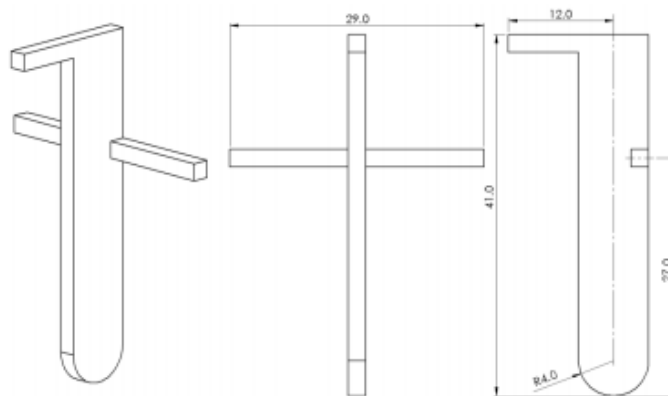


Figure B-12: Roll Cage Template Drawing

Ilustración 14 medidas del modelo

LFS – Lower Frame Side Members:

- Los miembros LFS (ilustración 15) definen la parte baja del Roll Cage
- Se unen con los LC y los RRH en la parte de atrás y con un LC en el Frente.

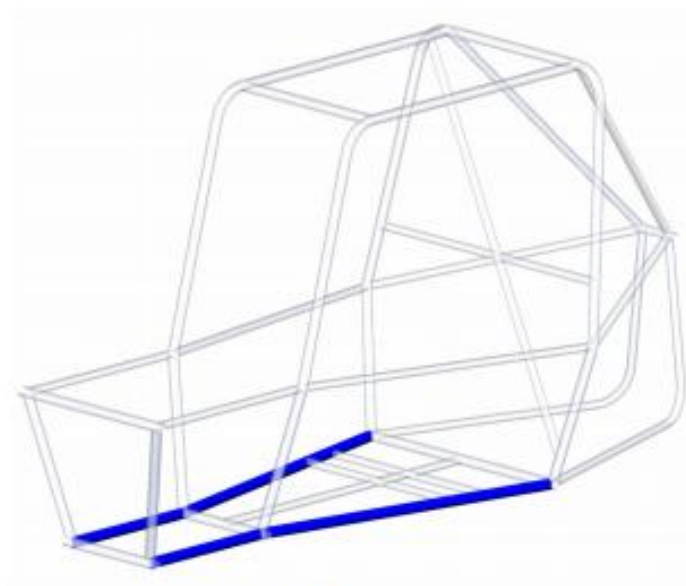


Figure B-14: Roll Cage, LFS

Ilustración 15 miembros lower frame side

SIM – Side Impact Members:

- Definen un plano medio horizontal dentro de la jaula antivuelco (ilustración 16)
- Están unidos al RRH, con lo cual definen el punto S, se extienden generalmente hacia enfrente.
- Deben estar entre 8 y 14 in por arriba de la parte inferior del asiento.

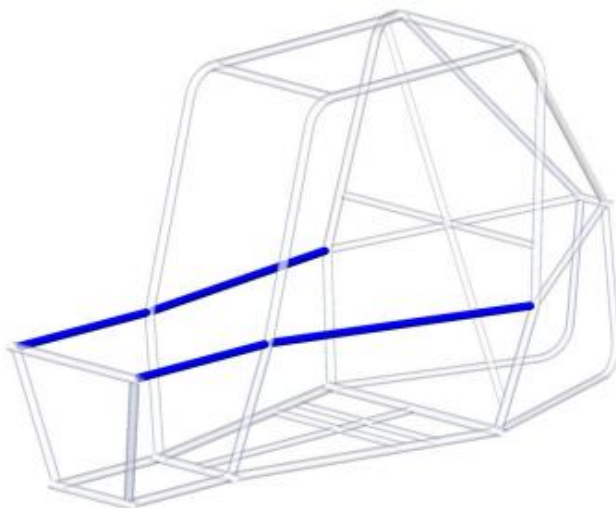


Figure B-15: Roll Cage, SIM

Ilustración 16 miembros side impact

USM – Under Seat Member:

- Une a los miembros de LFS (ilustración 17).
- Debe de colocarse de tal manera que evite que el piloto tenga un accidente en caso de falle el asiento .

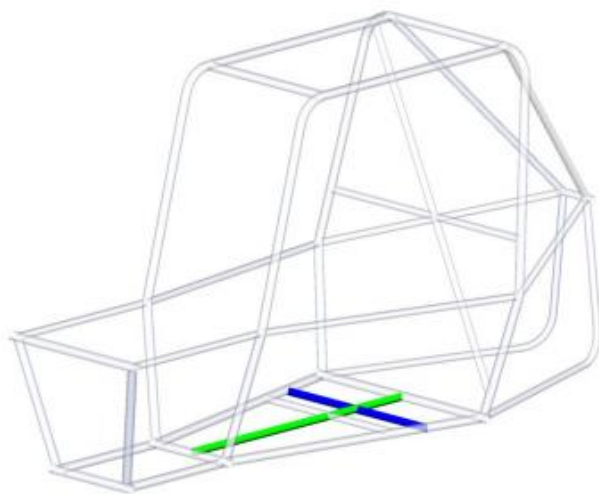


Figure B-16: Roll Cage, USM

Ilustración 17 miembros under seat

FBM – Front Bracing Members:

- Los miembros FBM (ilustración 18) deben unirse al RHO al SIM y al LFS.
- El miembro FBM debe estar construido de tubos continuos.

- El ángulo entre (FBMUP) y la vertical debe ser menor a o igual a 45°.

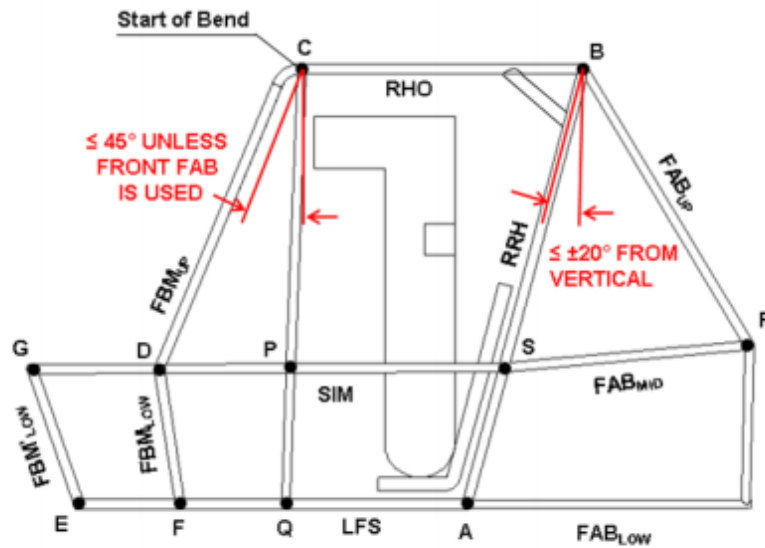


Figure B-17: Roll Cage, FBM

Ilustración 18 especificaciones de los ángulos de los miembros front bracing

FAB – Fore - Aft Bracing:

- El RRH debe estar restringido de rotación y flexión en la vista lateral mediante un sistema de triángulos. Los refuerzos pueden ser refuerzos delanteros (Front Bracing) o refuerzos traseros (Rear Bracing)

Front Bracing:

- Los sistemas frontales de FAB deben conectar los miembros FBMup a los miembros SIM
- La intersección con los miembros FBMup debe estar dentro de los 127 mm (5 in)
- La intersección con los miembros de la SIM debe ser vertical

Rear bracing:

- Los sistemas traseros de FAB deben crear un triángulo estructural, en la vista lateral (ilustración 19).
- El triángulo debe de estar detrás de RRH
- Los tubos que forman este triángulo estructural deben ser miembros continuos y debe tener curvas menores a 30°

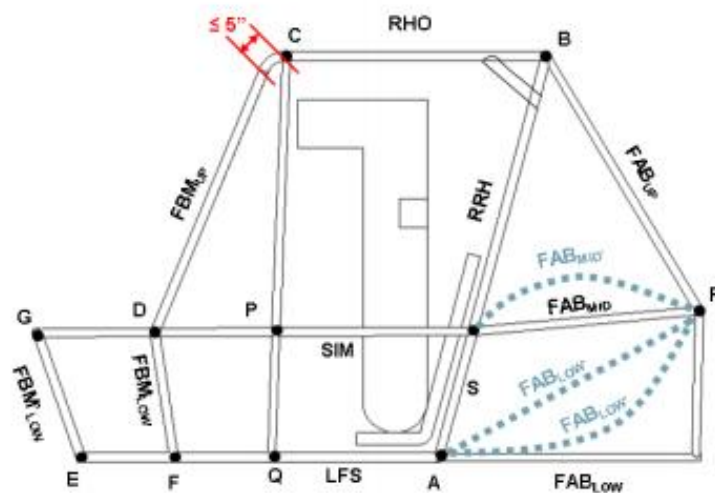


Figure B-18: Roll Cage, FAB

Ilustración 19 especificaciones de los miembros front and rear bracing

Puntos de Remolque:

- El vehículo debe tener puntos de enganche en parte trasera y delantera
- Deben estar unidos a la estructura de la jaula antivuelco

Enganche delantero:

- Deben estar contruidos de acero.
- Que no exceda de 1.25 in y no menos de 1 in de diámetro, el espesor del tubo no debe ser menor a 0.035 in (ilustración 20).
- No debe estar montado más alto que el elemento SIM del vehículo y no debe estar debajo del elemento LFS.

- Debe poder pasar libremente un prisma con las siguientes dimensiones, 50.8 mm de alto, 50.8 de profundidad y 203.2 mm de ancho (2 in x 2in x 8.0 in)

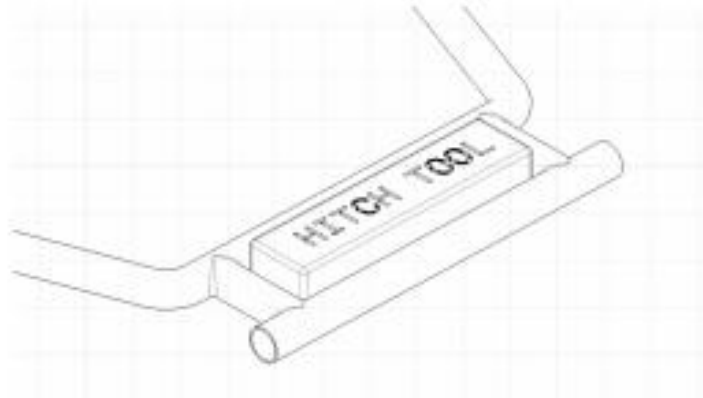


Ilustración 20 enganche delantero

Enganche trasero:

- Debe cumplir con los siguientes requisitos (tabla 1).

Dimension	Symbol	Minimum	Maximum
Tab Thickness	None	3.18 mm (0.125 in.)	9.5mm (0.375 in.)
Hole Diameter	D	25.4 mm (1.0 in.)	31.75 mm (1.25 in.)
Hole-to-Tube Offset	X	19.0 mm (0.75 in.)	25.4 mm (1.0 in.)
Edge Distance	R	15.9 mm (0.625 in.)	25.4 mm (1.0 in.)
Width at Frame Connection	Y	76.2 mm (3.0 in.)	Unrestricted

Figure B-46: Tow Point, Table of Tow Point Dimensions

Tabla 1 requisitos de las medidas del enganche trasero

A continuacion se muestra la representacion de los simbolos (ilustracion 21).

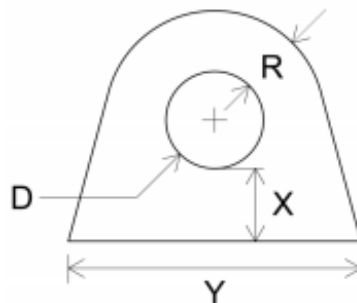


Figure B-47: Tow Point, Rear Tab Dimensions

Ilustración 21 representación de los símbolos

CALCULOS REQUERIDOS

Si se utiliza un material diferente del acero 1018 para los elementos primarios de la jaula antivuelco, se deben realizar los cálculos que comprueben que se superan los valores de Bending Stiffness y Bending Strength de este material.

CALCULO DE BENDING STIFFNESS (Kb)

$$k_b = E I \quad (1)$$

$$I = [\pi (R_o^4 - R_i^4)]/4$$

Dónde: E = Módulo de elasticidad = 205 GPa (Se considera este valor para todos los aceros)

I = Segundo momento de área de la sección transversal del tubo en m^4

R_o = Radio exterior del tubo en metros

R_i = Radio interior del tubo en metros

CALCULO DE BENDING STRENGTH (Sb)

$$S_b = \frac{S_y I}{c} \quad (1)$$

$$I = [\pi (R_o^4 - R_i^4)]/4$$

Dónde:

E = Módulo de elasticidad = 205 GPa

I = Segundo momento de área de la sección transversal del tubo en m^4

R_o = Radio exterior del tubo en metros

R_i = Radio interior del tubo en metros

c = distancia del eje neutro a la fibra extrema en metros

S_y = Esfuerzo de cadencia del material en Pascales

SOLDADURA BAJA SAE

COMPROBACION DEL PROCESO DE SOLDADURA

Cada persona que realice una unión soldada en cualquiera de los elementos de la jaula antivuelco, deberá realizar personalmente dos muestras de soldadura utilizando los mismos materiales y procesos.

Las muestras de soldadura deben hacerse con el mismo material de tubo, diámetro y espesor.

Todas las muestras de soldadura se etiquetarán con medios permanentes, como grabado o estampado con la siguiente información:

- Nombre de la escuela o iniciales de la escuela
- Nombre del soldador o iniciales del soldador
- Fecha de construcción de la muestra de soldadura.

Todas las muestras de soldadura deben presentarse en la inspección técnica.

MUESTRA 1 – PRUEBAS DESTRUCTIVAS

Dos tubos unidos formado 90° grados, debe ser probada destructivamente haciendo que esta produzca una falla en el material no en la soldadura. El método de prueba es libre, puede inducirse fallas de tracción o flexión, sin embargo, la tensión máxima debe ubicarse en la soldadura (ilustración 22).

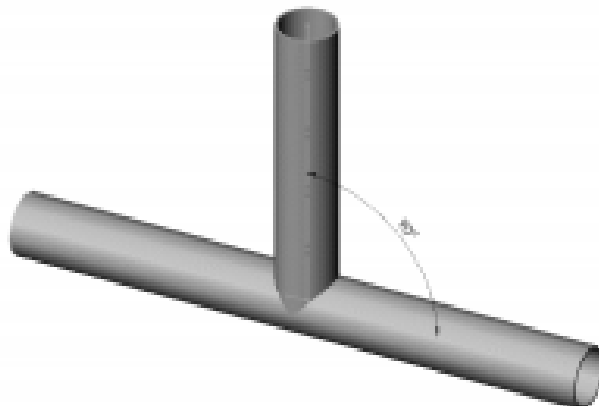


Ilustración 22 tubos unidos con un ángulo de 90°

MUESTRA 2 – INSPECCION DESTRUCTIVA

Dos tubos unidos en un Angulo de 30 grados con una longitud de al menos 150 mm (5.9 in) desde el centro de la unión. La muestra debe seccionarse a lo largo de la longitud del tubo para revelar una soldadura adecuada y una uniforme penetración (ilustración 23).

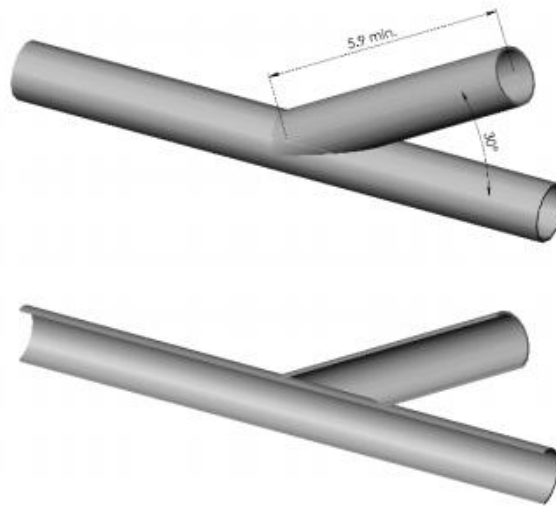


Figure B-21: Roll Cage, Welding Sample 2

Ilustración 23 tubos unidos con un ángulo de 30°

TIPOS DE SOLDADURA

SOLDADURA POR GAS

Una técnica bastante simple, económica y popular, aunque su utilización en procesos industriales, La más conocida es aquella que utiliza la combustión de acetileno en oxígeno. Sus ventajas principales son su bajo costo y la capacidad de movilidad sus equipos. La desventaja es el tiempo que tardan los materiales para enfriarse.

SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO

Una de las técnicas más desarrolladas, y existen muchos procesos que se basan en este principio. Se utiliza una fuente de energía eléctrica (ya sea corriente continua o alterna) que permite derretir los metales.

El proceso varía de acuerdo a la fuente de energía utilizada, el tipo de electrodos, y la utilización o no de un gas u otro material que altere la interacción de los componentes con la atmósfera.

SMAW (shielded metal Arc welding)

Por las siglas MMAW (Metal Manual Arc Welding, o soldadura metálica manual por arco). En este proceso se utilizan electrodos de acero revestidos con un material fundente que, con el calor de la soldadura, produce dióxido de carbono. Este gas actúa como un escudo contra el oxígeno de la atmósfera, impidiendo la oxidación y la formación de escoria sobre el charco de soldadura.

GMAW (gas metal arc welding)

Soldadura de gas de arco metálico, o de gas de metal inerte, (MIG); es una técnica parecida a la anterior pero que usa un electrodo que no se consume y un gas inerte, que se suministra aparte y que debido a su naturaleza, impide la formación de óxidos y escorias.

FCAW (flux cored arc welding)

Soldadura de arco de núcleo fundente. Es una técnica mucho más rápida que la anterior, aunque más susceptible a imperfecciones. En esta técnica, el electrodo de acero está relleno de un material en polvo que al quemarse produce un gas de blindaje y una capa de escoria que protege la soldadura.

GTAW (gas tungsten arc welding)

Soldadura de arco con gas de tungsteno, o de gas inerte de tungsteno (TIG). En este proceso, el electrodo es de tungsteno y no se consume, y se utilizan gases inertes o semi-inertes como blindado. Es un proceso lento y preciso, que requiere de mucha técnica, pero que permite unir metales finos y realizar trabajos delicados.

SAW (sumerged arc welding)

Soldadura de arco sumergido. En esta técnica, se utiliza un material protector granulado que se aplica como un flujo constante sobre el arco, ocultando la luz y el humo que genera el proceso. El material protector aísla la soldadura de la

contaminación atmosférica, genera una escoria que protege la soldadura y puede contribuir a la formación de aleaciones.

SOLDADURA POR RESISTENCIA

En esta técnica se aplica una corriente eléctrica directamente a las piezas que deben ser soldadas, lo que permite fundirlas y unir las.

SOLDADURA POR RAYO DE ENERGIA CONCETRADA

En esta técnica se puede utilizar un rayo láser concentrado o un haz de electrones disparado en el vacío para lograr una soldadura de alta precisión.

SOLDADURA DE ESTADO SOLIDO

Son técnicas que permiten unir las piezas sin fundirlas. Una de ellas es la aplicación de ondas de ultrasonido en una atmósfera de presión alta, muchas veces utilizada para la unión de materiales plásticos.

ACEROS

AISI 4130

AISI 4130, llamado como "chromoly" por los estudiantes que practican carreras, es el material de jaula antivuelco más ampliamente sugerido. Exhibe excelentes propiedades de los materiales AISI 1010 o AISI 1018.

Ambos 1018 y 4130 comparten una composición de aleación 98% similar. Existe una variación de densidad considerable que le da una ventaja de peso a 4130. Por lo tanto, una mayor relación de fuerza a peso que 1018.

No se puede utilizar la soldadura por arco. El metal desaparecerá si se intenta soldar con arco. Se solda un acero al carbono de baja dureza y baja resistencia a la tracción con una dureza Brinell de 119 - 235 y una resistencia a la tracción de 410-790 MPa solo con GTAW o GMAW.

A medida que GTAW concentra más calor en un área en particular, la velocidad de enfriamiento es altamente inestable en el material. Esto conduce a la formación de estructuras frágiles en la zona afectada por el calor. Estas estructuras frágiles no

son deseables, ya que pueden provocar grietas después del enfriamiento. Además, puede dar lugar a fallos en caso de accidente. Esto puede ser superado fácilmente por un PWHT. El Chromoly necesita un tratamiento térmico adecuado para extraerle todas las propiedades.

SAE 1020

El Acero1020 es el segundo material más utilizado por los estudiantes para el material de la jaula antivuelco ya que tiene un porcentaje bajo de carbono, es blando, responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. Tiene un alto índice de soldabilidad, y por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria y usos convencionales de baja exigencia. Tiene una baja dureza y baja resistencia a la tracción con una dureza Brinell de 119 - 235 y una resistencia a la tracción de 410-790 MPa.

DESARROLLO DEL PROYECTO

DISEÑO DEL CHASIS

Para llegar al diseño final de nuestra jaula antivuelco 2018 pasamos por varias etapas:

- Análisis de la jaula Baja SAE 2017
- Análisis y selección de las dos posibles geometrías reglamentadas por Baja SAE 2018.
- Diseño de la geometría seleccionada.
- Selección de material.
- Análisis de la geometría final.

ANÁLISIS DE LA JAULA BAJA SAE 2017

Este análisis resulta de suma importancia dentro de la etapa de diseño ya que para diseñar una nueva jaula se necesita conocer y evaluar previamente el diseño anterior.

De acuerdo a la experiencia transmitida por parte del Ing. Romy Pérez Moreno al nuevo equipo de Jaula, el desempeño de la jaula dentro de la competencia Nacional 2017 no fue tan satisfactoria, y el principal motivo fue el peso y una serie de violaciones al reglamento que fueron corregidas dentro de la competencia para acreditar la inspección técnica.

Dentro de las violaciones al reglamento se encontraban:

La obstrucción de la salida libre del piloto



El reglamento marca que todos aquellos que sean pilotos deben de tener la habilidad de salir del vehículo en menos de 5 segundos, y este tubo reducía demasiado el tiempo de salida del piloto (ilustración 24).

Ilustración 24 obstrucción de la jaula antivuelco 2017

El motor sobresalía de uno de los planos que rigen a la Jaula



Ilustración 25 tubo de refuerzo de la jaula antivuelco 2017

En la inspección técnica los jueces comprueban que todos los elementos del motor se contengan dentro de la geometría de la Jaula antivuelco y lo comprueban mediante escuadras y reglas, por este motivo se colocó ese tubo mostrado en la ilustración para cumplir con ese requisito (ilustración 25).

Distancia mínima entre los nodos y puntos designados.

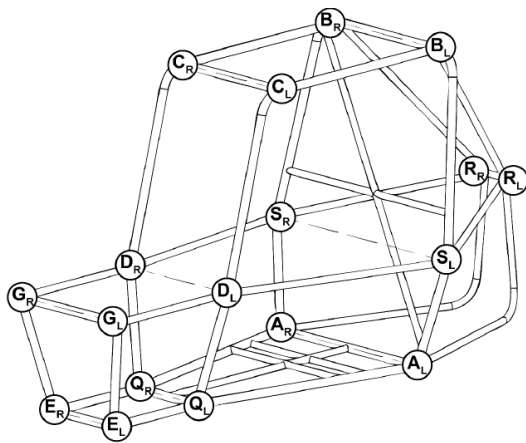


Ilustración 26 nodos de la jaula con nariz

El reglamento Baja SAE menciona que ningún tipo de refuerzo debe de estar conectado a más de 5 in de un punto designado (ilustración 26, 27) .

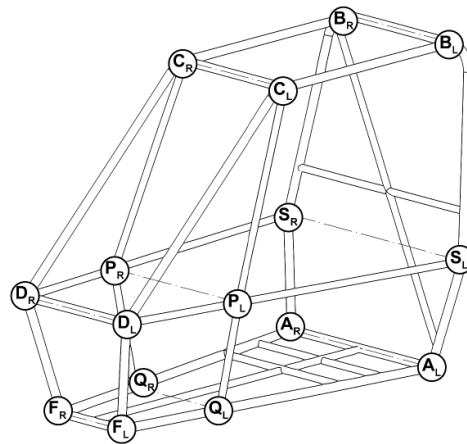


Ilustración 27 nodos de la jaula sin nariz

Distancia mínima entre el casco del piloto y el RHO



La distancia mínima entre el cuerpo del piloto y la estructura de la jaula antivuelco debe de ser mínimo de 6 in y hay refuerzos en específico para poder cumplir con esas 6 in en caso de no cumplirlas, que fue el caso de los tubos que se ven en la ilustración 28, que fueron colocados para poder acreditar esa regla (ilustración 28).

Ilustración 28 refuerzo de la jaula antivuelco 2017

Peso del vehículo



*Ilustración 29 pesando el vehículo
baja SAE 2017*

El peso final del vehículo 2017 era de 317 kg y fue un factor por el cual el vehículo no tuvo un buen desempeño dentro de las pruebas dinámicas.

La jaula antivuelco pesaba alrededor de 85 kg que era demasiado para una estructura de competencia (ilustración 29).

En base en el análisis de la jaula 2017 se concluyó que se necesitaba realizar una nueva geometría que cumpla perfectamente las reglas 2018 y nuestro objetivo principal de reducir el peso.

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LAS DOS POSIBLES GEOMETRÍAS REGLAMENTADAS POR BAJA SAE 2018

El reglamento marca dos posibles geometrías para el diseño de la jaula antivuelco.

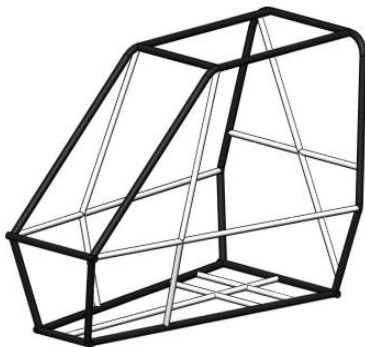


Ilustración 30 jaula sin refuerzo delantero

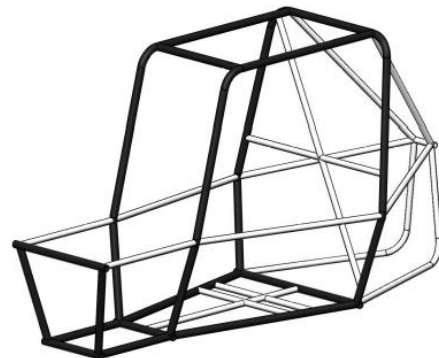


Ilustración 31 jaula con refuerzo delantero

Se realizaron los dos modelos (con refuerzo delantero y refuerzo trasero), se incluyeron todos los requerimientos que marca el reglamento, utilizando Inventor 2018. Se separaron los elementos de la jaula por colores, elementos primarios color negro, elementos secundarios color amarillo y refuerzos de color verde.

Refuerzo delantero

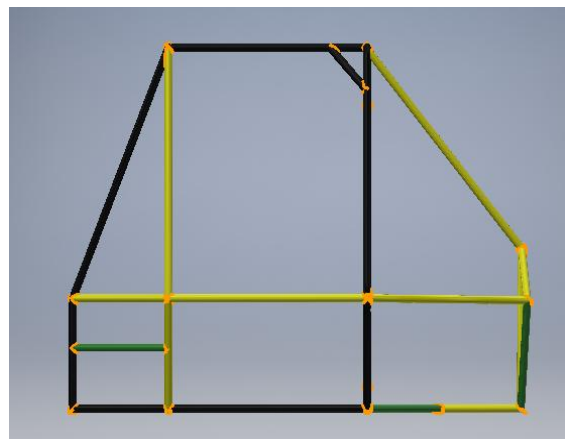
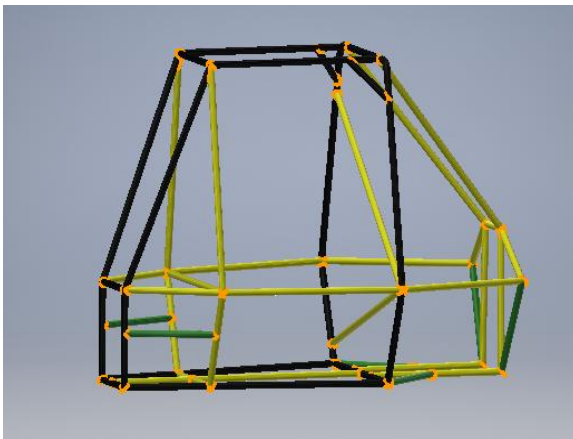


Ilustración 32 jaula antivuelco 2018 sin refuerzo delantero

Refuerzo trasero

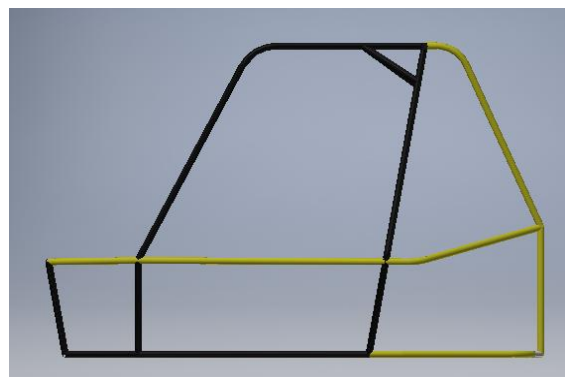
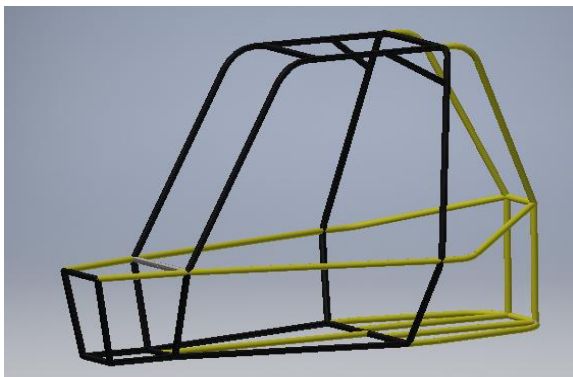


Ilustración 33 jaula antivuelco 2018 con refuerzo delantero

Estos dos modelos se analizaron y se tomaron en cuenta tres factores fundamentales para seleccionar la geometría adecuada para nuestro vehículo.

- Ergonomía. (Posición correcta del piloto)

Tanto para el modelo con refuerzo delantero y refuerzo trasero se diseñó alrededor del piloto considerando los ángulos recomendados para los codos, rodillas y columna.

Tal y como lo marca el reglamento el diseño tiene que ir enfocado para el percentil 95 y 5 para hombres y mujeres respectivamente (ilustración 34).

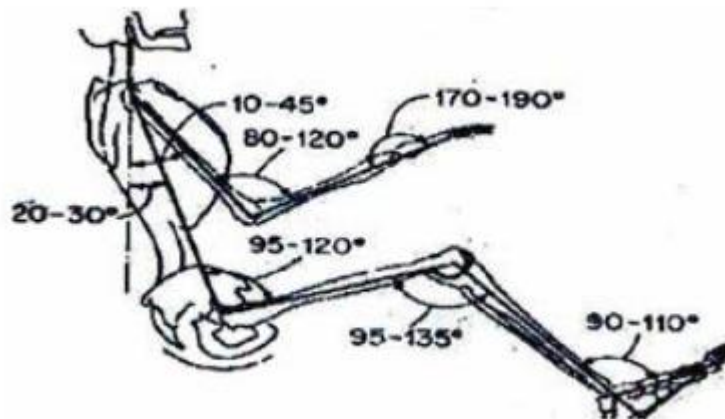


Ilustración 34 ángulos considerados del piloto

- Facilidad de manufactura
- Implementación de nodos (triangulaciones)

Tomando en cuenta estos tres factores se decidió por trabajar con el diseño de refuerzo delantero por las siguientes cuestiones.

En cuestiones de ergonomía el piloto no se ve afectado por el respaldo recto, a comparación con el de refuerzo trasero, ya que el asiento está diseñado especialmente con los ángulos recomendados (22°) para una buena postura del manejo por el espacio que nos brinda esta geometría (ilustración 35).

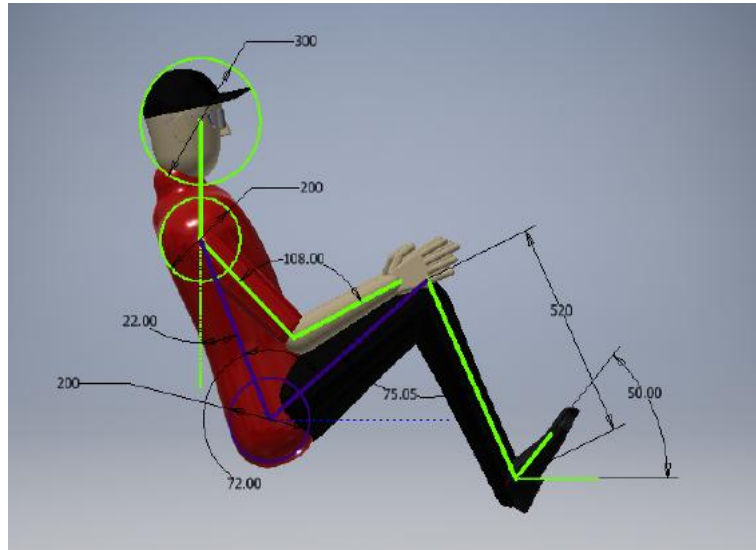


Ilustración 35 simulación del piloto

Esta geometría con refuerzo delantero reduciría el tiempo de manufactura por los ángulos que se manejan.

Y la principal por la que se eligió esta geometría es por la gran cantidad de triangulaciones que se generan, y sabemos que la triangulación reduce las deformaciones.

DISEÑO DE LA GEOMETRÍA SELECCIONADA

Teniendo seleccionada la geometría se empezó a analizar a fondo y modificándola para acoplarse con los demás diseños de los diferentes sistemas (masas no suspendidas, suspensión y potencia).

Lo primero que notamos fue que era conveniente manejar más elementos doblados para reducir el tiempo en soldadura.

- Se realizaron dobleces en el punto c para hacer un mismo elemento al RHO y FBM up.
- A la geometría del SIM se le realizaron dobleces en el punto P para hacerlo un solo elemento que sale desde el plano del RRH.
- LFS también se modificó su geometría, haciéndolo un elemento doblado desde el plano RRH hasta el punto F.

- El elemento LDB se secciono en dos partes, ya que notamos que violábamos una de las reglas de elementos rectos (elementos rectos no pueden medir más de 40 in).
- El USM se modificó de tal forma que se acoplara al asiento que se utilizaría.
- A los elementos FAB up y FBA mid se le realizaron dobleces para realizar una mejor triangulación y liberar espacio al motor. El FBA low se le retiraron los refuerzos.
- El refuerzo de RRH y RHO lo omitimos ya que cumplíamos perfectamente con las 6 in mínimas que marca el reglamento.
- El refuerzo que une a los puntos P se quitó por posibles obstrucciones para el piloto a la hora de manejar el vehículo.
- Los apoyos de la suspensión se cambiaron solamente de posición y se colocó un apoyo para las bombas de frenos.
- En plano RRH se coloraron apoyos para poder sujetar el asiento y la colocación de los cinturones de seguridad.
- En la parte trasera se colocaron refuerzos para la sujeción del diferencial, tanque de gasolina y para que todo el motor este dentro de la estructura, para verificar este último punto se dibujó el motor en Inventor 2018 y se comprobó sus dimensiones dentro de la Jaula (ilustración 36).

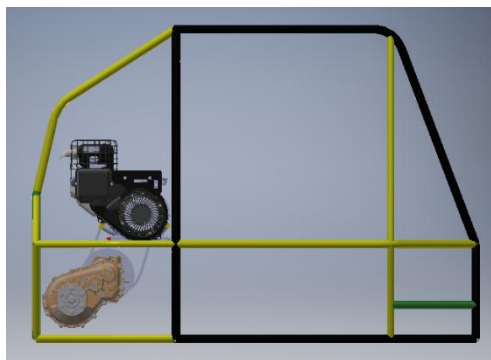


Ilustración 36 simulacion del espacio del motor y del diferencial

- Por último, se verifico la ergonomía del piloto dentro de la jaula (ilustración 37).

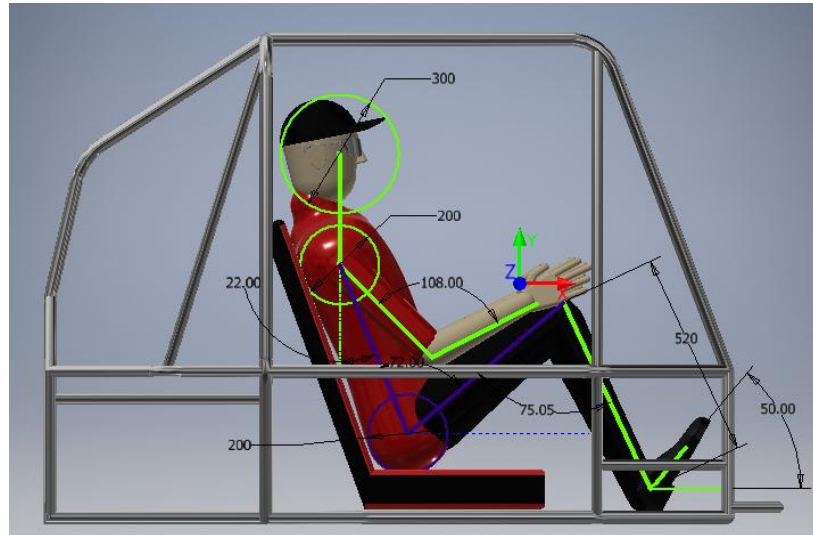


Ilustración 37 Posición final del piloto

Finalmente, tras la modificación de todos los puntos mencionados antes, se llegó a la geometría final de la Jaula Antivuelco para nuestro vehículo 2018 que se muestra en las ilustraciones 38, 39, 40, 41 y 42.

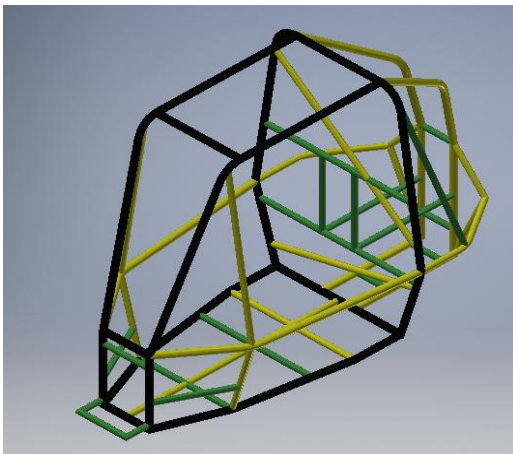


Ilustración 39 vista isométrica

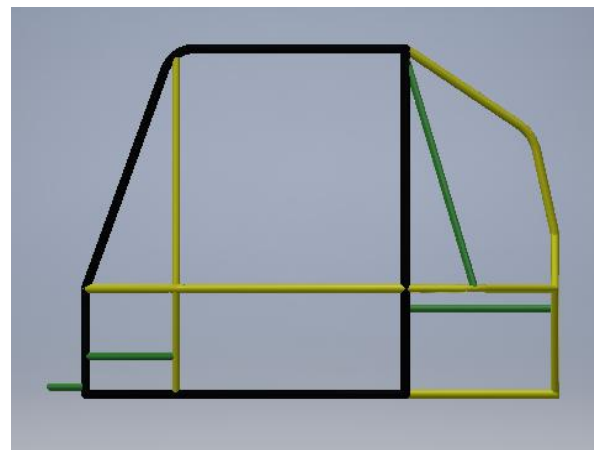


Ilustración 38 vista lateral derecha

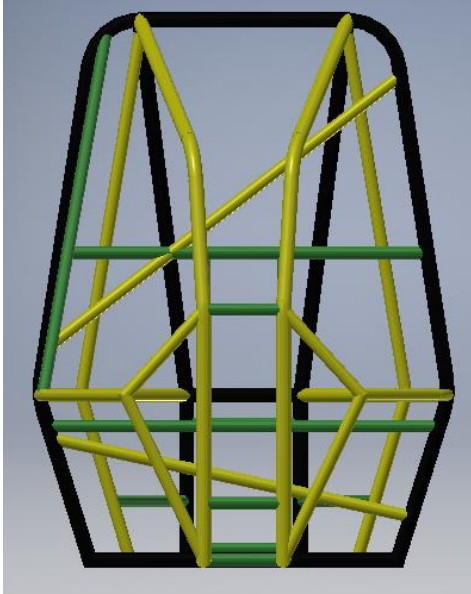


Ilustración 41 vista trasera

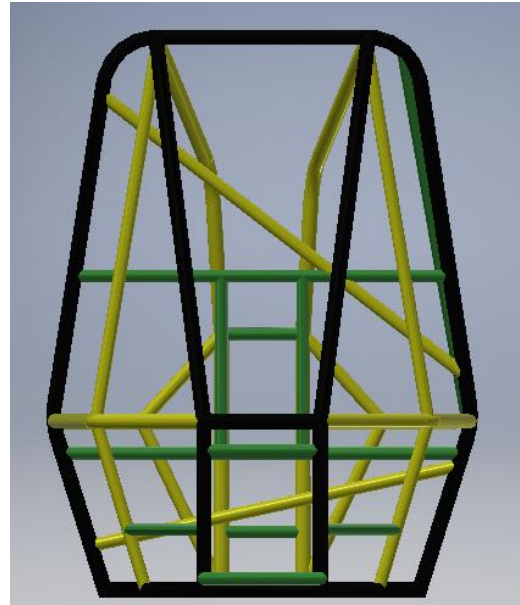


Ilustración 40 vista frontal

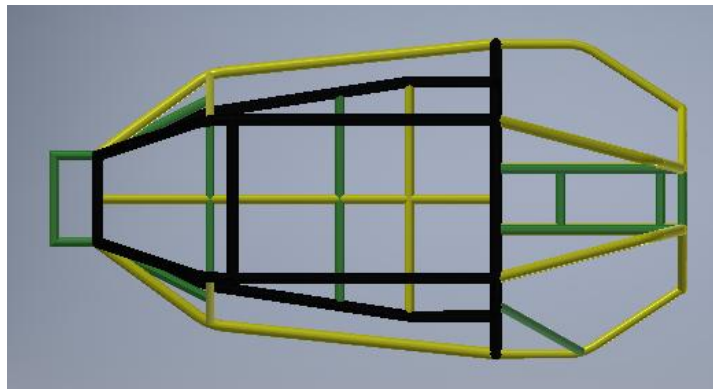


Ilustración 42 vista superior

SELECCIÓN DE MATERIAL

Para la selección de material exclusivamente se consideraron tubulares de acero al carbono, ya que así lo marca el reglamento Baja SAE 2018.

La primera etapa para seleccionar el material fue conseguir un proveedor o un patrocinador, se contactó con la empresa PEASA – Productos Especializados de Acero S.A. de C.V. y se les realizó una presentación ejecutiva exponiendo el proyecto Baja SAE UAM y buscando el patrocinio de parte de ellos (ilustración 43).

El patrocinio se consiguió y se empezó a trabajar en la selección de dimensiones y cantidades de material para la manufactura de la jaula antivuelco.



Ilustración 43 Empresa que dono los tubos PEASA

SELECCIÓN DE MATERIAL PARA ELEMENTOS PRIMARIOS

El reglamento Baja SAE 2018 nos marca que el tubular seleccionado debe de cumplir con uno de los siguientes dos puntos.

1. Tubos circulares de acero con un diámetro exterior de 25 mm (1.0 pulg), un espesor de pared de 3 mm (0.120 pulg.) y un contenido de carbono de al menos 0.18%.
2. Una forma de acero con una rigidez a la flexión y una resistencia a la flexión superior a la de un tubo circular de acero con un diámetro exterior de 25 mm (1.0 pulg) y un espesor de pared de 3 mm (0.120 pulg). El grosor de la pared debe ser de al menos 1.57 mm (0.062 pulg) y el contenido de carbono debe ser de al menos 0.18%, independientemente del tamaño del material o sección. La rigidez a la flexión y la resistencia a la flexión deben calcularse sobre un eje neutro que proporciona los valores mínimos.

Para nuestros fines de reducir la masa de la jaula antivuelco la búsqueda de material se centraba en encontrar un tubular con el espesor lo más cercano al límite de la regla (0.062 in) y superando los valores mínimos de la rigidez a la flexión y resistencia a la flexión.

De acuerdo a las políticas de la empresa responsable de donar el tubular, nos comentaron que dentro de su inventario y sus posibilidades el acero que nos

podrían donar era un 1020 con una norma ASTM A-513 T-6, este acero cumplía perfectamente el contenido de carbono reglamentado.

La empresa nos envió su catálogo de dimensiones específicamente para esa norma (tabla 2).

PLANTA SAN LUIS					
Numero articulo	Cód. Calipso	Descripcion	Diametro	Detalle Inventario - Cantidad Disponible	Almacén
TE100173	MRL-C20-1005135	PROC EST P1 1020 1.005 X0.135 X 7.298	1.005	188.00	500
tet00140	5RL-C20-1079151	TEF 1020 1.079 X 0.151	1.079	85.00	500
TET01230	6RL-C20-1312085	TEF 1020 1.315 X 0.089X 6.000	1.315	50.00	500
TT100336	MRL-C20-1315135	PROC TT P1 1020 1.315 X0.135 X 6.600	1.315	56.00	500
TEP00234	MRL-C20-1464067	PROC TEF 1020 1.464 X 0.067 X 5.970	1.464	56.00	500
TEP00465	MRL-C20-1496157	PROC TEF 1020 1.496 X 0.157 X 5.600	1.496	1.00	500
TEP00379	MRL-C20-1500173	PROC TEF 1020 1.500 X 0.173 X 6.040	1.500	9.00	500
TEP00379	MRL-C20-1500173	PROC TEF 1020 1.500 X 0.173 X 6.040	1.500	22.00	500

TEP00379	MRL-C20-1500173	PROC TEF 1020 1.500 X 0.173 X 6.040	1.500	45.00	500
TEP00379	MRL-C20-1500173	PROC TEF 1020 1.500 X 0.173 X 6.040	1.500	44.00	500
TEP00380	MRL-C20-1500091	PROC TEF 1020 1.500 X 0.091 X 5.725	1.500	17.00	500
TT100473	MRL-C20-1500169	PROC TT P1 1020 1.500 X 0.169 X 4.792	1.500	30.00	500
	PLANTA VALLEJO				
TET00471	5RL-C20-0551074	TEF 1020 0.551 X 0.074	0.551	3.00	400
TET00024	6RL-C20-1125063	TEF 1020 1.125 X 0.062	1.125	301.00	400
TET00024	6RL-C20-1125063	TEF 1020 1.125 X 0.062	1.125	1,736.00	400
TET00024	6RL-C20-1125063	TEF 1020 1.125 X 0.062	1.125	84.00	400
TET01230	6RL-C20-1312085	TEF 1020 1.315 X 0.089X 6.000	1.315	270.00	400
TET01230	6RL-C20-1312085	TEF 1020 1.315 X 0.089X 6.000	1.315	89.00	400

Tabla 2 catálogo de tubulares disponibles

Para el cálculo de Bending Stiffness, Bending Strength y la masa por unidad de longitud se necesitan cuatro variables:

- Diámetro exterior
- Espesor de pared
- Densidad
- Esfuerzo de cedencia

Para calcular Bending Stiffness la ecuación es la siguiente.

$$K_b = EI \quad (1)$$

Donde:

E - Modulo de elasticidad (205 GPa para todos los aceros)

I - Segundo momento de área para la sección transversal estructural.

Para calcular Bending Stiffness la ecuación es la siguiente.

$$S_b = \frac{S_y I}{c} \quad (2)$$

Donde

Sy – Esfuerzo de fluencia (365 MPa para acero 1018)

c – Distancia desde el eje neutral hasta la fibra externa

Primeramente, se obtuvieron los valores de la rigidez a la flexión y la resistencia a la flexión para el acero 1018 para poder hacer comparaciones y seleccionar nuestras dimensiones de tubo primario.

Rigidez a la flexión.

$$I = \frac{\pi}{4} (R_{ext}^4 - R_{int}^4) \quad (3)$$

E= 205 GPa

Rext = 0.017m

$$R_{int} = 0.0097\text{m}$$

$$K_b = (205\text{GPa}) \left[\frac{\pi}{4} * (R_{ext}^4 - R_{int}^4) \right] = 2763.1274 \text{ Nm}^2$$

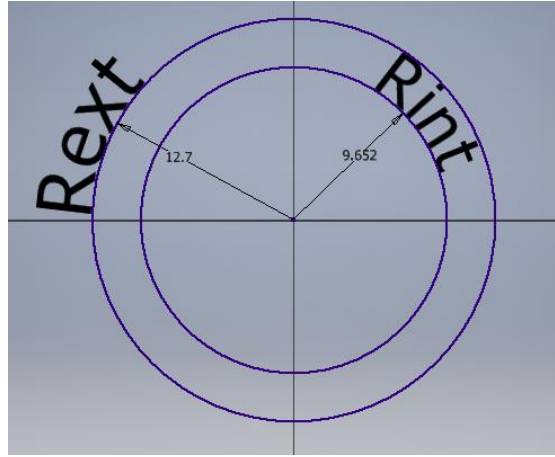


Ilustración 44 radio exterior e interior

Resistencia a la flexión.

$$S_y = 365 \text{ MPa}$$

$$c = R_{ext}$$

$$S_b = \frac{365\text{Mpa} * \left(\frac{\pi}{4} (0.017\text{m}^4 - 0.0097\text{m}^4) \right)}{0.017\text{m}} = 387.3791 \text{ Nm}$$

Los resultados de la resistencia a la flexión y la rigidez a la flexión para un acero 1018 y con diámetro de 1 in y 0.120 in de espesor se muestran en la siguiente tabla.

Acero 1018	Resultado
Rigidez a la flexión	2763.1274[Nm ²]
Resistencia a la flexión.	387.3791[Nm]

Tabla 3 resultados de rigidez y resistencia

Una vez conociendo los valores mínimos que marca el reglamento, empezamos a analizar cada una de las opciones a elegir por el catálogo de PEASA tabla 3.

De entrada, se descartaron diámetros y espesores muy elevados ya que esa combinación elevaría demasiado nuestra masa por un metro de longitud y uno de nuestros principales objetivos es reducir el peso de la jaula antivuelco.

Para calcular la masa por unidad de longitud se utiliza la siguiente formula.

$$m = \rho V \quad (4).$$

Donde

ρ – Densidad del material, la densidad del material se estableció en $7870(\text{kg}/\text{m}^3)$.

V – Volumen de un cilindro hueco.

Donde el volumen de un cilindro se calcula.

$$V = \pi h(R_{ext} + R_{int})(R_{ext} - R_{int}) \quad (5)$$

Donde

h - Es la altura del tubo que para todos nuestros cálculos sería un metro de longitud.

Final mente la formula completa para calcular la masa por unidad de longitud queda de la siguiente manera.

$$m = \rho(\pi h(R_{ext} + R_{int})(R_{ext} - R_{int})) \quad (6)$$

De acuerdo con el catálogo proporcionado por la empresa responsable de donar el tubular y descartando los diámetros y espesores elevados, empezamos a calcular la masa por unidad de longitud y posterior mente y su rigidez a la flexión y resistencia a la flexión para demostrar que son superiores para un acero 1018 con dimensiones de 1 in y 0.120 in de espesor tabla 4.

	PLANTA SAN LUIS				
Numero articulo	Cód. Calipso	Descripción	Diámetro (in)	Espesor (in)	Almacén
1	MRL-C20-1005135	PROC EST P1 1020 1.005 X0.135 X 7.298	1.005	0.135	500
2	5RL-C20-1079151	TEF 1020 1.079 X 0.151	1.079	0,151	500

3	6RL- C20- 1312085	TEF 1020 1.315 X 0.089X 6.000	1.315	0.089	500
4	MRL- C20- 1315135	PROC TT P1 1020 1.315 X0.135 X 6.600	1.315	0.135	500
5	MRL- C20- 1496157	PROC TEF 1020 1.496 X 0.157 X 5.600	1.496	0.157	500
6	MRL- C20- 1500173	PROC TEF 1020 1.500 X 0.173 X 6.040	1.500	0.173	500
PLANTA VALLEJO					
7	6RL- C20- 1125063	TEF 1020 1.125 X 0.062	1.125	0.062	400
8	6RL- C20- 1312085	TEF 1020 1.315 X 0.089X 6.000	1.315	0.089	400

Tabla 4 combinación de diámetro-espesor adecuados.

Se realizaron los cálculos correspondientes para cada opción del inventario y se presentan en la siguiente tabla 5.

En color amarillo se muestran las combinaciones de diámetro-espesor donde se obtiene la masa por un metro de longitud más baja que es ideal para el desempeño del vehículo.

Acero	E- (GPa)	(Sy)- MPa	Densidad. (kg/m3)	Diámetro (in)	Espesor(in)	Kb- (Nm^2)	Sb-(Nm)	Masa. (kg)
1	205	415	7870	1.005	0.135	3050.523	483.836	1.8734
2	205	415	7870	1.079	0,151	4150.681	613.18	2.2352
3	205	415	7870	1.315	0.089	5524.509	669.66	1.7404
4	205	415	7870	1.315	0.135	7529.687	912.72	2.5410
5	205	415	7870	1.496	0.157	12803.27	1364.20	3.3533
6	205	415	7870	1.500	0.173	13776.14	1463.95	3.6619
7	205	415	7870	1.125	0.062	2507.465	355.28	1.0529
8	205	415	7870	1.315	0.089	5475.126	663.68	1.7223

Tabla 5 cálculos con los diámetro y espesores seleccionados

En la siguiente tabla 6 se muestran las combinaciones de diámetro-espesor elegidas y se compara con los valores mínimos que se deben satisfacer

Se comprueba que la opción 7 nos da la masa más pequeña pero no supera los valores mínimos de la resistencia a la flexión y la rigidez a la flexión (color rojo).

Por lo que para el tubo primario se eligió la opción 8 que nos da una masa no tan elevada y supera perfectamente los valores mínimos reglamentados, otro factor que influyó para elegir ese material fue que se encontraba en el almacén de vallejo, ya que los demás se encontraban en San Luis Potosí (tabla 7).

Acero	E- (GPa)	(Sy)- MPa	Densidad. (kg/m3)	Diámetro (in)	Espesor(in)	Kb- (Nm^2)	Sb-(Nm)	Masa.(kg)
1018	205	365	7870	1	0.120	2763.1274	387.3791	1.6614
1	205	415	7870	1.005	0.135	3050.5236	483.8367	1.8734
3	205	415	7870	1.315	0.089	5524.5092	669.6663	1.7404
7	205	415	7870	1.125	0.062	2507.4658	355.2818	1.0529
8	205	415	7870	1.315	0.089	5475.1263	663.6802	1.7223

Tabla 6 tabla con las opciones que satisfacen los cálculos

Acero	E- (GPa)	(Sy)- MPa	Densidad. (kg/m3)	Diámetro (in)	Espesor(in)	Kb- (Nm^2)	Sb-(Nm)	Masa.(kg)
ASTM A-513 T-6	205	415	7870	1.315	0.089	5475.1263	663.6802	1.7223

Tabla 7 tubular elegido.

SELECCIÓN DE MATERIAL PARA ELEMENTOS SECUNDARIOS

Para la selección del material para elementos secundarios (tabla 8) decidimos elegir el mismo tipo de acero (ASTM A-513 T-6) y el reglamento marca que para elementos secundarios solo tiene que cumplir con tubos de acero con un grosor de pared mínimo de 0,89 mm (0,035 in.) y un diámetro exterior mínimo de 25,4 mm (1,0 in.)

Si se observa el diseño final de la jaula antivuelco, la cantidad de elementos secundarios son a considerarse por lo que era importante conseguir una relación diámetro-espesor que nos diera como resultado una masa por unidad de longitud lo más bajo posible para así conseguir un mejor desempeño el vehículo.

La cantidad de refuerzos para la jaula antivuelco son mínimos por este motivo se utilizó las mismas dimensiones que los elementos secundarios.

Acero	E- (GPa)	(Sy)- MPa	Densidad. (kg/m3)	Diámetro (in)	Espesor(in)	Kb-(Nm^2)	Sb-(Nm)	Masa. (kg)
1	205	415	7870	1.005	0.135	3050.523636	483.8367444	1.873467118
2	205	415	7870	1.079	0,151	4150.68187	613.1807581	2.235208176
3	205	415	7870	1.315	0.089	5524.509283	669.6663391	1.740498008
4	205	415	7870	1.315	0.135	7529.687998	912.7287759	2.541024367
5	205	415	7870	1.496	0.157	12803.27295	1364.205906	3.353306751
6	205	415	7870	1.500	0.173	13776.1482	1463.952757	3.661930351
7	205	415	7870	1.125	0.062	2507.465877	355.2818519	1.052976159
8	205	415	7870	1.315	0.089	5475.126365	663.6802729	1.722345556

Tabla 7 opciones de dimensiones para tubos secundarios

De acuerdo a la tabla la relación diámetro-espesor que nos proporciona la masa más pequeña es la que se muestra en color verde (tabla 9), y considerando que para la selección de elementos secundarios no se requiere presentar cálculos de la rigidez a la flexión y la resistencia a la flexión se pudo elegir esa opción.

Acero	E- (GPa)	(Sy)- MPa	Densidad. (kg/m3)	Diámetro (in)	Espesor(in)	Kb- (Nm^2)	Sb-(Nm)	Masa.(kg)
ASTM A-513 T-6	205	415	7870	1.125	0.062	2507.4658	355.2818	1.0529

Tabla 9 tubo secundario elegido.

ANALISIS NUMERICO

Una vez seleccionadas las dimensiones y tipo de material para la construcción de la jaula antivuelco, se procedió a realizarle una serie de análisis, planteamos los escenarios más posibles a presentarse durante la competencia.

- Impacto frontal
- Impacto lateral
- Impacto de volcadura

Para poder realizar las simulaciones de impacto frontal e impacto lateral del vehículo se calcularon las fuerzas de impacto, para poder llevarlas al software, y así obtener un mejor análisis.

CALCULO DE FUERZA DE IMPACTO

Tomando como referencia la prueba de aceleración en donde son sometidos todos los vehículos de la competencia en la cual recorren una distancia de 30.48 metros partiendo del reposo, donde los mejores vehículos lo recorren en un tiempo de 3 segundos. Por lo que se tiene:

$$V_f = \frac{2(X_f - X_i)}{t} \quad (7)$$

Donde:

X_i = Distancia inicial recorrida

X_f = Distancia final recorrida

V_f = Velocidad final

t = Tiempo

Sustituyendo valores se obtiene:

$$V_f = \frac{2(X_f - X_i)}{t} = \frac{2(30.48_m - 0_m)}{3_s} = 20.32 \frac{m}{s}$$

Suponiendo que un vehículo se puede impactar a esta velocidad y des acelera en un tiempo de 0.5 segundo produce una desaceleración de:

$$a = \frac{V_i - V_f}{t} \quad (8)$$

Donde:

a = Tiempo

V_i = Velocidad inicial

Sustituyendo valores:

$$a = \frac{V_i - V_f}{t} = \frac{0 \frac{m}{s} - 20.32 \frac{m}{s}}{0.5_s} = -40.64 \frac{m}{s^2}$$

Utilizando la segunda ley de Newton se procede a calcular la fuerza de impacto recibida

$$F = ma \quad (9)$$

Donde:

F = Fuerza de impacto en Newton

m = peso del vehículo (estimada en 230 kg)

$$F = (230_{kg}) \left(40.64 \frac{m}{s^2} \right) = 9347.2 \text{ N}$$

Con base al resultado obtenido se propone una fuerza de impacto de 10,000 Newton, para el caso del impacto lateral y frontal.

SIMULACIÓN

El objetivo principal al diseñar la estructura es que soporte las cargas que se concentran en los nodos, considerando el peso del motor, diferencial y piloto. Por lo cual se llega a hacer las siguientes simulaciones con la finalidad de determinar si los miembros implementados en el diseño de la estructura tienen un buen desempeño en caso de que se presentase un impacto.

Para las diversas simulaciones de la jaula antivuelco se utilizaron las propiedades del acero ASTM A513 T6 y dimensiones especificadas en las certificaciones del material donado por la empresa (ilustración 45 y 46).

CERTIFICADO DE CALIDAD TEST REPORT



28 Mayo 2018

DATOS GENERALES														
CUSTOMER	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA				PRODUCTION ORDER	765482								
DIMENSIONS	TEF 1020 1.125 X 0.062 X 5750 mm				No. PARTE	TB-023								
NORM	ASTM A -513 T-6				PART NUMBER	6		PCS						
TYPE OF MATERIAL	CARBON STEEL DRAWN OVER MANDREL				QUANTITY									
					LENGHT	5750 mm								
ENSAYOS MECANICOS / MECHANICAL TEST														
Specification	Cedencia	Tension	% El	Dza / HRb	Aplastamiento	Pestaña	Abocinado	Acordeón						
	Yield Point	Tensile strength	***	Hardness	Flattening test	Flange	Flaring test	Accordion test						
Min.	415 Mpa	480 Mpa	5.0%	80 HRB	2/3 D.E SIN FISURA	SIN FISURA	30%	SIN FISURA						
Max.	***	***	***	***	***	***	***	***						
Resultado	576 Mpa	594 Mpa	5.50%	90 HRB	ACEPTADO	ACEPTADO	35%	ACEPTADO						
ANALISIS QUIMICO / CHEMICAL TEST														
Specification	Colada / Heat	% C	% Mn	% P	% S	% Si	% Al	% Nb	% N	% Ti	% Cr	% Ni	% Mo	% B
Min.	***	0.180	0.30	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Max	***	0.230	0.60	0.350	0.350	***	***	***	***	***	***	**	***	***
Resultado	1631491012	0.200	0.480	0.004	0.002	0.016	0.042	***	***	***	***	***	***	***

Ilustración 45 certificación del material secundario.

CERTIFICADO DE CALIDAD TEST REPORT



28 Mayo 2018

DATOS GENERALES														
CUSTOMER	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA				PRODUCTION ORDER	519253								
DIMENSIONS	Rifle de Diabolos / 1.315" x 0.088"				No. PARTE	TB-024								
NORM	ASTM A -513 T-6				PART NUMBER	5		PCS						
TYPE OF MATERIAL	CARBON STEEL DRAWN OVER MANDREL				LENGHT	6000 mm								
ENSAYOS MECANICOS / MECHANICAL TEST														
Specification	Cedencia	Tension	% El	Dza / HRb	Aplastamiento	Pestaña	Abocinado	Acordeón						
	Yield Point	Tensile strength	***	Hardness	Flattening test	Flange	Flaring test	Accordion test						
Min.	415 Mpa	480 Mpa	5.0%	80 HRB	2/3 D.E SIN FISURA	SIN FISURA	30%	SIN FISURA						
Max.	***	***	***	***	***	***	***	***						
Resultado	477 Mpa	508 Mpa	11.20%	83 HRB	ACEPTADO	ACEPTADO	35%	ACEPTADO						
ANALISIS QUIMICO / CHEMICAL TEST														
Specification	Colada / Heat	% C	% Mn	% P	% S	% Si	% Al	% Nb	% N	% Ti	% Cr	% Ni	% Mo	% B
Min.	***	0.180	0.300	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Max	***	0.230	0.600	0.035	0.035	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Resultado	1410135012	0.200	0.500	0.007	0.005	***	***	***	***	***	***	***	***	***

Ilustración 46 certificación del material primario.

SIMULACIÓN DE CHOQUE FRONTAL

En esta situación vamos a suponer que el vehículo sufre un impacto frontal, con la ayuda de los cálculos se genera una fuerza de 10,000 N por lo que se podrá ver como es el comportamiento de jaula la antivuelco (ilustración 47 y 48).

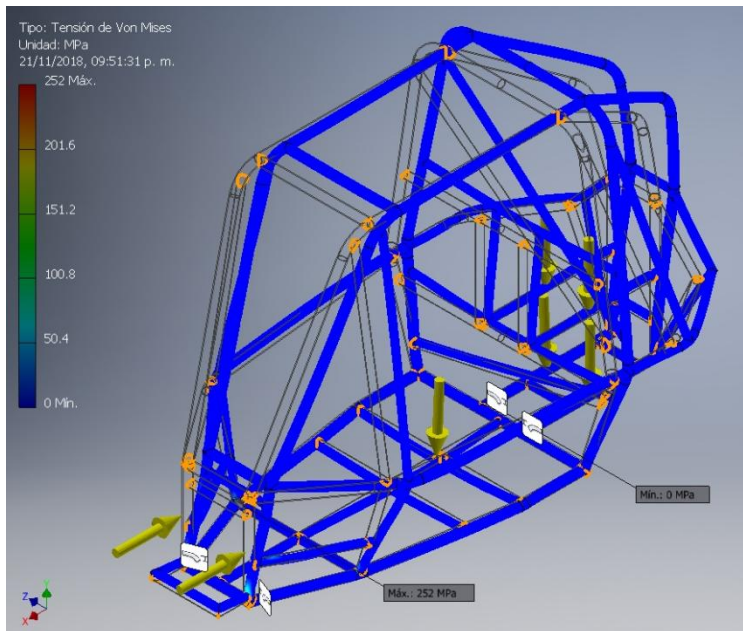


Ilustración 47 simulación choque frontal

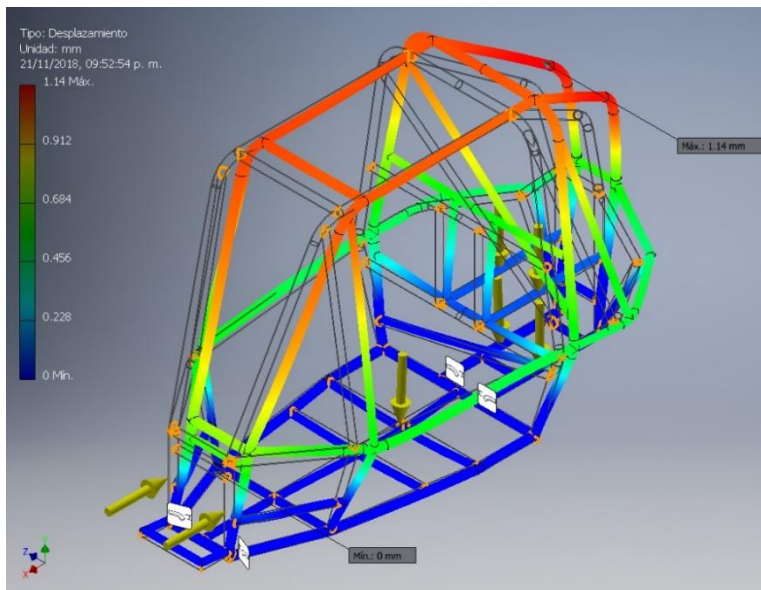


Ilustración 48 simulacion choque frontal

SIMULACIÓN DE CHOQUE LATERAL

En esta situación vamos a suponer que el vehículo sufre un impacto lateral, con la ayuda de los cálculos se genera una fuerza de 10,000 N por lo que se podrá ver como es el comportamiento de la jaula antivuelco (ilustración 49y 50).

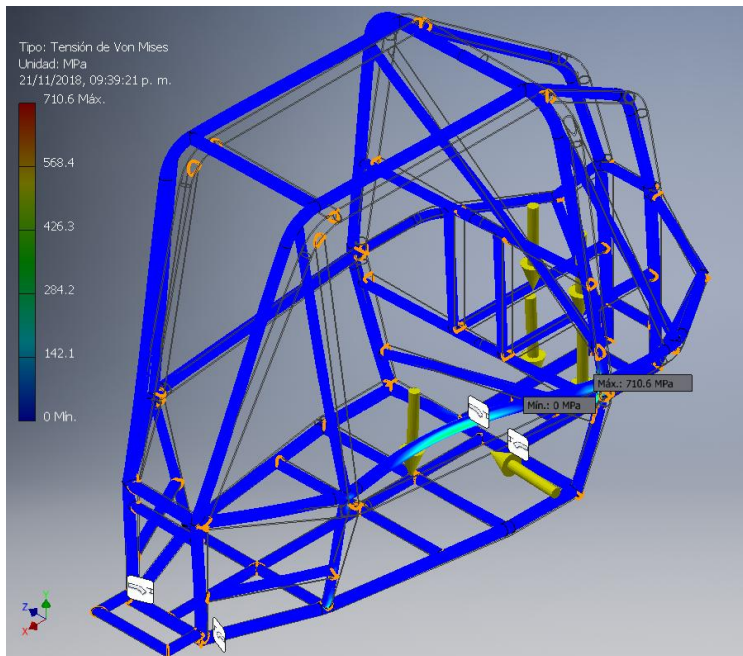


Ilustración 49 simulación choque lateral

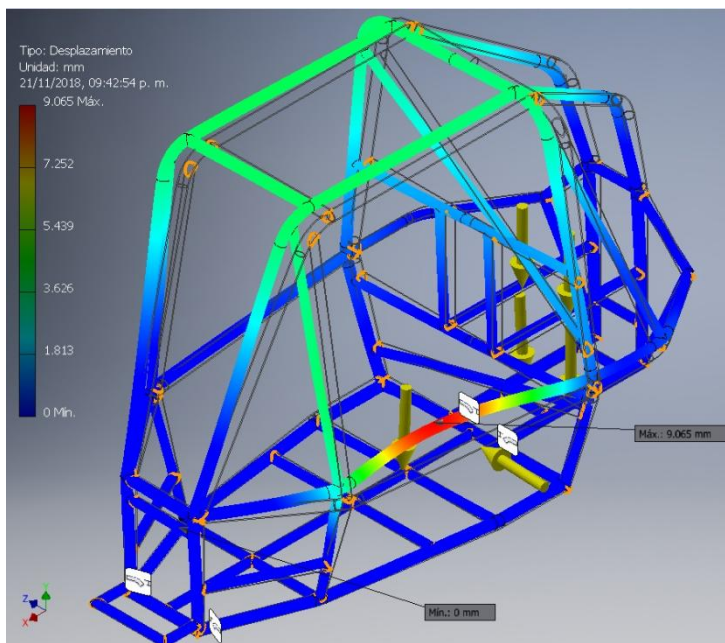


Ilustración 50 simulación choque lateral

CALCULO DE FUERZA DE VOLTEO

Para el caso de impacto de volteo se planteó un escenario de caída libre, para así poder determinar la fuerza de impacto. Donde se propone una altura de 3 m con una velocidad inicial de 12.5 con la cual usaremos la ecuación de caída libre:

$$h_f - h_i = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2g} \quad (10)$$

Donde:

h_i = Altura inicial.

h_f = Altura final.

g = Gravedad.

v_i = Velocidad inicial.

v_f = Velocidad final.

Despejando la velocidad final para poder conocer la velocidad de impacto

$$v_f = \sqrt{2g(h_f - h_i) + v_i^2} \quad (11)$$

Sustituyendo:

$$v_f = \sqrt{2 \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) (3m - 0m) + \left(12.5 \frac{m}{s} \right)^2} = 14.67 \frac{m}{s}$$

La desaceleración producida tomando un tiempo de 0.5[s] hasta el reposo se puede calcular

$$a = \frac{V_i - V_f}{t} = \frac{0 \frac{m}{s} - 14.67 \frac{m}{s}}{0.5_s} = -29.32 \frac{m}{s^2}$$

Calculando la fuerza de impacto con la segunda ley de Newton

$$F = ma \quad (9)$$

Donde:

F = Fuerza de impacto en Newton

$m = 230$ kg (peso del vehículo aproximado)

a = Aceleración

$$F = (230_{kg}) \left(29.32 \frac{m}{s^2} \right) = 6743.6 N$$

SIMULACION DE VOLTEO

Se aplicaron fuerzas en el nodo de las corbataudas que hay entre el RHO y el FBM_{UP}, en la cual se aplicó una fuerza mayor a la calculada que fue excedida a 10,000 N.

Observando en las simulaciones se puede apreciar en cada estructura el desplazamiento de daños que recibió cada estructura recibidos así mismo como la tension de Von Mises (ilustración 51 y 52).

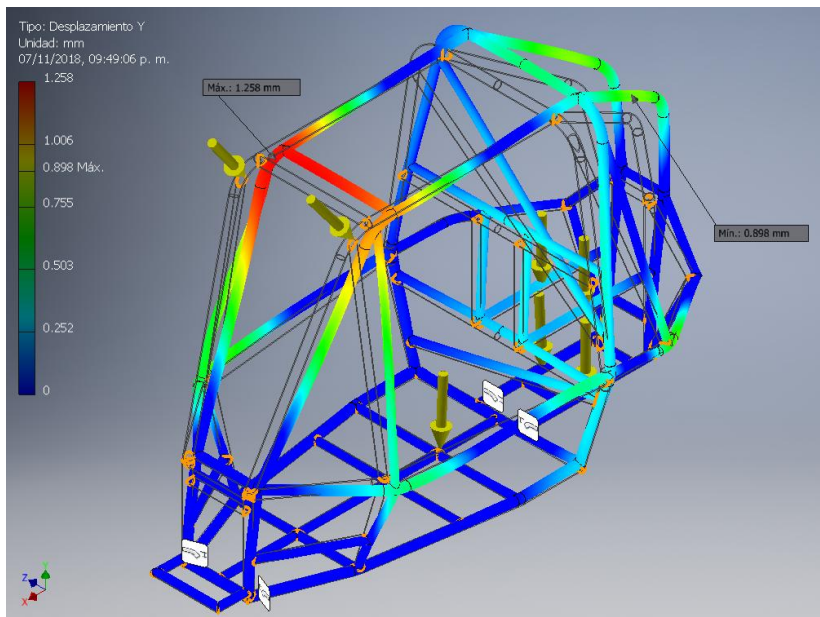


Ilustración 51 simulación volteo

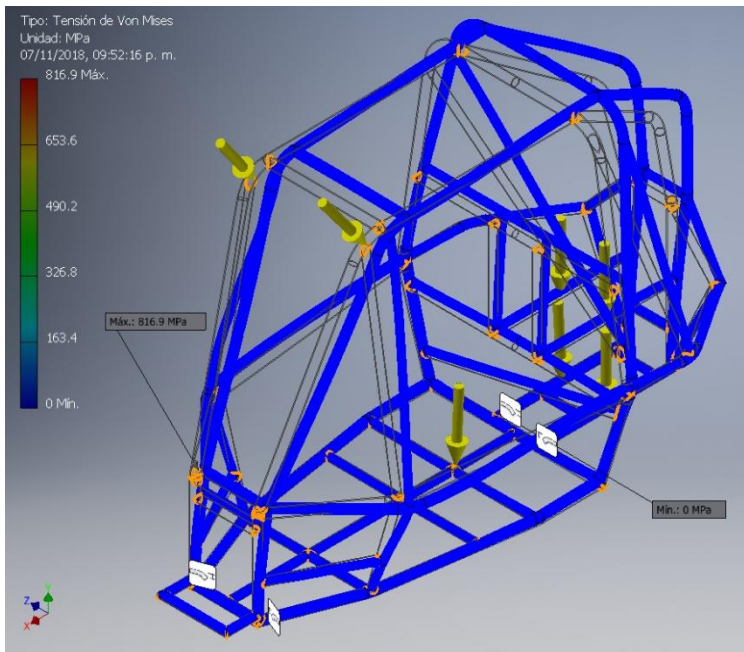


Ilustración 52 simulación volteo

ANÁLISIS DE RIGIDEZ TORSIONAL

El análisis de la rigidez es fundamental para el funcionamiento de la jaula. Es importante conseguir una estructura resistente a impactos para la protección del piloto, siendo la rigidez el factor de la jaula que más influye el comportamiento del vehículo en pista.

Para calcular la rigidez torsional se utiliza la siguiente formula

$$R_T = \frac{T}{\alpha} = \frac{F * w}{\tan^{-1}\left(\frac{d}{w}\right)} \quad (12)$$

Donde:

R_T =Rigidez torsional del chasis.

T =Par generado.

α =Ángulo de deformación.

F =Fuerza aplicada.

w =Entrevía del vehículo.

d =Desplazamiento máximo.

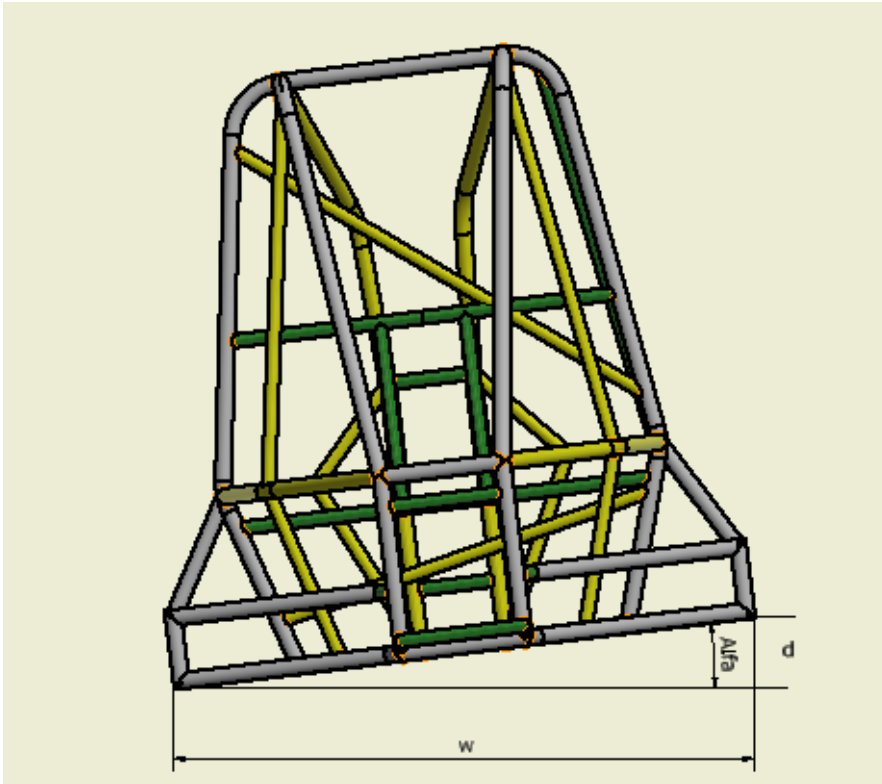


Ilustración 53 parámetro (d)

Para el cálculo de la rigidez torsional se calculó el desplazamiento (d) que se obtiene al aplicarle una fuerza y fijando los extremos de sujeción de la suspensión trasera y delantera como se muestra en la imagen (ilustración 53).

Para estandarizar el análisis de rigidez torsional, SAE especifica que la fuerza aplicada F necesaria para producir el par debe ser igual a 768 lb o su equivalente en el Sistema Internacional de 3417 N

Simulación para determinar los desplazamientos (ilustración 54).

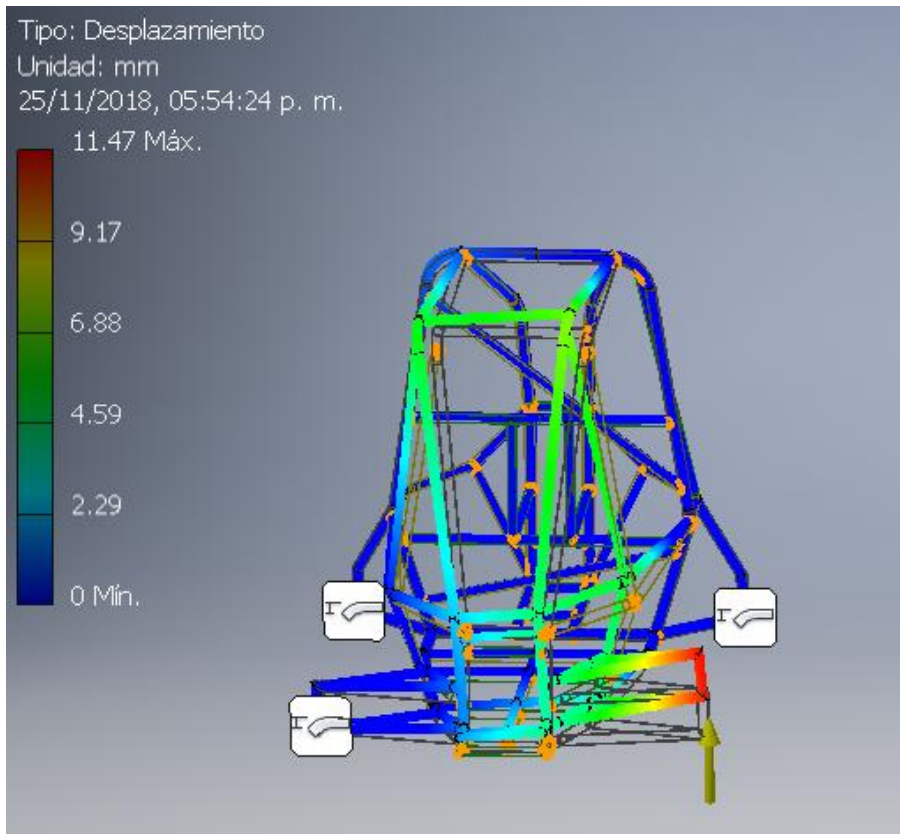


Ilustración 54 simulación de desplazamiento

$$F=3417 \text{ N}$$

$$w=1.2139 \text{ m}$$

$$d=0.0114 \text{ m}$$

Conociendo todos los datos se calcula la rigidez a la torsión.

$$R_T = \frac{(3417 \text{ N}) * (1.2139 \text{ m})}{\tan^{-1}\left(\frac{0.0114 \text{ m}}{1.2139 \text{ m}}\right)} = 7708.9651 \left[\frac{\text{Nm}}{\text{deg}}\right]$$

El valor obtenido de la rigidez torsional supera perfectamente el valor recomendado por SAE que es 2700 N-m/gra.

CONSTRUCCIÓN DE LA JAULA

La fabricación de la jaula antivuelco se dividió en varias etapas:

- Doblado de tubo.
- Cortes y abocardados para el ensamble.
- Ensamble y unión de los elementos.

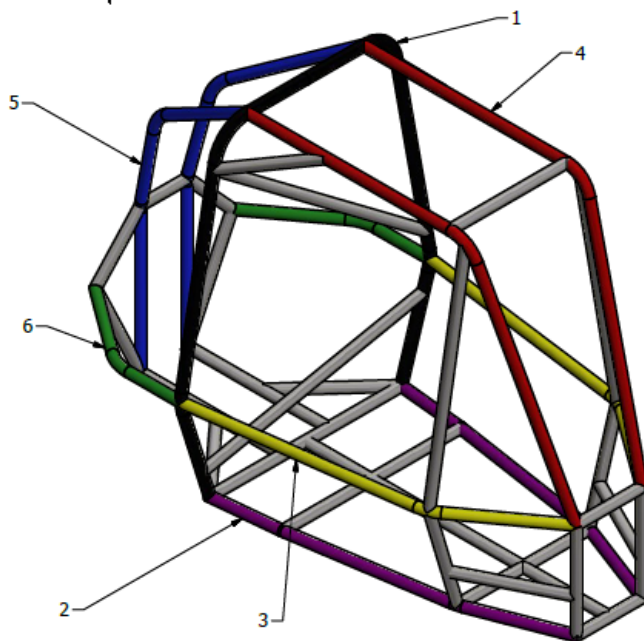
Doblado de tubo

Se contactó a la empresa DOBLADO DE TUBO METALICO para realizar el proceso de doblado, ya que nuestra universidad no cuenta con lo necesario para llevarlo a cabo. Se realizaron los planos correspondientes de los elementos que requieren ser doblados:

- RHH
- LFS
- SIM
- RHO
- FAB up
- FAM Mid

Los planos se muestran a continuación, de la ilustración 55 a la 61.

#	COLOR	NOMBRE	CANTIDAD	DESCRIP.
1	NEGRO	RHH	1	ASTM A-513T-6 1.311" X0.11"
2	MORADO	LFS	2	ASTM A-513T-6 1.311" X0.11"
3	AMARILLO	SIM	2	ASTM A-513T-6 1.311" X0.11"
4	ROJO	RHO	2	ASTM A-513T-6 1.311" X0.11"
5	AZUL	FABup	2	ASTM A-513T-6 1.311" X0.11"
6	VERDE	FABMID	2	ASTM A-513T-6 1.133" X0.082"



Material: ASTM A-513 T-6	Escala: 1 / 12	Unidades: in	Fecha: 15/JUN/2018
Baja SAE UAM 2018		JAULA ANTIVUELCO	
		Dibujó: SANTIAGO FLORES ISRAEL	1 / 1
		Revisó: ING. ROMY PÉREZ MORENO	

Ilustración 55 tabla de tubos que se mandaron a doblar

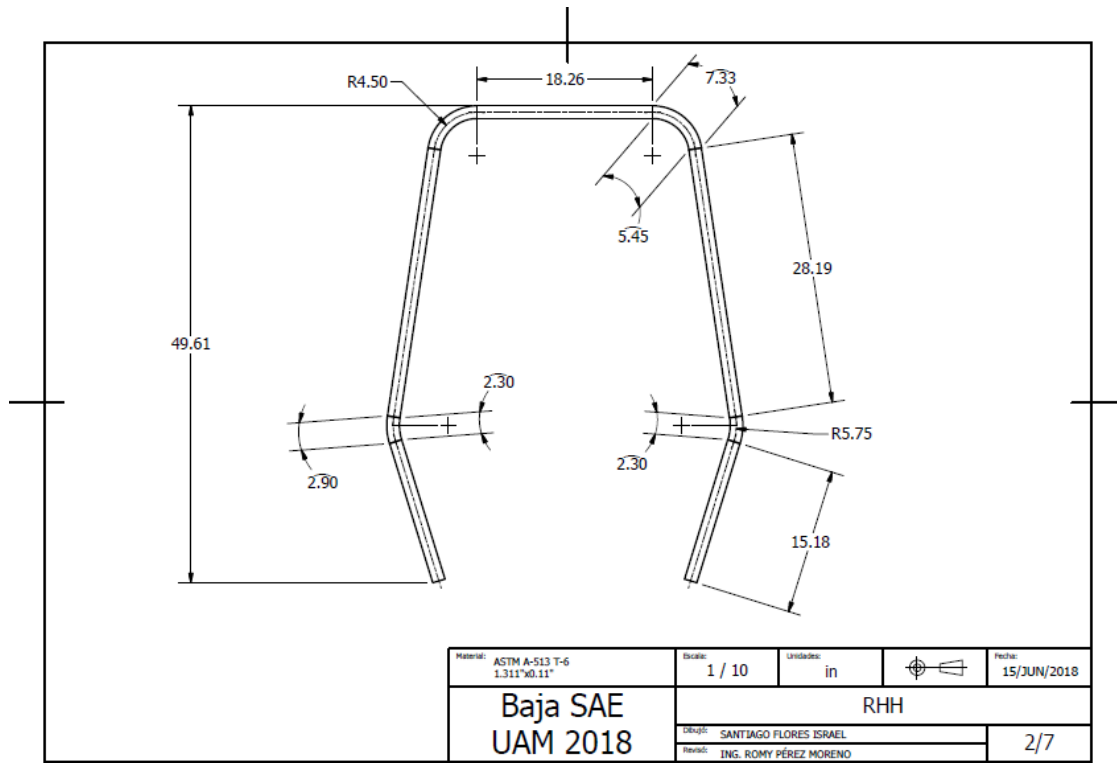


Ilustración 56 plano de tubo doblado RHH

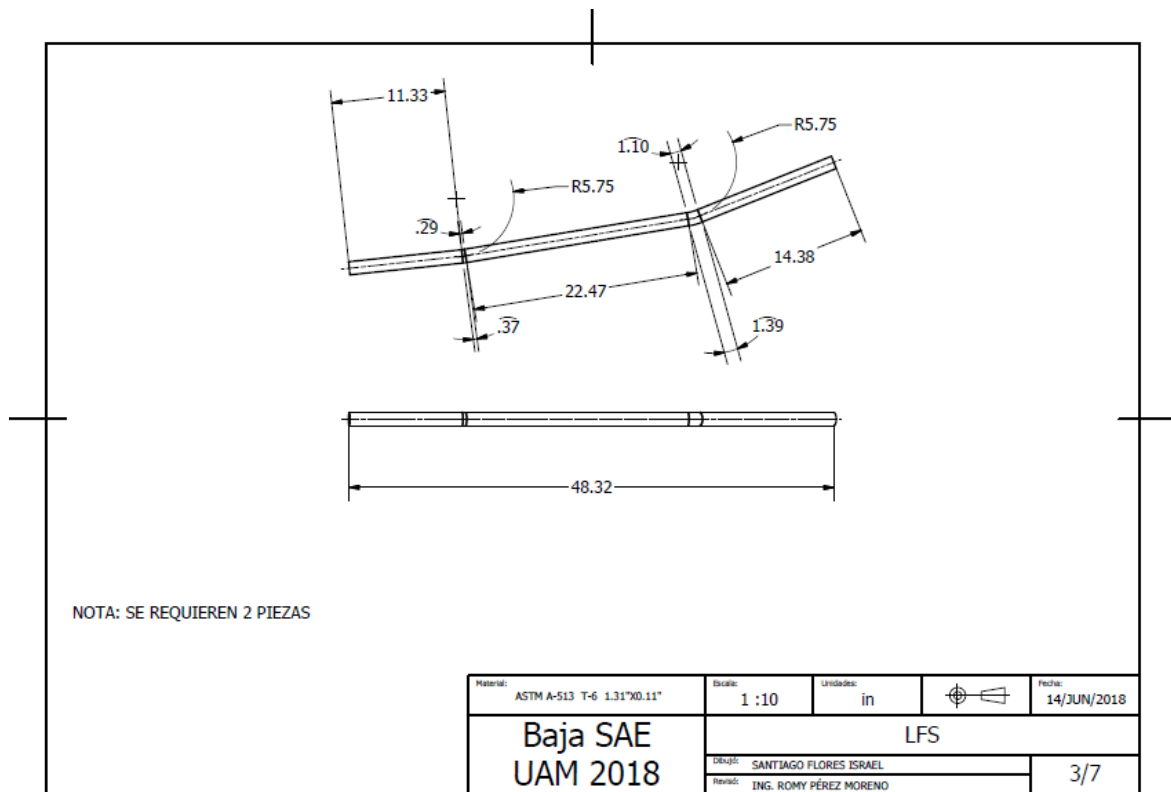


Ilustración 57 plano de tubos doblados LFS

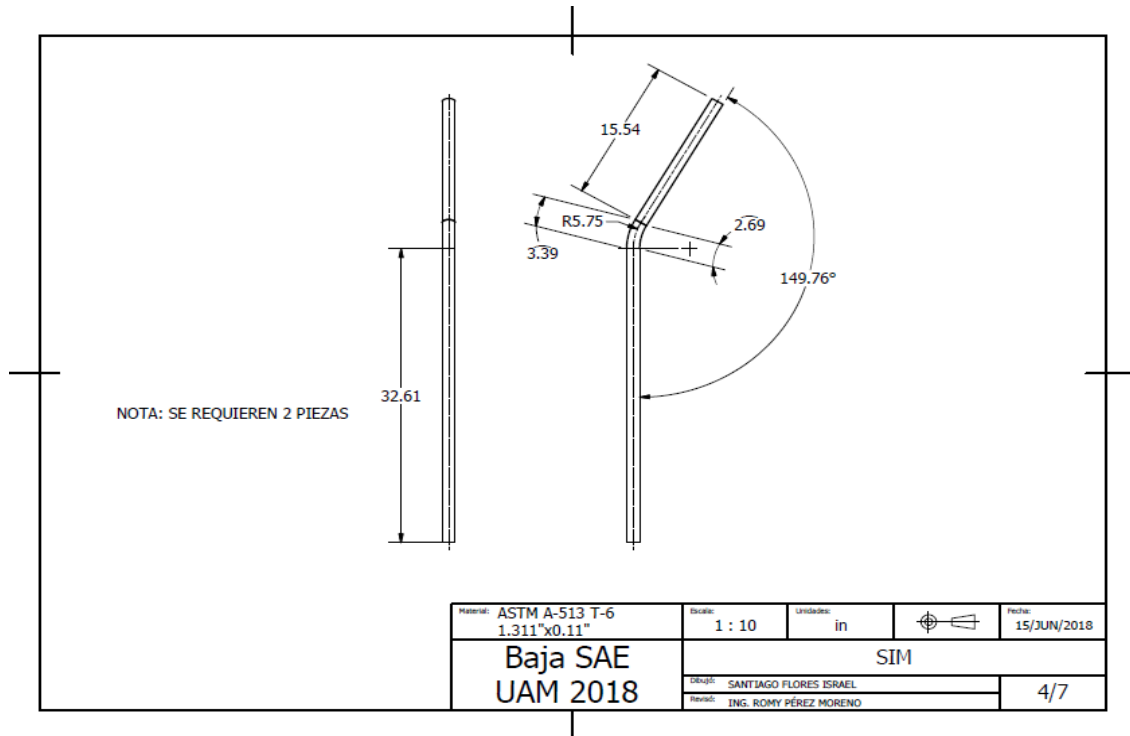


Ilustración 58 plano de tubos doblados SIM

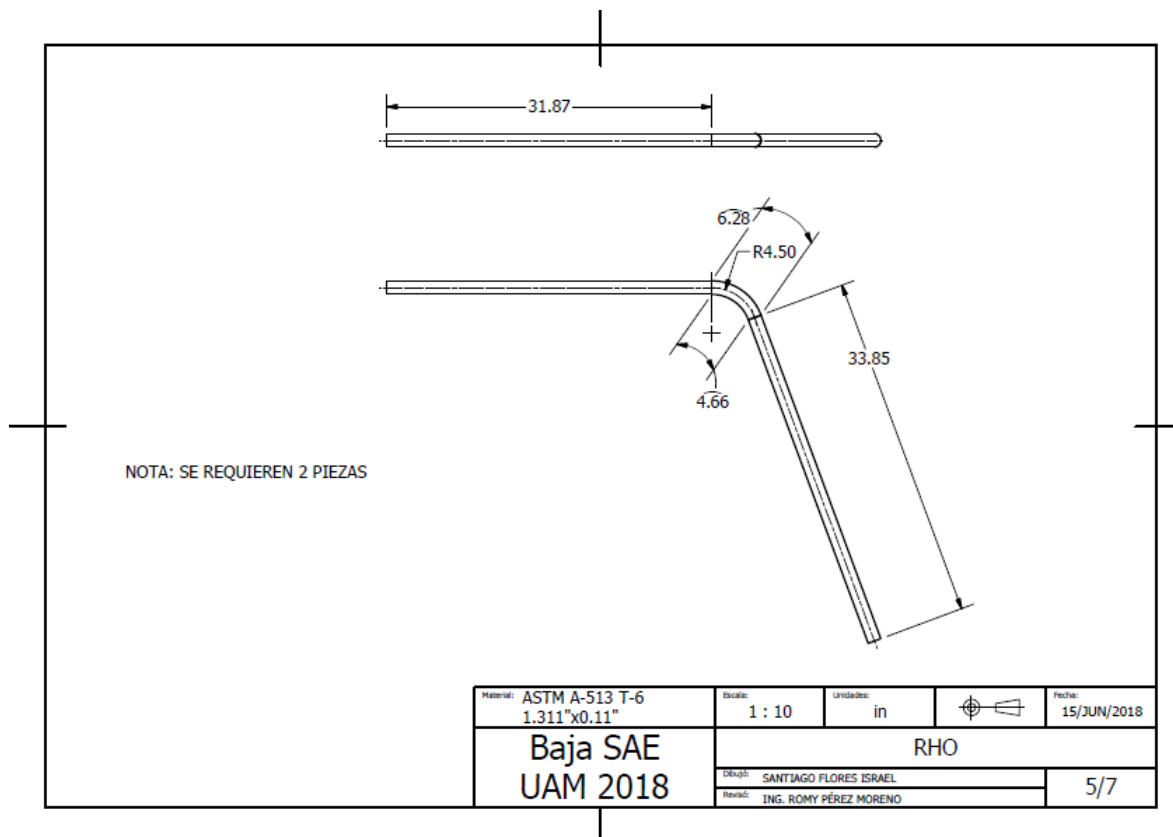


Ilustración 59 plano de tubos RHO

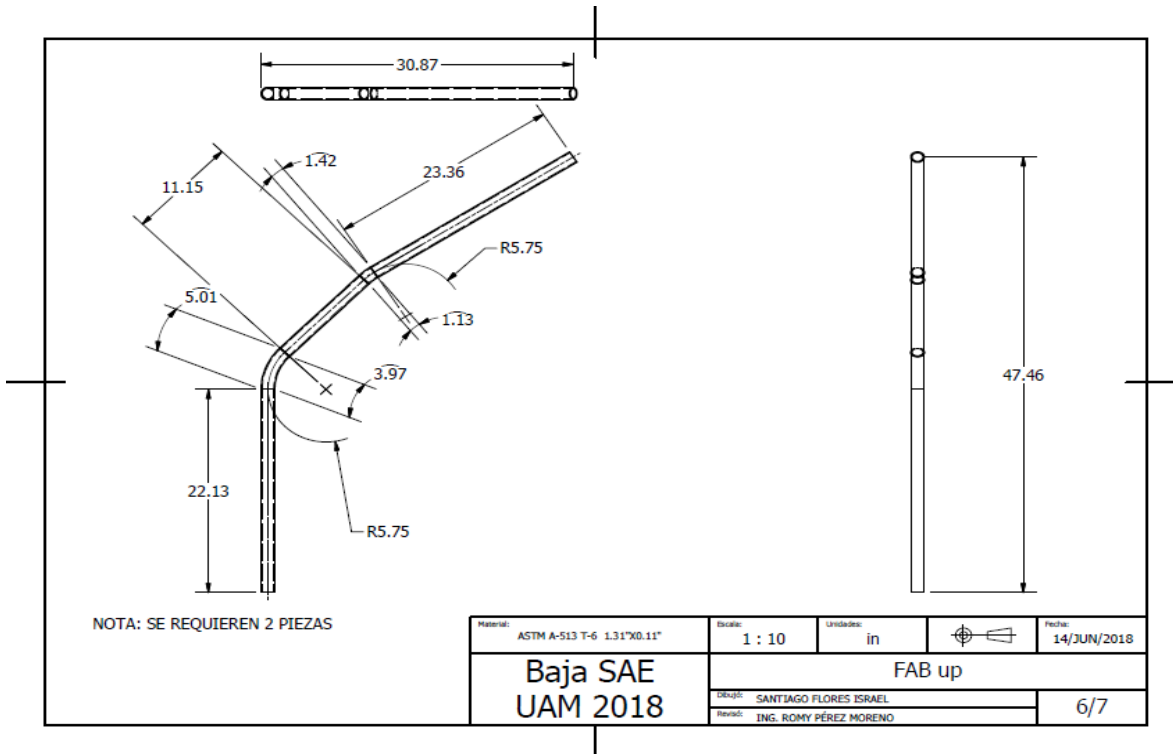


Ilustración 60 plano de tubos FAB up

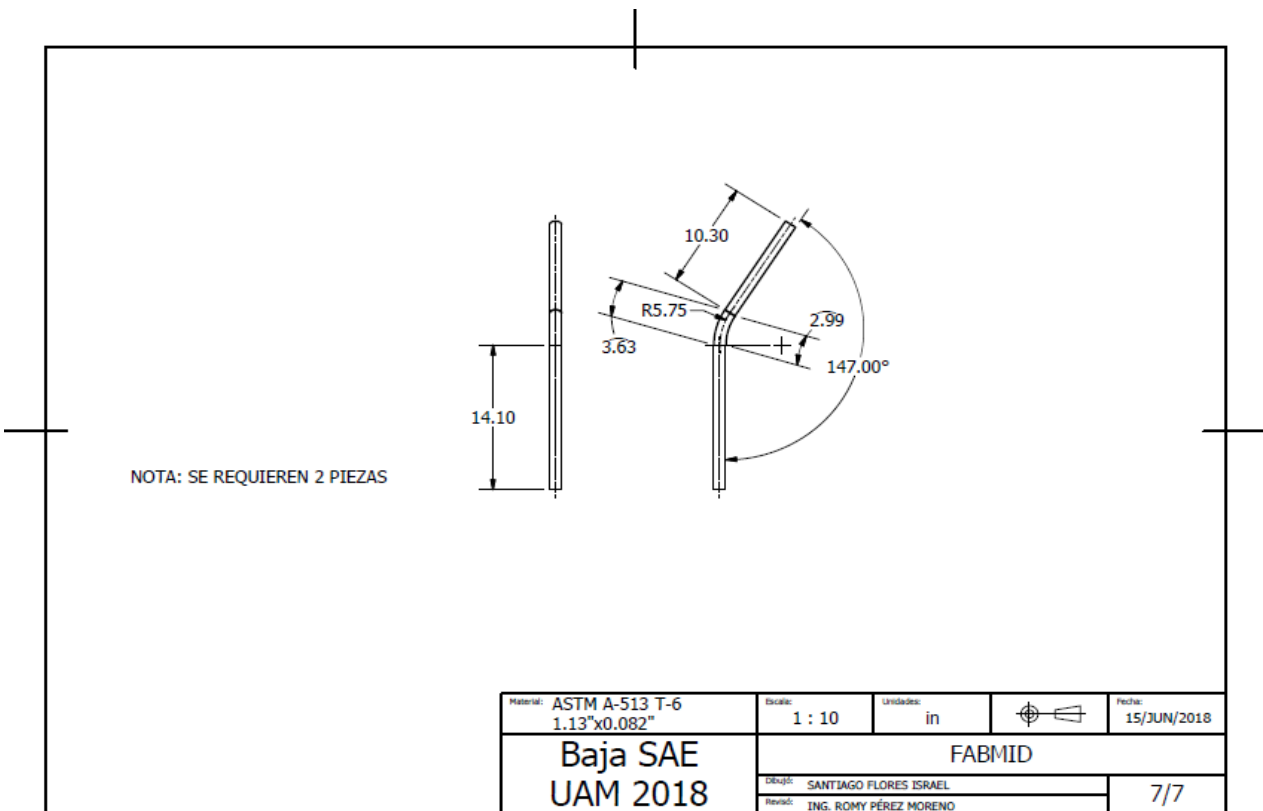


Ilustración 61 planos de tubos FABMID

Los planos se realizaron en Inventor 2018 y se dejó una tolerancia de 0.5 in por lado, la cual consideraba el corte del ensamble.

Los planos se imprimieron a una escala 1:1 para que los trabajadores de la empresa tuvieran una mejor precisión en los dobleces.

CORTES Y BOQUILLAS PARA EL ENSAMBLE.

Una vez teniendo los tubos doblados, se realizaron los cortes de los tubos rectos y de igual forma se les dio 0.5 in de tolerancia por lado (ilustración 62).

Elemento	Cantidad de cortes.	Longitud original. (mm)	Longitud con tolerancia. (mm)	Identificación en imagen
FBM Low	2	365.45	390.85	1
FLC	1	247.35	272.75	2
DLC	1	247.35	272.75	3
CLC	1	458.89	484.29	4
RLC	2	177.80	203.2	5
ALC	1	715.71	741.11	6
QLC	1	486.19	511.59	7
SLC	1	827.69	853.09	8
LDB Low	1	773.80	799.2	9
LDB Up	1	934.99	960.39	10
USM vertical	1	837.98	863.38	11
USM horizontal	1	656.77	682.17	12
CP	2	774.79	800.19	13
PQ	2	348.80	374.20	14
FBA Low	2	532.54	557.94	15
Soporte de suspensión delantera	2	353.00	378.40	16
Soporte de bomba de frenos	1	220.30	245.70	17
Soportes del diferencial	2	144.10	169.5	18
Soportes del motor	2	519.45	544.85	19
Soportes de cinturones	1	780.35	805.75	20
Soportes del asiento	2	373.35	400.75	21
Refuerzos traseros Up	2	230.05	255.45	22

Refuerzos traseros Low	2	329.16	354.56	23
------------------------	---	--------	--------	----

Tabla 8 cortes de tubo

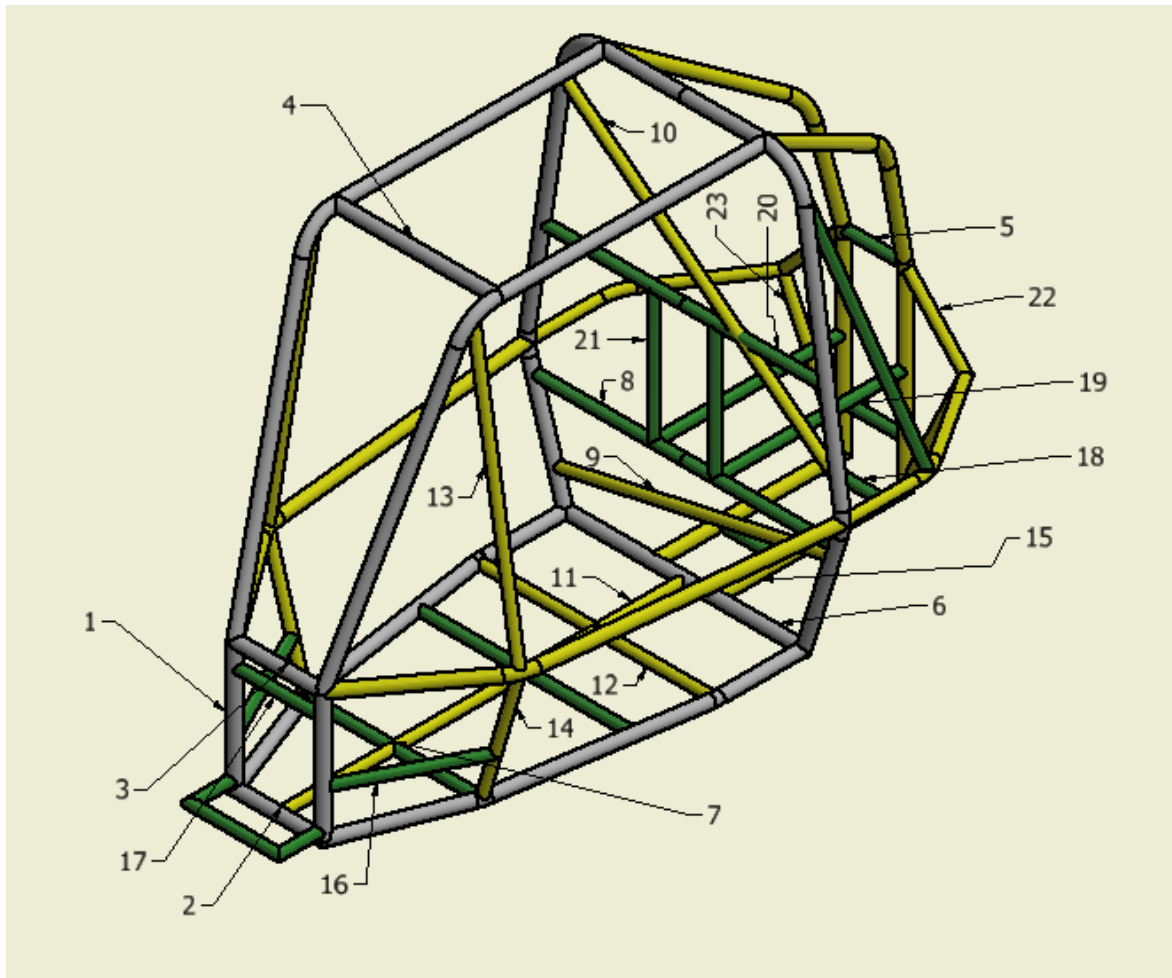


Ilustración 56 cortes en la jaula antivuelco

Se realizaron todos los cortes indicados en la tabla 10, para tener todo listo a la hora del ensamble y unión (ilustración 62 y 64).



Ilustración 57 corte de tubo



Ilustración 58 corte de tubo

ABOCARDADOS.

Para el ensamble de los tubos, se les realizó un abocardado llamado coloquialmente “Boca de pescado” y se realizó para una correcta unión entre los tubos (ilustración 65).

En primera instancia se adquirieron cortadores especiales para realizar el abocardado en cada tubo, pero observamos dos puntos fundamentales.

- El cortador no era lo suficientemente resistente
- Solo se puede utilizar para ensambles a 90°



Ilustración 59 Cortador especial

Al realizar los abocardados con el cortador los dientes de este no resistían y se desprendían, y teniendo como resultado un abocardado con muchas

imperfecciones. De igual forma este tipo de cortador solo nos sería útil para uniones de tubos perpendiculares.

Por estas razones se optó por obtener los abocardados mediante herramientas CAD, obteniéndolos directamente de la geometría de la jaula y así se obtenían las plantillas con la forma, posición y distancia entre abocardados (ilustración 66).

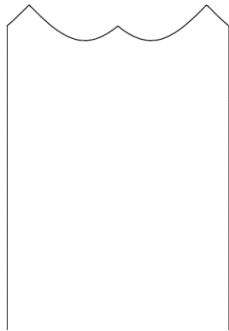


Ilustración 60 plantilla

Obteniendo las plantillas del abocardado se marcaba el tubo y se realizaba el desbaste con un esmeril. Los abocardados eran más precisos y los obteníamos para diferentes ángulos, una cosa que influía demasiado era la habilidad de la persona que realizara el abocardado (ilustración 67 y 68).

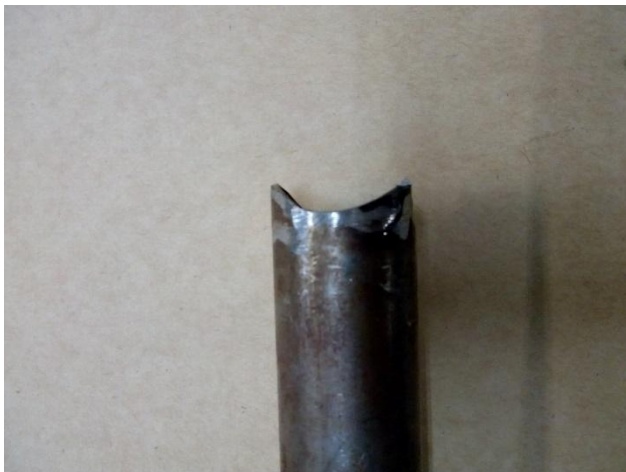


Ilustración 62 tubo con un abocardado de 90°



Ilustración 61 tubo con una plantilla especial

ENSAMBLE Y UNION.

Una vez teniendo los tubos abocardados se procedió al ensamble y unión de los miembros estructurales y se siguió el orden de manufactura que se muestra en la ilustración 69.

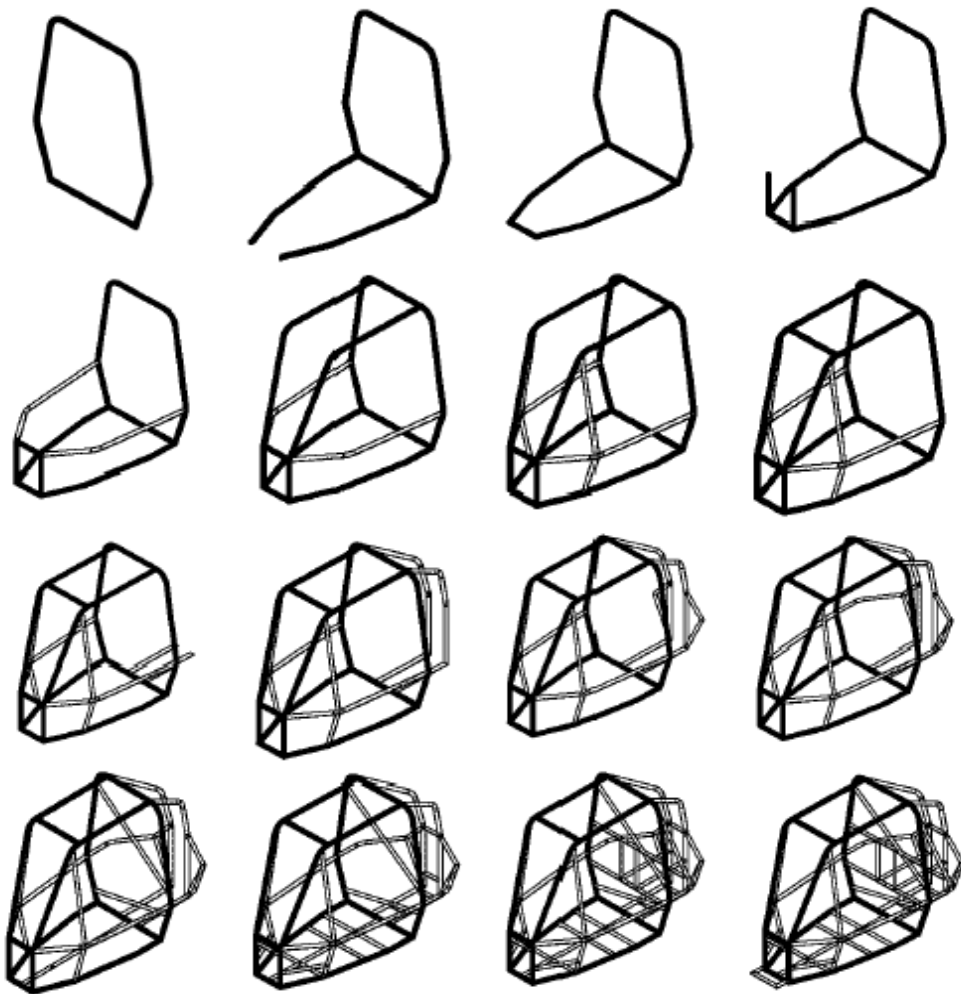


Ilustración 63 ensamble tubo por tubo de la jaula antivuelco 2018

Teniendo todo listo se procedió a soldar, el proceso de soldadura utilizado fue MIG, debido a que, en comparación con el método de soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido, ofrecía las siguientes ventajas:

- Es un proceso más limpio porque está libre de escoria, lo que redujo tiempo de manufactura de la jaula antivuelco debido a que las labores de limpieza se simplificaron enormemente.
- Gran velocidad de avance, debido a que no es necesario interrumpir el proceso para cambiar de electrodo, lo que aumentó la productividad y disminuyó el riesgo de defectos en la soldadura.
- Mejor acabado superficial.

Un punto muy importante a resaltar con este proceso de soldadura es que la maquina siempre se tiene que calibrar antes de usarla, los parámetros a controlar son los siguientes:

- Velocidad del carrete.
- Voltaje.
- El flujo del gas.

Ya que estos tres parámetros influyen mucho en el la calidad del cordón y la estela de calor.

Ilustraciones del proceso de manufactura.



Ilustración 64 proceso de armado de la jaula antivuelco 2018



Ilustración 65 proceso de armado de la jaula antivuelco 2018



Ilustración 66 jaula antivuelco terminada

COMPETENCIA BAJA SAE 2018

La competencia se divide en pruebas estáticas, en estas cada equipo debe defender el diseño de su vehículo así como defender el plan de costos del mismo. Las pruebas dinámicas, en estas se debe de defender y evaluar el rendimiento del vehículo en diferentes tipos de terreno.

COMPETENCIA ESTATICA

INPECCION TECNICA

La inspección técnica realizada por jueces de SAE, determinan si el vehículo cumple con las reglas establecidas. En caso de no cumplir con alguna regla se puede resolver agregando una estructura tubular donde sea requerido o el juez haya marcado una penalización (ilustración 73).

Lo que se inspecciona de la estructura es lo siguiente:

- a) longitud de tubos doblados y rectos
- b) ángulos reglamentados que se generan entre algunos elementos de la estructura
- c) todo debe estar dentro de la estructura (piloto y sistema de potencia)
- d) protección del piloto (pies, manos y cabeza)
- e) comodidad del piloto
- f) ninguna parte de la estructura debe presentar daños como golpes o perforaciones
- g) la prueba de la T
- h) diámetros máximos y mínimos de los tubos que forman la estructura



Ilustración 67 inspección técnica Baja SAE 2018

El tiempo de escape del piloto dentro de la estructura no debe ser mayor a 5 segundos, el piloto debe llevar puesto todo el equipo y debe estar con los cinturones de seguridad, debe de salir del lado derecho del vehículo donde está colocado el extintor. Tiene 3 intentos para realizar la prueba, en caso de no realizarlo en el tiempo deseado se descalifica al piloto y se asigna a uno nuevo.

Todos los vehículos deben pasar la inspección técnica, al pasarla se otorga una calcomanía la cual otorga un pase para realizar las pruebas dinámicas.

COSTO Y MANUFACTURA

Se realiza un reporte el cual es otorgado a SAE el cual muestra toda la manufactura que se implementó al vehículo, así como el costo de lo utilizado.

PRESENTACION

Se formula una presentación de venta la cual su objetivo es vender el vehículo, esta presentación se realiza ante jueces que evalúan lo dicho.

DISEÑO

Se realiza una presentación en la cual se presentan las dimensiones requeridas, así como los diferentes diámetros de tubo de los cuales está construida la jaula antivuelco, se exponen los cálculos realizados con el material el cual fue un acero SAE 1020, se muestran simulaciones en las cuales mostramos un impacto frontal, un impacto lateral, así como una volcadura (ilustración 74).



Ilustración 68 presentación de diseño

COMPETENCIA DINAMICA

La jaula antivuelco es un elemento fundamental que otorga la fuerza y estabilidad al vehículo en diferentes condiciones, un mal diseño o una mala distribución estructural puede afectar el frenado, dirección, manejo y desgaste de las llantas.

FRENADO

La prueba de frenado consiste en acelerar el vehículo hasta un punto determinado para aplicar los frenos después de un punto marcado en el cual se deben bloquear las cuatro llantas. Al pasar esta prueba se puede acceder a las otras pruebas dinámicas las cuales son aceleración, suspensión, pendiente, lodo, maniobrabilidad, rocas y resistencia (ilustración 75).



Ilustración 69 prueba de frenos

ACELERACION

La prueba de aceleración determina el tiempo que le toma al vehículo pasar por un terreno recto de alrededor de 30 a 45 metros de longitud y 3 a 4.5 metros de ancho. Esto se establece el día de la competencia. Se tiene dos oportunidades para realizar la prueba (ilustración 76).



Ilustración 70 prueba de aceleración

SUSPENSION

La prueba de suspensión evalúa la suspensión del vehículo poniendo pequeños ascensos con un ángulo mayor de 45° , curvas con lodo, ascenso y descenso (ilustración 77 y 78).

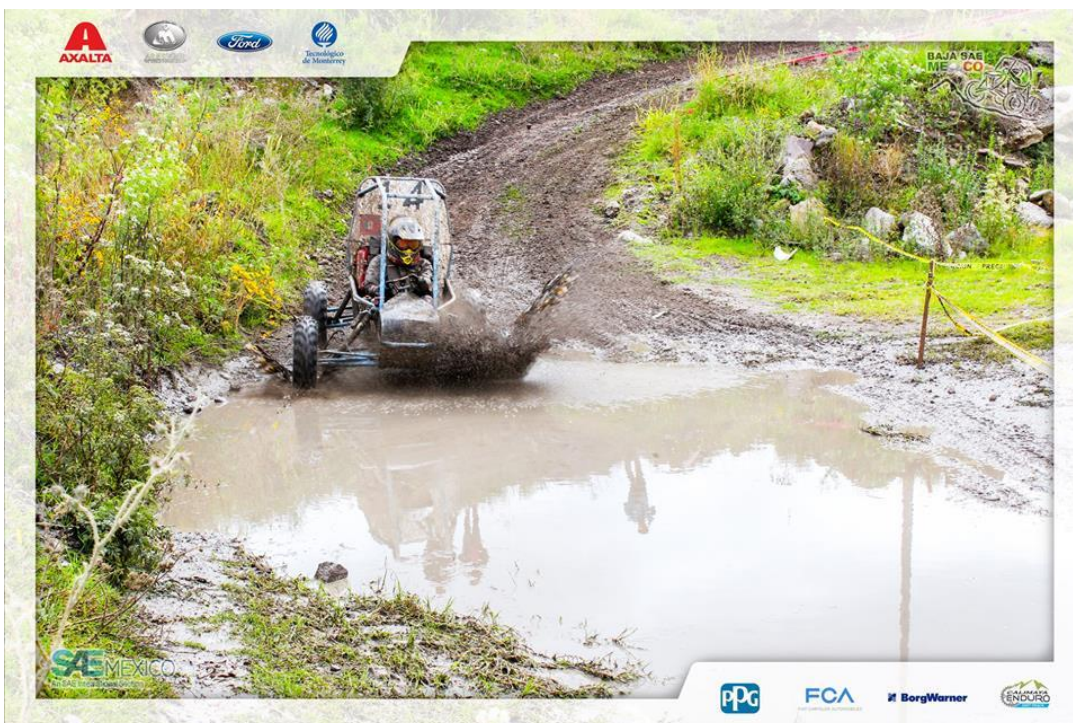


Ilustración 71 prueba de suspensión



Ilustración 72 prueba de suspensión

PENDIENTE

La prueba evalúa la capacidad del vehículo que tiene al ascender una pendiente de alrededor de 20° a 35° , el punto de partida es de un terreno recto, se toma el tiempo de ascenso y se tiene dos oportunidades, en las cuales se toma el mejor tiempo. el vehículo solo puede permanecer 5 segundos en alto una vez iniciada la prueba en dado caso de no avanzar.

MANIOBRABILIDAD

La prueba de maniobrabilidad evalúa el rendimiento que tiene la suspensión, dirección y la jaula antivuelco del vehículo. Esto se logra midiendo el máximo agarre que el vehículo muestra en las curvas. El vehículo debe tener un radio de giro capaz de lograr un " 8" (ilustración 79).

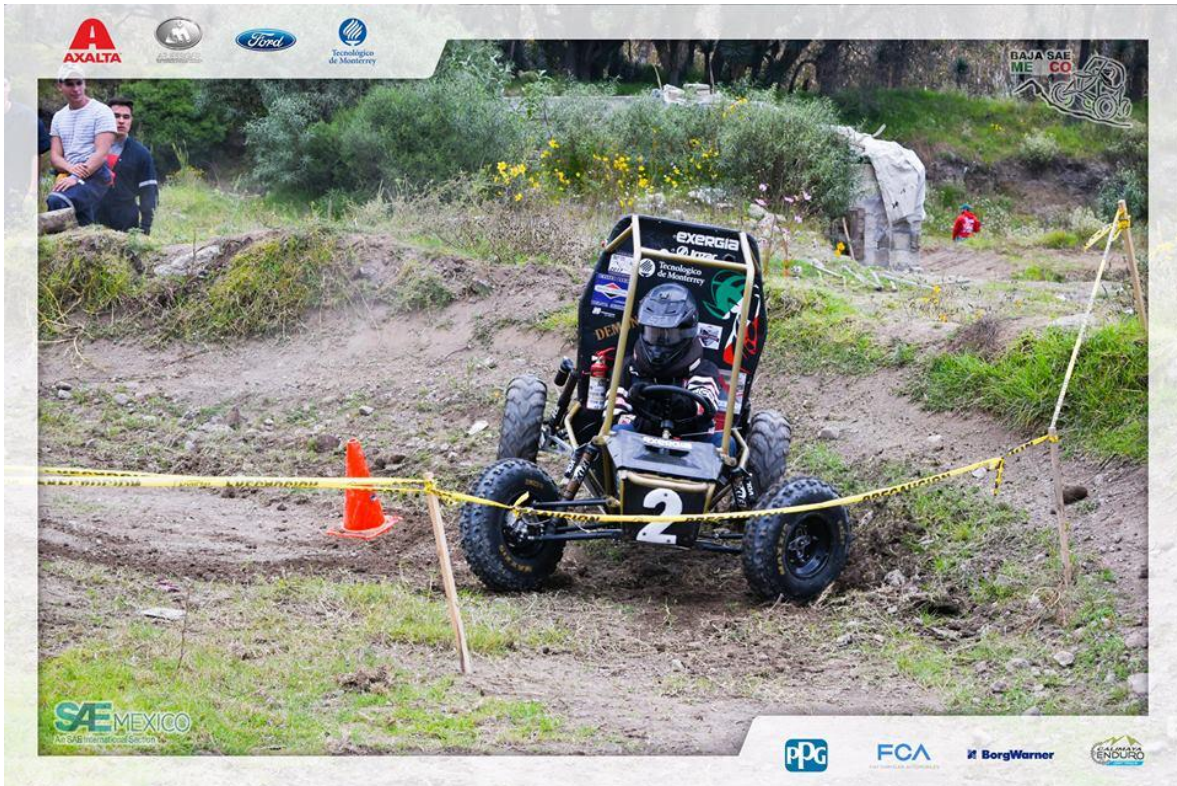


Ilustración 73 prueba de maniobrabilidad

ROCAS

La prueba de rocas evalúa el comportamiento del vehículo en su totalidad, se cuenta con dos oportunidades para realizar la prueba, se puede analizar el comportamiento de los diferentes sistemas que componen el vehículo (ilustración 80).



Ilustración 74 prueba de rocas

RESISTENCIA

La prueba de resistencia evalúa el vehículo en su totalidad. Pone a prueba las cualidades del manejo. Combina el rendimiento de frenado, acelerado, maniobrabilidad en un solo evento. Tiene un tiempo de 4 horas y se toman en cuenta el número de vueltas que logre dar. Existen penalizaciones por hacer acciones como pegarle a otro vehículo, no obedecer a los jueces que están distribuidos a lo largo de toda la pista (ilustración 81).



Ilustración 75 parrilla de salida

RESULTADOS

SOLDADURA

Una inspección realizada el día de la competencia es la soldadura de la jaula antivuelco en la cual cada persona quien realizó las uniones de los elementos de la jaula antivuelco del vehículo debe hacer personalmente dos muestras de soldado usando el mismo material y proceso que se usó en los elementos soldados de la jaula antivuelco las cuales deben estar hechas del mismo material tubular, diámetro, y grosor. Todas las muestras soldadas deben ser entregadas en la inspección técnica.

Se realizan dos muestras de soldado donde la primera es prueba de destrucción y la segunda inspección destructiva. Para la prueba de destrucción se unen mediante soldadura 2 tubos perpendiculares (ilustración 82).

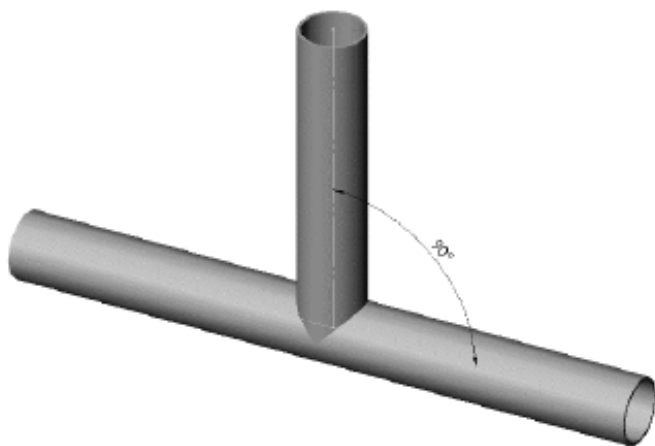


Ilustración 76 tubos con un ángulo de 90°

En la cual la muestra se somete a una torsión en el punto de la soldadura, con el objetivo que la soldadura haya unido los dos tubos. Como se muestra en las imágenes la de la primera muestra la soldadura cumplió con su objetivo, al mantener los tubos unidos, ya que el fallo lo presentó el tubo (ilustración 83, 84 y 85).



Ilustración 77 muestra de soldadura



Ilustración 78 muestra de soldadura



Ilustración 79 muestra de soldadura

Para la segunda muestra se trata de dos tubos unidos a un ángulo de 30° con un largo de al menos 150mm (5.9 pulg) desde el centro de la unión (ilustración 86).

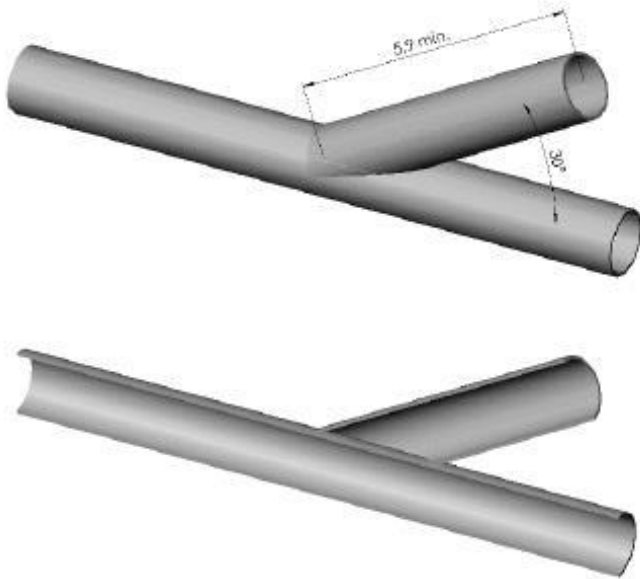


Ilustración 80 tubos con un ángulo de 30°

La muestra debe ser seleccionada a lo largo de la longitud del tubo para mostrar una adecuada y uniforme penetración de la soldadura. El objetivo con esta probeta es demostrar efectivamente que la soldadura penetra el material de la jaula antivuelco (ilustración 87, 88 y 89).



Ilustración 81 muestra de soldadura



Ilustración 82 muestra de soldadura



Ilustración 83 muestra de soldadura

Concluyendo en las pruebas de soldadura fueron aceptadas en la competencia, por lo que la evaluación de la soldadura de las probetas se considera un resultado aceptable.

SIMULACION

Resultados de simulación de Jaula antivuelco			
	Volteo	Choque frontal	Choque delantero
Desplazamiento	1.258 mm	1.14 mm	9.065 mm
Von mises	816.9 MPa	252 MPa	710.6 MPa

Tabla 9 resultados de las simulaciones

En la tabla 11 se muestran los resultados obtenidos en las simulaciones, se tomaron los valores máximos de desplazamiento y el resultado de Von Mises. Con estos valores podemos comprobar que la jaula soportaría los posibles impactos que pueda recibir en la competencia.

JAULA ANTIVUELCO

Como resultado obtenido de la manufactura de la jaula antivuelco cumplió con sus objetivos particulares, en los cuales se encontraba reducir el peso, diseñar una mejor entrada para el piloto y uso del acero propuesto (ilustración 90).



Ilustración 84 jaula antivuelco 2018

Los resultados obtenidos en la inspección los primeros días de la competencia realizada por los jueces de la SAE hacia la jaula antivuelco, fue que pasó sin muchos problemas la inspección ya que la jaula cumplió con la mayor parte del

reglamento. Hubo unos algunos errores de manufactura y diseño, pero se corrigieron por lo que en la segunda inspección la jaula cumplió con todas las reglas y fue aprobada por los jueces.

Un error cometido en el diseño de la jaula antivuelco en la popa es que el FAB_{MID} fue un tubo doblado, por lo cual no se considera refuerzo, lo que hizo que nos llevara a colocar un refuerzo recto en la parte superior del FAB_{MID} (ilustración 91).



Ilustración 85 tubo de refuerzo

Un fallo en la manufactura fue la soldadura por lo que los jueces nos hicieron colocar una solera entre el FBM_{UP} y su refuerzo frontal (ilustración 92).



Ilustración 86 placa de refuerzo

Otro fallo de diseño fue en el ángulo de un refuerzo en la popa, ya que no cumplía con 20° entre el RHH, por lo que se agregó 2 tubos como refuerzo para poder librar el ángulo (ilustración 93).

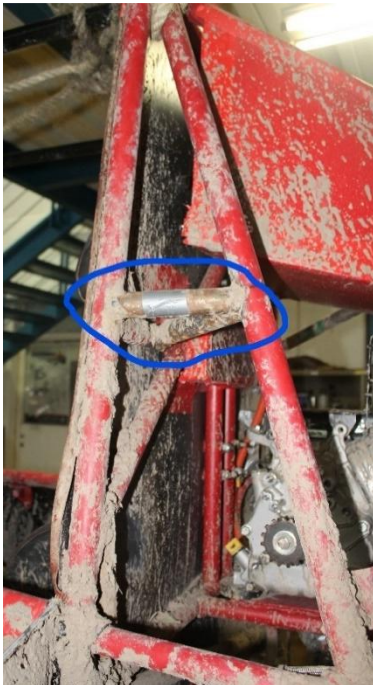


Ilustración 87 tubo de refuerzo

El error de diseño fue en los refuerzos que están en el RHH, ya que los tubos de refuerzo en zig zag no conectaban con el nodo S_L , estos están separadas del nodo

por 4 pulgadas. Por consecuencia se tuvo que colocar un tubo que conectada los nodos (ilustración 94).



Ilustración 88 tubo de refuerzo

SUGERENCIAS

- Antes de empezar con la manufactura de la jaula antivuelco es importante que empiecen con las probetas o con pruebas de soldadura, para poder saber el voltaje necesario que va a requerir la máquina de soldar para poder penetrar el material.
- Es posible mediante la ayuda del Software Inventor se puede realizar las plantillas para la boca de pescado de los tubos a unir, aunque en algunas ocasiones esto no es tan preciso, ya que habrá casos en los que se tendrá que eliminar una gran porción del espesor del material, por lo que al momento de soldar el material se terminaba fundiendo y dejando huecos.
- Usar solamente el tubo primario de la jaula antivuelco en las partes reglamentadas, ya que a la jaula se le agregó un tubo primario en la parte de la popa, por lo que incrementó su peso.
- Diseñar la jaula antivuelco usando más tubos doblados, con cuidado de no romper las reglas de tubos doblados. Ya que esto optimiza el tiempo de manufactura y facilita la construcción.

Vehículos de otras universidades (ilustración 95-97)



Ilustración 89 vehículo de otra universidad



Ilustración 90 vehículo de otra universidad



Ilustración 91 vehículo de otra universidad

- Tener una gran cantidad de discos de corte y desbaste para el esmeril, muchas veces solo se compraban 4, por lo que se llegaban a acabar rápido y había muchos tiempos muertos en lo que se iban a comprar más.
- Construir unos burros o llevar un gato hidráulico para la competencia, ya que son necesarios para hacer las reparaciones del vehículo.
- No perforar el marco del RHH, ya que un juez remarco que eso no está permitido, por lo que hay que buscar otro método para sujetar el muro de fuego. Se podría soldar unas soleras al RHH y que unas pijas se sujeten con los tubos que están dentro del RHH.

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Se agregaron más elementos al diseño original, esto se debió a que no pasaba la inspección técnica, estos nuevos elementos generaron un aumento de peso, pero el cual junto a la carrocería que tenía un peso de alrededor de 10 a 15 kg afectó bastante su desempeño.

Al observar los diferentes diseños de las otras universidades y platicar con ellos, pudimos comparar varios factores que nos pudieron afectar uno de ellos es el exceso de body sobre la jaula esto visualmente se ve bien, pero afecta al desempeño del vehículo, otro factor es el material, ya que el acero que ocupan es el SAE 4130, el más óptimo ya que comparte una composición de aleación del 98% al SAE 1018, por lo tanto, una mayor relación de fuerza a peso que el SAE 1018, también al contar con este acero SAE 4130 se pueden reducir los diámetros de los tubos, siempre y cuando no rompan los cálculos requeridos de Bending Stiffness y Bending Strength.

RELATORIA

En este apartado se describe como se vivieron las múltiples actividades del evento, para hacerlo de una manera más ordenada se dividieron las actividades por día.

ISMAEL GARCIA DE AQUINO

18 DE OCTUBRE 2018

Nos levantamos temprano 6 am, desayunamos, preparamos el equipo necesario para este día.

Llegamos al Tec de Monterrey alrededor de las 11 o 12 am, nos instalamos en el lugar que nos asignaron, mientras podíamos observar los vehículos de las otras universidades y comparar los diseños.

Nos preparamos para ser los primeros en pasar a la inspección técnica, al pasar los jueces empezaron a revisar el vehículo haciendo observaciones en general, tapar los espacios o huecos, nos recomendaron taparla con cinta, así como unos cables que están algo sueltos, también sobre el respaldo del piloto, la universidad cede nos brindó un taller en el cual nos prestaban el material necesario para trabajar entre ellos nos prestaron bancos de trabajo y una máquina para soldar, ya que era la única que necesitábamos, nosotros llevamos nuestra propia herramienta. Pudimos arreglar los errores marcados por los jueces en un tiempo no mayor a 3 horas.

También ese día se podía calibrar el motor, el cual no tuvo ningún problema ya que este ya había sido calibrado en la competencia del año pasado (Baja 2017).

Este día fue solo como un previo al evento como tal, ya que solo podían asistir las primeras diez universidades que mandaran un correo con anticipación.

Este día nos ayudó a los siguientes días posteriores por que el tiempo invertido este día lo invertimos al día siguiente en ajustes más complejos.

19 DE OCTUBRE 2018

El día inició a las 6 de la mañana desayunamos y posteriormente fuimos al Tec.

Empezamos montando nuestro espacio de trabajo, empezamos a llenar unas hojas que se requerían para pasar a la inspección técnica, al tener listas estas hojas pudimos pasar a inspección técnica, la cual empezó con la revisión de la jaula antivuelco, nos solicitaron las hojas que tenían que ver con la parte del Frame, empezaron a analizar detalladamente, midieron la distancia de los tubos rectos y doblados, los espacios para el piloto, así como sus distancias las cuales mencionamos en el reporte, distancias reglamentadas para el piloto, no comentaron que algunos tubos estaban mal, también algunos ángulos que se formaban entre estos, este ángulo tenía que ser mayor a 20° y nuestros tubos formaban un ángulo menor, esto se debía al terreno ya que no era totalmente plano y esto pudo haber afectado el valor, esto fue mal defendido por mis compañeros ya que solo podían estar el capitán y un integrante.

Al recibir todos los errores procedimos a ir al taller que nos brindó el Tec a corregir estos pequeños detalles, empezamos a cortar algunos tubos que requeríamos y procedimos a realizar su boca de pescado, el problema era que no contábamos con plantillas, pero resultaron bien ya contábamos con algo de experiencia en realizar ese tipo de cortes. También arreglamos el respaldo del casco ya que estaba bastante flojo y este debería estar completamente fijo.

Después teníamos que exponer el diseño del vehículo esta tenía que ser expuesta en 5 minutos, pero pude observar que no te toman el tiempo, nos apoyamos con láminas que presentaban algunas simulaciones, tablas y cálculos los cuales facilitarían la explicación, durante las exposiciones de cada equipo, los jueces realizaban preguntas o algunos comentarios en su caso o explicarles el funcionamiento del diseño como en el caso de suspensión les preguntaron sobre su diseño el cual les llamo mucho la atención.

Posteriormente de la exposición de diseño nos regresamos al taller a seguir arreglando lo que faltara o detalles, mientras algunos compañeros de industrial junto algunos compañeros de mecánica procedieron a exponer la parte de ventas en un salón.

Después volvimos a pasar a inspección técnica con sus correcciones en su totalidad, los jueces volvieron a revisar y resultó todo bien ya estaba bien la parte

del Frame, procedieron la inspección con los demás equipo, igual les iba pidiendo las hojas referente a su parte, al terminar la inspección en su totalidad y aprobar el vehículo nos pegaron la calcomanía de aprobación por parte de inspección técnica y procedimos a las demás pruebas.

Este día la única prueba dinámica que se abrió fue solo la de frenado, y procedimos a realizarla, pero empezaron los problemas, se pasó dos veces la prueba pero al parecer no amarraban las 4 ruedas, y regresamos al taller a arreglar esta parte, terminaron como las 9 pm, se hicieron pruebas afuera del Tec al parecer ya amarraban las 4 ruedas, procedimos a descansar.

20 DE OCTUBRE 2018

Este día el lugar cede era Calimaya Toluca, llegamos alrededor de las 8:30,

Nos instalamos en el terreno junto a las demás universidades, lo primero que realizamos fue formarse para hacer la prueba de frenado, pero resulto negativo seguía sin amarrar las llantas delanteras, al ver esto se volvió al lugar, donde nos instalamos y arreglamos el sistema porque estaba fallando, al ver que ya estaba resuelto volvimos a realizar la prueba pero con un piloto diferente, pero al volver a pasar surgieron más problemas no quería prender el motor, después al realizar la prueba se salió la banda a mitad de circuito, volvimos a arreglar el sistema y la banda, resultó que pasamos la prueba alrededor de las 3 pm después procedimos a realizar la prueba de aceleración, realizamos nuestros dos intentos sin problema alguno, después la prueba de maniobrabilidad la cual la terminamos con un tiempo demasiado exagerado ya que lo que pude observar es que el vehículo tenía un radio de giro demasiado grande, otras universidades terminaban la prueba en menos de 2 minutos, nosotros la realizamos como en 7 minutos, procedimos a la prueba de suspensión, en la cual realizamos nuestras dos pruebas lamentablemente no logramos terminar esta prueba, el primer intento no lo pudimos terminar por que el vehículo no pudo subir una pequeña pendiente, la segunda oportunidad no la pude terminar por que choque con un obstáculo, el problema surgió porque estaba lloviendo y no podía ver la pista en su totalidad ,también note que el vehículo se empezaba a ver demasiado lento , empezaba a perder potencia, esto lo notamos los pilotos de ese día, y los compañeros que nos

observan opinan lo mismo , el vehículo se notaba pesado. Procedimos a la última prueba del día, la prueba de rocas la cual no la terminamos en ninguno de nuestros dos intentos,, el problema que pude observar es que creo que el vehículo no es muy alto, la distancia que tiene del suelo al piso del vehículo es muy pequeña.

Ese día perdimos varias pruebas como pendiente y lodo, porque estas tenían un horario y como perdimos gran día arreglando el sistema de frenos no pudimos realizarlas era demasiado tarde.

21 DE OCTUBRE 2018

Este día solo se realizó la prueba de resistencia del vehículo, la cual tenía un tiempo de duración de 4 horas, dieron una plática antes de empezar la prueba y posteriormente a preparar a los pilotos así como el vehículo, procedimos a formar el vehículo en la parrilla de salida, cuando inicio la prueba pude observar que algunos vehículos salían con una velocidad considerable, nuestro vehículo salió muy lento al parecer no tenía potencia, más adelante la piloto se comunicó con el grupo y comento que fuéramos a apoyarla, fueron algunos compañeros y arreglaron el problema, al parecer los frenos estaban activados eso impedía que fluyera la potencia , los problemas surgieron a lo largo de la prueba, se presentaron varios inconvenientes como problemas con los ejes cardanes, un tornillo en la parte de suspensión, un solera de la parte de suspensión se desoldó, pero todo se arregló durante la prueba y al final el vehículo realizo 7 vueltas.

RODRIGO GILES CASTILLO

En este proyecto podría decir que viví una de las mejores experiencias de mi vida y va hacer un gran recuerdo que me voy a llevar en el mi tiempo que estuve en la UAM. Pero también fue muy demandante, cansado y algo estresante ya que tienes que trabajar con 11 personas y no estoy tan acostumbrado al trabajo en equipo, aunque también me di cuenta que en la vida laboral va a llegar hacer igual, por lo que esto fue una buena manera de inicial. Pero lo mejor de todo es la sensación de ver lo que diseñaste y planeaste haberlo llevado en físico y esa sensación de ver el carro correr es inolvidable.

18 OCTUBRE 2018

El primer día de la competencia vi que la convivencia con las demás universidades es muy agradable, todos vienen a ver a sus carros correr y no hay envidia por ninguna universidad, todos soy muy amables y las escuelas con más años en la competencia te apoyan dándote consejos. Nos hicieron la pre inspección y no le encontraron muchos fallos a la jaula

19 OCTUBRE 2018

En el segundo día no tuvimos muchos problemas para pasar la inspección y en las exposiciones de venta y técnicas nos fue muy bien. Pero si hay que leer muy bien el manual, para poder defender el carro, ya que los jueces atacan mucho

20 OCTUBRE 2018

En el tercer día de competencia el carro no funcionó como en las pruebas realizadas en la universidad, por la falla en los frenos no se pudo realizar todas las pruebas y sé que el carro pudo haber dado mucho más, hasta para quedar entre los primeros lugares.

21 OCTUBRE 2018

En el último día de la competencia se tuvo el mismo problema de los frenos, pero nos pudimos organizar como equipo dividiéndonos el trabajo y las áreas de la pista para cuidar el carro.

Para concluir si aun estuviera otro año mas en la UAM, estaría sin pensarlo otro año mas en el BAJA SAE, ya que aprendí muchas cosas, me divertí y será un bonito recuerdo.

ISRAEL SANTIGO FLORES

18 OCTUBRE 2018

Las actividades iniciaron desde muy temprano, para ser exactos a las 6 am, preparando todo lo necesario y partir desde las instalaciones de la universidad en punto de las 7 am.

Arribamos a las instalaciones del TEC de Monterrey campus Toluca alrededor de las 11 am, e iniciamos oficialmente las actividades del evento montando nuestro stand donde colocaríamos nuestro vehículo, por parte del equipo jaula iniciamos a

preparar el vehículo para pasar a la primera inspección técnica tomando en cuenta que la mayoría de los puntos a revisar por parte de los jueces son del sistema de jaula. Los jueces en este día realizan una inspección técnica muy general del vehículo ya que solo revisan los vehículos inscritos con anterioridad y las demás universidades llegan el siguiente día (19-OCT-18), en nuestro caso nos realizaron tres observaciones (placas delanteras, sujeción del descanso del casco y filos) imágenes de la primera corrección

En esta ocasión el campus anfitrión nos brindó un espacio para realizar las correcciones marcadas por los jueces. Aunque eran muy simples las correcciones toma su tiempo llevarlas a cabo, ya que no contábamos con una planta de soldar y el campus anfitrión nos facilitó una MIG, pero era para todos los equipos, lo que nos demoraba porque teníamos que esperar nuestro turno para soldar.

Las correcciones se llevaron a cabo alrededor de 2 a 3 horas. Se le realizaron todos los ajustes mencionados por los jueces y el carro fue llevado a la calibración del motor, la cual no tuvo ningún problema en pasarla, de hecho, el motor seguía calibrado de la última competencia en la que participo (2017).

En general estas fueron las actividades de este día y obtuvimos nuestra etiqueta de motor calibrado.

19 OCTUBRE 2018

Las actividades iniciaron llegando al campus e instalando nuestro stand, fuimos de los primeros en formarnos en la inspección técnica, este día en general llegan el resto de las universidades participantes, por lo que el ambiente cambia totalmente. Los jueces revisan a fondo los puntos marcados en el listado de la inspección técnica, y para el equipo jaula piden fotocopia de los cálculos de la resistencia a la flexión y rigidez a la flexión. Los jueces nos realizaron varias observaciones, una de las observaciones fue el ángulo de inclinación de un tubo trasero el cual debía tener un ángulo mayor a 20° y nosotros los teníamos a 16° pero después platicando con nuestro faculty fue mal defendida por parte nuestra, nos faltó más experiencia para poder defender nuestro vehículo ya que ese ángulo no fue medido mediante una referencia totalmente vertical.

Las observaciones mencionadas por los jueces fueron realizadas, en general colocamos 4 tubulares pequeños a la jaula y esta vez demoramos más, porque se realizaron boquillas a los tubulares y el tiempo de espera para utilizar la soldadora era un mayor, ya que había mas universidades que el día anterior.

Las correcciones fueron interrumpidas por que ya era hora de exponer nuestros diseños, para esta exposición el equipo en general preparo una exposición de 5 min para todos los sistemas, lo cual cambio totalmente a la hora de exponer, el equipo jaula expuso alrededor de 8 min y el juez interrumpía la exposición para realizar preguntas.

Una vez terminadas las correcciones y realizada la exposición de diseño volvimos a formarnos para la inspección técnica, esta vez por parte del sistema de jaula la inspección técnica fue satisfactoria al cumplir con todos los puntos marcado, el carro avanza a la siguiente etapa de inspección, el carro pasó la demás inspección y el carro oficialmente pasó esta prueba.

La prueba de frenos fue abierta este mismo día, y nuestro equipo se formó para realizarla.

Se realizó la prueba dos veces continuas teniendo un resultado negativo, se realizaron ajustes al momento, pero la prueba fue cerrada a las 7 pm.

Se siguieron realizando ajustes a los frenos después para retirarnos del campus con la certeza de que en realidad funcionaran correctamente.

Nos retiramos del campus alrededor de las 9 pm con buenas expectativas de frenado.

20 OCTUBRE 2018

Este día era esperado por todos ya que era el primer día de pruebas dinámicas, llegamos alrededor de la 8 am a la pista Calimaya Toluca, el carro se formó para la prueba de frenos, los resultados de la prueba eran negativo e incluso cambiamos piloto por llegar a pensar que era destreza del piloto para accionar los frenos, los frenos detuvieron demasiado al equipo para proseguir con las demás pruebas dinámicas.

La prueba de frenos fue aprobada alrededor de las 3 pm, para esto ya habían cerrado dos pruebas (acenso y lodo). Dos integrantes del equipo de jaula eran pilotos oficiales y sentían el comportamiento del vehículo muy lento y lo hicieron notar al equipo, pero las prisas y la presión nos hizo a seguir a delante con las demás pruebas.

La experiencia de la prueba de maniobrabilidad es que las vueltas son demasiadas cerradas y se necesita un radio de giro muy cerrado, aproximadamente 2.5 m y una gran destreza del piloto

Es importante mencionar que durante este día se realizó un reconocimiento de pista para la carrera del día siguiente (21 octubre) la cual nosotros no asistimos por tener esa información.

Y así es como terminaron las actividades de este día.

21 OCTUBRE 2018

Las actividades de este día se engloban a una carrera de resistencia del vehículo, la cual nuestro equipo llegó desde muy temprano a realizar ajustes al vehículo, y simultáneamente los pilotos se reunían con los jueces para una plática informativa sobre la carrera de resistencia.

El vehículo fue formado en la pista para el arranque, notamos que la velocidad del vehículo era poca y tomando como referencia lo ya mencionado por los pilotos el día anterior se decidió a sacarlo de la pista y revisarlo de nuevo. Inicialmente se tenía la certeza que era la banda conductora, pero notamos que las llantas traseras estaban enfrenadas lo cual impedía una aceleración mayor del vehículo, se ajustó el vástago y el vehículo se comportó de una manera más satisfactoria.

El vehículo siguió su trayecto y surgieron varios percances como:

Los ejes cardanes se salieron

Un tornillo de la suspensión se barrió.

Una solera de la suspensión se desoldó

Los cuales todos estos percances se resolvieron en el momento y al final el vehículo dio 7 vueltas a la pista y llegó por sus propios medios a la zona de pits.

La pista tenía obstáculos de todo tipo, poniendo a prueba todos los sistemas, había parte de rocas y vueltas donde se entraba a una velocidad considerable lo cual hacía al piloto maniobrar el vehículo de la forma más segura.

La pista este año tenía una zona donde aumentabas tu velocidad considerablemente y las rocas y el terreno disperejo te hacía propenso a perder el control y salir de la pista, lo cual en nuestro caso nuestros pilotos controlaron muy bien el vehículo en estas zonas.

CONCLUSIONES

El presente Proyecto Tecnológico tuvo como objetivo diseñar y construir la estructura para un vehículo Baja SAE 2018, proyecto que ayuda al desarrollo de los alumnos de ingeniería mecánica. Para demostrar esto se realizaron los análisis que ayudaran a cumplir dichos objetivos particulares.

En cuestión de los materiales se analizaron y se logró obtener uno de los dos más utilizados el SAE1020 el cual cumplía con los requerimientos establecidos en el reglamento Baja SAE 2018, lo cual permitió ayudarnos a reducir el peso de la estructura en comparación a la del año pasado obteniendo un peso de 1.7223 kg por metro y el año pasado fue de 2.5 kg por metro, se redujo 0.7777 kg por metro para los tubos primarios, para los tubos secundarios que pesaban 1.0529 kg por metro se redujo 1.4471 kg por metro, esto permitió tener un diseño más óptimo y esto se vio reflejado en las pruebas dinámicas y estáticas.

Respecto a las pruebas estáticas se consiguió cumplir con una entrada para el piloto óptima la cual ayudo a reducir el tiempo de prueba, esto fue gracias a la geometría adecuada y la distribución de los elementos de la jaula antivuelco.

Respecto a las pruebas dinámicas ayudó a la estabilidad del vehículo, también ayudó a los fenómenos de subviraje y sobreviraje, esto se ve reflejado en el valor de la rigidez torsional ya que el cálculo supera perfectamente el valor recomendado por SAE que es $R_T = 2700$ N-m/grad, nuestro valor calculado es de $R_T = 7708.9651$ N-m/grad,

Mediante la ayuda del software de simulación INVENTOR se pudo tener un buen diseño de la jaula antivuelco ya que pudimos comparar los diseños planteados y simularlos y ver que diseño resultaba más óptimo, ayudó a la construcción de la jaula antivuelco ya que también se ocupó para el obtener las plantillas de las bocas de pescado y así reducir el tiempo de manufactura.

Dicho lo anterior y con base en los resultados obtenidos y expuestos en este proyecto, se concluye que los objetivos planteados fueron cubiertos y se cumplieron en su totalidad

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1].Pérez Morales Jafé David, 2011, "Procedimiento para el diseño de vehículo categoría mini Baja SAE", Trabajo especial presentado como requisito parcial para optar por el título de ingeniero mecánico, Universidad Nacional Experimental Politécnica.

[2].Lenoyr Carrera Missael. 2017 "Rediseño y construcción de la jaula antivuelco para el vehículo monoplaza tipo Baja SAE", Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. CDMX México.

[3].BAJA SAE MEXICO, 2017, "Resultados de la competencia Baja SAE 2017", de <https://www.bajasaemexico.com/results>

[4]. "Collegiate Design Series Baja SAE® Rules ", 2018, USA.

ENTREGABLES

Video demostrativo del funcionamiento del sistema

- Se incluye en el CD un video
- Link de un video

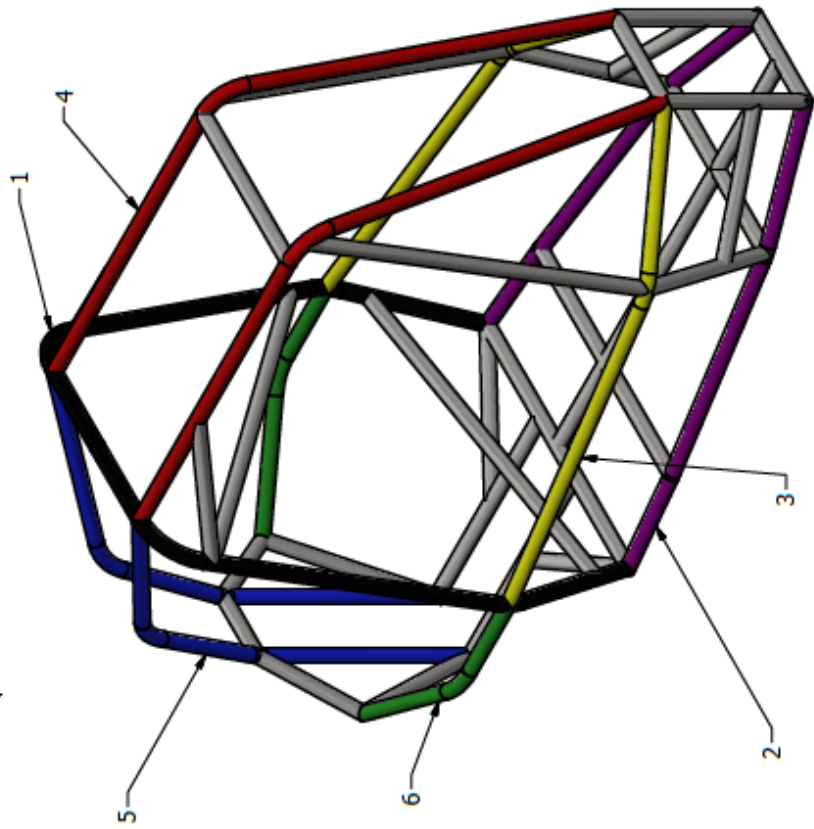
Salida del piloto

<https://www.facebook.com/Baja.SAE.UAM/videos/499832133827805/>

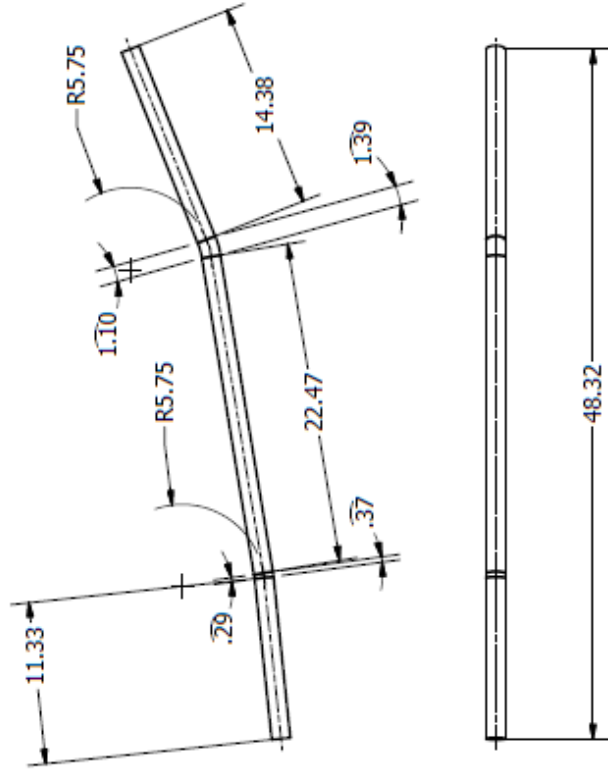
Jaula antivuelco en prueba de frenado

<https://www.facebook.com/Baja.SAE.UAM/videos/276224869671168/>

#	COLOR	NOMBRE	CANTIDAD	DESCRIP.
1	NEGRO	RHH	1	ASTM A-513T-6 1.311" X0.11"
2	MORADO	LFS	2	ASTM A-513T-6 1.311" X0.11"
3	AMARILLO	SIM	2	ASTM A-513T-6 1.311" X0.11"
4	ROJO	RHO	2	ASTM A-513T-6 1.311" X0.11"
5	AZUL	FABup	2	ASTM A-513T-6 1.311" X0.11"
6	VERDE	FABMID	2	ASTM A-513T-6 1.133" X0.082"

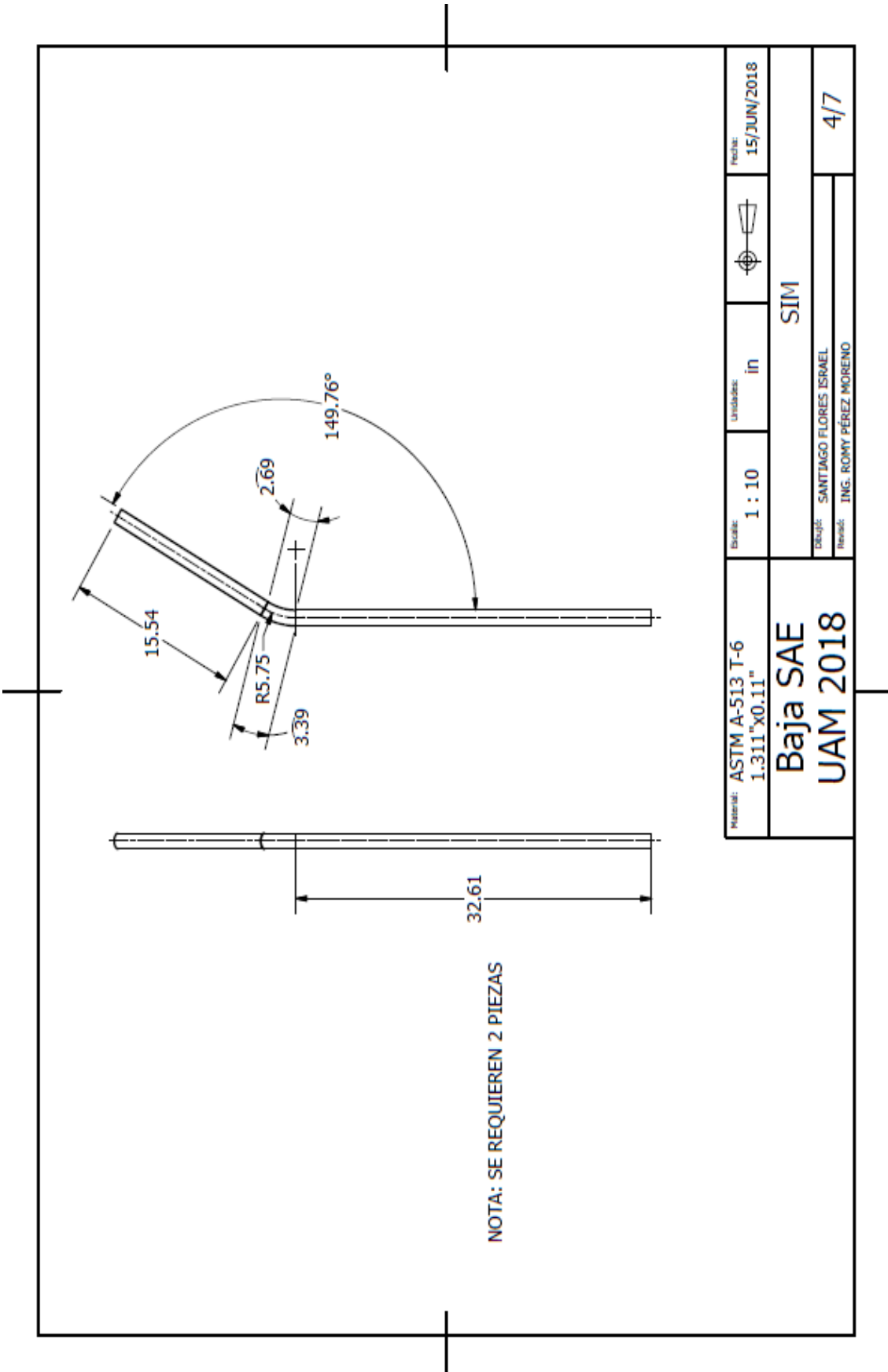


Material:	ASTM A-513 T-6	Escala:	1 / 12	Unidades:	in	Fecha:	15/JUN/2018
Baja SAE				JAULA ANTIVUELCO			
UAM 2018				Diseño: SANTIAGO FLORES ISRAEL			
				Revisó: ING. ROMY PÉREZ MORENO			
				1 / 1			

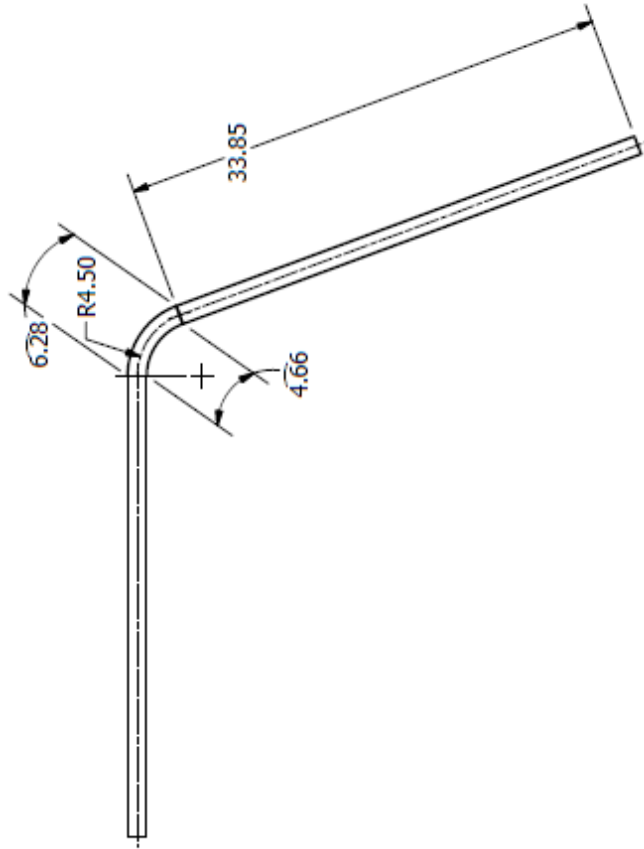


NOTA: SE REQUIEREN 2 PIEZAS

Material: ASTM A-513 T-6 1.31"x0.11"	Escala: 1 : 10	Unidades: in		Fecha: 14/JUN/2018
Baja SAE UAM 2018		LFS		
Diseño: SANTIAGO FLORES ISRAEL Revisó: ING. ROMY PÉREZ MORENO		3/7		

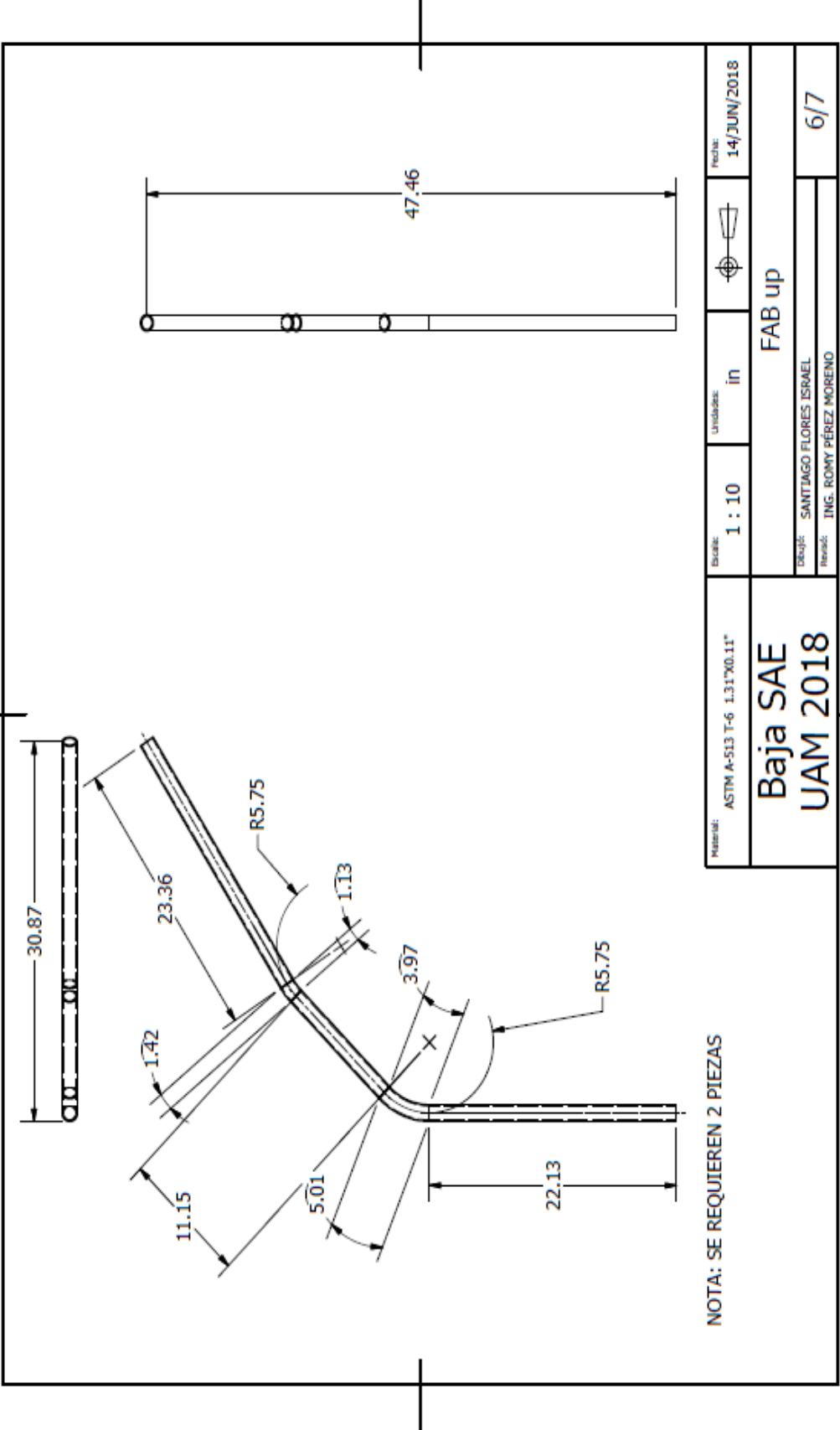


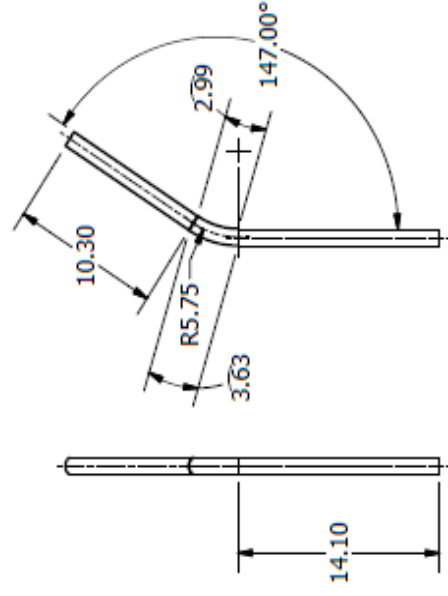
Material: ASTM A-513 T-6 1.311"x0.11"	Escala: 1 : 10	Unidades: in		Fecha: 15/JUN/2018
Baja SAE UAM 2018		SIM		
		Diseñó: SANTIAGO FLORES ISRAEL		
		Revisó: ING. ROMY PÉREZ MORENO	4/7	



NOTA: SE REQUIEREN 2 PIEZAS

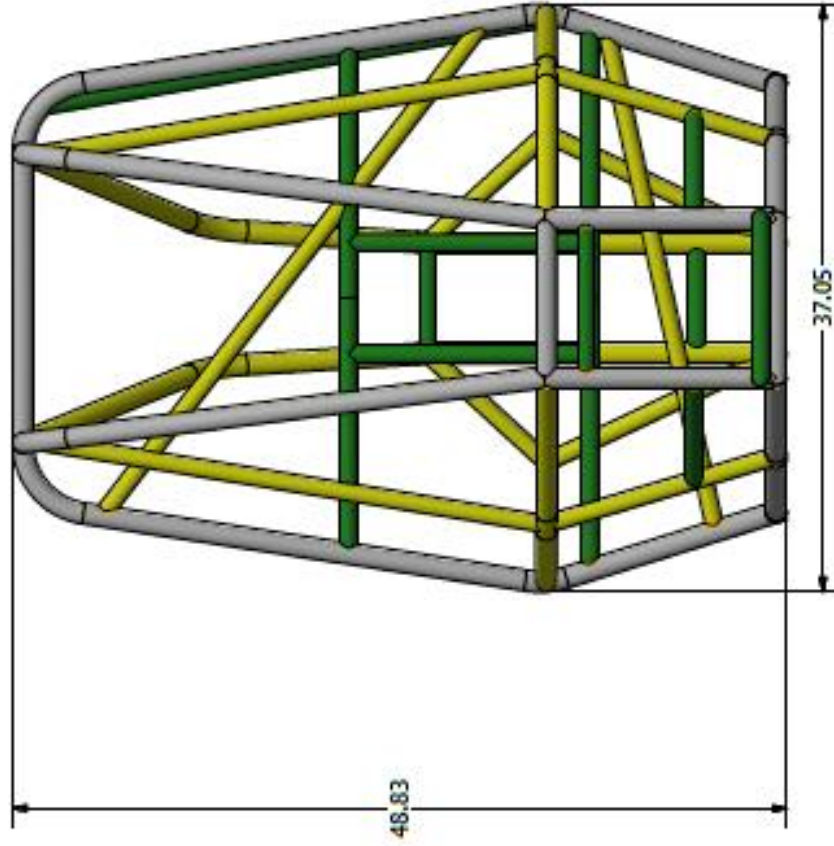
Material: ASTM A-513 T-6 1.311"x0.11"	Escala: 1 : 10	Unidades: in		Fecha: 15/JUN/2018
Baja SAE			RHO	
UAM 2018				
Diseño: SANTIAGO FLORES ISRAEL			5/7	
Revisó: ING. ROMY PÉREZ MORENO				



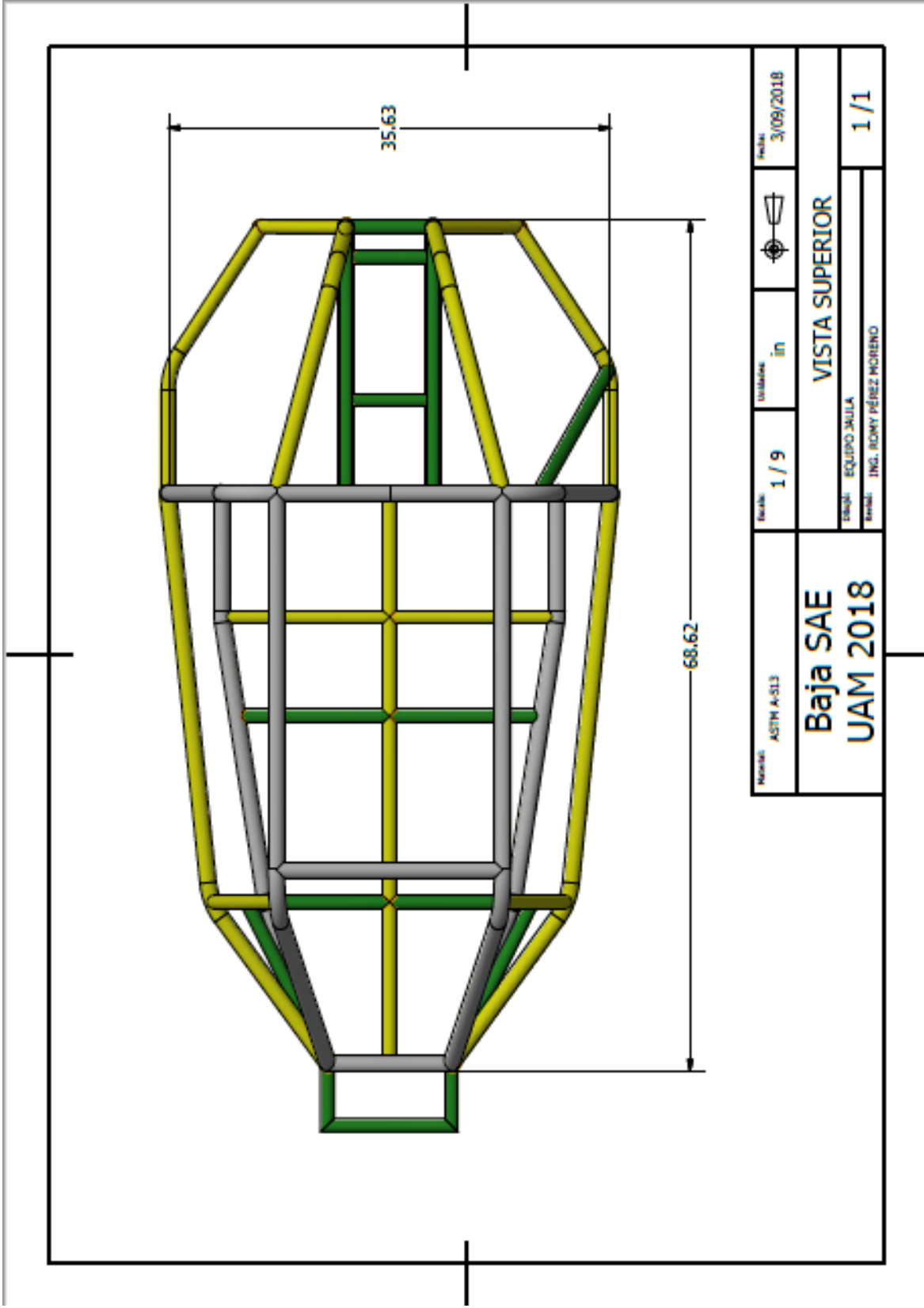


NOTA: SE REQUIEREN 2 PIEZAS

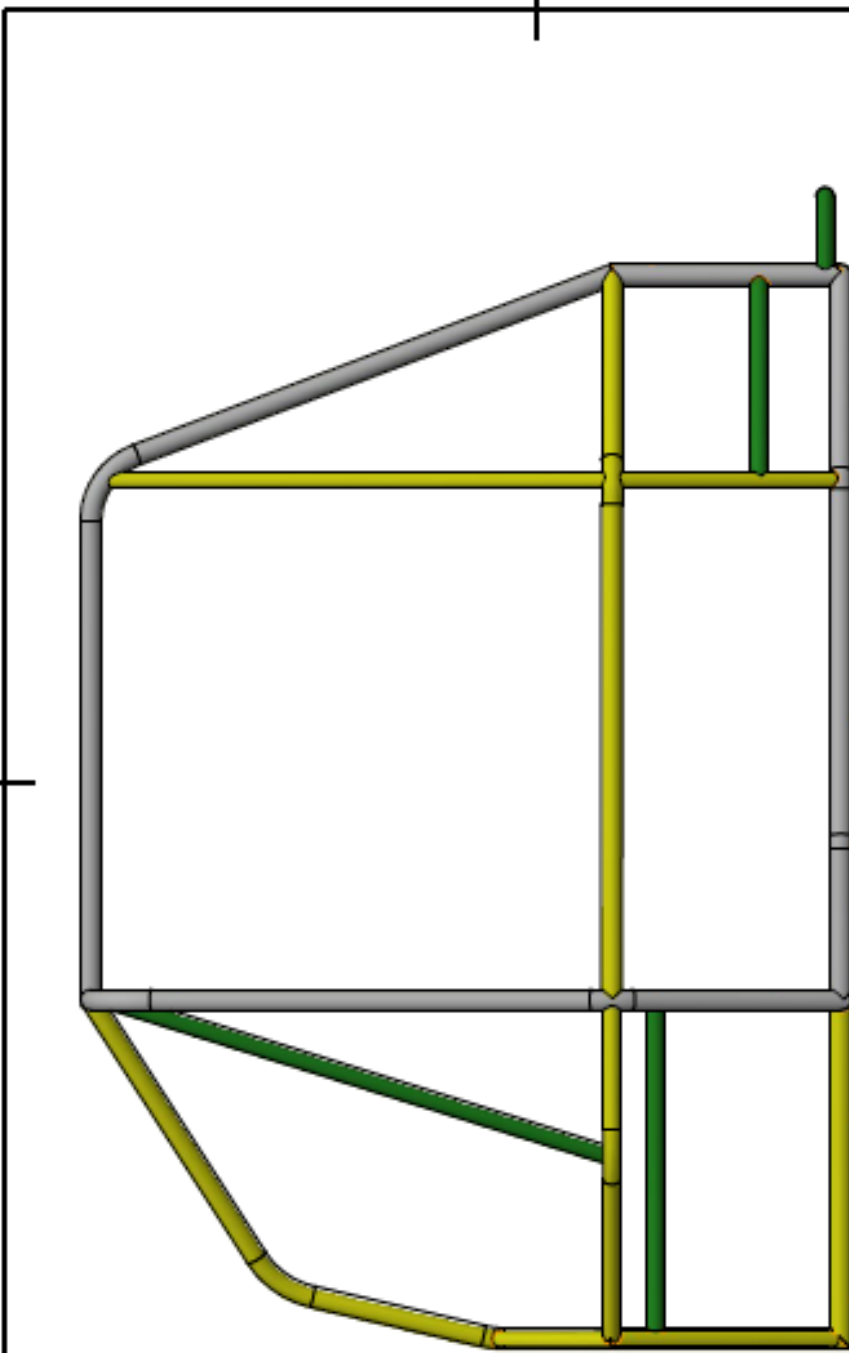
Material: ASTM A-513 T-6 1.13" x 0.082"	Escala: 1 : 10	Unidades: in		Fecha: 15/JUN/2018
Baja SAE UAM 2018		FABMID		
		Dibujo: SANTIAGO FLORES ISRAEL	7/7	
		Revisó: ING. ROMY PÉREZ MORENO		



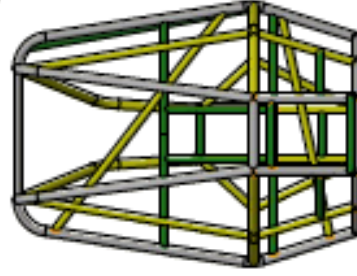
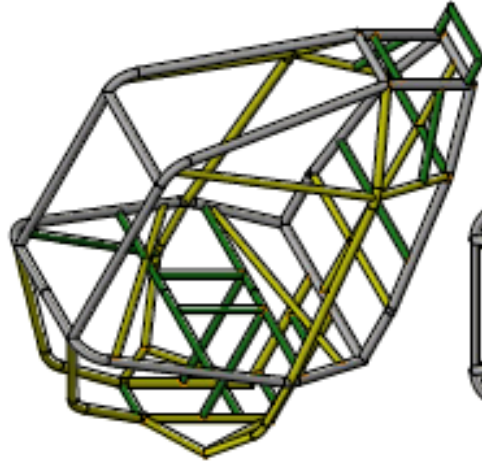
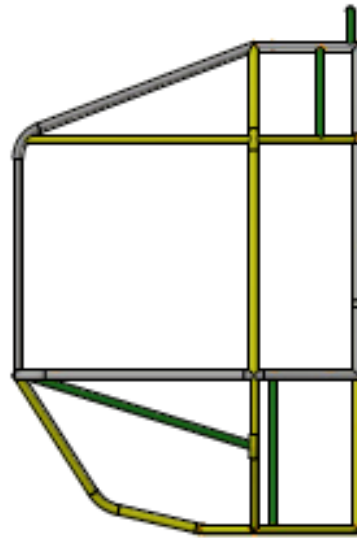
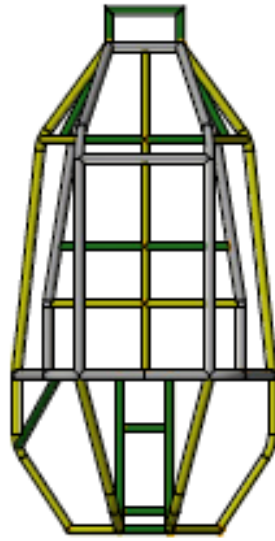
Norma:	ASTM A-313	Formato:	1 / 9	Unidades:	in		Fecha:	3/09/2018
Baja SAE								
UAM 2018								
VISTA FRONTAL								1 / 1
Equipo: EQUIPO SAKULA								
Realizó: ING. IDOMY PÉREZ MORENO								



Material:	ASTM A-513	Hoja:	1 / 9	Unidades:	in		Fecha:	3/09/2018
Baja SAE UAM 2018		VISTA SUPERIOR						
		EQUIPO SALLA						
		ING. ROMY PÉREZ MORENO						
		1 / 1						



Material: ASTM A-513		Escala: 1 / 9	Utilizarse: in		Fecha: 3/09/2018
Baja SAE					
UAM 2018					
VISTA LATERAL IZQUIERDA					
Escala: EQUIPO JULIA					
Fecha: ING. ROMY PÉREZ MORENO					
1 / 1					



Material:	ASTM A-513	Enchufe:	1 / 20	Unidades:	in		Fecha:	3/09/2018
Baja SAE UAM 2018		JAULA ANTIVUELCO						
		Equipo: EQUIPO JALLA						
		Realiz.: ING. ROMY GÓMEZ MORENO						
		1 / 1						

Otorga la presente Constancia

a: **Ismael García De Aquino**

Se otorga la presente constancia por su destacada participación con el equipo Escuadrón UAM durante la competencia Baja SAE México 2018, la cual se realizó del 18 al 21 de octubre de 2018 teniendo como sede el Instituto Tecnológico y de Estudios superiores de Monterrey, Campus Estado de México y la pista Calimaya ENDURO Dirt Track.

Ciudad de México, a 21 de octubre de 2018.



Dra. María de Lourdes Delgado Núñez
Directora de la
División de Ciencias Básicas e Ingeniería



Dra. Rosa María Espinosa Valdemar
Encargada del
Departamento de Energía



Ing. Romy Pérez Moreno
Faculty Advisor
Escuadrón UAM

Otorga la presente Constancia

a: **Rodrigo Giles Castillo**

Se otorga la presente constancia por su destacada participación con el equipo Escuadrón UAM durante la competencia Baja SAE México 2018, la cual se realizó del 18 al 21 de octubre de 2018 teniendo como sede el Instituto Tecnológico y de Estudios superiores de Monterrey, Campus Estado de México y la pista Calimaya ENDURO Dirt Track.

Ciudad de México, a 21 de octubre de 2018.



Dra. María de Lourdes Delgado Nuñez
Directora de la
División de Ciencias Básicas e Ingeniería



Dra. Rosa María Espinosa Valdemar
Encargada del
Departamento de Energía



Uto. Romy Pérez Moreno
Faculty Advisor
Escuadrón UAM

Otorga la presente Constancia

a: **Israel Santiago Flores**

Se otorga la presente constancia por su destacada participación con el equipo Escuadrón UAM durante la competencia Baja SAE México 2018, la cual se realizó del 18 al 21 de octubre de 2018 teniendo como sede el Instituto Tecnológico y de Estudios superiores de Monterrey, Campus Estado de México y la pista Calimaya ENDURO Dirt Track.

Ciudad de México, a 21 de octubre de 2018.



Dra. María de Lourdes Delgado Núñez
Directora de la
División de Ciencias Básicas e Ingeniería



Dra. Rosa María Espinosa Valdemar
Encargada del
Departamento de Energía



Ing. Romy Pérez Moreno
Faculty Advisor
Escuadrón UAM