



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Arquitectura
Centro de Investigaciones de Diseño Industrial

Proyecto Documentado:

Diseño de Carrocería para un Vehículo de Competencia Fórmula SAE

Brian André Hollands Torres
UNAM Motorsports 2012





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Arquitectura
Centro de Investigaciones de Diseño Industrial

Diseño de Carrocería para un Vehículo de Competencia Fórmula SAE

Tesis Profesional que para obtener el Título de Diseñador Industrial presenta:

Brian André Hollands Torres

Con la dirección del D.I. José Luis Alegría Formoso

Y la asesoría de:

D.I. Sergio Torres Muñoz

D.I. Armando Mercado Villalobos

D.I. Fernando Fernández Barba

Ing. Mariano García del Gállego

Declaro que este documento de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes.

México 2012

A red, elongated tag with a pointed top and a small metal ring at the tip. The tag is oriented vertically and features the text "REMOVE BEFORE RACE" in white, bold, uppercase letters. The tag is placed on a light-colored, textured surface.

REMOVE BEFORE RACE



Coordinador de Exámenes Profesionales
Facultad de Arquitectura, UNAM
PRESENTE

EP01 Certificado de aprobación de
impresión de Tesis.

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE **HOLLANDS TORRES BRIAN ANDRE** No. DE CUENTA **301011473**
 NOMBRE DE LA TESIS **DISEÑO DE CARROCERIA PARA UN VEHICULO DE COMPETENCIA**
FORMULA SAE
 OPCION DE TITULACION **TESIS Y EXAMEN PROFESIONAL**

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de LA TESIS, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día _____ de _____ de _____ a las _____ hrs.

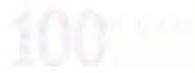
Para obtener el titulo de **DISEÑADOR INDUSTRIAL**

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, D.F. a 1 de junio de 2012

EP01

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE D.I. JOSE LUIS ALEGRIA FORMOSO	
VOCAL D.I. SERGIO TORRES MUÑOZ	
SECRETARIO D.I. ARMANDO MERCADO VILLALOBOS	
PRIMER SUPLENTE D.I. FERNANDO FERNANDEZ BARBA	
SEGUNDO SUPLENTE ING. MARIANO GARCIA DEL GALLEGO	

ARQ. JORGE TAMÉS Y BATTA
Vo. Bo. del Director de la Facultad





Resumen del Documento



El diseño industrial juega un papel primordial dentro de la industria moderna gracias a la especialización y versatilidad de la profesión, generando un vínculo entre la mercadotecnia y la ingeniería que resuelve las demandas específicas generadas por un mercado o por un grupo de usuarios. Dentro de la industria automotriz su papel es de magna importancia, el diseño de exteriores e interiores son factor clave para generar ventas y cautivar nuevos consumidores, adaptándose y evolucionando según los requerimientos de los nuevos mercados; el diseño automotriz genera tendencias que se filtran a otras disciplinas de diseño, y por su sofisticación, complejidad e interacción absoluta con la ingeniería y el usuario, representa un problema de diseño de cualidades únicas.

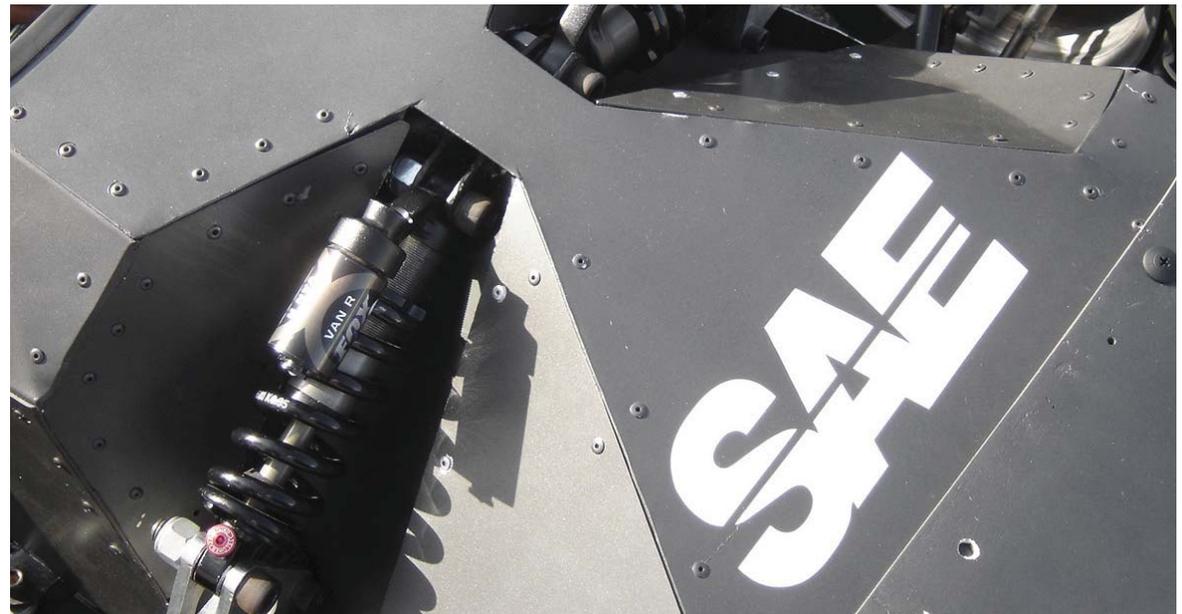
A nivel internacional, la industria automotriz representa un eslabón fundamental en la economía de naciones desarrolladas tecnológicamente, y más aún en las de países en vías de desarrollo, siendo una gran generadora de empleos que va más allá del desarrollo y manufactura de los vehículos, creando en paralelo una industria de autopartes y de servicios relacionados a los vehículos motorizados. En México, la industria automotriz es clave para el desarrollo del país, generando más del 12% del empleo en el sector manufacturero y más del 18% de PIB, ubicando al país entre los 10 principales productores de vehículos automotores y refacciones a nivel internacional.

Desde 1981 SAE International lleva a cabo la competencia denominada Fórmula SAE, realizada entre universidades y escuelas superiores de ingeniería que prepara a los estudiantes para atender las necesidades que la industria automotriz demanda, simulando en su proceso el desarrollo de un vehículo recreativo de alto rendimiento partiendo desde su fase conceptual y posteriormente considerando aspectos de diseño, ingeniería, manufactura, evaluación del producto, finanzas, mercadotecnia y gestión administrativa; todo realizado dentro de un ambiente multidisciplinario y autónomo, el cual provee de experiencia y habilidades reales a sus participantes, haciendo a la competencia el campo de reclutamiento ideal de la industria automotriz.

El proyecto documentado que se presenta a continuación tiene por finalidad mostrar los resultados y la memoria del proyecto Fórmula SAE realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México durante las temporadas 2010 y 2011 de competencia internacional, abordados desde la perspectiva del autor como Diseñador Industrial. Enfatizando en el problema de diseño que planteó el desarrollo de la carrocería para el tipo de vehículo en cuestión, el documento se enfoca en el proceso creativo que derivó en el primer auto tipo fórmula de la Universidad, sustentado en un marco teórico que considera al mercado y a la peculiar relación histórica existente entre la industria automotriz, el deporte motor y la industria aeronáutica, de la cual surgió el concepto de diseño. Así mismo, se documenta el proceso de diseño del segundo auto de competencia, como evolución y conclusiones de diseño de la fase inicial del proyecto; y de manera abstracta se hace mención de las actividades en las que el quehacer del diseñador industrial tuvo significancia considerable para la gestión y ejecución general del proyecto.

Abajo. Detalle de la carrocería del Puma FR.010 Stealth Racer.

Página anterior. Puma FR.010 Stealth Racer frente al Museo Universitario de Arte Contemporáneo, Ciudad Universitaria.





Agradecimientos



A mi Alma Mater, la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme una formación sin igual y por permitirme ser su representante y embajador en repetidas ocasiones, siendo la de mayor repercusión en mi vida la ejecución y participación dentro del proyecto del cual surgió este documento de tesis: Fórmula SAE.

Al Centro de Investigaciones de Diseño Industrial, por ser mi segunda casa y sede de mi formación profesional, y por el apoyo otorgado para el desarrollo del proyecto.

A mis profesores de talleres, quienes en repetidas ocasiones me mostraron que no existen imposibles en la ejecución de un proyecto, agradeciendo en específico a Charly, Toño, Sergio y Chagas, por siempre abrirme las puertas e invitarme a superarme paso a paso.

A nuestro asesor y amigo, el Ingeniero Mariano García del Gállego, por ser la guía del Equipo en todo momento, por inspirarme a mostrar lo mejor de mí mismo en los momentos más oscuros del proyecto haciéndome superar mi frustración personal, y por siempre estar abierto para escuchar y ofrecer su opinión objetiva.

A todos los académicos y técnicos de taller del CDMIT, quienes creyeron y confiaron en el Equipo apoyándonos para lograr lo impensable.

A mis sinodales, Japi, Chagas y Armando, quienes confiaron en el porvenir de este documento aún cuando su futuro era muy incierto.

A mis padres, por su incondicional apoyo y confianza durante mi participación en Fórmula SAE; por la educación y principios que me han otorgado, por todo el esfuerzo que han hecho durante mi vida para siempre darme lo mejor, por su dedicación, amor y orgullo.

A mis hermanas, quienes nunca dejan de hacerme ver mis errores inspirándome a ser mejor hombre día a día, y por el apoyo incondicional que siempre me ofrecen.

A mis abuelas, tías y primas, por nunca negarme nada y por siempre estar cuando más las he necesitado.

A mi abuelo Guillermo, por ser una de mis mayores inspiraciones.

A mi tío Armando, por ser mi mentor en el arte de diseñar y construir objetos.

A todos mis amigos y compañeros con quienes me aventuré en el Diseño Industrial, por la motivación y apoyo que siempre me dieron, con quienes demostré que los límites están para superarse.

A los patrocinadores del Equipo, por creer en nuestra capacidad y dedicación.

A todo el Equipo, especialmente a Bruno, Ismael, Norman, Mario, Jaime y Gerardo, por trabajar sin cesar hasta lograr aquello que solo nosotros creíamos posible; y a Alets, por su confianza y apoyo en los momentos más difíciles durante la segunda temporada.



Dedicatoria





A mi abuelita Martha, por todo lo que siempre me dio y por lo que siempre será en mi vida.

A mis papás, Jorge y Pilar, por ser mis amigos y consejeros, y por siempre estar a mi lado.

A mis hermanas, Astrid y Oleg, por nunca dejar de motivarme y por quererme como soy.

A mi tía Adriana, por todo su incondicional apoyo.



FSAE West 2010
William C. Mitchell
Rookie Award

“I think the design of a racing car is a combination of art and engineering. The physics and the engineering tells you whether it will work or not, and whether indeed you can make it. But it doesn't give you the idea, it doesn't give you the inspiration: that's where the artistic side tends to come in.”

“Yo pienso que el diseño de un auto de carrera es una combinacion de arte e ingeniería. La física y la ingeniería te dicen que puede trabajar y que no, y lo que de hecho puedes hacer. Pero eso no te da la idea, no te da la inspiración: es ahí donde el lado artístico tiende a entrar.”

Adrian Newey.





Índice

Capítulo 5
Memoria Descriptiva:
del Concepto a la Pista

Capítulo 4
El Génesis:
Puma FR.010 Stealth Racer,
Proceso de Diseño

Capítulo 3
La Carrocería como
Problema de Diseño Industrial

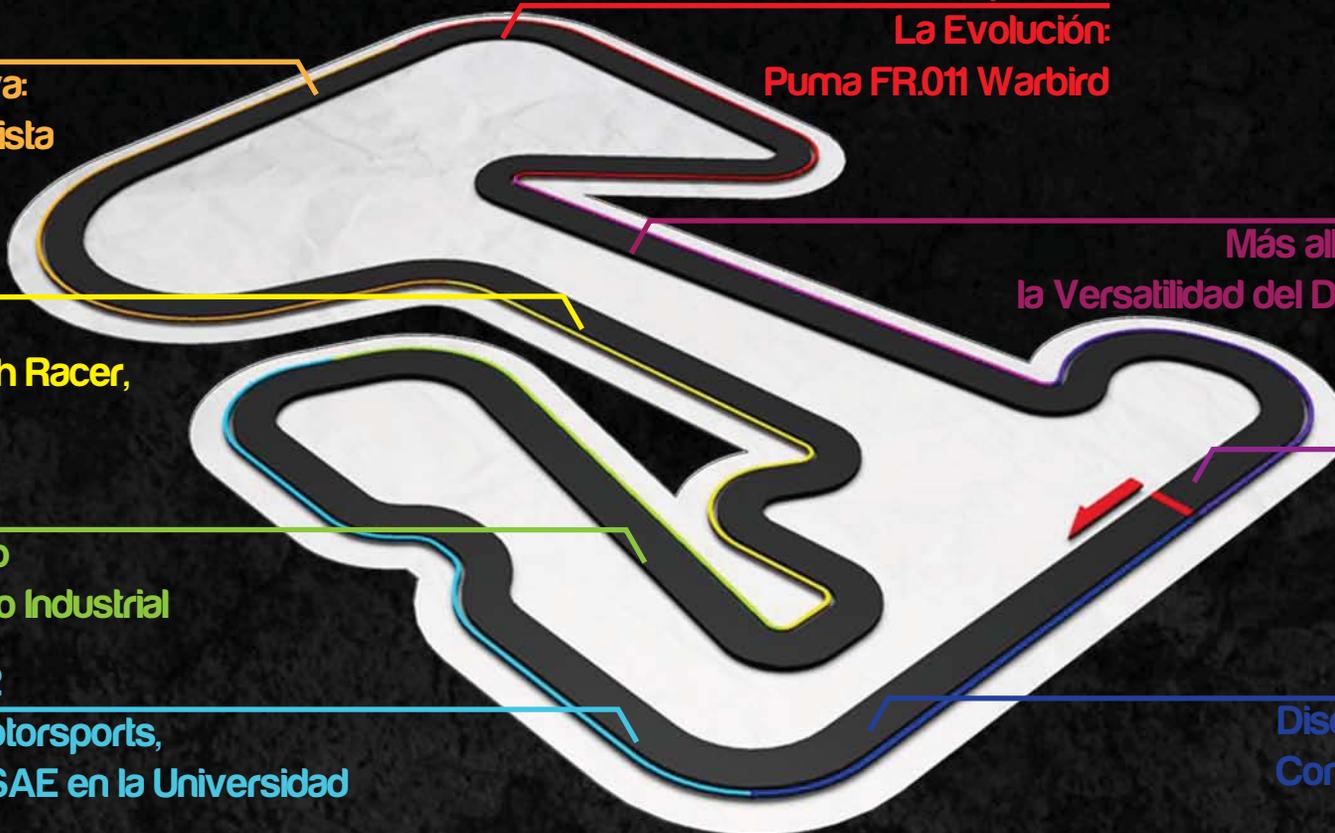
Capítulo 2
UNAM Motorsports,
Fórmula SAE en la Universidad

Capítulo 6
La Evolución:
Puma FR.011 Warbird

Capítulo 7
Más allá de la Carrocería:
la Versatilidad del Diseñador Industrial

Capítulo 8
Conclusiones

Capítulo 1
Diseña + Construye +
Compite + Aprende =
Fórmula SAE



Resumen del Documento	04	Capítulo 4 El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño	128
Agradecimientos	06	4.1 Metodología de diseño	130
Dedicatoria	08	4.2 Propuesta CERO	130
Capítulo 1 Diseña + Construye + Compite + Aprende = Fórmula SAE	14	4.3 Propuesta 1	131
1.1 Fórmula SAE	16	4.4 Propuesta 2	133
1.2 SAE International	18	4.5 Propuesta 2 BETA	138
1.3 Formando una élite de trabajo	19	4.6 Propuesta 3	142
1.4 La Industria Automotriz	22	Capítulo 5 Memoria Descriptiva: del Concepto a la Pista	158
1.5 La importancia del Deporte Motor	25	5.1 Stealth Racer: diseño final	160
Capítulo 2 UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad	26	5.2 Plan de manufactura	162
2.1 Antecedentes en la UNAM	28	5.3 Carrocería de exhibición	164
2.2 Comparativa entre proyectos	30	5.4 Carrocería de competencia	166
2.3 UNAM Motorsports, el inicio	32	5.5 Proceso de manufactura	169
2.4 Puma FR.010 Stealth Racer	36	5.6 Extras en competencia	183
2.5 FSAE California 2010	42	Capítulo 6 La Evolución: Puma FR.011 Warbird	184
2.6 UNAM Motorsports 2.0	50	6.1 Metodología de diseño	186
2.7 Puma FR.011 Warbird	54	6.2 Concepto de diseño	189
2.8 FSAE California 2011	60	6.3 Proceso de diseño	191
2.9 UNAM Motorsports, el Equipo	68	6.4 Proceso de manufactura	206
2.10 Difusión	74	6.5 El prototipo: Warbird	213
2.11 Patrocinadores	76	Capítulo 7 Más allá de la Carrocería: la Versatilidad del	
Capítulo 3 La Carrocería como Problema de Diseño Industrial	78	Diseñador Industrial	216
3.1 Una oportunidad única de diseño	80	7.1 La versatilidad del Diseñador Industrial	218
3.2 Perfil de Diseño	81	7.2 Actividades dentro de UNAM Motorsports	219
3.3 Fórmula SAE, el Reglamento	84	7.3 Diseño de IHM	220
3.4 Un auto tipo Fórmula	86	7.4 Gestión de proyecto y manufactura	231
3.5 Morfología. Evolución de los Autos Fórmula	89	7.5 Diseño gráfico y editorial	232
3.6 Morfología Moderna de un Auto Fórmula	97	7.6 Diseño de uniformes	237
3.7 Homólogos. Fórmula SAE y Fórmula Student	100	Capítulo 8 Conclusiones	240
3.8 El mercado teórico: el competidor amateur de Autocross	105	8.1 Conclusiones, reflexiones y aprendizaje	242
3.9 Análogos. Casos Particulares de Diseño	106	Bibliografía	246
3.10 El concepto de diseño: Stealth Fighter	111	Planos	250
3.11 La Tecnología Aeronáutica y el Deporte Motor	112		
3.12 Stealth: tendencia en el diseño	115		
3.13 Manufactura, el estado del arte	122		



Diseña + Construye + Compite + Aprende = Fórmula SAE



CAPÍTULO

01

Welcome to FORMULA SAE

SAE International



Capítulo 1

Diseña + Construye + Compite + Aprende = Fórmula SAE



Página anterior. Pancarta de FSAE ubicada a la entrada del evento en 2010, Autoclub Speedway.

Arriba. Logotipo oficial de Fórmula SAE.

1.1 Fórmula SAE

Fórmula SAE es una competencia de automovilismo organizada y regida por la SAE International (Sociedad de Ingenieros Automotrices Internacional), exclusiva para estudiantes de universidades y de instituciones técnicas de nivel superior; lanzada por primera vez en Estados Unidos en 1979 y conocida en una primera instancia como Mini Indy, se creó para generar una variante de Mini Baja que permitiera a los participantes mayor nivel de desarrollo.

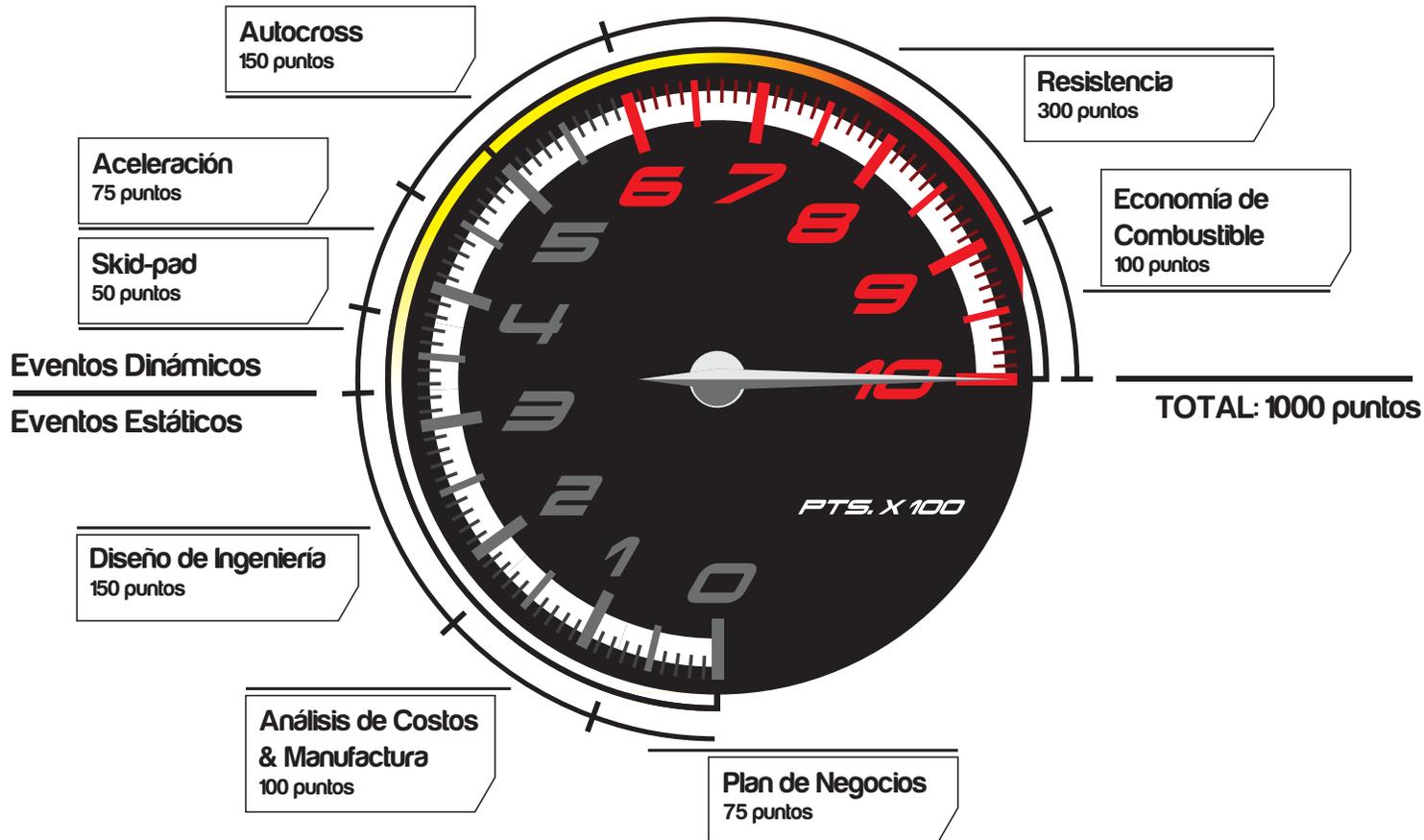
En 1980, para reflejar la naturaleza del evento y de su mayor grado de sofisticación, se cambió al nombre de Fórmula SAE. Hoy en día participan más de 450 equipos a nivel mundial, con 8 sedes a través de 7 países en 5 continentes, el marco de competencia permite a los equipos competir en contra de otros provenientes de todo el mundo bajo los mismos crite-

rios de evaluación por parte de profesionales de la industria automotriz y del deporte motor. La competencia se divide básicamente en dos, eventos dinámicos y eventos estáticos, los cuales se dividen y se evalúan de la siguiente manera:

- Presentación de Diseño de Ingeniería (150 puntos)
- Presentación de Costos y Manufactura (100 puntos)
- Presentación del Plan de Negocios (75 puntos)
- Aceleración (75 puntos)
- Skid Pad (50 puntos)
- Autocross (150 puntos)
- Endurance (300 puntos)
- Economía de Combustible (100 puntos)

La competencia no es ganada por el auto más veloz en pista, el equipo que aborde más fehaciente y concretamente el problema general que plantea la construcción, manufactura, diseño, presentación del proyecto, reporte financiero y plan de negocios, es quien es galardonado como campeón.

El concepto de Fórmula SAE plantea que cada equipo es una compañía ficticia, la cual ha sido contratada para diseñar y desarrollar un auto tipo fórmula para competencia. El prototipo de este auto debe de ser evaluado por su potencial para producción a gran escala, teniendo por mercado al corredor amateur de Autocross; el Autocross es una forma económica y segura del deporte motor, donde los pilotos conducen contra reloj de uno a la vez en un circuito temporal delimitado por traficonos, haciendo énfasis en las habilidades de conducción en lugar del despliegue de potencia; por esta razón el carro debe de presentar excelentes características de aceleración, frenado y maniobrabilidad, aunándole valor agregado por su estética, confort y por el uso de componentes de fácil recambio. Se tienen que contemplar también todos los aspectos que intervienen en el desarrollo de un automóvil, no solo el diseño de ingeniería, presentando un plan de negocios y mercadotecnia, al mismo tiempo de un reporte de costos de desarrollo y manufactura muy detallado. Cada



Izquierda. Gráfica de la evaluación y puntuación en Fórmula SAE.

equipo debe de diseñar, construir y probar su propio vehículo de manera autónoma, apegándose al reglamento que restringe principalmente la potencia del motor y la seguridad general del vehículo, forzando así a que los equipos traten de sacar ventaja sobre la competencia explotando su creatividad e ingenio con diseños que incrementen el rendimiento del carro por su maniobrabilidad, y por el uso de materiales y configuraciones que ahorren el mayor peso posible. El resultado final es un carro que muestra la tecnología y materiales más avanzados en el mundo automotriz aplicados de manera muy razonada.

Al reunir trabajo en equipos interdisciplinarios, itinerarios apretados para diseño, desarrollo y manufactura y la necesidad de apegarse a un presupuesto que cubra todas las necesidades del proyecto, Fórmula SAE crea un ambiente de preparación único que lleva a los estudiantes mas allá de las aulas de estudio para aterrizar sus conocimientos teóricos en la solución de problemas reales, esto convierte a la competencia en la plataforma de reclutamiento preferida de la industria automotriz, incorporando a sus filas jóvenes profesionales con talento y habilidades comprobadas.



Capítulo 1

Diseña + Construye + Compite + Aprende = Fórmula SAE

Derecha. Logotipo de SAE International.

1.2 SAE International

La SAE International, Sociedad de Ingenieros Automotrices Internacional por sus siglas en inglés, es un organismo creado en 1905 como respuesta a las inquietudes compartidas por la mayoría de los fabricantes automotrices estadounidenses en materia de intercambio libre de ideas y de resolución de problemas en común, abarcando en 1916 los problemas en común de todas las áreas de ingeniería de transporte existentes a la fecha. La Sociedad tiene gran relevancia dentro de la industria, ejemplo de ello se puede describir al citar que su primer vicepresidente fue Henry Ford, y que Thomas Alva Edison, Glenn Curtiss, Glenn Martin, y Orville Wright eran miembros activos.

SAE creció y adquirió mayor importancia dentro de la industria a través de los años, jugando un papel preponderante en el esfuerzo de guerra para los aliados durante ambas Guerras Mundiales, denotando su potencial para generar estándares e intercambio de información tras la Segunda Guerra Mundial, expandiendo su alcance y relaciones por Europa y Asia. Durante la segunda mitad del Siglo XX, SAE se convirtió en el mayor organismo generador de estándares en la industria automotriz y aeronáutica, expandiéndose a la par de la industria de manera global y asequible, teniendo en la actualidad presencia oficial en el Europa, Brasil, India, China y Australasia.

Hoy en día, gracias a los medios de comunicación electrónicos, SAE pone a disposición inmediata de sus miembros gran cantidad de documentos técnicos e información sustancial de la industria. Además de ser un baluarte de la industria del transporte, la Sociedad es un mecanismo de enlace a nivel global entre profesionales y estudiantes, gracias a sus sistemas de becas, prácticas profesionales y competencias estudiantiles, las SAE Collegiate Design Competitions. Estas competencias, 12 en total, les presenta a estudiantes de nivel superior la oportunidad de probar sus conocimientos diseñando un vehículo funcional real dentro de un medio muy competitivo, con la participación de más de 4500 universita-

rios y 500 universidades en 6 continentes.

La misión de Sociedad se define de la siguiente manera:

SAE International es un organismo global de científicos, ingenieros y practicantes que genera avance en el conocimiento de los vehículos autopropulsados y en sistemas relacionados, dentro de un foro neutral para el beneficio de la sociedad.

La visión prospectiva de la Sociedad se plantea de la siguiente manera:

En el año 2020, SAE International estará en el primer lugar de la industria del transporte por:

- Conectar una red mundial de estudiantes, ingenieros, practicantes y compañías
- Atraer, administrar y distribuir información relativa al transporte a través de:
 - Sistemas educativos
 - Estándares industriales
 - Publicaciones técnicas y tecnológicas
- Liderar un proceso de estandarización global
- Crear y mantener afiliaciones e interfaces benéficas que agreguen valor, fortalezcan la innovación y ayuden dentro de una política pública sólida.



1.3 Formando una élite de trabajo

En el mundo entero existen gran cantidad de competencias a nivel estudiantil enfocadas en el diseño vehicular, todas y cada una de ellas planteadas para generarle a sus participantes una experiencia de aprendizaje única, pero entre todas ellas Fórmula SAE representa la cúspide. Al igual que en el mundo real, donde las competencias de autos tipo fórmula son la máxima categoría del deporte y de la industria, FSAE por su sofisticación y complejidad tecnológica representa el reto máximo.

No solo se trata de diseñar autos poderosos que ruboricen en números y prestaciones a lo mejor que la industria pone al alcance del consumidor promedio, son automóviles que se exigen al máximo en todos aspectos; tienen que ser ligeros, potentes, seguros, cómodos, maniobrables, resistentes, tienen que presentar las mejores cualidades de aceleración, frenado y economía de combustible. Aunado a las prestaciones de alto desempeño, los autos deben de verse bien, ser rentables para su comercialización real, ser prácticos, de fácil mantenimiento, y sobre todo deben de diseñarse pensando en un mercado real. Todos estos parámetros de diseño son

Abajo. Ubicación de las 8 competencias oficiales de Fórmula SAE efectuadas en 2011.





Capítulo 1

Diseña + Construye + Compite + Aprende = Fórmula SAE

Abajo. Auto #29 perteneciente a la Universität Stuttgart en la pista de Autocross, Formula Student Germany 2011.

Página posterior arriba. Ross Brawn (Director Técnico de Mercedes Petronas GP) en presentación técnica del equipo Global Formula Racing, Formula Student 2011.

Página posterior abajo. James Allison (Director Técnico de Lotus-Renault GP) en presentación técnica de la Universität Stuttgart, Formula Student 2011.

los mismos que presenta el desarrollo de cualquier vehículo comercial, cada carro se diseña por departamentos de diseño, generando células de trabajo enfocadas en el diseño específico de un componente y sistema, buscando generar la mejor sinergia y relación funcional y de empaquetamiento con sus contrapartes dentro del equipo; y no se trata solo de un pequeño auto creado por estudiantes, a nivel de prestaciones, diseño y complejidad, un FSAE se puede comparar con la mayoría de los autos de alto rendimiento de baja producción.

Hoy en día Fórmula SAE va más allá de automóviles con motores que consumen combustibles de alto octanaje, la competencia va en paralelo con la realidad de la industria,

presentando cada año mayor número de participantes que usan tecnologías híbridas y completamente eléctricas de propulsión sin perder rendimiento en pista. El estado del arte en manufactura y diseño es comparable al de los autos de competencia profesional, utilizando los mejores componentes, materiales y procesos existentes en la industria.

El nivel de competencia dentro del serial también está muy por encima del de sus similares, con dos sedes oficiales de SAE en Estados Unidos, una de ellas la de mayor nivel y tradición en Michigan, 3 sedes franquicia en Europa que reúnen a la mejores universidades tecnológicas de del Viejo Continente, y 1 en Japón, Australia y Brasil respectivamente, además de existir gran cantidad de eventos nacionales por



sección de SAE en todo el mundo. Los niveles de competencia entre universidades crecen año con año, ya sea por rivalidad tradicional o por resultados; Fórmula Student Alemania genera un ranking mundial de equipos, el cual se actualiza tras cada competencia, hecho que incrementa la rivalidad entre equipos y les genera mayor prestigio. Sin embargo, existe una camaradería muy peculiar entre todos los equipos, ayudándose entre sí compartiendo información y experiencias, y auxiliando a cualquiera de sus rivales en competencia en lo posible.

Diseñar, construir, probar y llevar a competencia internacional un automóvil con estas características en menos de un año, y ejecutado únicamente por estudiantes regulares que deben atender en paralelo su carga de trabajo académica, lleva a cada participante de Fórmula SAE más allá de sus conocimientos y límites conocidos, ubicándolo sobre la mayoría de compañeros de clase. La presión y responsabilidad son enormes, se deben de encarar a problemas reales, a presupuestos que en la mayoría de los casos son sumamente apretados, tienen que responderles a los académicos y administrativos responsables de cada proyecto, así como a los patrocinadores quienes depositan su capital y confianza en ellos para el desarrollo de los vehículos, y no obstante, también deben de dar la cara como embajadores de su universidad, y en muchos casos de su país, siendo sometidos a juicio objetivo por profesionales de la industria y del deporte motor que lleva toda una vida en el medio.

Esta experiencia educativa única e incomparable, provee a un recién graduado de habilidades y conocimientos relativos a 3 o 5 años de experiencia profesional en el mismo campo. Esta es la razón por la cual transnacionales de la industria automotriz y tecnológica invierten millones de dólares año con año, repartidos en decenas de universidades a nivel mundial. Un equipo de FSAE es un representante y estandarte de la calidad de su institución madre, ubicando a la universidad de origen entre lo mejor a nivel internacional en lo que a investigación y desarrollo tecnológico se refiere, generando una relación sumamente fuerte entre academia e industria.





Capítulo 1

Diseña + Construye + Compite + Aprende = Fórmula SAE

Abajo. Henry Ford y Thomas Alva Edison.

Página posterior arriba. Línea de ensamble del Ford Modelo T en Highland Park, Michigan.

Página posterior abajo. Boceto del Jetta Mk VI, producido en la planta de Volkswagen en Puebla.

1.4 La Industria Automotriz

A nivel mundial, la industria automotriz es uno de los sectores económicos más importantes gracias a las utilidades y servicios que genera. Como industria en específico, se encarga de diseñar, desarrollar, manufacturar, comercializar y vender vehículos autopropulsados que satisfacen cualquier necesidad de transportación terrestre del ser humano.

La historia de este monstruo económico se remonta al primer automóvil práctico, construido por Karl Benz en 1885 en Mannheim, Alemania, el cual demostró su practicidad de uso diario en 1885 tras recorrer 104 kilómetros, comenzando así la primera producción de automóviles. No fue sino hasta 1902 cuando la producción a gran escala de automóviles resultó práctica, iniciada por Oldsmobile basándose en la línea de ensamble planteada por Marc Brunel en 1802, concepto de producción perfeccionado por Henry Ford en 1914. La eficiencia, practicidad y rentabilidad de este método de producción creció y se expandió rápidamente durante los años 20's, haciendo que las



compañías que no adoptaran esta metodología resultarían incompetentes derivando en su desaparición.

Para atender las crecientes demandas del mercado, desde la década de los 20's casi todos los autos se han producido masivamente, dichas necesidades del mercado influenciaron y cambiaron para siempre el diseño automotriz. Fue Alfred P. Sloan quien estableció la idea de fabricar diferentes tipos y configuraciones de automóviles por una sola compañía, ofreciéndoles a los compradores la oportunidad de cambiar y mejorar su tipo de vehículo dependiendo de su capacidad económica. Al crecer la oferta y variedad de vehículos en el mercado, los costos de producción y desarrollo aumentaron drásticamente, hecho que solo los grandes fabricantes pudieron afrontar; la integración vertical de las compañías influyó este fenómeno, generando grandes corporativos industriales basados en la compra de fabricantes especializados y de competidores menores, y también a expandir la variedad de vehículos ofrecidos usando componentes base intercambiables entre compañías hermanas para reducir costos.

Desde entonces la industria automotriz ha tenido una evolución y crecimiento constante, siendo afectada únicamente por eventos de trascendencia mundial como lo fueron la depresión económica de 1929 y la Segunda Guerra Mundial, hechos históricos que afianzaron el poder y competencia de los grandes fabricantes, a la vez de ubicar en el mercado a nuevos competidores capaces de atender las demandas emergentes de los mercados de post guerra.

Hoy en día existen aproximadamente 600 millones de vehículos de pasajeros a nivel mundial, uno por cada 11 personas. El automóvil es el principal medio de transporte en los países económicamente desarrollados, influenciando su oferta y demanda, así como la producción y desarrollo vehicular por regiones demográficas. Hasta 2005 Estados Unidos era el mayor fabricante a nivel mundial por unidades totales jamás producidas, hecho que cambió al año siguiente cuando Japón sobrepasó esos números de producción. En la actualidad y desde 2009, China es el mayor fabricante de automóviles de

todos los tiempos, como también es el mayor mercado de la industria automotriz. Según estadísticas, para 2014 la tercera parte de la demanda global de vehículos será por parte de los mercados BRIC, gracias a que los mercados emergentes consumen en mayor cantidad los nuevos productos que los mercados establecidos.

La industria automotriz en México se remonta a principios del Siglo XX, con las primeras unidades introducidas al territorio nacional en 1903, y no fue sino hasta 1921 cuando Buick se estableció como el primer fabricante en el país; Ford siguió los pasos de Buick en 1925, y desde entonces es el mayor fabricante de vehículos en México. En 1958 se produjo el primer vehículo mexicano, diseñado y desarrollado por Rural Ramírez.

Durante los años 60's la economía nacional sufrió una baja considerable afectando a la industria automotriz establecida a la fecha. Con la idea de generar una industria nacional que promoviera la generación de empleos y el avance tecnológico, el gobierno exigió a los fabricantes con presencia comercial en el país a producir en México automóviles usando partes nacionales y/o importadas. Las compañías que no atendieron a estas demandas gubernamentales tuvieron que retirarse del mercado mexicano, quedándose únicamente a los 3 grandes fabricantes estadounidenses (Ford, General Motors y Chrysler) junto a American Motors, Renault, Volkswagen, Datsun y Borgward.

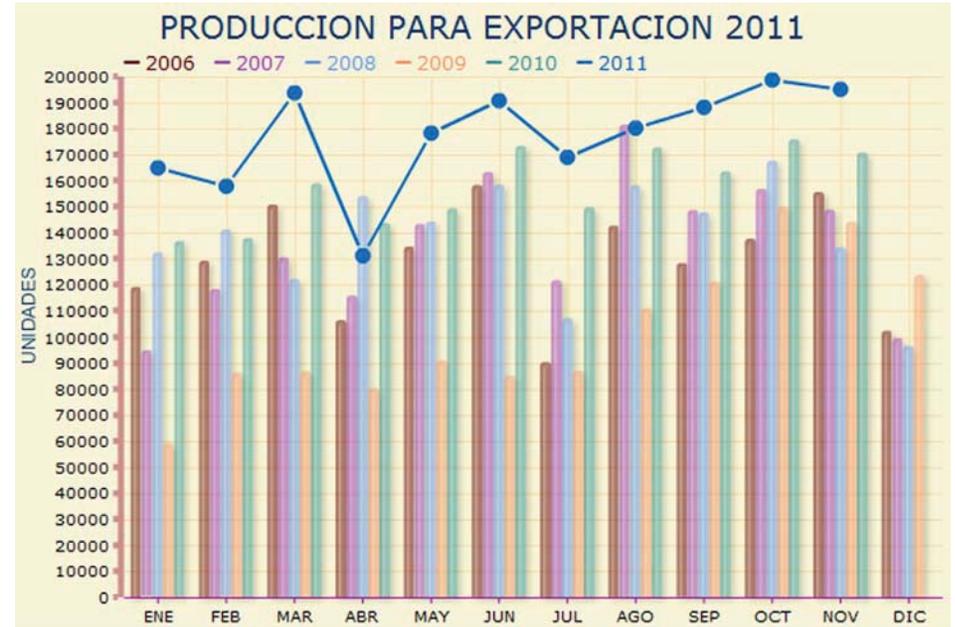
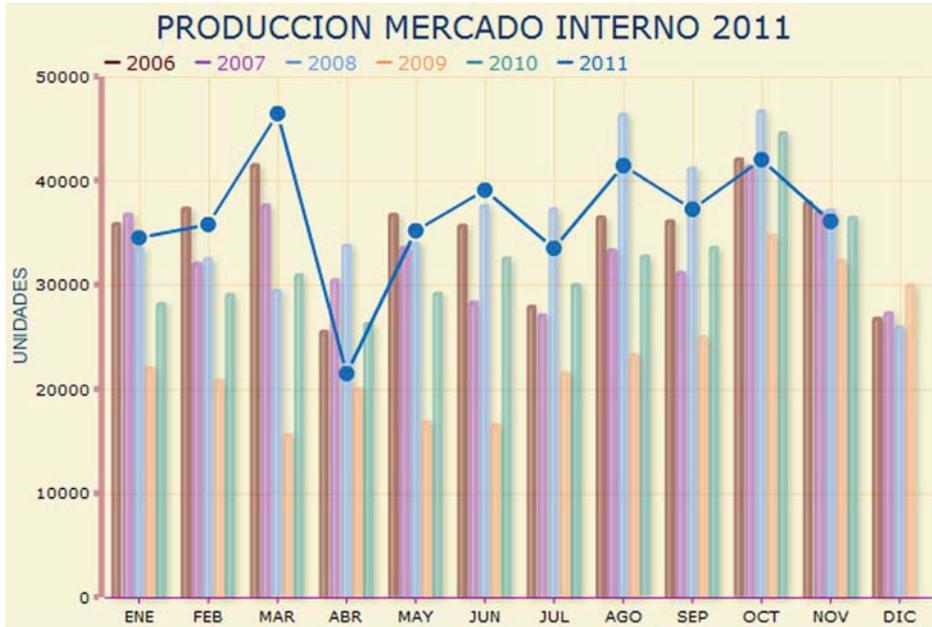
El crecimiento económico de los años 90's estimuló las ventas de vehículos nuevos, lo cual hizo que el mercado automotriz internacional regresara a México. Desde 2005 la venta anual de autos nuevos sobrepasa el millón de unidades, este crecimiento constante de ventas junto a los tratados de comercio internacionales han hecho que a la fecha se comercialicen de manera oficial 42 marcas y más de 400 modelos diferentes en el país, haciendo a México uno de los mercados con mayor variedad y cantidad de automóviles. Actualmente 8 de las 10 compañías automotrices líderes a nivel mundial están establecidas en territorio nacional, con 15 armadoras





Capítulo 1

Diseña + Construye + Compite + Aprende = Fórmula SAE



Arriba izquierda. Tabla estadística de la producción total de automóviles para el mercado interno en México al 2011, fuente AMIA.

Arriba derecha. Tabla estadística de la producción total de automóviles para exportación en México al 2011, fuente AMIA.

Derecha. Línea de ensamblaje del Ford Fusion en Hermosillo, vehículo de mayor producción en México durante 2011.



que satisfacen al mercado nacional e internacional, produciendo en 2010 un total de 2,260,774 unidades y en 2011 un total de 2,557,550 unidades, haciendo a México el 10º país con mayor volumen de producción. Gracias a las políticas gubernamentales en materia de economía local e internacional, la producción anual de unidades se ha recuperado satisfactoriamente de la caída del mercado internacional sufrida en 2008. La ubicación geográfica de México lo hace un mercado estratégico dentro de la industria automotriz, tanto para la comercialización como para la producción de unidades, gracias a los costos operativos que presenta el país en comparativa de la competencia internacional, ubicándolo en 2008 como mejor opción para la producción de autopartes y en primer lugar por rentabilidad de uso de suelo. El potencial de esta industria para el país se evidencia con el impacto que le genera a la economía nacional, aportando en 2010 el 17.8% del producto interno bruto y más del 26% de la exportación manufacturera.

1.5 La importancia del Deporte Motor

El deporte motor se inicio poco después de la fabricación de los primeros automóviles como una estrategia publicitaria para demostrar la fiabilidad de estos nuevos carruajes sin caballos, mostrándolos como un medio de transporte seguro, práctico y económico. Fue el 22 de julio de 1894 cuando se celebro la primera competencia de autos, haciendo un recorrido de 50 kilómetros entre Paris y Rouen. Desde ese entonces la mercadotecnia ha sido uno de los principales impulsores del deporte motorizado, en una primera instancia para generarles una buena reputación a los fabricantes por presentar los vehículos más veloces y confiables, capaces de afrontar cualquier tipo de reto que se les presentara. La frase “gana el domingo y vende el lunes” ha demostrado la importancia que tiene la competencia motorizada para la industria, haciendo que los consumidores deseen tener en su cochera un auto con pedigrí de campeón, lo que hace a la mayoría de los autos exitosos en la pista un éxito en el mercado.

La variedad de automóviles ha generado desde sus inicios una gran diversidad de competencias, siempre con la finalidad de recorrer igual distancia en el menor tiempo, o cubriendo la mayor distancia posible en un tiempo establecido. Cualquiera sea la meta por alcanzar, el desarrollo y adaptación de vehículos para competencia siempre ha exigido al máximo a la máquina, haciéndolas cada vez más ligeras y potentes; este reto tecnológico entre hombre y máquina para conseguir la victoria ha demostrado ser el campo de pruebas ideal para todo avance e innovación que la ingeniería y el diseño automotriz puedan presentar.

Las carreras automotrices son la mejor manera que tienen los fabricantes de demostrarse superiores ante su competencia por la calidad y potencial que tienen de generar máquinas ganadoras. Al tener la consigna de diseñar automóviles tecnológicamente superiores para soportar las exigencias a las cuales son sometidos, el deporte motor siempre se ha manifestado como un escaparate del estado del arte de la industria. La mayoría de los avances que se presentan en los

vehículos comerciales fueron desarrollados para la competición, probando su potencial y confiabilidad en la pista, lo que hace al deporte motor un laboratorio en tiempo real, donde los mejores materiales, los procesos más sofisticados y la mejor ingeniería se prueban a diario, haciendo también presencia del mejor capital humano existente en la industria.

En la actualidad es uno de los deportes con mayor audiencia a nivel mundial, la Fórmula 1 es el deporte con mayor número de telespectadores internacionalmente y NASCAR el evento deportivo con mayor seguimiento en Estados Unidos. Los números de audiencia hacen al deporte motor uno de los blancos favoritos para la publicidad, siendo los patrocinadores la principal fuente de capital para cualquier programa de desarrollo de autos de competencia; los mejores autos y pilotos portan a los patrocinadores más grandes, y los patrocinadores mas grandes proveen de mayor capital para hacer los mejores autos, es una sinergia estratégica que impulsa a la tecnología a sobrepasar sus límites carrera tras carrera, y a generar mayor numero de ventas para ambas partes involucradas expandiendo su impacto en el mercado.

Abajo. Renault R26 de Fórmula 1 y un Clio Sport del 2006.





UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad



CAPÍTULO

02





Página anterior. Puma FR.010 Stealth Racer frente a Rectoría, Ciudad Universitaria.

Arriba. Escudería Puma en carrera del campeonato Electrón 2008.

2.1 Antecedentes en la UNAM.

La UNAM, en específico la Facultad de Ingeniería, tiene gran tradición participando en distintos eventos de diseño automotriz mayormente organizados por SAE (SAE Collegiate Design Series), en los cuales se han obtenido distintos resultados a través de los años, todos con la finalidad de formar y preparar a jóvenes universitarios dentro de proyectos que asemejan las demandas profesionales de la industria automotriz, bajo el nombre de Escudería Puma. Si bien, la naturaleza específica de cada uno de estos proyectos discierne de la propia que tiene FSAE, son los referentes inmediatos que se tienen dentro de la Universidad, por ello cabe mencionarlos para generar una comparativa en pro del grado de de-

sarrollo y sofisticación que Fórmula SAE les demanda a sus participantes, y como marco histórico previo a la formación del equipo FSAE UNAM.

Baja SAE. Conocida antes del 2006 como SAE Mini Baja, fue iniciada en 1976 con el propósito de simular proyectos reales de diseño de ingeniería con todos los retos que estos conllevan. El objetivo de la competencia es el proveer a los estudiantes miembros de SAE de un proyecto que involucre los aspectos de planeación y manufactura previos a la introducción de un nuevo producto al mercado, en este caso un vehículo todo terreno que deberá de sobrevivir al uso rudo sobre terreno indómito y en ciertos casos también sobre el agua, usando un motor homologado. Todos los equipos tie-

nen que desarrollar su prototipo de manera autónoma, buscando además los recursos financieros que den lugar a la creación de sus diseños. Este proyecto tuvo presencia en la UNAM por más de 15 años, en los cuales se participó a nivel nacional e internacional, siendo su última participación en 2006 debido a la merma de resultados satisfactorios producto del desempeño interno del proyecto.

Electratón. El campeonato Electratón México fue formado en 1993 tras la experiencia obtenida con el automóvil solar de carreras Tonatiuh, basándose en la Fórmula Electratón Experimental nacida en el Reino Unido en 1978. Los vehículos de Electratón tienen dimensiones muy similares a las de un kart, con un máximo de 200 x 250 cm, configurados con mínimo 3 ruedas e impulsados por un motor eléctrico alimentado por baterías comerciales de plomo ácido, sin superar estas un máximo permitido de 45 kg. Las pruebas consisten en dar el mayor número de vueltas alrededor de una pista en una hora sin tener necesidad de recargar las baterías. Este no es un proyecto oficial de SAE, sin embargo recibe apoyo de SAE México para su organización. En 2007 la UNAM participó por primera vez en este campeonato, coronándose como campeón de la Zona Centro al año siguiente. En 2009 la UNAM no tuvo presencia oficial en el campeonato, sin embargo, miembros del equipo FSAE UNAM participaron como equipo particular obteniendo el 2º lugar de la Zona Centro. En 2010 la Escudería Puma regresó a competencia.

Shell Eco-marathon. El Shell Eco-marathon tiene sus orígenes en el Laboratorio de Investigaciones de Shell América en 1939, como reto entre sus científicos por buscar el mayor rendimiento de combustible millas/galón en sus vehículos. La competencia moderna nació en Francia en 1985, atrayendo a miles de ingenieros y científicos de más de 20 países. En la actualidad existen 3 competencias, Europa - EuroSpeedway/Lausitz, Americas - Discovery Green Track/Houston y Asia - Sepang International Circuit/Kuala Lumpur, con dos categorías: autos prototipo y autos concepto urbanos, con un record vigente de 11,516.34 millas/galón perteneciente al Politécnico de Nantes. En 2008 la UNAM recibió la invitación de

Shell México para participar en el primer Shell Eco-marathon Americas, repitiendo su participación en el 2009. Esta competencia tiene gran similitud a la SAE Supermileage, con la diferencia de que esta última hace mayor énfasis a la participación y desarrollo de estudiantes.

Arriba. Último equipo de Mini Baja representativo de la UNAM.

Abajo. Presentación del primer vehículo Shell Eco-marathon de la UNAM.





Arriba. Baja SAE del equipo Beaver Racing Baja y FSAE de Global Formula Racing, pertenecientes a la Oregon State University.

Página posterior arriba. Prototipo Idrá para Shell Eco-marathon perteneciente al Politécnico di Torino.

Página posterior abajo. Vehículo perteneciente al ITESM compitiendo en Electrón Zona Centro, 2009.

2.2 Comparativa entre proyectos

De manera abstracta, mediante una tabla de especificaciones generales, se puede hacer una comparativa del diseño de cada vehículo demostrando la diferencia de sofisticación y naturaleza de desarrollo entre cada competencia.

Baja SAE	
Configuración	Todo terreno 4 ruedas mínimo Monoplaza Altura de piso considerable Chasis tubular
Motor	Briggs & Stratton 10 hp OHV Intek
Combustible	Gasolina (sin aditivos)
Peso máximo	n/a
Dimensiones	Ancho total máximo: 1620 mm Largo total máximo: 2740 mm

Fórmula SAE	
Configuración	Tipo fórmula 4 Ruedas descubiertas Monoplaza Cabiná abierta Chasis tubular/Monocasco
Motor	610 cc3 máximo/4 tiempos Restricción en la entrada de aire (20 mm a gasolina/19 mm a etanol) Sobrealimentación opcional
Combustible	Gasolina de alto octanaje Etanol
Peso máximo	n/a
Dimensiones	Distancia entre ejes mínima: 1525 mm El ancho de vía menor no debe de ser menor al 75% del mayor

Shell Eco-marathon/prototype	
Configuración	Carrocería aerodinámica 3 Ruedas como mínimo Monoplaza Chasis tubular/Monocasco
Motor	Combustión interna Eléctrico
Combustible	Gasolina sin plomo/regular (Shell) Diesel (Shell) Gás líquido (Shell) Etanol (Shell) Energía solar Hidrógeno Baterías recargables
Peso máximo	140 kg (sin piloto)
Dimensiones	Altura máxima: 1000 mm Distancia entre ejes mínima: 1000 mm Ancho total máximo: 1300 mm Largo total máximo: 3500 mm



Electrón	
Configuración	3 ruedas como mínimo Monoplaza Chasis tubular
Motor	Eléctrico
Combustible	Baterías de plomo ácido comerciales
Peso máximo	45 kg (baterías)
Dimensiones	Ancho total máximo: 1500 mm





Capítulo 2

UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad

Abajo. Ensamble funcional del Puma FR.010, primera vez que tocó suelo sobre ruedas.

2.3 UNAM Motorsports, el inicio.

El equipo FSAE UNAM se fundó en el verano de 2008 por iniciativa personal de un grupo de alumnos pertenecientes al capítulo estudiantil de sociedades de la Facultad de Ingeniería relativo a SAE, tras haber tenido un primer acercamiento al proyecto durante una serie de cursos impartidos por la Sociedad. Para darle marcha y guía al proyecto se invitó a una serie de alumnos y ex alumnos con experiencia en el proyecto Mini Baja SAE por recomendación directa del Project Advisor, Ing. Mariano García del Gállego, y del Faculty Advisor, Dr. Armando Ortiz Prado, quienes lideraron el proyecto en su etapa inicial, quienes además de contar con experiencia en el proyecto citado ya contaban con experiencia profesional en el área de la ingeniería automotriz. El equipo se conformó por estudiantes de las ingenierías mecánica, industrial y mecatrónica, y de la licenciatura de diseño industrial, formando un bloque de trabajo interdisciplinario sumamente unido y capaz de atender todas las necesidades que el proyecto demanda.



En su primera etapa, el equipo se dedicó a la investigación y al reclutamiento por invitación del resto de la plantilla que trabajaría en el proyecto, llegando a tener en activo a más de 25 participantes, de los cuales solo 9 terminarían llegando a instancias de competencia. Así, en otoño e invierno del 2008 se trabajó en el diseño del primer prototipo virtual, el cual se sometió a evaluación por parte de los Asesores del proyecto para constatar el trabajo y la seriedad que se proponía llevar, ya que este no fue el primer intento para formar un equipo de Fórmula SAE en la Facultad de Ingeniería; en el pasado existieron muchos más que de igual manera, por inquietud de los alumnos, intentaron traer este proyecto a la UNAM sin tener éxito en el proceso, razón por la cual existía gran escepticismo por parte de los directivos para brindar apoyo al proyecto, aunando a esto, por la crisis económica mundial por la que se atravesaba en 2008 y por tener en vigencia a otro equipo, Escudería Puma, en activo dentro de la Facultad.

Sin embargo, esta temprana carencia de apoyo institucional tuvo su lado positivo, al generar contacto con otras instituciones Universitarias, el caso del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial, y consiguiendo apoyo de privados, el caso de Vehizero y Autoexcell. El apoyo de estos privados derivó en el primer acercamiento de manufactura, al prestar sus instalaciones para el desarrollo del primer chasis y como centro logístico durante el verano del 2009. El trabajo realizado en este periodo de inactividad académica le rindió grandes frutos al proyecto; en la parte administrativa se trabajó en la imagen del equipo, así como en la metodología de generar presentaciones para buscar patrocinadores, de donde surgió el patrocinador principal del equipo, el ICyTDF (Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal), y donde también se obtuvo experiencia en la presentación del proyecto con empresas transnacionales, como Gillette, Lucas Oil y Mitsubishi. En la parte técnica se logró juntar a todo el equipo de diseño en un solo sitio, logrando el trabajo en conjunto enfocado en la solución de problemas relacionados a la interacción entre sistemas y al empaquetamiento de ingeniería; como se menciona con anterioridad, se llevó a manufactura



el chasis del carro que se tenía

diseñado en CAD, esto con la finalidad de rendirle cuentas del avance de trabajo generado con miras a la competencia 2010 a la jefatura de la DIMEI (División de Ingeniería Mecánica e Industrial, de la Facultad de Ingeniería) a presentarse durante el inicio del semestre 2010-1. Lo más destacable de haber materializado este chasis fue que sirvió como referente físico del auto que se estaba diseñando, resaltando el hecho de tener geometrías sumamente complejas y estar mal dimensionado, por lo que se decidió de manera grupal rediseñar todo el auto partiendo de esta primera experiencia.

De esta manera durante todo el semestre 2010-1 se trabajó en el rediseño en CAD de todos los sistemas del auto, llevando a la par de este un plan de manufactura. El compromiso del

equipo se incrementó al registrarse en la competencia FSAE West 2010 con apoyo de la Facultad de Ingeniería, bajo el nombre de Pumas UNAM con el número 31. En el periodo intersemestral consecuente se trabajó hasta concretar el diseño de los sistemas primarios del auto para comenzar su manufactura, la cual inició junto al semestre 2010-2 utilizando los laboratorios de manufactura del CIDI-UNAM, trabajando en simultáneo dentro del laboratorio de manufactura avanzada del CDMIT y de los talleres de manufactura de Ingeniería Mecánica, también ubicados dentro del CDMIT.

El proceso de manufactura y ensamble requirió de todos los conocimientos de los miembros del equipo, sobrepasándolos e incrementándolos en cada oportunidad, y de la asesoría invaluable de los encargados y trabajadores de cada uno de

Izquierda. Organigrama del primer equipo de Fórmula SAE.

Arriba. Presentación del proyecto ante directivos, previo a asistir a competencia. De izquierda a derecha por filas: Dr. Armando Ortiz (SAE Faculty Advisor, Jefe de la UDIATEM), Ing. Mariano García (Project Advisor, Coordinador de Ingeniería Mecánica), Gerardo González, Bruno Verde, Brian Hollands, Norman Vázquez, Francisco López, Ismael Ayala, Mtro. Gonzalo Guerrero (Director de la Facultad de Ingeniería), Dr. Leopoldo González (Jefe de la DIMEI), Fernando Castro, Jaime Córdoba y Mario Sánchez Armas.



Capítulo 2

UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad

Derecha. Primeras pruebas del Puma FR.010 en los estacionamientos del Anexo de la Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria.

Abajo. Ensamble de todos los sistemas finalizado, Ontario CA.

Página posterior. El equipo Fórmula SAE de la UNAM en sesión fotográfica para la Gaceta Digital de la Facultad de Ingeniería tras llegar de competencia en Junio del 2010. De izquierda a derecha: Ismael Ayala, Gerardo González, Norman Vázquez, Bruno Verde, Ing. Mariano García, Mario Sánchez Armas, Brian Hollands, Fernando Castro y Jaime Córdoba.



los talleres donde se tuvo presencia. Al comenzar con ensambles de mayor tamaño, excediendo el espacio disponible dentro del cubículo de la Sociedad, se acondicionó un espacio de trabajo dentro del CDMIT usando los recursos del proyecto, para así poder arrancar con los ensambles mayores sobre el chasis.

Ya a finales de Mayo, muy cercanos a la fecha de competencia, se trabajó de tiempo completo en sitio, aprovechando al máximo cada hora disponible dentro de talleres solucionando todo problema en lista y aquellos que iban surgiendo inesperadamente, explotando al máximo el talento y las habilidades de cada uno de los involucrados dentro del proyecto. Esta etapa fue la más demandante de todas, ya que exigió física y mentalmente a los miembros del equipo en grados que superaron sus límites de rendimiento individuales más allá de la fatiga y del cansancio, estando en instancias finales del semestre en curso. El día lunes 7 de Junio se tuvo la presentación oficial del proyecto ante los directivos de la Facultad de Ingeniería, junto al auto que iba a asistir a competencia, este hecho generó mayor presión y aceleró todas las actividades de manufactura y ensamble, logrando así tener un vehículo casi en entero terminado; el resto de esa semana, la última en México antes de partir a California, se completó el resto del vehículo, poniéndolo en marcha por primera vez y comprobando que todos los sistemas funcionaran. La carrocería se terminó un día antes de partir, montándola de manera provisional sobre el auto para comprobar que no existieran interferencias por parte de ninguno de sus elementos con la ingeniería del carro, corrigiendo las existentes. El proceso de ensamble y puesta a punto de los sistemas no terminó ahí, se tuvieron que aprovechar al máximo cada hora disponible en las escalas realizadas en territorio nacional y todo el día previo a la competencia ya estando en California, para completar y rectificar cada uno de los ensambles en el auto para cumplir de lleno con la hoja de inspección técnica y con el reglamento, logrando de esta manera el primer auto tipo fórmula de la Universidad.





Capítulo 2

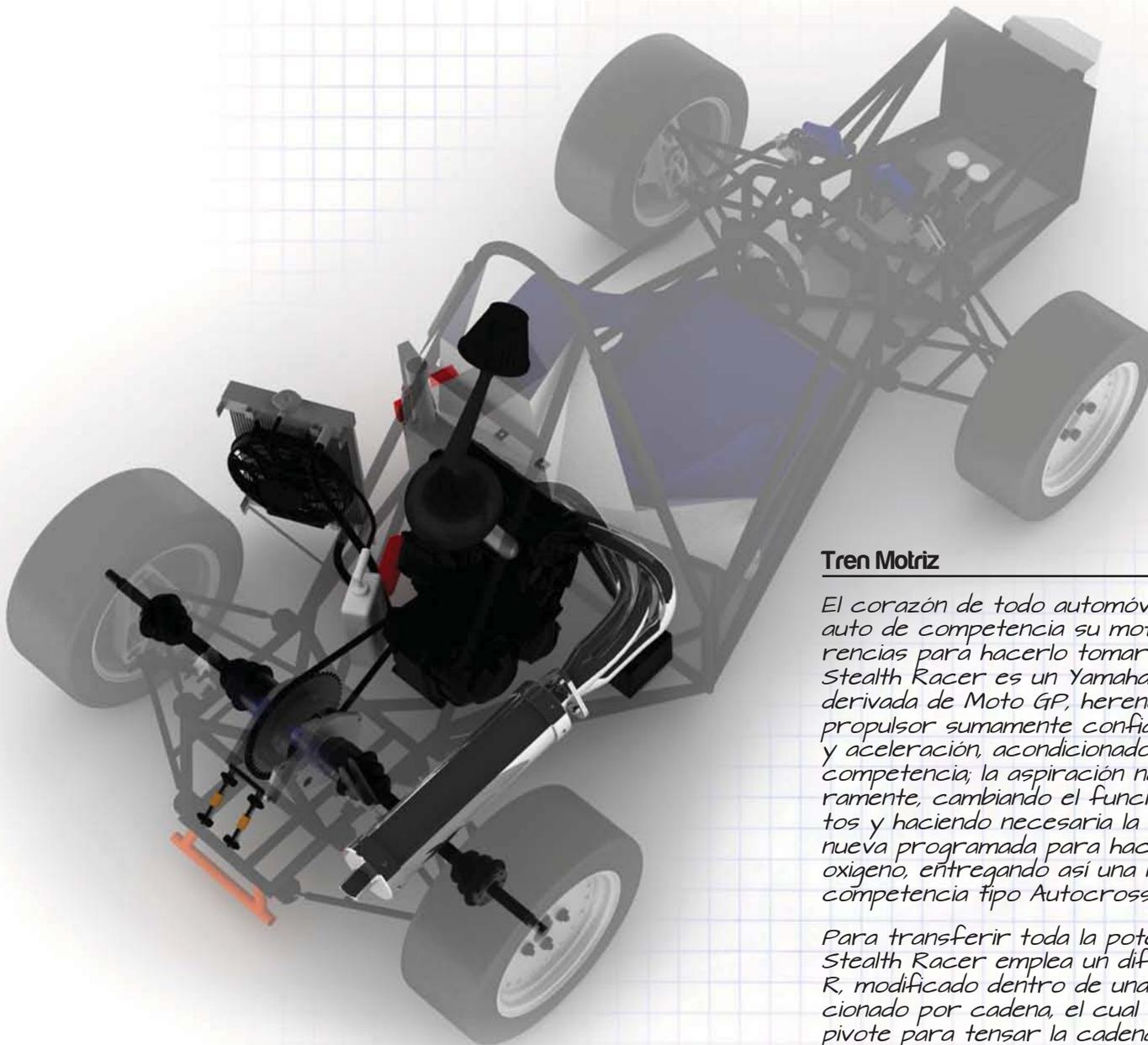
UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad

Página posterior. Puma FR.010 Stealth Racer en la explanada del Museo Universitario de Arte Contemporáneo, Ciudad Universitaria.

2.4 Puma FR.010 Stealth Racer

Motor	
Tipo	Yamaha R6 2008/aspiración natural restringida
Desplazamiento	599 cc3
No. Cilindros	4 en línea transversales
Potencia (estimada)	70 hp @ 11,500 rpm
Transmisión	
Caja de velocidades	Yamaha R6 manual/6 velocidades secuenciales
Tracción	Trasera a cadena
Diferencial	Honda Civic Type R (modificado)
Suspensión	
Delantera	Doble A Pull Rod (viaje +1" -1")
Trasera	Doble A Pull Rod + Track Rod (viaje +1" -1")
Amortiguadores	Fox Racing DHX RC4
Frenos	
Delanteros	Discos perforados de acero Ø 252.3 mm
Traseros	Disco perforado de acero Ø 239.3 mm (sobre el diferencial)
Calipers	Wilwood Dynalite Single Floater
Pastillas	Performance Friction Brakes
Dirección	
	Piñón y cremallera
Neumáticos	Hoosier 13 x 7 Slicks
Chasis	Estructura tubular (acero A36)
Carrocería	PRFV/Aluminio cal. 16
Tanque de combustible	Estructura de aluminio (10 litros)
Dimensiones generales	Altura 1178 mm/Largo 3068 mm
Distancia entre ejes	1750 mm
Ancho de vía	Adelante 1442 mm/Atrás 1394 mm
Peso	310 kg





Tren Motriz

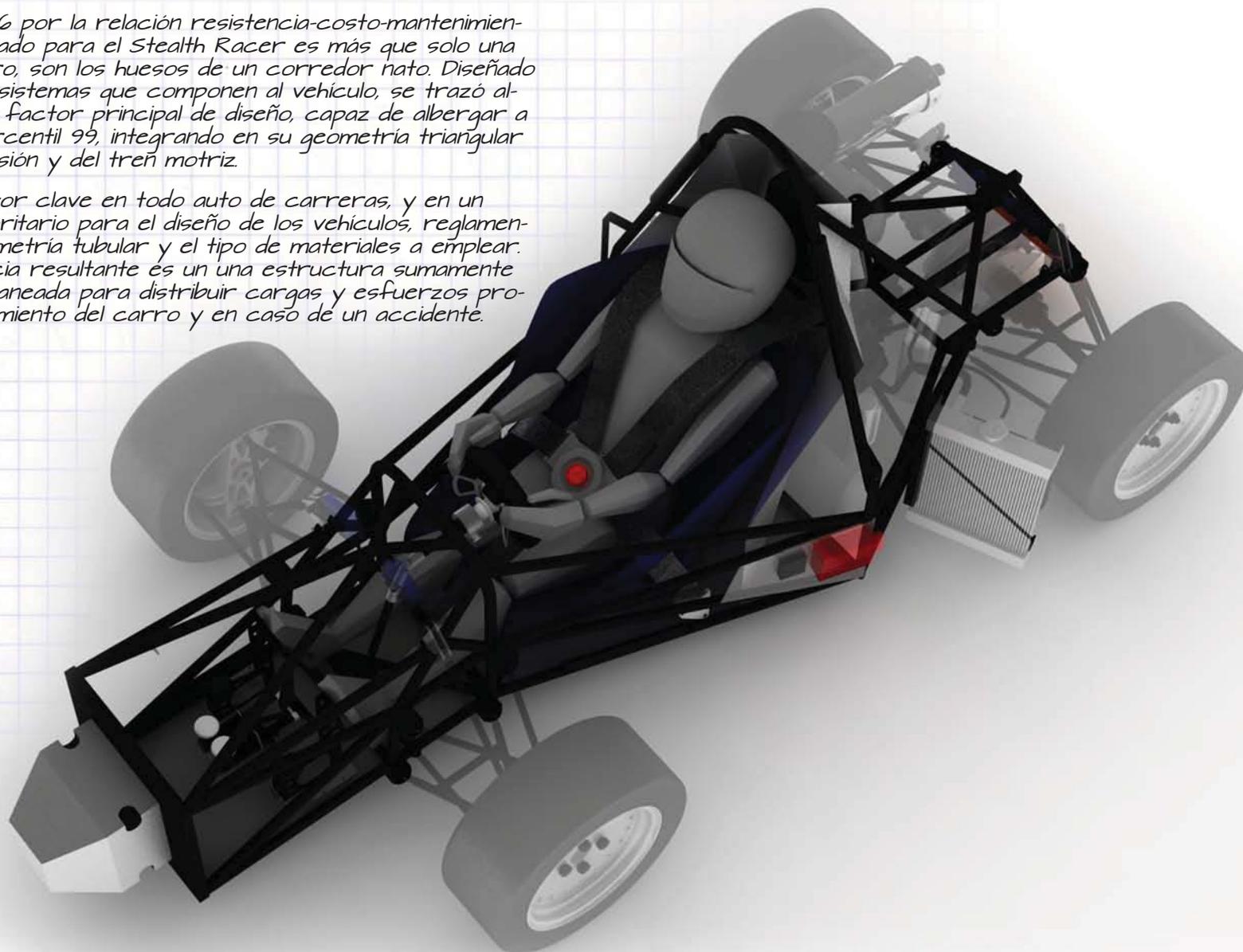
El corazón de todo automóvil es su motor, y al tratarse de un auto de competencia su motor es una de sus principales referencias para hacerlo tomar en cuenta. El motor elegido para el Stealth Racer es un Yamaha R6, de ingeniería de alto rendimiento derivada de Moto GP, herencia tecnológica que lo hace ser un propulsor sumamente confiable capaz de otorgar gran poder y aceleración, acondicionado para cumplir con el reglamento de competencia; la aspiración natural del motor se restringe severamente, cambiando el funcionamiento del motor en todos aspectos y haciendo necesaria la incorporación de una computadora nueva programada para hacer trabajar al motor con menos oxígeno, entregando así una nueva curva de poder ideal para la competencia tipo Autocross.

Para transferir toda la potencia del motor al eje trasero, el Stealth Racer emplea un diferencial comercial de un Honda Type R, modificado dentro de una carcasa de aluminio para ser accionado por cadena, el cual va montado sobre una estructura pivote para tensar la cadena según sea requerido.

El Chasis

Construido en acero A36 por la relación resistencia-costo-mantenimiento, el chasis tubular creado para el Stealth Racer es más que solo una plataforma para el carro, son los huesos de un corredor nato. Diseñado para integrar todos los sistemas que componen al vehículo, se trazó alrededor del piloto como factor principal de diseño, capaz de albergar a un usuario masculino percentil 99, integrando en su geometría triangular los anclajes de la suspensión y del tren motriz.

La seguridad es un factor clave en todo auto de carreras, y en un FSAE es un factor prioritario para el diseño de los vehículos, reglamentando seriamente la geometría tubular y el tipo de materiales a emplear. La célula de supervivencia resultante es una estructura sumamente rígida, ligera y segura, planeada para distribuir cargas y esfuerzos propiciados por el funcionamiento del carro y en caso de un accidente.

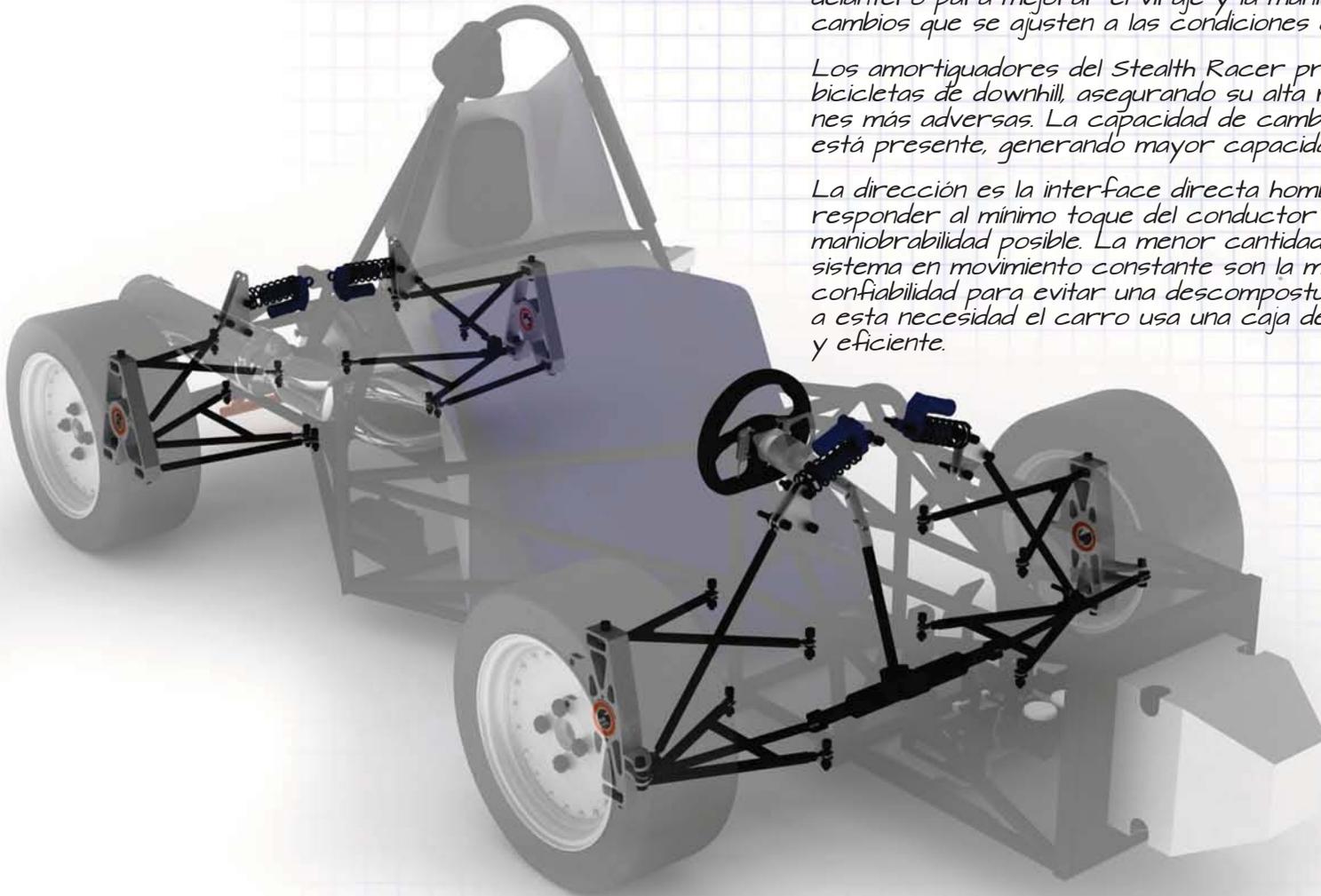


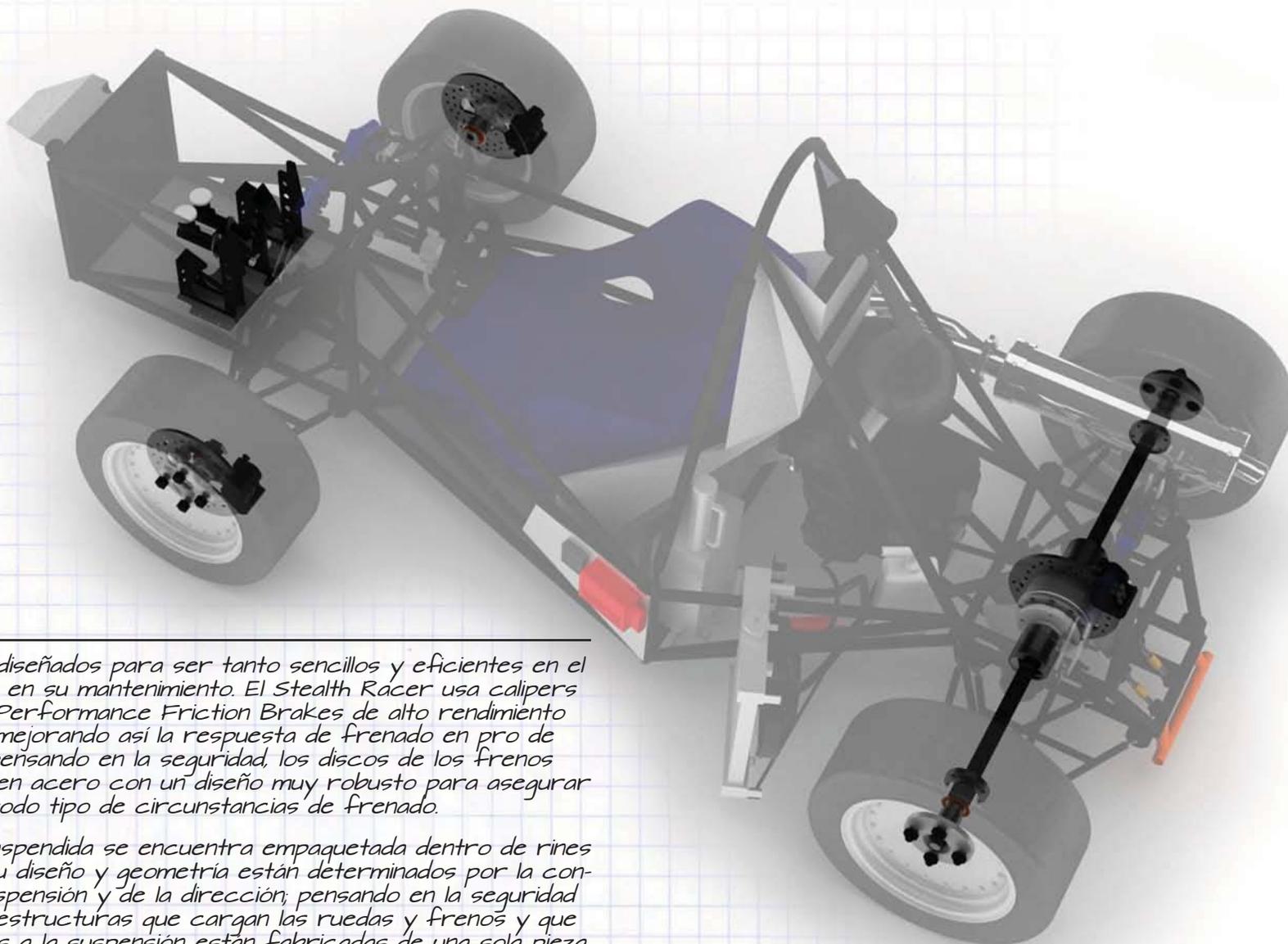
Suspensión y Dirección

El diseño de la suspensión sigue la filosofía general de diseño, otorgando confianza en pro de la seguridad usando tubular de acero en su estructura y elementos de alto rendimiento en las uniones al chasis. La capacidad de cambiar la configuración en la geometría del eje delantero para mejorar el viraje y la maniobrabilidad, permite hacer cambios que se ajusten a las condiciones de pista.

Los amortiguadores del Stealth Racer provienen del mundo de las bicicletas de downhill, asegurando su alta resistencia en las condiciones más adversas. La capacidad de cambio de configuración de nuevo está presente, generando mayor capacidad de ajuste para la carrera.

La dirección es la interface directa hombre-máquina, diseñada para responder al mínimo toque del conductor para así tener la mejor maniobrabilidad posible. La menor cantidad de componentes en un sistema en movimiento constante son la mejor solución en pro de la confiabilidad para evitar una descompostura inesperada, respondiendo a esta necesidad el carro usa una caja de piñón y cremallera, sencilla y eficiente.





Frenos

Los frenos están diseñados para ser tanto sencillos y eficientes en el empaquetamiento y en su mantenimiento. El Stealth Racer usa calipers Wilwood y balatas Performance Friction Brakes de alto rendimiento para competición, mejorando así la respuesta de frenado en pro de la maniobrabilidad; pensando en la seguridad, los discos de los frenos están contruidos en acero con un diseño muy robusto para asegurar su integridad bajo todo tipo de circunstancias de frenado.

Toda la masa no suspendida se encuentra empaquetada dentro de rines de aluminio de 13", su diseño y geometría están determinados por la configuración de la suspensión y de la dirección; pensando en la seguridad del conductor, las estructuras que cargan las ruedas y frenos y que los mantienen unidos a la suspensión están fabricadas de una sola pieza usando aleaciones de aluminio aeroespacial, diseñadas para incrementar la resistencia en contra de los esfuerzos a los que son sometidas.



Arriba. Auto #1 perteneciente al Rochester Institute of Technology en la foto grupal, FSAE California 2010.

Derecha. Calcomanías de la inspección técnica completas.



2.5 FSAE California 2010

Fórmula SAE California, conocida popularmente como FSAE West, es la segunda fecha en el calendario de eventos realizados anualmente de Fórmula SAE a nivel internacional; FSAE West comenzó en el 2006 como respuesta a la alta demanda de participantes de origen norteamericano, para generar de esta manera más eventos de competición que albergaran mayor número de equipos y también dando la oportunidad a equipos con mayor preparación el poder competir en más de un evento para demostrar la calidad de su trabajo, como sucede en Europa, al grado de que en 2008 y 2009 se efectuaron 3 competencias en Estados Unidos: FSAE Michigan (el evento más importante de todo el serial), FSAE California y FSAE Virginia. Gracias a la ubicación del evento, este ha sido el más recurrido por equipos mexicanos desde su inicio, donde hasta el 2010 han participado equipos pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México, al Instituto Politécnico Nacional, a la Universidad Panamericana, a la Universidad Ibero Americana, a la Universidad Autónoma del Estado de México, al Instituto Tecnológico de Chihuahua, al Tecnológico de Monterrey campus Querétaro y al Grupo CEDVA.

FSAE California 2010 fue la primera participación de la UNAM en esta competencia, a la cual el equipo se presentó con mucho nerviosismo y escepticismo debido a la falta absoluta de experiencia, teniendo únicamente la referencia de antiguos participantes de otras universidades y al reglamento; aunado a lo anterior, el equipo se presentaba con muy poca retroalimentación del desempeño del Puma FR.010, ya que en México se probó solo en un par de ocasiones antes de partir hacia Estados Unidos y debido también a que el ensamble final se terminó sin poder hacer pruebas funcionales. A continuación se hace una reseña del evento, efectuado del 16 al 19 de Junio de 2010.

Día 1. Durante el primer día de actividades saltó a la luz el hecho de ser un equipo novato, ya que la falta de experiencia previa retrasó el proceso de registro y acomodo del equipo en el paddock, y también el poder entrar a inspección técnica (requisito indispensable para poder participar en los eventos dinámicos). Toda la mañana se destinó a rectificar todos los puntos dentro de la hoja de inspección para no ser rechazados por el incumplimiento de cualquier detalle dentro de la misma, trabajando en el paddock sobre el auto para dejarlo listo. También fue el primer acercamiento real para conocer otros autos a detalle, ya que durante el desarrollo solamente se habían tenido dos acercamientos para conocer un FSAE en México, con el auto de Grupo CEDVA y con el de la UP, los cuales no dieron muchas pistas sobre lo que se estaba haciendo bien o mal, esto también brindó la oportunidad de crear relaciones con otros equipos para poder platicar sobre sus experiencias y sobre sus criterios de diseño, y para adquirir su punto de vista sobre nuestro carro.



Arriba. El equipo haciendo ajustes técnicos en el paddock.



Izquierda. El Puma FR.010 en la estación de peso siendo acomodado sobre las balanzas.



Arriba. El Puma FR.010 sobre la plataforma de inclinación siendo evaluado a 45°.

Día 2. El segundo día estuvo lleno de actividad para el equipo, se tuvieron los 3 eventos estáticos, se terminó con la inspección técnica y con la prueba de inclinación del carro, se comenzó con la prueba de sonido y se llevó a cabo la foto grupal de todos los equipos con sus autos. Todas estas actividades comenzaron a exigir al máximo a cada miembro del equipo; al no haberse preparado con anticipación el Presentation Event, se realizó como asignación personal para concretarlo una noche antes a la presentación, noche en la cual se presentaron diversas dificultades técnicas atentando en contra de su elaboración, teniendo como resultado final una presentación bien lograda la cual recibió buenas críticas por

parte de los jueces. Al concluir los compromisos generados por los eventos estáticos, se regresó al paddock con la finalidad de preparar al carro para las evaluaciones dinámicas, prueba de sonido y de frenado, sin embargo el ruido producido por el auto sobrepasaba por más de 10 decibels el máximo permitido de 110, propiciando el buscar soluciones que ayudaran a reducir la emisión de decibels extras; al no ser el único equipo con este problema, se contó con la ayuda de otras universidades las cuales habían encontrado soluciones positivas, sin embargo ese día no se solucionó el problema que ocasionaba la sonorización excesiva, llevándonos al hotel trabajo que realizar en el silenciador y múltiple de escape.

Día 3. El tercer día dio comienzo a los eventos dinámicos, Acceleration, Skid Pad y Autocross, los cuales requerían el haber completado todas las inspecciones, incluidas ruido y frenado. Tras haber trabajado fuera de sitio en el escape del auto, este fue instalado de nuevo con la esperanza de reducir los decibeles extras que se estaban produciendo, por mala fortuna esto no sucedió, así que se busco otra solución. Se consiguió material aislante de distintos tipos para amortizar el ruido del motor, generando una cubierta por detrás del Main Hoop que se integró a la carrocería; ya con todas las cubiertas y aislante extra por detrás del firewall por fin se logró pasar la prueba de sonido, dando lugar a la prueba de frenado.

Al estar corriendo el tiempo se generaba mayor presión, ya que la pista se cerraba a medio día y con ello se daban por finalizados dos eventos dinámicos. La prueba de frenado exigió al máximo la ingeniería del carro a grado tal, después de muchos intentos, cuando se concreto correctamente con el bloqueo de las cuatro ruedas el carro quedó varado resultado de una unión de la suspensión delantera izquierda rota. Trasladar el auto al paddock, desarmar, reparar y volver a armar la suspensión delantera consumió demasiado tiempo, ya de regreso las condiciones de la pista y la presión para poder asistir a Autocross jugaron en contra, resignando al equipo a participar solo en Endurance al día siguiente.

Izquierda. El Puma FR.010 a un costado de la línea de frenado con la suspensión rota.

Abajo. El Puma FR.010 se prepara en la línea de frenado después de superar la inspección de ruido.





Capítulo 2

UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad

Abajo. El Puma FR.010 en la pista de pruebas dando vueltas de calentamiento.

Derecha. Reparando la masa delantera rota al lado de la pista de pruebas.

Página posterior arriba. La salida del Puma FR.010 en la pista de Endurance.

Página posterior abajo. El Puma FR.010 corriendo la primer tanda de vueltas de Endurance.

Día 4. Como se tenía planteado, las condiciones de pista y la mente fresca de todo el equipo ayudaron a pasar de manera rápida y eficiente la prueba de frenado, completando toda la inspección técnica, pasando directamente a la pista de prácticas para probar el funcionamiento del auto y para entrenar a los pilotos bajo condiciones de competencia; de nueva cuenta se presentó un inconveniente técnico, esta vez se trataba de algo mayor, el perno de la masa delantera derecha. Al ser una pieza de acero torneada era prácticamente irremplazable, pero la inventiva y el optimismo del Ing. Mariano García nos dio la clave para solucionar ese problema, de nuevo llevando al máximo el ingenio del equipo se arreglo el percance regresando directamente a la pista de prácticas con el segundo piloto, e impensablemente ocurrió la misma ruptura pero del lado izquierdo. En esos momentos ya no podíamos tener una fortuna peor, así que se volvió a reparar el carro con la consigna de que sí volvía a ocurrir una descompostura

sería compitiendo; esta segunda reparación se llevó a cabo al lado de la pista de prácticas, una vez concretada se procedió a llenar el tanque de combustible para tener la relación de consumo durante Endurance, todo esto de manera literal se hizo corriendo en contra del reloj. Para cuando se llegó al circuito de Endurance, justo tras haber formado al carro en la fila de partida se cerró la admisión al evento; el carro y el primer piloto se alistaron y salieron a dar las primeras 11 vueltas aún con tráfico en pista, durante estas vueltas se hizo presencia un sonido nada alentador en el auto intensificándose vuelta tras vuelta; al llegar el cambio de pilotos no hubo mayor inconveniente y se regresó a competencia, siendo esas 11 vueltas faltantes sumamente estresantes, el sonido se intensificaba más y más, haciendo cada vuelta eterna y angustiante, hasta que por fin ondeó la bandera blanca y tras 90 segundos la bandera a cuadros.



El júbilo de haber concretado la prueba más demandante en toda la competencia en contra de toda expectativa es algo de difícil descripción, aunándose a esto las felicitaciones de los jueces y del staff dentro de la pista. Al concluir la prueba todo el equipo se dirigió al área de carga de combustible para sacar la relación del combustible consumido. El día, y con ello la competencia, concluyó con la ceremonia de premiación donde ya se suponía haber conseguido el premio al Novato del Año, esta suposición se llenó de nerviosismo cuando el maestro de ceremonias se detuvo por un momento para leer correctamente el nombre de la universidad galardonada, ya que la competencia directa era por parte de un equipo japonés y un hindú, pero todo cambio cuando se pronunció: "Universidad Nacional Autónoma de México".





Capítulo 2
UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad



Resultados. Cuando se inició con el proyecto se decía muy fácil que las metas del equipo eran ser el mejor equipo mexicano y el novato del año en competencia. Tras más de año y medio de trabajo, dedicación y sacrificio se logró el primer resultado significativo: haber diseñado y construido un auto de competencia para FSAE. El segundo gran logro fue el haber llegado a competencia, de donde derivaron otra serie de logros significativos: pasar toda la inspección técnica estática y dinámica, haber concretado el Endurance Event y con ello haber superado todas las dificultades que se fueron presentando durante la competencia.

Los resultados de FSAE California 2010, con 79 equipos registrados fueron:

- 26º Lugar en la general (347.91 pts.)
- 26º Lugar, Design Event (79 pts.)
- 39º Lugar, Presentation Event (37.9 pts.)
- 40º Lugar, Cost Event (54.7 pts.)
- 18º Lugar, Endurance Event (122.45 pts.)
- 5º Lugar, Fuel Economy(53.85 pts.)
- Mejor equipo novato, William C. Mitchell Rookie Award
- Mejor equipo mexicano
- Mejor equipo latinoamericano

Por otra parte, la organización de Formula Student Germany realiza un ranking mundial, donde entre 475 equipos en competencia después de FSAE California la UNAM obtuvo la siguiente ubicación:

- 179º Lugar
- Mejor equipo novato
- Mejor equipo mexicano
- 3º Mejor equipo latinoamericano



Página anterior. El Puma FR.010 llegando a la meta en la prueba de Endurance.

Arriba. El equipo se dirige de regreso a los paddocks al finalizar el segundo día de competencia.

Izquierda. Gráfico diseñado en honor al título de novatos del año.



Abajo. Proceso de manufactura del chasis del Puma FR.011.

2.6 UNAM Motorsports 2.0

Al terminar con éxito la temporada 2010 de competencia, el equipo se propuso un objetivo mayor, el cual requeriría de toda la experiencia adquirida por más de año y medio: generar la base para la continuidad a futuro del proyecto dentro de la Universidad. Materializar este objetivo planteaba una serie de retos de naturaleza muy diversa a los que se habían superado con anterioridad, todo giraba en torno a la correcta organización, documentación del trabajo y del legado de los conocimientos adquiridos, así como el preparar a una generación nueva para que ellos a su vez prepararan a las futuras generaciones, y en paralelo a este trabajo administrativo se planteó el evolucionar todo el diseño del Puma FR.010 generando mejor empaquetamiento de sistemas y reducción general de peso.

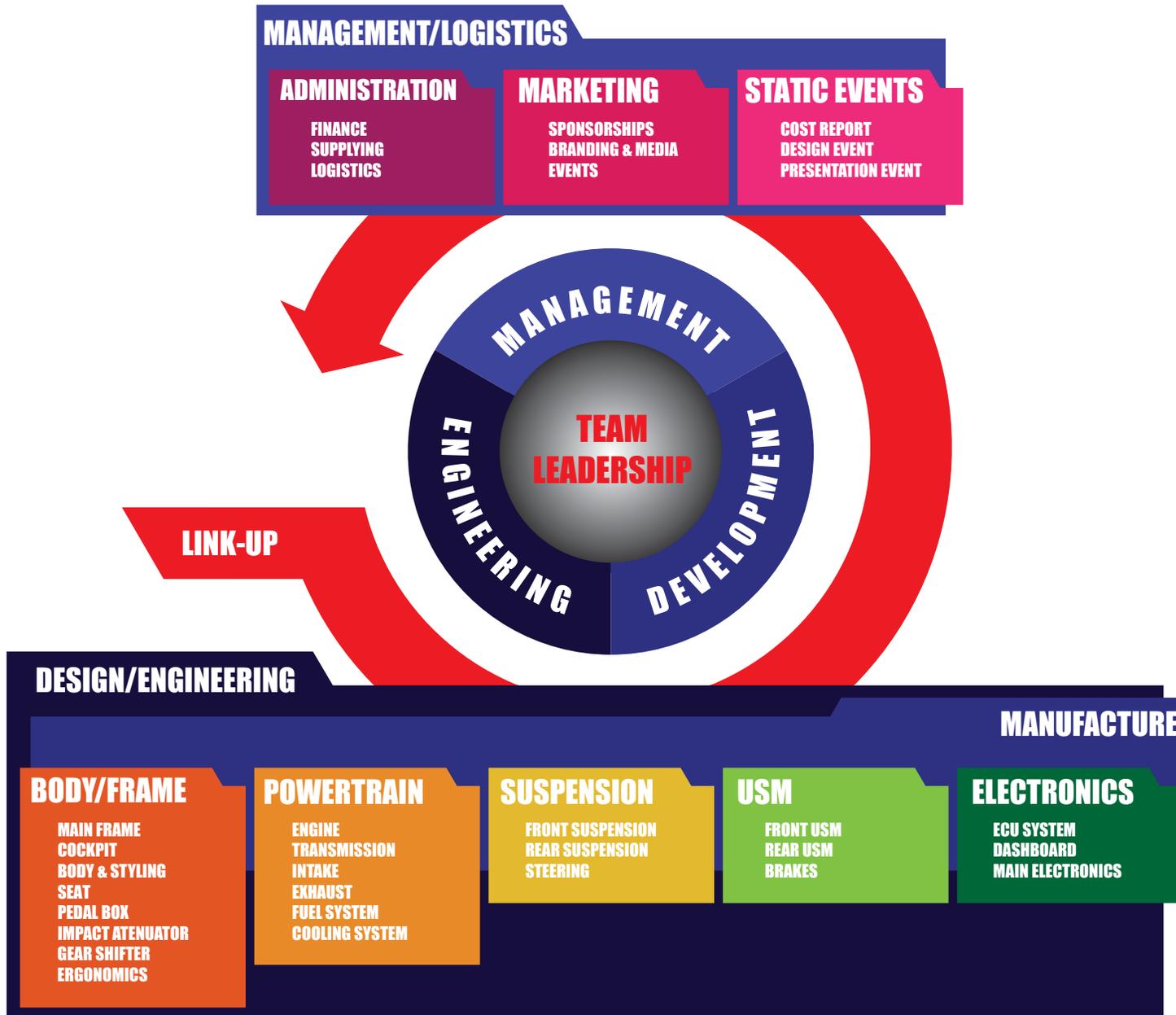
Uno de los primeros pasos fue el comenzar a generar difusión del proyecto y de los resultados, esto para crear una carta de presentación sólida con la cual poder abordar a nuevos posibles patrocinadores y así tener mayores recursos para generar



un vehículo de mayor calidad. Para abordar esta nueva necesidad se reestructuró la imagen del equipo usando el material audio visual recolectado durante FSAE West 2010, el cual mostraría su valor con el paso de los meses. De igual manera y de importancia significativa, se realizó el reclutamiento de la nueva plantilla para fortalecer todas las áreas técnicas y administrativas, especializando tareas y dejando de lado la ejecución de múltiples diseños de distintos sistemas por un solo individuo; este último objetivo se vería frustrado al transcurrir de la nueva temporada por diversos factores, saturando la carga de trabajo de menos de la mitad del equipo, en quienes residía la capitania y liderazgo del proyecto presente y a futuro..

Para asignar tareas a los nuevos integrantes y repartir equitativamente el desarrollo del nuevo vehículo, se estructuró un nuevo organigrama basado en la metodología de trabajo de equipos europeos exitosos a nivel internacional. El seguir este ejemplo se basó en el hecho de que estos equipos en un periodo relativamente corto de tiempo se ganaron una reputación de primera, volviéndose un ejemplo a seguir en todos los aspectos de desarrollo que involucra Fórmula SAE, administrativa y tecnológicamente. La nueva organización del equipo se centró en dividir las tareas de liderazgo en 3 áreas: administración y logística, diseño de ingeniería, y desarrollo y manufactura; estas áreas se planearon de manera tal que entre sí se complementaran y asistieran todos los problemas que se presentaran. El trabajo de desarrollo se dividió en 2 áreas mayores de desarrollo: ingeniería y diseño, y administración del proyecto; de esta manera se lograba en teoría el separar por completo la parte técnica de aquella encargada de dar difusión, proveer de recursos y de la gestión administrativa.

Con la creencia de tener una plantilla numerosa y especializada, durante la temporada 2011 el equipo llegó a tener en activo a más de 30 integrantes asignados estratégicamente en todas las áreas de desarrollo según aptitudes y disponibilidad de horarios, de los cuales 8 de ellos formaban parte del equipo que compitió en 2010. Sin embargo, debido a





Capítulo 2

UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad



mermas de rendimiento personal y de deserción, el equipo terminó con 20 integrantes activos para asistir a competencia.

La totalidad del proceso de diseño se manifestó como una evolución de la metodología planteada durante la temporada pasada, generando en su proceso mayor comunicación entre los responsables de cada sistema para así crear un diseño mejor logrado que mostrará el compromiso de trabajo que se tenía con la institución. La meta global de diseño se planteó en mejorar el empaquetamiento, reducción de peso general en todos los sistemas y en la planeación a detalle del diseño y manufactura de todos los sistemas. Para lograr esta meta, se calendarizó el desarrollo del nuevo vehículo de acuerdo a la experiencia previa considerando 4 etapas generales: reingeniería e investigación, manufactura y ensamble, ajustes y pruebas, y finalmente la competencia.

De esta manera, durante todo el semestre 2011-1 se trabajó en el diseño y reingeniería en CAD, con la intención de comenzar labores de manufactura en el periodo intersemestral consecuente; desgraciadamente se presentaron demoras en el diseño y financieras, por lo que la manufactura no comenzó sino hasta principios de Marzo con la fabricación del chasis y maquinado de piezas pequeñas. Esta demora en la manufactura afectó severamente la finalización del diseño de varios sistemas dependientes de la manufactura de piezas clave, manteniendo en espera ensambles finales de gran importancia, generando tiempos muertos que atentaban seriamente en contra del proyecto. Al transcurrir de las semanas se avanzaba cuanto se podía, tratando de finalizar la manufactura de todo lo que estuviera listo para agilizar el ensamble final, el cual se postergó hasta finales de Mayo.

La historia se repitió desgraciadamente debido a factores fuera del control del equipo, el automóvil se probó por primera vez 3 días antes de que partiera a California; durante estos días finales todo minuto contaba, por lo que se trabajaban las 24 horas del día. En las pruebas realizadas se presentaron varios problemas técnicos, consumiendo tiempo

precioso en reparaciones y puesta a punto del carro. Durante la noche previa a la presentación oficial se accidentó el carro contra una banqueta mientras se le hacían pruebas, por lo que se tuvo que reconstruir la suspensión trasera en contra del reloj en paralelo a terminar de construir la carrocería. En estos momentos llenos de angustia y estrés la experiencia de aquellos que ya habían pasado por esas circunstancias jugó un papel fundamental, al igual que lo hizo el optimismo de quienes creían en lograr lo impensable en tan poco tiempo, alentando a aquellos en quienes recaía toda la presión.

El 10 de junio se presentó el Puma FR.011 ante la comunidad universitaria enfrente del Estadio Olímpico Universitario, donde se pudo hacer una demostración dinámica del vehículo. Al terminar el evento se regresó al CDMIT para comenzar a em-

pacar todo el equipo y suministros, racionando todo lo que se iba a llevar a competencia por el cambio logístico que hubo de contar únicamente con una camioneta para transportar al carro a California a diferencia del año anterior donde se contó con un remolque de la Facultad de Ingeniería. Mientras una parte del equipo hacia los preparativos logísticos, otro grupo fue de nueva cuenta al estacionamiento donde se realizó la presentación para hacer las últimas pruebas con los pilotos que iban a participar en competencia y para afinar la puesta a punto de la computadora del motor y para arreglar los detalles mecánicos que se habían presentado los días anteriores. Esa noche el auto partió a la frontera, donde un par de días después se alcanzaría para ser llevado hasta California a la espera del resto del equipo para comenzar la competencia el 15 de Junio.

Página anterior arriba. El chasis del Puma FR.011 comienza su ensamble final.

Página anterior abajo. El Puma FR.011 en el taller después de una serie de pruebas nocturnas en los estacionamientos del CDMIT.

Abajo. Presentación oficial frente al Estadio Olímpico Universitario, Ciudad Universitaria.





Capítulo 2

UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad

Página posterior. El Puma FR.011 en la fila del Acceleration Event. El auto #9 de la Oregon State University (Global Formula Racing) en segundo plano.

2.7 Puma FR.011 Warbird

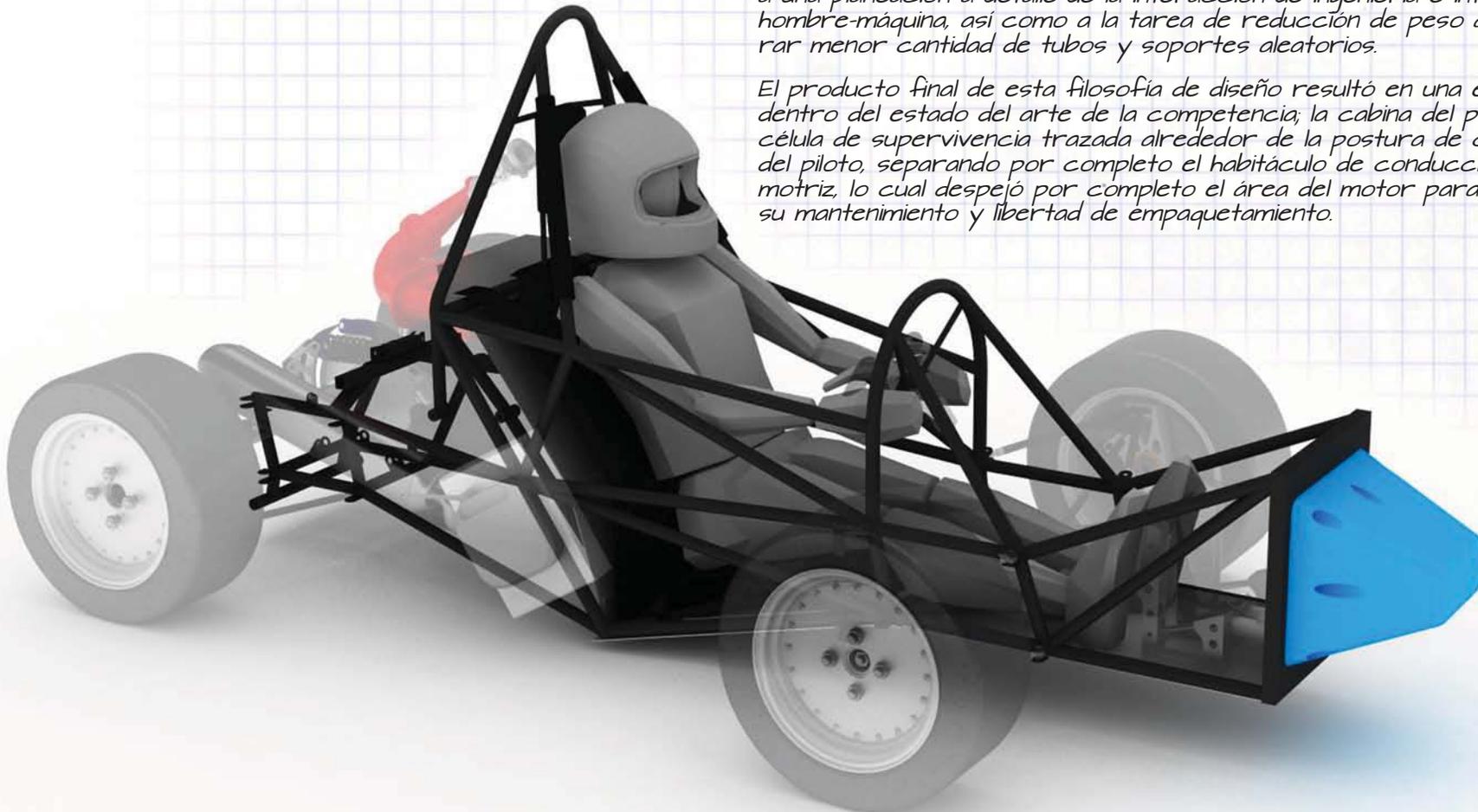
Motor	
Tipo	Yamaha R6 2008/aspiración natural restringida
Desplazamiento	599 cc3
No. de Cilindros	4 en línea transversales
Potencia	85.3 hp @ 11,500 rpm
Transmisión	
Caja de velocidades	Yamaha R6 manual/6 velocidades secuenciales
Tracción	Trasera a cadena
Diferencial	Honda Civic Type R (modificado)
Suspensión	
Delantera	Doble A Push Rod (viaje +1" -1")
Trasera	Doble A Pull Rod + Track Rod (viaje +1" -1")
Amortiguadores	Fox Racing DHX RC4
Frenos	
Delanteros	Discos perforados de acero Ø 203 mm
Traseros	Discos perforados de acero Ø 203 mm
Calipers	Wilwood Dynalite Single Floater
Pastillas	Performance Friction Brakes
Dirección	
Dirección	Piñón y cremallera
Neumáticos	Hoosier 13 x 7 Slicks
Chasis	Estructura tubular (acero A36)
Carrocería	PRFV
Tanque de combustible	Estructura de aluminio (7 litros)
Dimensiones generales	Altura 1184 mm/Largo 2937 mm
Distancia entre ejes	1650 mm
Ancho de vía	Adelante 1384 mm/Atrás 1352 mm
Peso	248 kg



Chasis

El chasis diseñado para el Warbird es una evolución considerable de su predecesor, desarrollado para solventar las carencias de empaquetamiento e integración de sistemas que se evidenciaron durante su periodo de competencia. Usando de nueva cuenta el concepto de estructura tubular y manufactura en acero A36 por presentar grandes ventajas en comparativa a otro tipo de sistema de chasis, se replanteo enteramente la concepción de su geometría triangular como respuesta a una planeación a detalle de la interacción de ingeniería e interfaces hombre-máquina, así como a la tarea de reducción de peso al incorporar menor cantidad de tubos y soportes aleatorios.

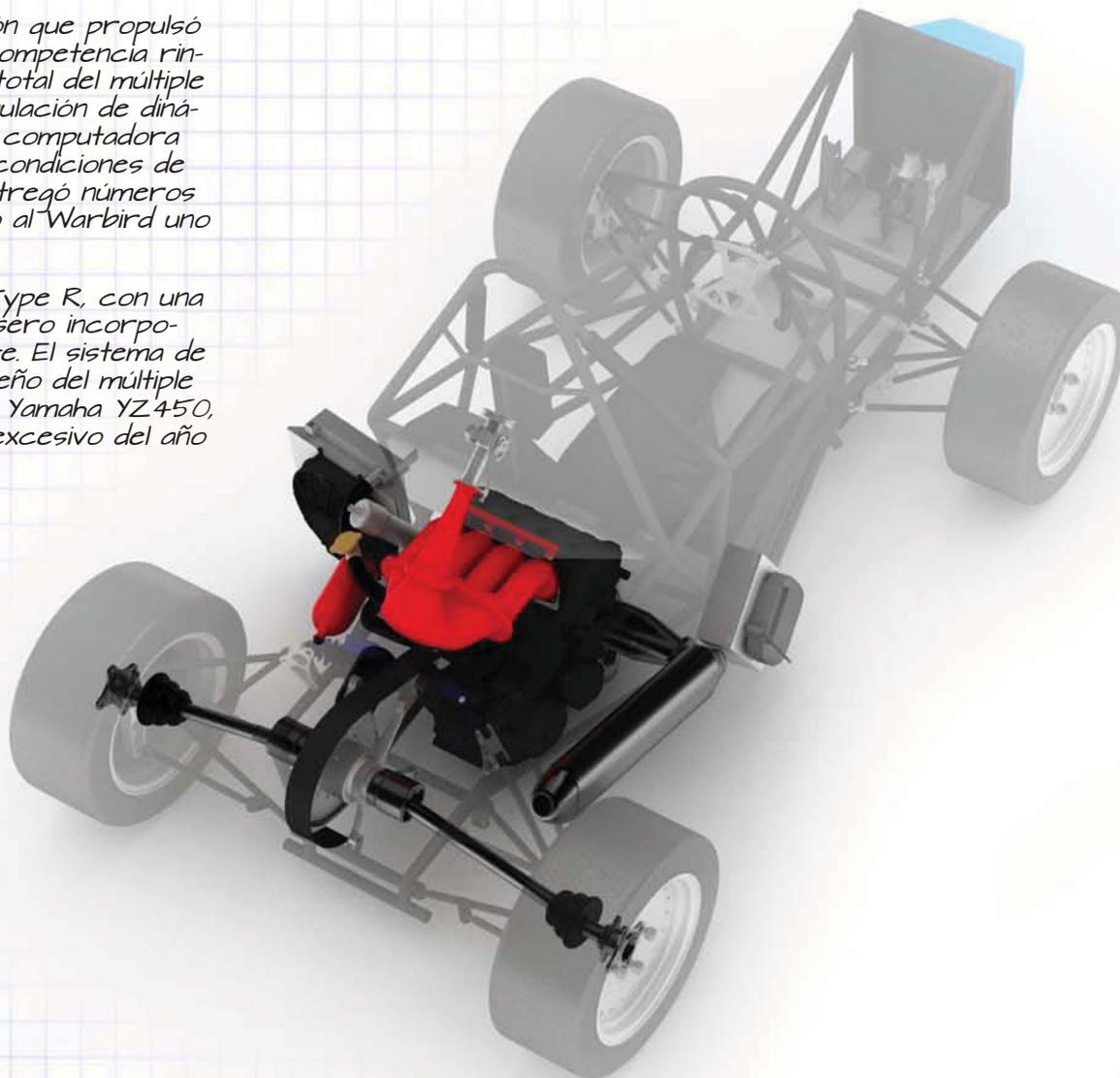
El producto final de esta filosofía de diseño resultó en una estructura dentro del estado del arte de la competencia; la cabina del piloto es una célula de supervivencia trazada alrededor de la postura de conducción del piloto, separando por completo el habitáculo de conducción del tren motriz, lo cual despejó por completo el área del motor para facilitar su mantenimiento y libertad de empaquetamiento.

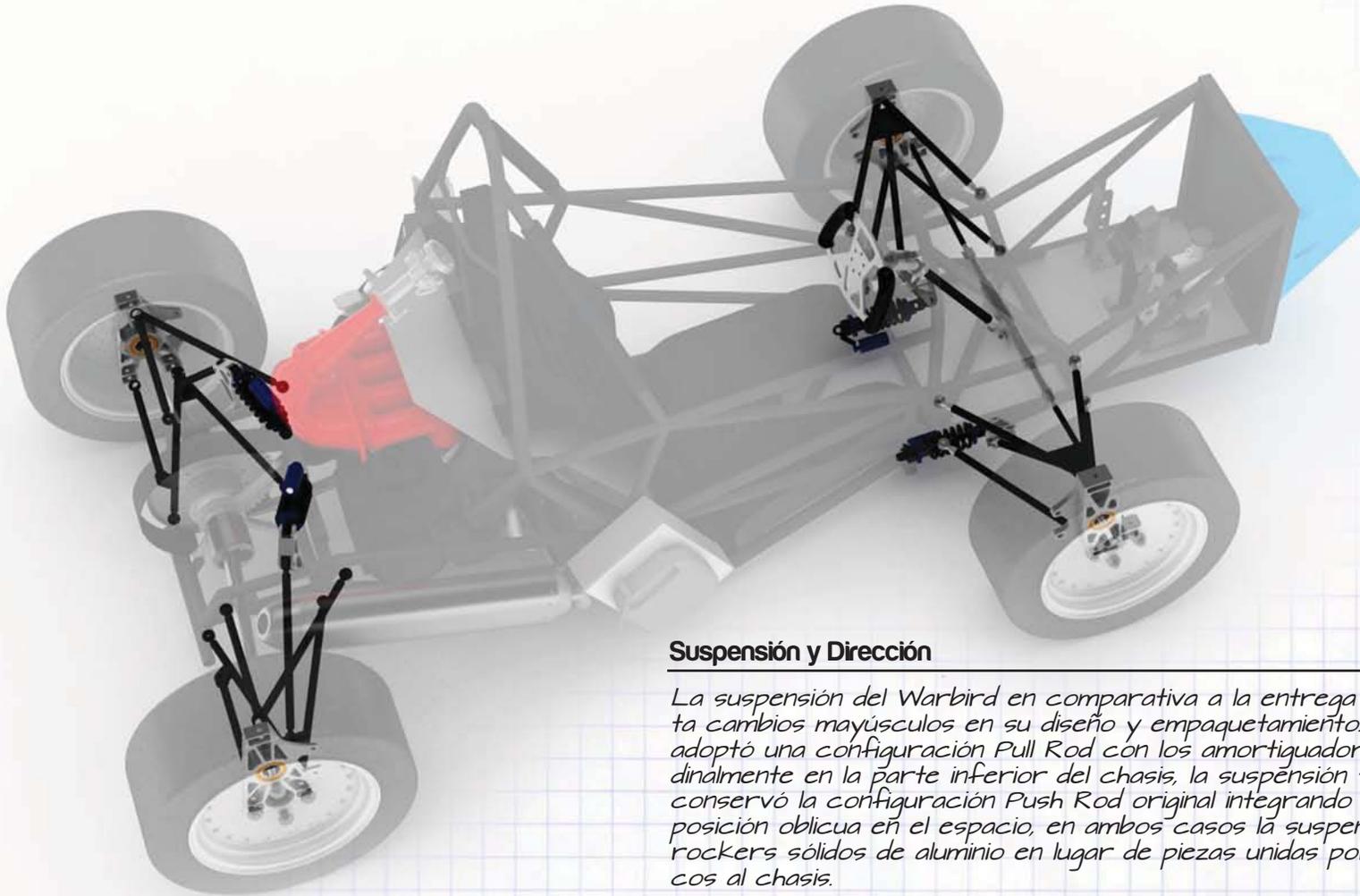


Tren Motriz

La planta de poder del Warbird es el mismo corazón que propulsó al Stealth Racer, un Yamaha RG; la experiencia en competencia rindió fuertes frutos, manifestándose en el rediseño total del múltiple de admisión, creado usando prototipaje rápido y simulación de dinámica de fluidos, y en la programación de una nueva computadora para aprovechar al máximo el poder del motor en condiciones de pista. Esta metodología de diseño y manufactura entregó números más que satisfactorios en el dinamómetro, haciendo al Warbird uno de los autos más potentes en todo el serial.

De nueva cuenta se utilizó el diferencial del Honda Type R, con una carcasa reducida en peso al no llevar el freno trasero incorporado y al tener un nuevo sistema de soportes pivote. El sistema de escape también fue mejorado a pleno, con un rediseño del múltiple de escape y con la incorporación de un silenciador Yamaha YZ 450, solucionando así los problemas de emisión de ruido excesivo del año anterior.

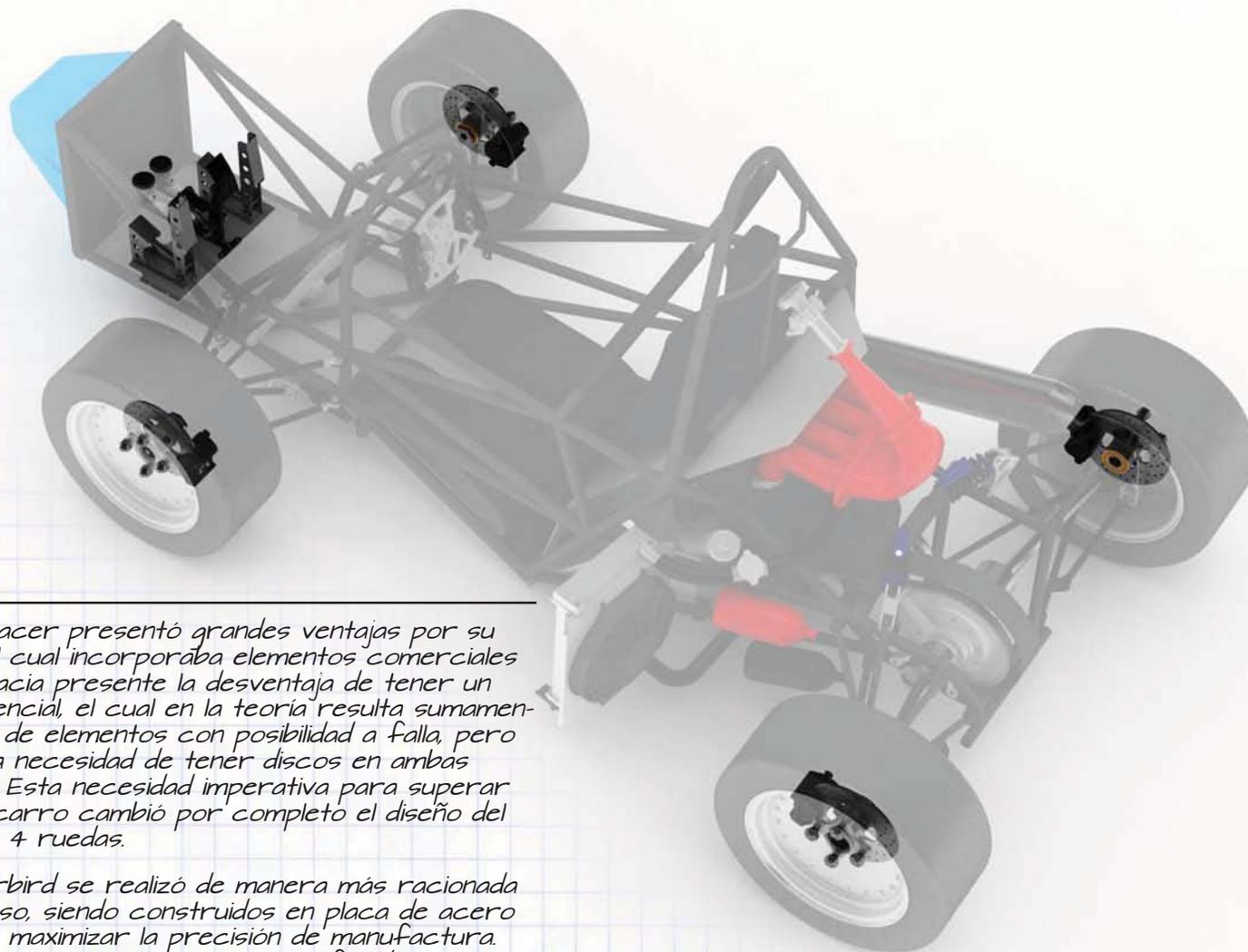




Suspensión y Dirección

La suspensión del Warbird en comparativa a la entrega del año anterior presenta cambios mayúsculos en su diseño y empaquetamiento. La suspensión delantera adoptó una configuración Pull Rod con los amortiguadores dispuestos longitudinalmente en la parte inferior del chasis, la suspensión trasera por su parte conservó la configuración Push Rod original integrando a los amortiguadores en posición oblicua en el espacio, en ambos casos la suspensión se acciona usando rockers sólidos de aluminio en lugar de piezas unidas por los ensambles mecánicos al chasis.

A diferencia de muchos otros sistemas que presentaban gran oportunidad para generar cambios, la dirección del Stealth Racer se mantuvo gracias a su eficiencia y simplicidad, adaptándose al nuevo diseño de masa no suspendida y del chasis. Se le incorporó un volante diseñado en específico para el Warbird, creado como ejercicio de diseño y como respuesta a la reducción de peso por sistema y de la evolución general de diseño.



Frenos

El sistema de frenos del Stealth Racer presentó grandes ventajas por su simplicidad y robustez de diseño, el cual incorporaba elementos comerciales de alto rendimiento. Sin embargo hacía presente la desventaja de tener un solo disco montado sobre el diferencial, el cual en la teoría resulta sumamente práctico al disminuir la cantidad de elementos con posibilidad a falla, pero que en la práctica hace evidente la necesidad de tener discos en ambas ruedas para bloquearlas con éxito. Esta necesidad imperativa para superar la inspección técnica dinámica del carro cambió por completo el diseño del sistema, presentando discos en las 4 ruedas.

El diseño de los discos para el Warbird se realizó de manera más racionada para reducir sus dimensiones y peso, siendo construidos en placa de acero cortado por chorro de agua para maximizar la precisión de manufactura. Cada disco utiliza calipers Wilwood para competencia, especificados para los nuevos requerimientos de diseño, con pastillas Performance Friction Brakes de alto rendimiento, conservando así la eficiencia presentada en 2010.

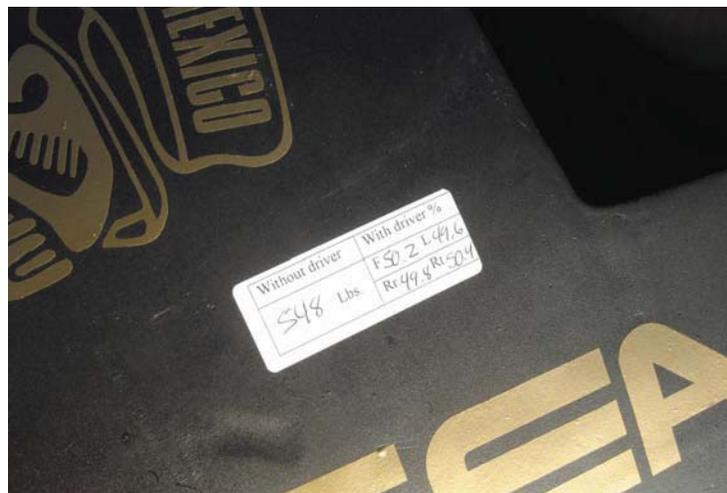


Capítulo 2 UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad



Arriba. El equipo enfilando al Puma FR.011 para entrar a la estación de peso.

Derecha. Primer logro en competencia: reducción de peso oficial.



2.8 FSAE California 2011

La segunda participación de la UNAM en Fórmula SAE, repitiendo presencia en el evento realizado en el Auto Club Speedway en Fontana CA por su ubicación geográfica, presentó una serie de retos muy distintos a los que se afrontaron durante 2010, generando con esto una experiencia formativa única que templó el carácter de todo el equipo de UNAM Motorsports.

El equipo se presentaba a competencia con la expectativa de participar en todas las competencias dinámicas y de hacer gala de un auto muy bien logrado para encarar los eventos estáticos. Sin embargo durante el transcurso de la competencia en general se fueron presentando una serie de inconvenientes técnicos que atentaron en contra del resultado final. A continuación se presenta una reseña de la competencia, remarcando los acontecimientos más significativos:

Día 1. El ser un equipo de segundo año se denotó al instante de llegar a competencia, no solo por el hecho de conocer las distancias desde el punto de hospedaje hasta el autódromo, sino principalmente al estar correctamente organizados para llevar a cabo el registro satisfactoriamente sin ningún inconveniente. Al concluir los trámites obligatorios de registro, se procedió a instalar el paddock del equipo, que a diferencia del año anterior se previó el contar con una carpa para ser usada como pits y así realizar todo el trabajo del carro bajo sombra. El auto tuvo que ser desarmado para poder ser transportado desde México dentro de una camioneta de la Facultad de Ingeniería, por lo que todo el primer día se destino básicamente a ensamblarlo de vuelta y a verificar todos los detalles dentro de la hoja de inspección técnica, así como el echar a andar el motor y ajustar todo detalle mecánico por pequeño que fuera. Al completar esta rectificación de sistemas, se llevó al Warbird a la zona de estación de peso, donde se pudo constatar el éxito en reducción masiva de peso durante la etapa de diseño y manufactura, habiendo rebajado más de 50 kg en el proceso.

Día 2. El segundo día de actividades mostraría la dualidad de ser un equipo numeroso y de tener antecedentes en competencia; al comenzar la mañana, la cual presentó lluvia, el equipo se dirigió al área de inspección técnica para llevar a cabo el escrutinio reglamentario, mientras otra parte del equipo se encargaba de terminar de preparar el material de apoyo para los eventos estáticos, todo bajo una excelente organización. El automóvil y los pilotos pasaron la inspección sin ningún percance, a diferencia del año anterior donde se tuvo que regresar al paddock a realizar ajustes, sin embargo, durante la presentación de diseño el equipo a pesar de estar muy bien preparado para defender el diseño del carro siguió el patrón de preguntas y respuestas con el cual había sido juzgado durante su año de novatos, enfrentándose a una mecánica de evaluación basada en la exposición a detalle para

así ser juzgados. Tras este descalabro inesperado se procedió a finalizar toda la inspección técnica con la prueba de inclinación, de ruido y de frenado, todas superadas al primer intento a la perfección, otra meta del equipo superada. La tarde se destinó a realizar ajustes mecánicos y a rectificar de nueva cuenta el correcto funcionamiento de todos los sistemas, ajustando principalmente la puesta a punto de los amortiguadores; por otro lado se presentaban el reporte de costos y el plan de negocios, donde no se obtuvieron los resultados esperados. Al finalizar los ajustes técnicos se aprovechó el tener el carro listo para pista, llevándolo a dar vueltas de práctica y después al dinamómetro, donde el diseño del carro destacó por su potencia, obteniendo la segunda marca más alta dentro de todos los autos en competencia.

Abajo izquierda. El equipo haciendo ajustes técnicos en el paddock.

Abajo. El Puma FR.011 sobre el dinamómetro probando su potencia.





Arriba. El Puma FR.011 en la fila para la plataforma de inclinación junto al auto #2 de la University of Oklahoma.

Página posterior arriba. Primera sesión en la pista de Aceleración.

Página posterior abajo-izquierda. El equipo trasladando al Puma FR.011 hacia el área común de los eventos dinámicos.

Página posterior abajo-derecha. El Puma FR.011 corriendo en Skid Pad.

Día 3. Durante el segundo día de competencia se detectó una pérdida de presión en uno de los neumáticos, el cual estaba completamente sin aire en la mañana del tercer día. Este inconveniente requirió de un par de llantas nuevas para comenzar los eventos dinámicos, con lo cual comenzaba también un reto completamente desconocido para el equipo, ya que se participaría en 3 eventos a los cuales no se pudo asistir en 2010. Aprovechando el caucho nuevo en el tren trasero del carro, el equipo decidió comenzar el día en la prueba de Aceleración, obteniendo resultados dentro de la media en competencia; posterior a eso el carro se formó en la fila para entrar a Skid Pad, donde al momento de encender el carro para ingresar a la pista este no daba marcha, el equipo desesperadamente buscó la falla en el sistema eléctrico, revisando metódicamente todos los fusibles y conexiones mayores hasta encontrar un falso contacto en el switch maestro ocasionado por la falta de atención de uno de los miembros novatos en el correcto aislamiento de los cables. Esta demora ocasionó mucho estrés ya que se la pista estaba a punto

de cerrarse, a último momento el auto por fin encendió y se ingresó sobre la hora, sin embargo por la presión el piloto en turno completó su recorrido accidentalmente, haciendo que los jueces determinaran que esa sesión de vueltas era más que suficiente al ya haber concluido la hora de competencia.

Al regresar al paddock durante el descanso de medio día se descubrió la primera fatalidad de la competencia: los brazos inferiores de la suspensión trasera estaban doblados y una de las flechas de transmisión presentaba una junta rota. De manera optimista se procedió a reparar todas estas fallas mecánicas, repartiendo tareas para reparar la suspensión y la transmisión. Este proceso de nueva cuenta evidenció la camaradería entre equipos, ya que un integrante del equipo de la Universidad de Kattering auxilió la soldadura de la flecha de manera altruista. Las reparaciones se completaron y al abrirse la pista de Autocross el equipo fue a formarse, durante esta prueba se turnaron a los pilotos con experiencia para sentir y probar el auto en la pista que al día siguiente

sería en sentido inverso la de Endurance. El primer par de vueltas se completaron sin sobresaltos, no fue sino hasta la primera de las últimas dos vueltas donde el resto del equipo, estando como espectadores de la prueba, se percató de una estela de humo saliendo del auto, la cual se pensó en una primera instancia era cal de la pista volatizada después de un derrape; no fue sino hasta llegar al paddock donde se descubrió otra fatalidad: la junta de la cubierta del árbol de levas se había roto, produciendo una fuga de aceite. Para llevar a cabo esta reparación el equipo se dividió, yendo unos cuantos a conseguir las refacciones del motor y el resto desarmando el carro para realizar los arreglos; después de una par de horas la comisión que fue en búsqueda de las juntas nuevas llegó con la mala noticia de no haber encontrado la pieza requerida, lo que derivó en hacer la reparación con un silicón para juntas de motor, esperando que sellara sin defectos durante la noche. Todas las reparaciones demoraron más de lo esperado, postergando su finalización para el día siguiente debido al cierre del autódromo.





Capítulo 2

UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad

Abajo. El equipo se prepara en la fila de Endurance.

Página posterior arriba. El Puma FR.011 durante la primera sesión de vueltas de Endurance en persecución del auto #85 de UC Irvine.

Página posterior abajo-izquierda. Vista de la cámara a bordo durante Endurance.

Página posterior abajo-derecha. El Puma FR.011 termina su participación en FSAE West 2011.

Día 4. El último día de competencia comenzó muy temprano al llegar a terminar las reparaciones inconclusas del motor, destinando toda la mañana para completarlas con paciencia sin omitir ningún detalle que pudiera poner en riesgo de nueva cuenta el funcionamiento del carro. Se había predispuesto participar en Endurance después del medio día, dejando tiempo de sobra para los ajustes y para dar vueltas en la pista de prácticas, sin embargo se nos notificó que por orden de resultados de Autocross se tenía que entrar a Endurance, obligándonos a competir antes de lo planeado. Este cambio drástico en la logística planeada alteró por completo las actividades consecuentes, terminando de preparar al carro con-

tra reloj, llevándolo a cargar combustible y a formarse en la entrada de la pista. Durante el periodo de espera el equipo dentro de pista mostraba estar seguro y relajado, confiados en las reparaciones hechas y en el funcionamiento del carro para completar Endurance; el estar formados en línea para entrar a pista mostró una realidad que no se había visto a detalle por las eventualidades del año anterior, equipos con sus autos saliendo victoriosos tras completar la prueba y otros cabizbajos con sus autos siendo remolcados tras rupturas o inconvenientes mecánicos, situación que no alteró al equipo, optimista de terminar la competencia como se había logrado en 2010.



El auto pasó la inspección de los jueces, dándole el visto bueno de comenzar sus primeras 11 vueltas, las cuales concluyeron con buen ritmo sin percance alguno, se realizó el cambio de pilotos exitosamente y comenzó el segundo turno de vueltas. En la primer vuelta el auto reingreso a la línea de jueces por confusión en presencia de una bandera azul, lo cual para quienes observaban a lo lejos suponía lo peor, solo con pequeños problemas para encender el motor el auto regresó a pista de manera prometedora, no fue sino hasta la vuelta 15 que sucedió lo impensable: de manera abrupta el auto perdió la llanta delantera izquierda, quedando varado al borde de la pista sin opción alguna. El equipo no lo podía creer, al principio se pensó había sido el mismo problema presentado el año pasado en las masas, pero no fue así, esta vez se quebraron las 4 monturas del rin por fatiga de material ocasionada por una micro fisura resultado de su manufactura. Al no concluir Endurance la puntuación general se vio afectada fuertemente, ya que solo se habían obtenido 1 punto por cada vuelta completada, además de no contabilizar en Economía de Combustible. Tras sacar al auto de la pista, remolcándolo hasta el paddock del equipo se procedió únicamente a levantar y empacar todo, alistándolo para su regreso a México.





Capítulo 2
UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad



Resultados. Las metas planteadas al inicio de la temporada 2011 eran un planteamiento prospectivo de la evolución de un proyecto que comenzó con el pie derecho, se proyectaba una evolución de diseño y en los resultados de competencia, siguiendo el ejemplo de otras universidades que a cuesta de trabajo y dedicación habían logrado trascender en pocos años. El equipo mostró su compromiso al presentar un auto muy bien desarrollado, el cual en su momento se presentaba como un serio competidor para ubicar a la UNAM como un referente en ascenso dentro de Fórmula SAE. Sin embargo el diseño del auto y la dedicación del equipo se verían eclipsados por una serie de inesperadas fallas mecánicas, las cuales los marginaron de concretar las metas en completo que se habían propuesto. Pero no todo fue amargura, el equipo logró su meta principal, la continuidad del proyecto dentro de la Universidad, cumpliendo además todas las metas de diseño estipuladas; el equipo en su totalidad evolucionó, dejando un legado considerable y un camino formado para las gene-

raciones futuras.

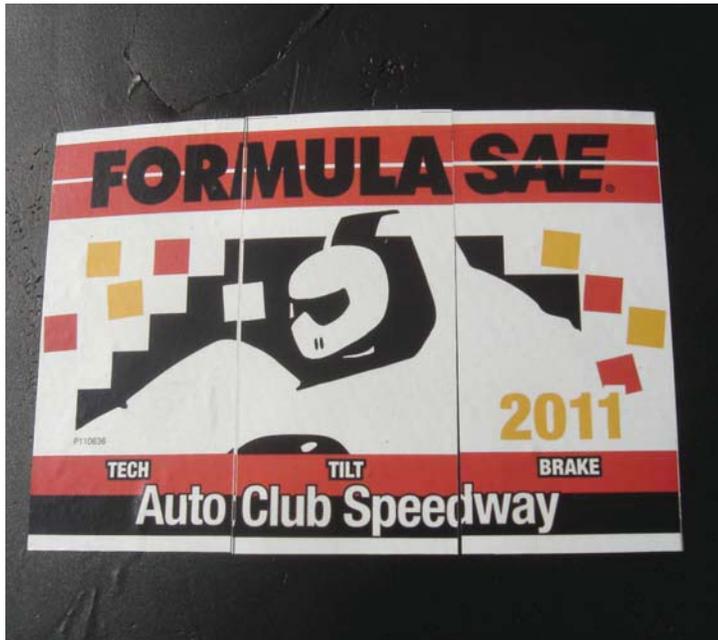
Los resultados de FSAE California 2011, con 79 equipos registrados fueron:

- 42º Lugar en la general (213.5 pts.)
- 39º Lugar, Design Event (56 pts.)
- 32º Lugar, Presentation Event (48.6 pts.)
- 42º Lugar, Cost Event (46.5 pts.)
- 29º Lugar, Acceleration Event (36.62 pts.)
- 39º Lugar, Skid Pad Event (2.5 pts.)
- 36º Lugar, Autocross Event (9.42 pts.)
- DNF Endurance Event (14 pts.)
- Mejor equipo mexicano
- 2º Mejor equipo latinoamericano

Página anterior. El Puma FR.011 corriendo Endurance Event.

Abajo derecha. Calcomanías de la inspección técnica completas.

Abajo. Esperando en la fila para entrar a Acceleration Event.





Capítulo 2 UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad

Mariano García del Gállego

Carrera: Ingeniero Mecánico Electricista
Actividades: Coordinador de la Carrera Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería-UNAM
Temporadas en FSAE: 2010/2011

Project Advisor



Brian André Hollands Torres

Carrera: Diseño Industrial
Sistema: Body and Frame
Actividades: Diseño de Carrocería e Interfaces Hombre-Máquina, Diseño Gráfico y Editorial, Marketing, Supervisión de Manufactura
Temporadas en FSAE: 2010/2011

Development and Manufacture Team Leader



2.9 UNAM Motorsports, el Equipo

Todo gran logro es el resultado tangible del trabajo de personas fuertes y capaces, y el haber debutado en competencia internacional a la Universidad en un campo totalmente desconocido con tan buenos resultados no es la excepción. El equipo que representó por primera vez a la UNAM en Fórmula SAE se enfrentó a adversidades técnicas, financieras y cronológicas, las cuales se afrontaron gracias a la unidad grupal y habilidades particulares.

Este grupo de jóvenes universitarios le haría frente a un reto muy diferente al siguiente año, reforzando cada área de desarrollo del proyecto al cual se habían venido dedicando con pasión y orgullo por casi dos años, liderando y delegando conocimientos a quienes seguirían sus pasos en el futuro, pasándole la estafeta a nuevas generaciones para continuar con el legado e intentar seguir trascendiendo año con año dentro de una competencia formativa única.

A continuación se presenta al equipo multidisciplinario que consiguió el título de Novatos del Año en 2010, y a los refuerzos que defendieron el nombre de la Universidad en Fórmula SAE en 2011, siendo ellos los futuros líderes del proyecto:

Bruno Patricio Verde Arregolta

Carrera: Ingeniería Mecatrónica
Sistema: Powertrain
Actividades: Electrónica y Programación del Motor, Integración de Sistemas.
Temporadas en FSAE: 2010/2011

Powertrain Head Designer



Ismanuel Ignacio Ayala Vargas

Carrera: Ingeniería Mecánica

Sistema: Body and Frame

Actividades: Diseño del Chasis e Integración de Sistemas, Gestión y Administración del Proyecto

Temporadas en FSAE: 2010/2011

Management and Logistics Team Leader

Mario Sánchez Armas Velarde

Carrera: Ingeniería Mecánica

Sistema: USM

Actividades: Diseño de Masa no Suspendida Trasera, Supervisión y Coordinación del Diseño e Ingeniería

Temporadas en FSAE: 2010/2011

Design and Engineering Team Leader

Jaime Córdoba Breña

Carrera: Ingeniería Mecánica

Sistema: Body and Frame

Actividades: Diseño de Pedales y Palanca de Cambios, Supervisión de Diseño

Temporadas en FSAE: 2010/2011

Design Supervision

Norman Idnas Vázquez Trevilla

Carrera: Ingeniería Mecánica

Sistema: Suspension

Actividades: Diseño de la Suspensión, Supervisión y Coordinación del Diseño e Ingeniería.

Temporadas en FSAE: 2010/2011

Design and Engineering Team Leader



Capítulo 2

UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad

Alejandro Pliego Vinageras

Carrera: Ingeniería Mecánica

Sistema: Suspensión

Actividades: Diseño de la Dirección

Temporadas en FSAE: 2011



Diego Valdés Ortelli

Carrera: Ingeniería Mecánica

Sistema: Powertrain

Actividades: Diseño del Sistema de Combustible

Temporadas en FSAE: 2011



Darío Alejandro Peña Ramírez

Carrera: Ingeniería Mecánica

Sistema: Powertrain

Actividades: Diseño de la Transmisión de Potencia

Temporadas en FSAE: 2011



Fernando Castro Gutiérrez

Carrera: Ingeniería Industrial

Sistema: Administration

Actividades: Logística, Relación con Patrocinadores, Finanzas

Temporadas en FSAE: 2010/2011



Gerardo González Domínguez

Carrera: Ingeniería Mecánica
Sistema: Powertrain
Actividades: Diseño del Sistema de Refrigeración
Temporadas en FSAE: 2010/2011



Luis Roberto Rivero Ramírez

Carrera: Ingeniería Mecatrónica
Actividades: Manufactura
Temporadas en FSAE: 2011



Gonzalo Guerrero Salazar

Carrera: Ingeniería Mecatrónica
Sistema: USM
Actividades: Diseño de la Masa no Suspendida Delantera
Temporadas en FSAE: 2011



Manuel Alejandro Tapia Romero

Carrera: Ingeniería Mecánica
Sistema: Powertrain
Actividades: Diseño del Múltiple de Admisión
Temporadas en FSAE: 2011





Capítulo 2

UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad

Manuel Isaac Contreras Villar

Carrera: Ingeniería Industrial
Sistema: Powertrain/Administration
Actividades: Diseño del Múltiple de Escape,
Logística y Finanzas
Temporadas en FSAE: 2011



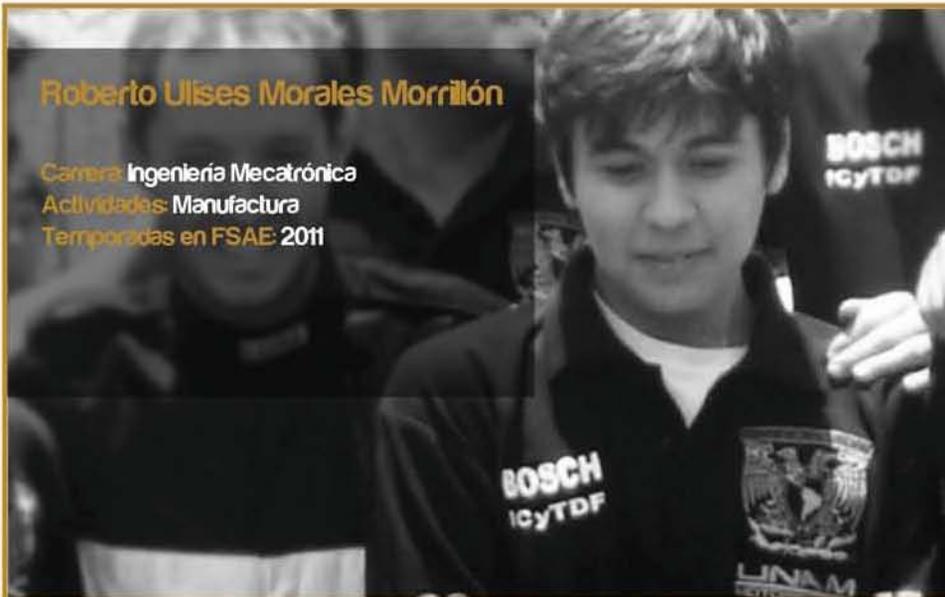
Rodrigo Lhez Davids

Carrera: Ingeniería Mecánica
Actividades: Manufactura
Temporadas en FSAE: 2011



Roberto Ulises Morales Morrillón

Carrera: Ingeniería Mecatrónica
Actividades: Manufactura
Temporadas en FSAE: 2011



Rodrigo Méndez Rojano

Carrera: Ingeniería Mecánica
Sistema: Body and Frame
Actividades: Diseño del Chasis
Temporadas en FSAE: 2011



Victor Humberto Sánchez Rodríguez

Carrera: Diseño Industrial
Actividades: Manufactura
Temporadas en FSAE: 2011



Victor Zenón Arroyo

Carrera: Ingeniería Mecánica
Sistema: USM
Actividades: Diseño del Sistema de Frenado
Temporadas en FSAE: 2011





Capítulo 2 UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad



Página anterior abajo. El Puma FR.010 formado para la foto grupal de FSAE West 2010.

Arriba. El Rector de la Universidad, Dr. José Narro, y el Director de la Facultad de Ingeniería, Mtro. Gonzalo Guerrero, visitando el stand de UNAM Motorsports durante la Semana SEFI 2010.

Abajo-izquierda. El Puma FR.010 en el stand compartido de Robert Bosch de México y UNAM Motorsports durante el EMECYT 2010.

Abajo-derecha. El Puma FR.010 y Mario Sánchez Armas en la entrevista realizada en el programa de televisión por cable Pic Nic.



2.10 Difusión

En paralelo al desarrollo del Puma FR.011 durante finales de 2010 y principios de 2011, se llevó a cabo un programa de difusión cooperativo en compañía de los patrocinadores principales del proyecto, acudiendo a distintas ferias de ciencia y tecnología en el área metropolitana, a muestras estudiantiles dentro y fuera de la Universidad y a distintos programas de radio y televisión.

El propósito general de este programa cubría dos aspectos principales, en primer lugar el dar a conocer el proyecto y lo logrado como equipo representativo de la Universidad durante 2010, y en segundo lugar generar interés a nuevas generaciones en involucrarse dentro de proyectos de desarrollo tecnológico, tanto en el área de ingeniería como de diseño industrial, para beneficio de la sociedad. Los resultados fueron muy positivos, ya que la difusión generada alentó a muchos jóvenes universitarios a enrolarse dentro del equipo durante la temporada en curso, continuando dentro del mismo a futuro en el proyecto. También se generó gran retroalimentación en el quehacer administrativo y de impacto de marca, perfeccionando en el proceso la metodología de difusión y de imagen de marca.



UNAM Motorsports participó con gran orgullo en las siguientes actividades de difusión, cuyos números de impacto mostrados a continuación son parte de las estadísticas propias de cada evento según sus organizadores:

- Presentación de resultados 2010, CIDI-UNAM, Agosto de 2010.
+200 estudiantes y académicos
- Gaceta Digital de la Facultad de Ingeniería-UNAM, Septiembre de 2010.
+10, 000 estudiantes, académicos, administrativos y egresados.
- Semana SEFI 2010, Facultad de Ingeniería-UNAM, Septiembre-Octubre de 2010.
+10, 000 estudiantes, académicos y comunidad universitaria.
- Presentación de resultados 2010, Facultad de Ingeniería-UNAM, Octubre de 2010.
+250 estudiantes y académicos, cobertura de medios universitarios.
- EMECYT 2010, COMECYT-Robert Bosch de México, Octubre de 2010.
100, 000 estudiantes de nivel primaria y medio-superior.
- Canal 34, TV Mexiquense, Octubre de 2010.
+500, 000 espectadores, transmisión en el D.F. y Estado de México,
- Radio UNAM, 860 AM, Noviembre del 2010.
+15, 000 radioescuchas en el Valle de México.
- Semana de la Ciencia e Innovación 2010, Palacio de Minería-ICyTDF, Noviembre de 2010.
+50, 000 personas, estudiantes, investigadores, académicos y público en general.
- Visita al Colegio México, Campus Acoxpa, Diciembre de 2010.
+150 estudiantes de nivel medio-superior.
- Picnic, Telehit, Enero de 2011.
+100, 000 espectadores, transmisión nacional por

TV de paga.

- La Ciencia en las Calles, ICyTDF, Noviembre de 2010 a Febrero de 2011.

+15, 000 personas, público en general.

- El estudiante orienta al estudiante, DGOSE-UNAM, Febrero de 2011.

+1, 000 estudiantes de nivel medio-superior de la E.N.P. y C.C.H.

- Código DF, Secretaría de Cultura del D.F., Marzo de 2011.

+5,000 radioescuchas, transmisión por internet.

Abajo. Stand de UNAM Motorsports a la entrada del edificio principal de la Facultad de Ingeniería durante la Semana SEFI 2010.





Capítulo 2

UNAM Motorsports, Fórmula SAE en la Universidad

Abajo. Logotipo de la campaña de mercadotecnia y patrocinios "POWERED BY YOUR LOGO".

2.11 Patrocinadores

Fórmula SAE a nivel internacional necesita de la presencia de patrocinadores para llevarse a cabo año con año, los patrocinadores y proveedores son quienes impulsan el trabajo de los estudiantes, otorgándoles los recursos necesarios para el desarrollo de sus autos y para la asistencia a competencia; el buscar y generar relaciones con patrocinadores es parte esencial de la dinámica que se le plantea a los participantes, generándoles habilidades en las relaciones públicas, además de hacerse con la chance de generar un perfil de contratación atractivo en dichas empresas.

Previo a la temporada 2010 y durante todo su desarrollo, el buscar y conseguir patrocinadores resultó en una tarea sumamente complicada al no tener un producto físico que mostrar y al carecer de trascendencia como proyecto, haciendo uso únicamente del nombre y prestigio de la Universidad como principal referencia y del potencial de Fórmula SAE como proyecto formativo. El apoyo institucional obtenido gracias al trabajo y constancia del equipo, comprometido con llevar a cabo al pie de la letra todas las metas estipuladas, fue

esencial para materializar el Puma FR.010. De igual manera, el apoyo y patrocinio gubernamental y privado, provino de quienes creyeron en el porvenir del proyecto y de la capacidad del equipo para alcanzar sus metas, brindando capital económico y en especie con el cual fue posible desarrollar el bólido de competencia que se hizo merecedor del título a Novato del Año.

Durante toda la temporada 2011, UNAM Motorsports desarrolló una campaña en búsqueda de patrocinios bajo el nombre "POWERED BY YOUR LOGO", en la cual se fortalecieron vínculos con patrocinadores clave de la temporada 2010, incorporando en el proceso a nuevos colaboradores que asistieron demandas particulares del proyecto, empresas privadas e instituciones Universitarias creyentes del potencial y beneficio de Fórmula SAE. El apoyo de todos los patrocinadores generó gran retroalimentación de conocimientos y relaciones invaluable para el equipo; estas relaciones colaborativas hacen a cada patrocinador formar parte del equipo y a UNAM Motorsports ser orgullosos embajadores de su marca. A continuación se presentan a los patrocinadores del equipo durante ambas temporadas de competencia:



PATROCINADORES 2010



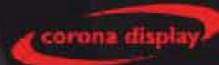
BOSCH

TRIVERS

Yari
torralba

MSC SOFTWARE

PERFORMANCE
FRICTION
BRAKES



Colegio
Cencalli



PATROCINADORES 2011



BOSCH



TRIVERS

CCADET

INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

MSC SOFTWARE

JL LASER
DE MEXICO

PERFORMANCE
FRICTION
BRAKES

AURORA



GRADI





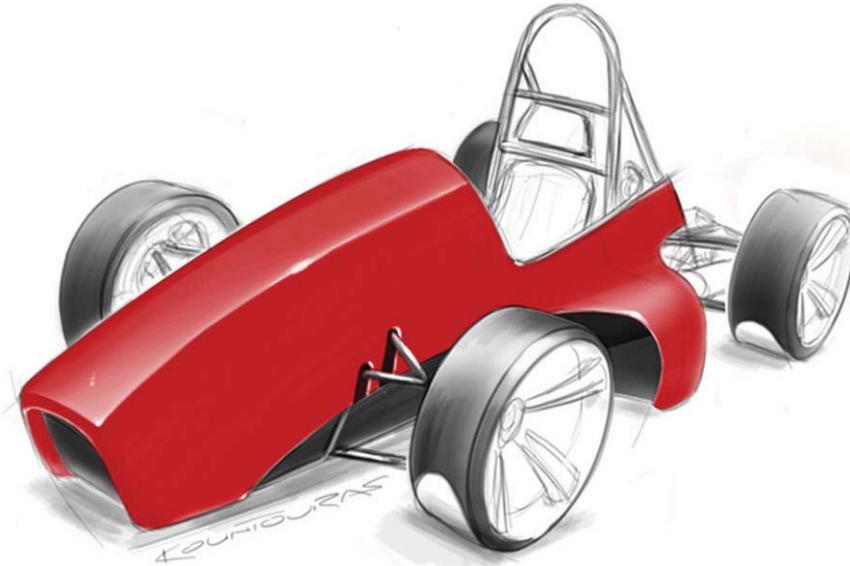
La Carrocería como Problema de Diseño Industrial



CAPÍTULO

03





3.1 Una oportunidad única de diseño

Si bien Fórmula SAE es una competencia de naturaleza puramente ingenieril, donde la meta a alcanzar es el desarrollo de un prototipo de automóvil tipo fórmula a ser evaluado por sus cualidades prácticas de diseño de ingeniería, manufactura, empaquetamiento y desempeño en pista, a excepción del Presentation Event donde se evalúa el plan de negocios para llevarlo al mercado de manera teórica, el diseño del vehículo presenta la oportunidad de involucrar el quehacer del diseñador industrial, gracias al requerimiento teórico de diseñar un vehículo recreativo para el mercado de competidores amateurs de Autocross, resolviendo a detalle problemas de diseño particulares directamente relacionados con su quehacer profesional, como lo son las interfaces Hombre-Máquina, las cuales son rectoras para gran parte del diseño del automóvil siendo desarrolladas en conjunto con el diseño de ingeniería.

Esta oportunidad única de involucrar al diseño industrial en el desarrollo de un FSAE va más allá de los factores humanos y sus condicionantes antropométricas y ergonómicas, gene-

rando un parte aguas completo en el problema que plantea el diseño de la carrocería del bólido, la cual goza de libertades de diseño muy particulares dentro del reglamento a diferencia de la mayoría del desarrollo de ingeniería; la carrocería al no ser diseñada desde el enfoque de la ingeniería aerodinámica, representa un área considerable de trabajo para hacer del styling un ejercicio de diseño muy completo, restringido únicamente por la interacción que se tiene con la ingeniería subyacente y por los requerimientos de manufactura para desarrollar el producto final.

El cómo abordar esta tarea de diseño y desarrollarla hasta llegar a un prototipo funcional plantea una serie de problemas de naturaleza compleja aun con la ventaja de presentar muchas libertades para su desarrollo; el diseño de un FSAE se basa principalmente en llevar a la ingeniería de la teoría a la práctica, haciendo uso de configuraciones probadas en el campo haciendo ingeniería a la inversa para configurar al auto lo mejor posible según convenga, sin embargo en el caso particular del diseño de la carrocería son contados los casos donde se evidencia o se tiene conocimiento documentado del involucramiento del diseño industrial dentro de un equipo de Fórmula SAE alrededor del mundo, siendo diseñadas principalmente para respetar al reglamento como envolvente del chasis sin tener una propuesta configurativa bien intencionada.

Esta falta de ejemplos a ser considerados como parámetros de diseño y como referencia para resolver la técnica del problema en cuestión, en combinación con el hecho presente de llevarse a cabo por primera vez dentro de una universidad sin antecedente alguno, genera la necesidad de abordar el desarrollo de la carrocería desde otra perspectiva: resolverla como un vehículo concepto para el mercado. Al plantear el desarrollo de la carrocería como un ejercicio experimental de forma, sin dejar de lado las necesidades reales del proyecto, abre un mundo completo de posibilidades donde el diseño industrial juega un papel fundamental siguiendo sus propias reglas.

Página anterior. El Lotus 49 de Jim Clark volando durante su recorrido al Spa Francorchamps.

Arriba. Boceto conceptual de un FSAE del equipo Joanneum Racing de la U.A.S. Graz.

3.2 Perfil de Diseño.

Aspectos Generales

El proyecto consiste en el diseño y producción de la carrocería de un vehículo prototipo de competencia de alto rendimiento representativo de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se trata de un automóvil tipo fórmula diseñado para competir dentro del serial internacional Fórmula SAE, basándose en el reglamento que rige a la competencia.

La carrocería tiene por meta el funcionar como una barrera protectora del habitáculo del conductor, y como elemento corporal exterior de todo el vehículo, respetando la morfología de un automóvil "open wheel". Esta tiene que funcionar además como base para montar los gráficos de identificación obligatorios (número de registro, nombre de la Universidad y logotipo de SAE) y los gráficos de los patrocinadores del equipo.

Aspectos de Mercado

El diseño de la carrocería tiene como cliente práctico al equipo encargado del desarrollo del vehículo, haciéndola formar parte del diseño integral del prototipo como parte del sistema de desarrollo Body & Frame. Se puede agregar que parte de la dinámica general que compone a la Fórmula SAE, consiste en el planteamiento de producir y comercializar un vehículo de competencia accesible a un público amateur aficionado al deporte motor, teniendo de esta manera un cliente conceptual representado por el piloto de Autocross.

El usuario primario serán los pilotos del equipo, quienes conducirán en las pruebas dinámicas del evento y durante las pruebas de ensayo previas a la competencia. El resto del equipo será el usuario secundario, participando como cuerpo técnico durante la etapa de desarrollo y durante la competencia. Los jueces serán usuarios indirectos, evaluando el diseño general del vehículo en competencia como consumidores potenciales.

Considerando que el vehículo se presentará internacionalmente ante otras 79 universidades en la competencia FSAE West, el diseño de la carrocería tendrá que ser un referente de calidad como representativo de la UNAM. La carrocería, como parte mayormente visible del vehículo, será el conducto por el cual se va a conocer a simple vista el profesionalismo y compromiso que tiene el equipo en pro de las expectativas generadas en torno a él. El punto a explotar será de lleno la el styling, siendo un parámetro de diseño que en raras ocasiones se explota de lleno dentro de la competencia por dos razones fundamentales: la escasa o nula presencia de un encargado para el desarrollo de la carrocería, o por no contemplar la importancia que tiene el diseño como parte del desarrollo automotriz.

Aspectos Productivos

La manufactura de la carrocería tendrá que efectuarse dentro de un tiempo relativamente corto, produciendo un juego completo de componentes de la misma, se tendrá que prever que elementos puedan requerir sustitución para así tener repuestos, o bien, el generar reparaciones sencillas en sitio según lo requieran.

La producción se llevará a cabo dentro de las instalaciones de la Universidad, talleres de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería (CDMIT) y Laboratorios de Materiales del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial. Se procurará tener a disposición toda la maquinaria con la que se cuenta dentro de estas instalaciones, para así poder satisfacer todas las necesidades que el proceso de manufactura vaya presentando en su desarrollo.

La elección de materiales irá de acuerdo al estado del arte propio de los autos de competencia, además tendrá que adecuarse al presupuesto destinado para el desarrollo de la carrocería. Materiales compuestos, plásticos reforzados con fibra de vidrio o de carbono y metales laminados de aleación ligera, serán contemplados como base de la elección a tener;



Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial

los ensamblajes entre piezas y con el chasis serán mediante el uso de tornillería, o mediante adhesivos epóxicos.

El proceso de manufactura será mayormente de naturaleza artesanal, aplicando en una primera instancia el uso de tecnología CNC para generar con precisión milimétrica una estructura base como matriz original para desarrollar moldes, estructura que será diseñada a detalle en CAD para resolver previamente a detalle la interacción que tendrá el objeto final con la ingeniería circundante.

Aspectos Funcionales

La función principal de la carrocería se centrará en cumplir la tarea de generar una envolvente para el chasis del vehículo, protegiendo al habitáculo del conductor del entorno según lo marca el reglamento. La función estética tendrá un papel secundario, integrando al concepto de diseño de lleno con la función específica de la carrocería. Al tratarse de un vehículo de alto rendimiento, se procurará que todas las formas que compongan la carrocería a proponer se desempeñen idóneamente solucionando aspectos básicos de aerodinámica, buscando soluciones probadas en el campo como referencia para solucionar la configuración final. Así mismo, el peso total de todos los elementos que compongan la carrocería, procurarán ser lo más ligeros sin sacrificar su integridad estructural.

Al seguir en detalle el reglamento, la carrocería respetará la interacción con brazos de la suspensión delantera y de la dirección, siendo que estos elementos tienen interacción directa con el frente de la misma. El correcto despliegue alrededor del chasis de todos los elementos que la compongan será de gran importancia, procurando el no generar una envolvente voluminosa, siguiendo las líneas que el diseño del chasis le otorgue. Al tener que contar con un acceso considerable al interior de la cabina para revisión y mantenimiento de los sistemas que ahí se alberguen, la carrocería tendrá que tener paneles de fácil remoción que provean de un campo de trabajo adecuado desde el exterior del vehículo.

Todos los sistemas alojados por debajo de la carrocería tendrán que ser accesibles para su mantenimiento y puesta a punto, para ello, los elementos estructurales que compongan el total de la carrocería deberán de contar con sub-ensambles de fácil remoción que funcionen como cubiertas removibles. En su defecto, el diseño de la carrocería deberá considerar a todos los sistemas de ingeniería que se puedan albergar por debajo o sobre de ella, para así ser diseñada de manera tal que facilite la interacción del usuario y del equipo técnico con el vehículo.

El maltrato, uso rudo y accidentes, serán parámetros aleatorios a los que se enfrentará la carrocería al ser un elemento exterior y en contacto con el medio ambiente. En caso de sufrir descomposturas, su mantenimiento tendrá que ser de fácil reparación, o bien, al contar con elementos seriamente dañados, poder reemplazarlos rápidamente con su respectiva refacción.

Aspectos Ergonómicos

Considerando a la carrocería como envolvente externa del chasis, la interacción que tendrá con los usuarios, pilotos y equipo técnico, será de manera indirecta la mayor parte del tiempo de uso. Sin embargo, considerando la necesidad de tener acceso a la ingeniería que yaza por debajo o sobre la carrocería, los ensamblajes tendrán que estar dispuestos de manera visible y al alcance de la mano o de una herramienta para poder desmontar las piezas de la carrocería que sean necesarias. El tamaño y peso de las piezas que integren la carrocería no podrá ser mayor a aquel que dos personas puedan manejar sin poner en riesgo su salud.

Los parámetros de seguridad cumplirán con el reglamento, además de contemplar el salvaguardar la seguridad e integridad física de los usuarios al entrar en contacto con las piezas que compongan la carrocería, lo que se resume básicamente en evitar bordes filosos en las piezas terminadas.

Ya que el vehículo se transportará en remolque cerrado a la competencia junto a cajas de refacciones, distintos insumos,

y extras misceláneos, el poder remover la carrocería o la mayor cantidad de piezas de mayor tamaño de la misma con la finalidad de salvaguardar su integridad en caso de presentarse algún accidente será de suma importancia. Estas piezas separadas tendrán que ser transportadas con protecciones temporales, resguardándolas de su entorno durante el traslado.

Aspectos Estéticos

Al contemplar que el vehículo dentro de su concepción teórica estará dirigido hacia un consumidor apasionado por el deporte motor, la estética de la carrocería, como elemento perceptible a primer contacto, tendrá que reflejar un diseño puramente inspirado en los autos de competición profesionales. El consumidor teórico será una persona con cultura visual tal, que reconozca e identifique los valores de un auto de carreras al estar enteramente familiarizado con el medio. Será una persona que busque adquirir un producto que le brinde adrenalina al usarlo, que le genere un sentido de orgullo y de presunción, el vehículo en entero le otorgará un estatus dentro de su medio social, efecto que residirá mayormente en la carrocería.

El vehículo tiene en esencia una finalidad recreativa, hecho que le provee cualidades que lo separan de un vehículo convencional. Su morfología tiene que relacionarse con un automóvil de competencia; el usuario tiene que hacer referencia de poseer un automóvil tipo fórmula. Cualquier persona con mínimo conocimiento y cultura relacionada al deporte motor, tendrá que reconocer que se trata de un auto concebido para la competición.

Todos los elementos deben de tener una función intrínseca, la estética funcional de la carrocería es esencial, todo aquello que sirva como mera decoración estará de más, generando peso visual en el objeto y lastre para el desempeño dinámico del automóvil.

El concepto de diseño tendrá dos guías básicas, en primer lugar el seguir con la configuración de un auto tipo fórmu-

la profesional (Fórmula 1, Indy Car, GP2, etc.), en segundo lugar buscará tener una relación estética con un avión caza de 5ta generación (F22, F35, Eurofighter, etc.) por las cualidades morfológicas que estos poseen en comparación con el tipo de vehículo anteriormente mencionado, y por ser vehículos icónicos de la tecnología y diseño de punta. Se buscará que el diseño final compita estéticamente con los vehículos homólogos de mayor prestigio dentro de la categoría, para enmarcar su presencia sin pasar desapercibido por ser un auto perteneciente a una Universidad sin trayectoria dentro de la competencia.

Abajo. Miembros del equipo de la Hochschule Esslingen trabajando en el diseño de la carrocería de su bólido.



3.3 Fórmula SAE, el Reglamento

La carrocería como elemento de un auto de Fórmula SAE presenta ciertas libertades para su desarrollo en comparación al diseño general de ingeniería, los puntos dentro del reglamento del 2010 que restringen directa e indirectamente su diseño se enlistan a continuación en su idioma original:

2010 FORMULA SAE RULES. PART B - TECHNICAL REQUIREMENTS

Article 2: General Design Requirements

B2.1 Vehicle Configuration

The vehicle must be open-wheeled and open-cockpit (a formula style body) with four (4) wheels that are not in a straight line.

B2.2 Bodywork

There must be no openings through the bodywork into the driver compartment from the front of the vehicle back to the roll bar main hoop or firewall other than required for the cockpit opening. Minimal openings around the front suspension components are allowed.

B2.5 Visible Access

All items on the Inspection Form must be clearly visible to the technical inspectors without using instruments such as endoscopes or mirrors. Visible access can be provided by removing body panels or by providing removable access panels.

Article 3: Driver's Cell

B3.23 Front Bodywork

B3.23.1 Sharp edges on the forward facing bodywork or other protruding components are prohibited.

B3.23.2 All forward facing edges on the bodywork that could impact people, e.g. the nose, must have forward facing radio

of at least 38 mm (1.5 inches). This minimum radius must extend to at least 45 degrees (45°) relative to the forward direction, along the top, sides and bottom of all affected edges.

Article 4: Cockpit

B4.1 Cockpit Opening

B4.1.1 In order to ensure that the opening giving access to the cockpit is of adequate size, a template shown in Figure 8 will be inserted into the cockpit opening. It will be held horizontally and inserted vertically until it has passed below the top bar of the Side Impact Structure (or until 350 mm above the ground for monocoque cars).

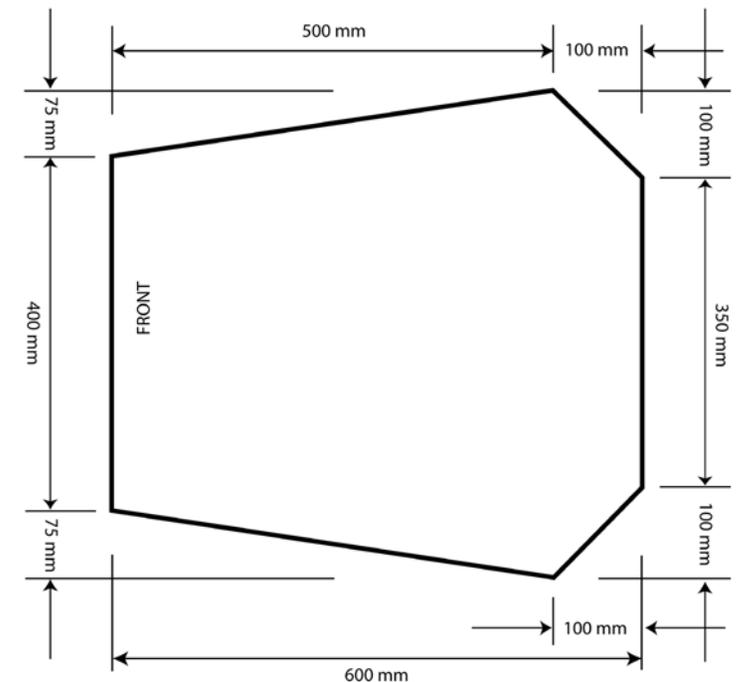


FIGURE 8

B4.1.2 During this test, the steering wheel, steering column,

seat and all padding may be removed.

B4.4 Floor Close-out

All vehicles must have a floor closeout made of one or more panels, which separate the driver from the pavement. If multiple panels are used, gaps between panels are not to exceed 3 mm (1/8 inch). The closeout must extend from the foot area to the firewall and prevent track debris from entering the car. The panels must be made of a solid, non-brittle material.

B4.5 Firewall

B4.5.1 A firewall must separate the driver compartment from all components of the fuel supply, the engine oil and the liquid cooling systems. It must protect the neck of the tallest driver. It must extend sufficiently far upwards and/or rearwards such that any point less than 100 mm (4 inches) above the bottom of the helmet of the tallest driver shall not be in direct sight with any part of the fuel system, the cooling system or the engine oil system.

B4.5.2 The firewall must be a non-permeable surface made from a fire resistant material.

B4.5.3 Pass-throughs for wiring, cables, etc. are allowable if grommets are used to seal the pass-throughs. Also, multiple panels may be used to form the firewall but must be sealed at the joints.

B4.8 Driver Egress

All drivers must be able to exit to the side of the vehicle in no more than 5 seconds. Egress time begins with the driver in the fully seated position, hands in driving position on the connected steering wheel and wearing the required driver equipment. Egress time will stop when the driver has both feet on the pavement.

Article 6: General Chassis Rules

B6.2 Ground Clearance

The ground clearance must be sufficient to prevent any portion of the car (other than tires) from touching the ground during track events, and with the driver aboard there must be a minimum of 25.4 mm (1 inch) of static ground clearance under the complete car at all times.

Article 12: Aerodynamic Devices

12.1 Aero Dynamic and Ground Effects - General

All aerodynamic devices must satisfy the following requirements:

12.2 Location

12.2.1 In plain view, no part of any aerodynamic device, wing, under tray or splitter can be:

- a. Further forward than 460 mm (18 inches) forward of the fronts of the front tires
- b. No further rearward than the rear tires
- c. No wider than the outside of the front tires measured at the height of the front hubs.

12.3 Minimum Radii of Edges of Aerodynamic Devices

12.3.1 All wing leading edges must have a minimum radius 12.7 mm (0.5 inch). Wing leading edges must be as blunt or blunter than required radii for an arc plus or minus 45 degrees ($\pm 45^\circ$) centered on a plane parallel to the ground or similar reference plane for all incidence angles which lie within the range of adjustment of the wing or wing element. If leading edge slats or slots are used, both the fronts of the slats or lots and of the main body of the wings must meet minimum radius rules.

12.3.2 Other Edge Radii Limitations - All wing edges, and plates, Gurney flaps, wicker bills, splitters undertrays and any other wing accessories must have minimum edge radii of at least 3 mm (1/8 inch) i.e., this means at least a 6 mm (1/4



Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial

Abajo. Bahía de inspección técnica durante FSAE West 2010; Auto Club Speedway, Fontana CA.

inch) thick edge.

12.3.3 Wing Edge Restrictions - No small radius edges may be included anywhere on the wings in such a way that could violate the intent of these rules (e.g. vortex generators with thin edges, sharp square corners on end plates, etc.).

12.4 Ground Effect Devices - No power device may be used to move or remove air from under the vehicle except fans designed exclusively for cooling. Power ground effects are pro-

hibited.

12.5 Driver Egress Requirements

12.5.1 Egress from the vehicle within the time set in rule 4.8 "Driver Egress", must not require any movement of the wing or wings or their mountings.

12.5.2 The wing or wings must be mounted such in positions, and sturdily enough, that any accident is unlikely to deform the



wings or their mountings in such a way to block the driver's egress.

Article 16: Vehicle Identification

16.1 Car Number

16.1.1 Each car will be assigned a number at the time of its entry into a competition.

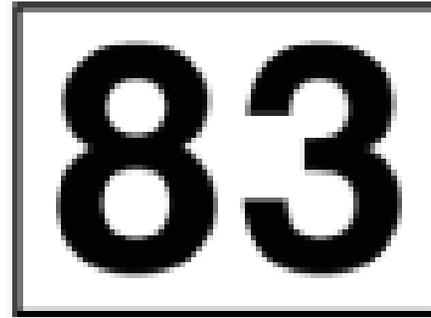
16.1.2 Car numbers must appear on the vehicle as follows:

- a. Locations: In three (3) locations: the front and both sides;
- b. Height: At least 15.24 cm (6 inches) high;
- c. Font: Block numbers (i.e. sans-serif characters). Italic, outline, serif, shadow, or cursive numbers are prohibited.
- d. Stroke Width and Spacing between Numbers: At least 2.0 cm (3/4 inch).
- e. Color: Either white numbers on a black background or black numbers on a white background. No other combinations will be approved.
- f. Background shape: The number background must be of the following: round, oval, square or rectangular. These must be at least 2.5 cm (1 inch) between the edge of the numbers and the edge of the background.
- g. Clear: The numbers must not be obscured by parts of the car, e.g. wheels, side pods, exhaust system, etc.

16.1.3 Car numbers of teams registered for North American FSAE competitions can be found on the "Registered Teams" section of the relevant Formula SAE website.

Comment: Car numbers must be quickly read by course marshals when your car is moving at speed. Make your numbers easy to see an easy to read.

Example:



16.2 School Name

16.2.1 Each car must clearly display the school name (or initials - if unique and generally recognized) in roman characters at least 5.08cm, (2 inch) high on both sides of the vehicle. The characters must be placed on high contrast background in an easily visible location.

16.2.2 The school name may also appear in non-roman characters, but the roman character version must be uppermost on the sides.

16.3 SAE Logo

The SAE logo must be displayed on the front and/or both sides of the vehicle in a prominent location. SAE logo stickers will be provided to the teams on site.

16.4 Technical Inspection Sticker Space

16.4.1 Technical inspection stickers will be placed on the upper nose of the vehicle. Cars must have a clear and unobstructed area at least 25.4 cm wide x 20.3 cm high (10" x 8") on the upper front surface of the nose along the vehicle centerline.

16.4.2 Vehicles that are being entered into multiple competitions in the FSAE series must allow sufficient space along the nose centerline for all inspection stickers.



Arriba. Colección de monoplasas Ferrari de Fórmula 1.

3.4 Un auto tipo Fórmula.

Un auto tipo formula es aquel que por su configuración de diseño deja las ruedas del vehículo por fuera de la carrocería (Open Wheel), estos autos contrastan con los autos de calle, deportivos, stock o de turismo, cuyas ruedas se sitúan por debajo de la carrocería o de las salpicaderas; en la mayoría de los casos este tipo de auto es para un solo conductor y están concebidos para competencia, frecuentemente poseen un mayor grado de sofisticación tecnológica que otros tipos de auto de competencia.

El diseño típico de un Open Wheel tiene un habitáculo de conducción muy reducido, con espacio suficiente para guarecer el cuerpo del piloto dejando la cabeza descubierta al aire libre. En los autos modernos el motor se sitúa directamente detrás del conductor y la tracción por ende es trasera. Dependiendo de los reglamentos de competencia, muchos de estos autos poseen alas o aditamentos aerodinámicos en la nariz y cola de los mismos, así como un piso sumamente bajo y plano que ayuda a generar fuerza descendente, manteniendo al auto pegado a la pista. En la actualidad los Open Wheel son diseñados con grandes superficies, las cuales cumplen una doble función, el servir como cuerpo aerodinámico y el

funcionar como espacios publicitarios.

El término formula se refiere en preciso a ciertas categorías de competición de autos Open Wheel para un solo conductor. El origen del término se remonta a la época de la post guerra, a finales de los 40's, cuando la FIA (Federación Internacional de Automovilismo) comenzó a regular las competencias automotrices a nivel internacional, antes de esta reglamentación este tipo de competencias eran conocidas como Grandes Premios, término que sigue en vigencia, las más conocidas de todas estas fórmulas son la Fórmula 1, Fórmula 2 y Fórmula 3.

Las categorías menores a la Fórmula 1 se crearon como categorías de ascenso, siendo así que la Fórmula 1 se considere la categoría reina del deporte motor. Se tienen dos tipos principales de fórmulas: la fórmula abierta, que permite elegir chasis y motor, y la fórmula regulada, que estipula proveedores de chasis y motores. Ejemplo de la primera es la Fórmula 1, y de la segunda la Fórmula BMW o la Indy Racing League. Hay ejemplos de fórmulas combinadas donde se tiene libertad en la elección de chasis, pero se regula el proveedor de motor, el caso de la Fórmula Ford.



3.5 Morfología. Evolución de los Autos Fórmula.

Para comprender de mejor manera el punto anterior, a continuación se presentan una serie de ejemplos históricos que han llegado a considerarse iconos del deporte motor por la trascendencia de sus diseños innovadores, generando los lineamientos básicos de diseño y tecnología que conforman la morfología de los autos tipo fórmula modernos.

Benz Tropfenwagen

El Tropfenwagen o auto gota de Benz, tiene sus raíces en el diseño de 1921 de Edmund Rumpler, ingeniero aeronáutico austriaco, siendo este el primer automóvil aerodinámico jamás diseñado, cuya configuración posicionaba al motor en la parte media del carro, el diseño general del auto era demasiado revolucionario para la época y para las circunstancias en las que se encontraba Alemania tras la Primera Guerra Mundial. A pesar de que la respuesta del público fue negativa, la dirección de Benz encontró gran potencial en los fundamentos de este auto, por lo que para la temporada de 1923 de los Grandes Premios, Willy Walb y Ferdinand Porsche crearon el Benz Tropfenwagen.

Su debut en Monza fue opacado por los FIAT supercargados, delegando al Benz al cuarto lugar. El Tropfenwagen tuvo un éxito significativo en carreras de escalada, sin embargo su desempeño no fue el esperado en competencias de Gran Premio, por lo que se le retiró en 1924.

Auto Union typ C/D

Tras la creación de Auto Union en 1932, conjuntado a las compañías Audi, DKW, Horch y Wanderer, el director de la nueva compañía, Barón Klaus von Oertzen, deseaba tener un proyecto estandarte que ejemplificara el desarrollo tecnológico de la compañía que regía. Durante el Motor Show de Berlín de 1933, el canciller alemán Adolfo Hitler anunció dos programas de transporte, el primero era el Auto del Pueblo, el segundo sería el programa nacional de autos de competencia, enfocado en desarrollar a la industria automotriz de

alta velocidad, otorgándole un gran presupuesto a Mercedes Benz. Al no haber suficientes lugares para los pilotos alemanes de la época, Ferdinand Porsche acordó con Hitler tener a dos compañías en disputa por la gloria en pista, lo que generó la bifurcación del presupuesto entre Mercedes Benz y Auto Union.

El diseño de los Auto Union de competencia le fue encargado a Ferdinand Porsche, quien ya había experimentado la configuración de un auto de Gran Premio de 750 kg para la marca con el proyecto P-Wagen, aplicando la experiencia obtenida en el desarrollo del Benz Tropfenwagen. La configuración de motor central aun resultaba ser sumamente inusual para la época, la disposición general del auto de adelante hacia atrás era: radiador, piloto, tanque de combustible y motor.

A consecuencia de incorporar una configuración experimental, el desarrollo tecnológico consecuente derivó en una serie de autos muy notables, tanto por su diseño revolucionario como por su famosa dificultad de conducción. De 1933 a 1939 se desarrollaron 5 series de estos Auto Union de competencia, los tipo A, B, C, D y E, el último de estos quedó en etapa de desarrollo tras el inicio de la Segunda Guerra Mundial. El tipo C fue el más exitoso de todos los modelos, cuya evolución natural, el tipo D, continuó con esta trayectoria tras reformar su diseño por cambios de reglamento; entre 1935 y 1937 Auto Union ganó 25 Grandes Premios, siendo 1936 el año de mayor dominancia opacando a Mercedes Benz.

Cooper T51/T53

La Cooper Car Company fue fundada en 1946 por Charles Cooper y su hijo John Cooper, quienes comenzaron a construir autos de carreras en un pequeño garage al suroeste de Inglaterra. Durante los años 50's y principios de los 60's alcanzaron los máximos niveles del deporte motor con sus autos de motor central, cambiando para siempre a la Fórmula 1 y las Indianápolis 500. En parte gracias al legado de Cooper, en la actualidad Inglaterra es la base de la industria automotriz deportiva.



Capítulo 3 La Carrocería como Problema de Diseño Industrial



1923: Benz Tropfenwagen



1945: Cooper T3



John Cooper

1923

1933

1939

1946

19 | 20 | 19 | 30 | 19 | 40 | 19 | 50



1933: Auto Union Typ A



Dr. Ferdinand Porsche



1939: Auto Union Typ D

UNAM MOTORSPORTS TEAM PUMAS



1959: Cooper T51



1970: Lotus 72C - Ford



1976: Lotus 72F - Ford

1959 1962 1967 1970 1976

19 50

19 60

19 70

19 80



Colin Chapman



1962: Lotus 25 - Climax



1967: Lotus 49 - Ford



Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial

Los primeros Cooper de carreras eran autos destinados a la Fórmula 500 cc, siendo fabricados con partes de autos comerciales dada la escasez de materia prima tras la Segunda Guerra Mundial. El éxito de los motores detrás del conductor se debió en gran parte a la configuración práctica de sus autos al utilizar motores de motocicleta, siendo más conveniente por la transmisión a cadena. Estos autos rápidamente tuvieron éxito en distintas carreras, con pilotos que posteriormente serían estrellas del deporte motor, Stirling Moss, Ken Tyrrel, Peter Collins, entre otros. Con el tiempo se convirtieron en una de las empresas más importantes del deporte amateur en Inglaterra. En 1957 Jack Brabham terminó 6to en el Gran Premio de Mónaco conduciendo un Cooper de motor central perteneciente a Fórmula 2, lo que causó un asombro mayor; para 1958 Stirling Moss ganó el Gran Premio de Argentina conduciendo un Cooper privado, repitiendo la proeza en el Gran Premio de Mónaco, hecho que generó la revolución de los motores centrales en la Fórmula 1. En 1959 Jack Brabham se hizo del título de la Fórmula 1 junto al equipo de fábrica de Cooper en un auto de motor central, al año siguiente ambos, piloto y equipo, repitieron el título, desde entonces todos los campeones de Fórmula 1 usan motor central.

En 1960 Brabham llevó al Cooper T53 campeón a Indianápolis para realizar pruebas, en 1961 compitió con un auto Fórmula 1 modificado llegando a posicionarse en 3er lugar durante la competencia, terminando en 9no puesto. Pasarían varios años para que estos pequeños autos europeos demostraran la superioridad del motor central, en 1965 Jim Clark a bordo de un Lotus 38 de motor central ganó las 500 Millas de Indianápolis, hecho que definió el fin de los motores delanteros en los autos fórmula.

Lotus 25

Diseñado y construido por Colin Chapman para la temporada 1962 de Fórmula 1, el Lotus 25 es uno de los autos más revolucionarios del deporte motor al ser el primero en incorporar un chasis monocasco heredado de la industria aeroespacial, curiosamente este diseño tan revolucionario nació de una se-

rie de bocetos sobre servilletas durante una comida.

El monocasco hace al auto más rígido y estructuralmente más fuerte, en comparativa a los autos de Fórmula 1 contemporáneos. El chasis del Lotus 25 pesaba casi la mitad del total de su predecesor el Lotus 21, como resultado se obtenía un auto mucho más angosto y de menor altura, ocasionando que la postura de conducción fuera muy recostada, algo sumamente innovador, lo que también le dio el apodo de Bañera; otro elemento trascendental de su diseño fue el incorporar dentro del chasis los elementos de amortiguación de la suspensión delantera.

Al presentar un diseño revolucionario presentó una serie de inconvenientes mecánicos durante su primer año, sin embargo para la temporada de 1963 consiguió el título de pilotos y de constructores, repitiendo durante 1965; en total ganó 13 carreras y consiguió 17 poles antes de ser sustituido por el Lotus 33, evolución del 25.

Lotus 49

El Lotus 49 fue diseñado por Colin Chapman y Maurice Philippe para la temporada 1967 de Fórmula 1, pensado en específico como el rediseño del Lotus 43 de 1966, modelo que presentó una serie de problemas de diseño que lo alejaron de la victoria. El 49 está diseñado alrededor de su motor, haciéndolo un elemento estructural del auto junto al chasis monocasco, montando sobre su parte trasera a la caja de velocidades y a la suspensión trasera, este diseño fue presentado por primera vez en el Lotus 43 y desde entonces todos los Fórmula 1 se construyen de esta manera; el diseño del Lotus 49 está plenamente inspirado en los aspectos más sobresalientes del 43 y del ganador de las Indy 500 el Lotus 38. Otro aspecto de gran innovación en su diseño fue el uso de alas para generar efecto suelo, haciendo a Lotus el primer equipo en utilizar esta tecnología; originalmente se montaban sobre la suspensión a varios pies de altura para aprovechar el aire limpio de corrientes, sin embargo tras varios accidentes se optó por montar estos alerones directamente sobre la

carrocería.

Obtuvo un gran éxito en pista, un total de 12 victorias y 2 títulos de pilotos antes de ser substituido por el Lotus 72; fue el primer auto en cambiar sus colores tradicionales por los de sus patrocinadores, cambiando para siempre al deporte motor con la participación cada vez mayor de patrocinadores como parte de los eventos.

Lotus 72

Diseñado por Colin Chapman y Maurice Philippe para la temporada 1970 de Fórmula 1, es otro innovador diseño de Colin Chapman al incorporar los frenos dentro de la carrocería, poner al sistema de refrigeración del motor a los laterales del auto, dejando de lado al diseño tradicional del radiador en la nariz del auto, y por poner la entrada de aire de alimentación del motor por sobre la cabeza del piloto. La configuración general del auto es de igual manera innovadora, asemejando una cuña sobre ruedas, diseño inspirado del Lotus 56 impulsado por turbina de gas, y la configuración aerodinámica del Lotus 63, generando un mayor rendimiento del auto a altas velocidades, hecho que se comprobó al probarlo contra un Lotus 49 usando el mismo motor sacándole una ventaja de más de 20 Km/h. Incorporando el principio de diseño del Lotus 49 integrando al motor como elemento estructural del auto y aunándole una forma aerodinámica muy avanzada, el Lotus 72 estaba a años de desarrollo de sus competidores. Tras modificar la suspensión para adecuarse a la nueva configuración de diseño se volvió prácticamente invencible. Tras varias temporadas por cambios en el reglamento en pro de la seguridad, la carrocería sufrió varias modificaciones, haciéndola más ancha y larga. Para 1976, año en que se retiró al Lotus 72, ganó 20 carreras, 2 campeonatos de pilotos y 3 campeonatos de constructores.

Ferrari 312T

La Ferrari 312T fue la respuesta de la casa de Maranello al Lotus 72 con su diseño aerodinámico totalmente revolucionario y su motor Cosworth imbatible en pistas. Con varias ver-

siones evolutivas, la 312T compitió de 1975 a 1980 ganando 27 carreras, 4 campeonatos de constructores y 3 de pilotos, devolviéndole la gloria a Ferrari y siendo el último gran auto italiano de Fórmula 1 del siglo XX.

La 312T debe su nombre denominativo al motor 3 litros de 12 cilindros bóxer y a la posición de su caja de cambios transversal. Fue el primer auto cuya carrocería se diseñó enfatizando el efecto suelo, lo que generó superficies muy limpias que ayudaban al auto a mantenerse pegado a la pista a altas velocidades, fundamento de diseño que se mantiene a la fecha en los autos fórmula y que a partir del modelo T3 implantaron restricciones en el reglamento a nivel general, enfocadas en los aditamentos aerodinámicos. Debajo de los pontones laterales, de muy bajo perfil, se colocaron radiadores de agua, y se generó un incremento significativo en la seguridad al aumentar el tamaño y estructura de los mismos elementos de la carrocería, siendo esto otra innovación técnica revolucionaria.

Como hechos significativos dentro de Ferrari, la 312T hizo que Ferrari dejara de lado todas las competencias deportivas que no generaran puntos importantes para campeonatos válidos, enfocándose de lleno en la Fórmula 1; y la incorporación de Luca di Montezemolo como jefe de equipo, hombre que hoy en día esta a la cabeza de la compañía italiana.

En 1980 tras ser superado ampliamente por la competencia sin haber ganado carrera alguna fue retirado, para la siguiente temporada se le reemplazó con la 126CK impulsado por un motor turbo cargado, que seguía la tendencia de plantas motrices de la época.

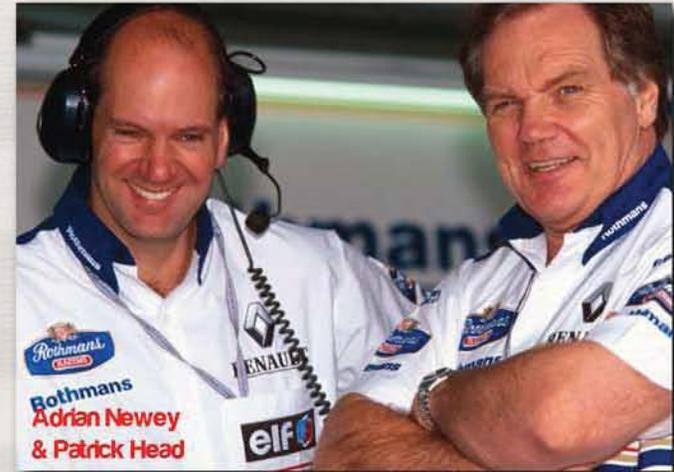
McLaren MP4-1

Al cambiar la dirección del equipo McLaren, fundado por el ex piloto neozelandés Bruce McLaren, por la presión ejercida por el patrocinador principal del equipo (Philip & Morris), se vino la unión con el equipo Project Four Formula 2 de Ron Dennis quien tenía el mismo patrocinador, creándose así el Marlboro Project Four, cuyas iniciales denominan aún en la



Capítulo 3
La Carrocería como Problema de Diseño Industrial







Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial

actualidad a los autos creados por McLaren. John Barnard quien era jefe de diseño del equipo original de Ron Dennis, inspirado por los alerones traseros fabricados de fibra de carbono de los BMW M1 que preparaban para carreras, ideó el diseño de un nuevo chasis para los autos de Fórmula 1 que McLaren comenzaría a construir. Apoyados por el capital inversor que los respaldaba, McLaren diseñó el primer chasis de fibra de carbono para un auto de carreras, técnica proveniente de la industria aeroespacial. Al ser una tecnología inexplorada en el deporte motor, la encomienda de desarrollar y construir este nuevo chasis estuvo a cargo de Hercules Aerospace en Estados Unidos.

La aplicación de la fibra de carbono en la manufactura de los chasis monocasco en comparativa a los diseños tradicionales hechos con laminados de aleación ligera, generaba un sutil incremento de peso, sin embargo el incremento en rigidez estructural y en seguridad fueron puntos que marcaron una revolución en los materiales de alto rendimiento; a los pocos meses de la presentación del MP4-1 muchos equipos comenzaron con el desarrollo propio de chasis de materiales compuestos, aunque algunos lo consideraban un exceso, se convirtió en el estándar a seguir. La evolución de los MP4 traería consigo el dominio de la Fórmula 1 por parte de McLaren de mediados de los 80's a principios de los 90's con 6 campeonatos de constructores y 7 campeonatos de pilotos, hasta la repuntada tecnológica de su rival Williams en 1992 con su FW14-B y posteriores.

Williams FW07/FW08

Tras haberse formalizado el equipo Williams en la Fórmula 1 en 1977 con Frank Williams y Patrick Head a la cabeza del equipo, presentaron su primer auto en competencia en 1978, el FW06, auto con el que consiguieron el patrocinio mayor de Saudi Air. Para la temporada de 1979 y gracias al capital de sus patrocinadores, Williams presentó el FW07, el primer auto diseñado y desarrollado en entero en túnel de viento, lo que posteriormente haría a Williams el primer equipo de Fórmula 1 en contar dentro de sus instalaciones con túnel

de viento. El FW07 está basado en el diseño y principios del Lotus 79, enfocando la aerodinámica como parámetro de desarrollo y usándola como auxiliar en el desempeño de gran rendimiento. El FW07 ganó 15 carreras, 2 campeonatos de constructores y 1 campeonato de pilotos; al principio de la temporada 1982 sería remplazado por su evolución el FW08.

El FW08 seguía el diseño del FW07, pero era más compacto y aerodinámicamente más eficiente para cumplir con las reglas enfocadas en el efecto suelo causado por los aditamentos aerodinámicos de los autos. Su carrocería tenía grandes pontones laterales, que incrementaban el ala vénturi debajo del auto, lo que para finales de la temporada 1983 sería totalmente prohibido. En 1982 con el FW08 Williams consiguió su 3er título de pilotos.

Williams FW14/FW15

Nacido en 1991 el FW14 fue diseñado por Patrick Head y Adrian Newey como respuesta a la necesidad de mayor competitividad del equipo en búsqueda del título de constructores. La incorporación de Newey al equipo ayudo a la mejora significativa en la aerodinámica y diseño del nuevo carro, el FW14 era el auto más sofisticado en su momento, siendo tecnológicamente revolucionario por contar con caja de cambios semiautomática, control de tracción, suspensión activa y frenos antibloqueo. Durante 1991 tras una serie de complicaciones mecánicas, el equipo fue relegado al segundo lugar general del campeonato, sin embargo, eran los autos más rápidos en pista. Para 1992 se solucionaron los problemas en la caja de cambios y en la suspensión del FW14, presentando al modelo B del mismo como auto para disputar el campeonato. La superioridad tecnológica quedo presente al conquistar en ese año el título de constructores y de pilotos. En total, el FW14 ganó 17 carreras y partió 21 veces desde la pole.

Durante la temporada 1992 Williams desarrollo el modelo FW15, que sería el remplazo del victorioso FW14B, incorporando tecnología de asistencia electrónica al manejo del auto y un sistema de telemetría sumamente sofisticado. Sin em-

bargo por cuestiones de reglamento y por la continuidad del modelo en vigencia, el FW15 no vería acción en competencia sino hasta el principio de la temporada 1993 en su versión C de desarrollo. El FW15C incorporaba toda la tecnología de su modelo predecesor llevándola a niveles mucho mayores y mejoraba la aerodinámica en un 12% en cuanto al efecto suelo y al lastre de aire, aun así presentaba problemas de interpretación de datos en sus sistemas de dirección asistida, lo que ocasionaba dificultades de manejo; al finalizar la temporada la FIA prohibió la asistencia electrónica por considerarla excesiva. Durante 1993 ganó 10 carreras, el título de constructores y de pilotos. A la fecha se le considera el auto más sofisticado tecnológicamente que jamás haya corrido en Fórmula 1.

Ferrari F2002/F2004

Tras el éxito imperativo de Ferrari en la Fórmula 1 desde 1999, en la temporada 2002 la Escudería italiana presentó un auto revolucionario, llamado F2002, este auto marcaría un dominio apabullante en la categoría gracias a su diseño aerodinámico y a su confiabilidad mecánica.

Diseñado por Ross Brawn, Rory Byrne y Paolo Martinelli bajo la dirección de Jean Todt, estaba basado en el motor 051 de Ferrari, este motor de bajo centro de gravedad generaba mejor conducción, sin ser el mejor motor en pista durante esa temporada, era sumamente ligero, compacto, presentaba mejor eficiencia de combustible y mejores prestaciones. El concepto de diseño del carro se salía de los parámetros que la compañía venía siguiendo desde los años 90's, incorporando tecnología innovadora en la construcción de sus elementos mecánicos, específicamente en la caja de velocidades fabricada en aleación de titanio reduciendo el peso en un 15% y bajando el centro de gravedad; el cambio de tamaño en los componentes motrices ayudo a generar un diseño de carrocería muy refinado, principalmente en la parte trasera del auto evidenciado en los escapes periscópicos, que aprovechaban el aire de escape del motor para generar efecto aerodinámico. La F2002 corrió hasta principios de la tempo-

rada 2003, remplazado por el modelo F2003GA basado en el modelo anterior, presentaba mejoras en el diseño de la carrocería con pontones laterales bulbosos y un mayor largo de vía en pro de la aerodinámica. En la primera parte de la temporada presentó problemas con el desgaste de las llantas, problema solucionado en la segunda mitad del campeonato llevándola a la victoria.

Para la temporada 2004 se presentó a la F2004, basada en entero en la F2003GA resolviendo los problemas de diseño que esta tenía específicamente en la suspensión y mejorando la aerodinámica con un ala trasera más grande, haciendo al nuevo auto sumamente dominante durante todo el año. En total, estos 3 autos ganaron 38 carreras y 29 poles en 52 apariciones, 3 campeonatos de constructores y 3 de pilotos, haciéndolos la evolución de modelos más exitosa en toda la historia de la Fórmula 1.

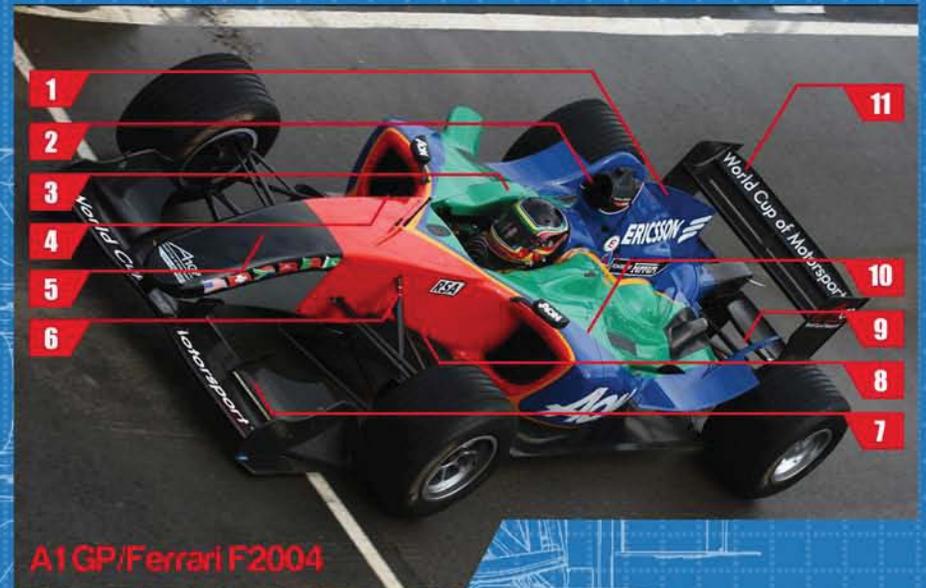
3.6 Morfología Moderna de un Auto Fórmula

Hoy en día los autos fórmula tienen una morfología única, derivada de décadas de evolución tecnológica, haciéndolos destacar y diferenciarse de lleno de cualquier otro tipo de auto. Sin importar la categoría que se trate, el diseño básico para este tipo de autos es el mismo, el funcionalismo es esencial, dejando de lado todo detalle estético; las carrocerías son producto del desarrollo aerodinámico, con cuerpos frontales muy refinados dejando un habitáculo de conducción muy reducido, y la parte trasera de los mismos diseñada completamente en pro del alto rendimiento, encerrando al motor de manera muy compacta rodeado de entradas y salidas de aire. El uso de aditamentos aerodinámicos depende de lleno de la categoría, del tipo de pista y de los reglamentos, sin embargo hay un parámetro de forma y posición rector.

Como ejemplos gráficos de un auto formula moderno, se presentan a continuación un auto de la A1GP, diseñado a partir de la Ferrari F2004, como auto estándar para las temporadas 2008 y 2009; un Panoz DP01 de la Champ Car del 2007 y 2008; un Fórmula Ford actual; y un Formula Vee de la SCAA.

A1GP/Ferrari F2004

1. Cubierta del motor estrecha de forma descendente
2. Toma de aire del motor y estructura antivuelco
3. Habitáculo con protecciones laterales
4. Tomas de aire para refrigeración
5. Nariz estrecha y levantada
6. Brazos de suspensión aerodinámicos
7. Alerón delantero del ancho del auto
8. Aletas laterales para direccionar el flujo de aire
9. Alerones por delante de las ruedas traseras
10. Pontones laterales redondeados descendentes
11. Alerón trasero de gran tamaño



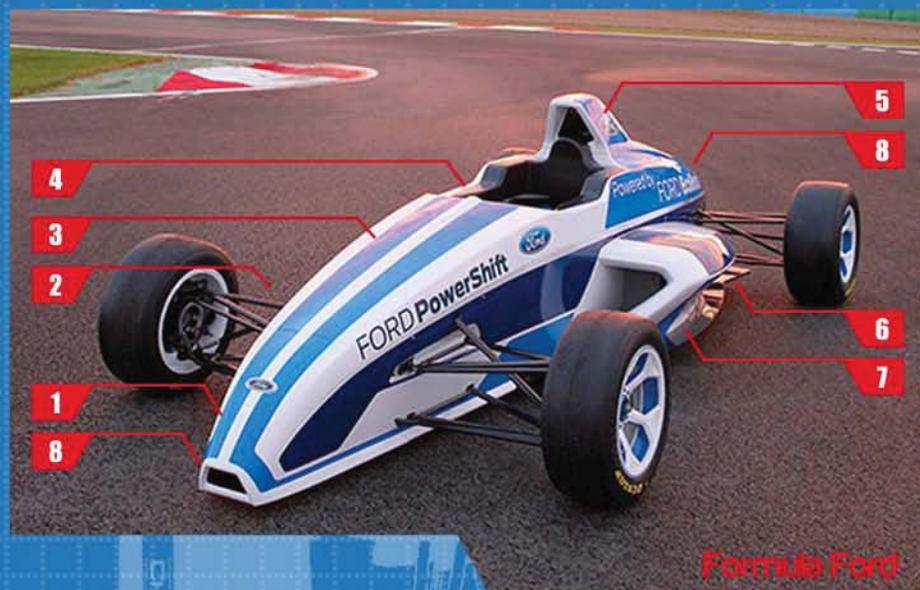
A1GP/Ferrari F2004

Panoz DP01 2007



Panoz DP01 2007

1. Nariz redondeada
2. Alerón delantero de gran tamaño
3. Nariz estrecha levantada
4. Brazos de suspensión aerodinámicos
5. Habitáculo con protecciones laterales
6. Barra antivuelco
7. Cubierta del motor baja
8. Alerón trasero prominente
9. Alerones por delante de las ruedas traseras
10. Pontones laterales planos
11. Toma de aire para refrigeración reducida
12. Piso plano con difusor trasero

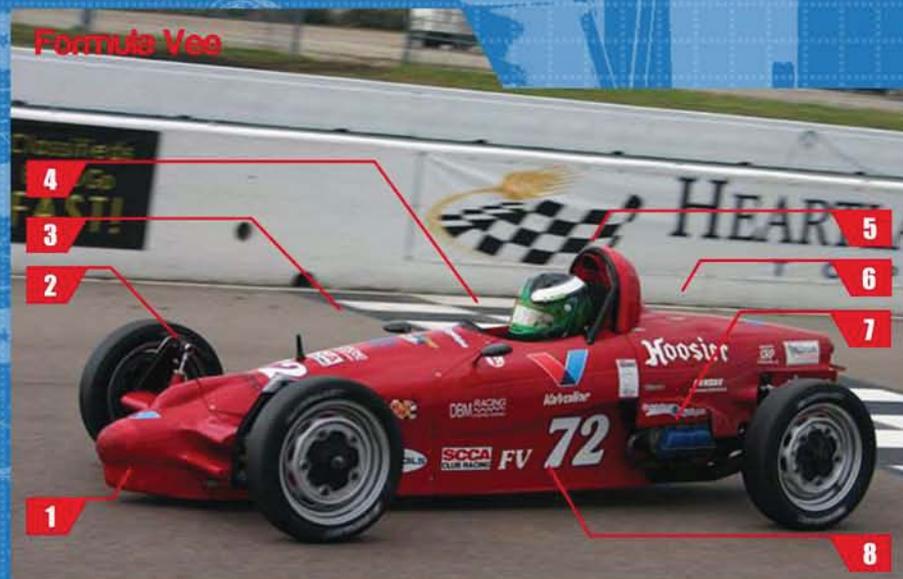


Formula Ford

1. Nariz descendente a nivel de piso
2. Brazos de suspensión aerodinámicos
3. Nariz estrecha pegada al piso
4. Habitáculo reducido con protecciones laterales
5. Toma de aire del motor integrada a la cubierta del motor de forma estrecha y descendente
6. Transmisión descubierta
7. Pontones laterales de tamaño reducido
8. Carencia de alerones

Formula Vee

1. Nariz redondeada
2. Brazos de suspensión incorporados a la carrocería
3. Cuerpo aerodinámico robusto
4. Apertura reducida del habitáculo
5. Barra antivuelco estructurada hacia el frente del chasis
6. Cubierta del motor en continuidad con el resto de la carrocería
7. Motor parcialmente descubierta para su refrigeración
8. Carencia de pontones laterales y de aditamentos aerodinámicos





Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial

Página posterior arriba. El Tankia 08 frente a Hangar 7, museo aeronáutico de Red Bull.

Página posterior abajo. El JR09 en pista durante Formula Student Germany 2009.

3.7 Homólogos. Fórmula SAE y Fórmula Student

Como homólogos dentro de la categoría a competir con el diseño a proponer se analizarán 5 ejemplos en específico para crear un marco teórico del diseño de la carrocería dentro de Fórmula SAE; se trata de 5 equipos que en un periodo relativamente corto de tiempo han demostrado excelencia en el desarrollo y diseño de sus vehículos de competencia, siendo las Universidades a vencer a nivel mundial hoy en día, y ejemplos de cómo trabajar dentro de este proyecto.

Technische Universität Graz

La TU Graz (Universidad Tecnológica de Graz) diseña y construye autos para Fórmula SAE y Fórmula Student desde 2003 por iniciativa propia de alumnos. En 2004 presentaron su primer auto, bautizado TANKIA, There Are Not Kangaroos In Austria (no hay canguros en Austria), con el que obtuvieron una temporada bastante respetable; con el éxito obtenido en 2005 presentaron su segundo auto, el cual fue sumamente exitoso ganando todas las competencias en las que participó en Alemania e Italia. El éxito del equipo se enmarcó al consagrarse en el 2009 como campeón absoluto en Michigan.

El TANKIA es un referente total de lo que es la FSAE en la actualidad, su diseño es uno de los más sobresalientes a nivel mundial, asemejándolo a los autos de Red Bull de Fórmula 1, patrocinador principal del equipo TU Graz. Tras 7 generaciones de TANKIAS el grado tecnológico que demuestran hoy en día resulta sorprendente, la construcción de sus autos está muy cercana a lo que se encuentra en los seriales de primer nivel, utilizando monocasco de fibra de carbono en conjunción de elementos de seguridad de aleaciones ligeras.

Estéticamente el TANKIA 2008 denota la pureza de un auto fórmula, siendo un auto de líneas muy elegantes y agresivas al mismo tiempo, haciendo énfasis en la aerodinámica y en mejoras ergonómicas para la conducción de alto rendimiento, fue desarrollado llevando al límite los reglamentos en fecha dando por resultado algo a los que se le podría llamar "obra maestra".

Fachhochschule Joanneum

La FH Joanneum Graz, se puede considerar como la institución rival de la TU Graz, algo que han llevado al campo de competencias automotrices de los seriales de SAE. Al mismo tiempo que se comenzó con el proyecto en la TU Graz en Joanneum también se comenzó a diseñar su propio Fórmula Student. Bautizados con las iniciales JR (Joanneum Racing), son autos de admiración considerable por desarrollar en pocos años una serie de prototipos evolutivos entre sí, convirtiéndose en íconos de la competencia a nivel mundial.

Al paso de los años los JR han alcanzado niveles tecnológicos sobresalientes, de nueva cuenta nos encontramos con prototipos de competencia creados por estudiantes que están muy apegados al estado del arte encontrado en la Fórmula 1. El diseño parte del monocasco de fibra de carbono que contiene al conductor en una posición muy comprometida entre la ergonomía y el desempeño; el uso de materiales de aleación ligera es algo de orígenes aeronáuticos, encontrado en todos los componentes de los autos.

El JR09 lleva al diseño de un auto fórmula por encima de los estándares tradicionales, al incorporar líneas y superficies provenientes de los autos gran turismo de Lamborghini. La conjunción de estilos en el diseño de la carrocería hace a este auto sobresalir no solo por su rendimiento en pista, sino también por su peculiar manejo de superficies angulares que concuerdan con la intención funcional original de los elementos que la componen aunado a la elección cromática de alto contraste en la pintura del auto.

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

El equipo HAW Racing de la Universidad de Ciencias Aplicadas de Hamburgo, fue fundado en 2003 tras la experiencia de un grupo de profesores del Departamento de Ingeniería Automotriz en Estados Unidos, donde apreciaron el potencial educativo y formador de la Fórmula SAE. Su primer auto estaba inspirado en pleno en los autos de Fórmula 1 de los años 60's, uno de los fundamentos en la creación del equi-





Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial

Página posterior arriba. El Hawk 09 corriendo durante Formula Student Germany 2009.

Página posterior abajo. El LOK-009 de UWA Motorsport en plena aceleración.

po es tener a la estética y al rendimiento sin compromisos como prioridad en el diseño de sus vehículos. Este carro fue presentado en el Auto Show de Frankfurt del 2003 con una respuesta muy favorecedora por parte del público en general, atrayendo a muchos visitantes y patrocinadores potenciales.

El posterior diseño de los autos de competencia marcó una evolución progresiva respetando el pedigree de cada antecesor. En 2007 ganaron el premio al mejor estilo de diseño en la competencia nacional de Fórmula Student en Alemania, resultado de la filosofía del equipo, quedando dentro del top 10 general. El diseño y construcción del último modelo a la fecha de redacción, el HAWK 09, está muy por encima de la competencia, de nueva cuenta se encuentra una relación muy cercana con los autos de Fórmula 1 tanto en estética como en materiales y técnicas de manufactura; los volúmenes y superficies de la carrocería evocan la fisiología de un halcón, con la parte superior formando una superficie curva que desciende por encima de los pontones laterales donde se encuentra el sistema de refrigeración del motor, esta superficie se extiende desde la punta de la nariz hasta la cola del carro, generando una superficie visualmente limpia y muy sólida que contrasta con los volúmenes inferiores, tanto en dimensión, forma y color.

University of Western Australia

El equipo de la Universidad de Australia Occidental, UWAM (University of Western Australia Motorsport), fue fundado en 2001 como ejercicio de diseño de ingeniería para competir en la FSAE australiana, obteniendo 2 campeonatos australianos, e internacionalmente se han hecho con los laureles al ganar el campeonato mundial en Michigan en 2008; en 2009 se hicieron del 3er lugar general en la FS (Fórmula Student) alemana, dejando a todos los locales a excepción de la Universidad de Stuttgart por debajo de ellos.

Al igual que los equipos de vanguardia europeos, las últimas generaciones de los autos del equipo UWAM están fabricados alrededor de un chasis monocasco de fibra de carbono,

tomando lo mejor de la tecnología a disposición en la industria en su concepción, lo que les ha conseguido un rendimiento excepcional en competencia.

Sus últimos 3 modelos muestran gran refinamiento en lo que al diseño general del carro se refiere, es específico, la carrocería tiene una morfología muy apegada a la de un Fórmula 1, el cuerpo frontal del carro es muy angosto, trabajado en pro de la aerodinámica del carro. Los pontones laterales tienen formas muy orgánicas, extendiéndose por toda la parte lateral del carro desde la rueda delantera hasta la suspensión trasera. La parte central de la carrocería forma una sola superficie que nace desde la nariz hasta la cola del carro; todo el motor y el sistema de admisión se encuentran cubiertos por una capota, de nuevo, con características similares a las de un Fórmula 1. En general, el diseño de las últimas generaciones de los autos del UWAM resaltan del resto no solo por su desempeño mecánico, sino también por el diseño de sus carrocerías muy bien pensadas y trabajadas como autos fórmula de categoría profesional.

Universität Stuttgart

El Rennteam Uni Stuttgart fue fundado en 2005 tras asegurar el apoyo de la Universidad de Stuttgart y del Instituto de Motores Automotrices y Vehiculares de Stuttgart (FKFS), formando una asociación no benéfica anexa a la Universidad y al FKFS para demostrar la seriedad e integridad del equipo, así como para emitir por su cuenta facturas por donación a los patrocinadores.

En 2006 presentaron su primer carro, el F0711-1 (0711 es el código de área de Stuttgart), de diseño en entero funcional procurando al rendimiento general dejando de lado a la estética propositiva, con el cual consiguieron ser novatos del año en las competencias de Alemania, Inglaterra e Italia, marcando la pauta de éxitos futuros del equipo. La morfología del 11-1 evoluciono hasta el 11-4, auto con el que en 2009 ganaron absolutamente todas las pruebas en las que participaron, Alemania, Inglaterra, Italia y Michigan, consolidándose como





Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial

Abajo. El F0711-4 del Rennteam Uni Stuttgart corriendo en Endurance durante Formula Student Germany 2009.

el mejor equipo a nivel mundial.

A diferencia de los autos anteriores, el 11-4 fue el primero del Rennteam en basarse en un chasis monocasco de fibra de carbono, llevando a la evolución de sus diseños al máximo nivel de materiales y técnicas de manufactura dentro de la categoría. El diseño de la carrocería se percibe en pleno como funcional, haciéndola más orgánica y con líneas más fluidas en pro de la aerodinámica, mejorando a sus antecede-

sores de diseños más rectos y robustos. La suspensión se encuentra descubierta por encima de la carrocería, detalle que hace la referencia de que se trata de un vehículo de alto rendimiento que presume sus componentes. En general es un diseño de clara estirpe alemana, funcional y minimalista, vestido del color nacional de competencias alemán: blanco y negro; es el auto que todo equipo tiene que tomar en cuenta como futuro paradigma a vencer.



3.8 El mercado teórico: el competidor amateur de Autocross

Como se menciona previamente, Fórmula SAE tiene el fundamento teórico de crear un prototipo de automóvil de alto rendimiento para el mercado de competidores amateurs de Autocross, siendo evaluado por su diseño en pro de esta meta, por lo cual debe de ser económicamente rentable desde su concepción y manufactura hasta su uso y mantenimiento constante.

El Autocross es un tipo de deporte motor que hace énfasis en la seguridad dentro de la competencia, por la carencia de obstáculos físicos y de la competencia rueda a rueda, y en la participación activa y constante, permitiendo a los participantes el poder competir desde con un auto sin modificación alguna de uso diario hasta con autos de carreras profesionales. Por sus bondades resulta sumamente atractiva para los aficionados del deporte motor que desean experimentar en carne propia la sensación de correr; en Estados Unidos es un deporte en constante crecimiento, regido y organizado por la SCCA (Sports Car Club of America). La competencia consiste en correr contra reloj, de un piloto a la vez corriendo dentro de una pista pavimentada marcada por traficonos con una distancia promedio de 1 milla; el diseño de los trazados de pista enfatiza sobre la maniobrabilidad de los autos y las habilidades de conducción de los participantes, haciendo a la competencia un área de entrenamiento para aquellos quienes deseen perfeccionar sus habilidades de manejo para saltar a otro tipo de competencias motorizadas de mayor costo y sofisticación.

Los eventos de Autocross se dividen por clases, permitiendo la participación de casi cualquier tipo de automóvil, desde sedanes para calle, hasta autos contruidos en específico para el tipo de competencia. Estos últimos son los más veloces y maniobrables en pista, diseñados para correr en las condiciones específicas que presenta el Autocross, dotados de carrocerías pequeñas y ligeras, llantas de máximo agarre, alas prominentes para generar gran efecto suelo, motores poderosos y transmisiones con velocidades cortas; estos au-

tos tienen velocidades máximas limitadas por sus cajas de velocidades, haciéndolos más lentos en línea recta en comparación con la mayoría de las otras categorías, sin embargo, su capacidad de giro en curvas excede por mucho a la de los autos que no están diseñados para el Autocross.

Dentro de los autos diseñados en específico para Autocross se encuentra la categoría Formula 1000, la cual comparte muchos criterios de diseño con FSAE. Esta categoría fue creada por la SCAA en 2006, se trata de autos que usan motores de motocicleta de hasta 1000 cc, monoplazas, de cabina abierta, open wheel, y suspensión de carreras. Estos vehículos permiten el uso de cualquier tipo de motor moderno de motocicleta que se apegue al reglamento, generándoles a sus poseedores la capacidad de personalizar sus autos según sus deseos y presupuesto; en el mercado existen varias compañías dedicadas a la construcción de estos autos, ofreciéndoles a los consumidores una gama relativamente amplia de elección.

El Autocross y su categoría Formula 1000 no solo son el mercado teórico de Fórmula SAE, también son el campo de pruebas de muchos equipos donde perfeccionan el diseño sus monoplazas y sus habilidades de conducción, incrementando con esto la calidad y profesionalismo de competencia de todo el serial.

Abajo. Un F1000 reglamentado por la SCCA construido por Philadelphia Motorsports.





Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial

Abajo. Advance Design Tramontana R, diseño radical y tecnología de punta.

3.9 Análogos. Casos Particulares de Diseño

Considerando que el diseño de un auto para la Fórmula SAE tiene el requisito conceptual de planificar una manufactura estimada en 1000 unidades anuales para satisfacer un mercado de competidores amateurs, se analizará una serie de ejemplos cuyas características de diseño y de configuración de ingeniería de gran similitud con las de un auto fórmula. Los ejemplos seleccionados radican en un nicho de mercado único, dirigido hacia entusiastas del deporte motor que desean tener un medio de transporte exclusivo, diseñado en torno de la experiencia de uso que ofrece el diseño de punta y la ingeniería de alto rendimiento, aunado al hecho de ser fabricados en pocas unidades de manera artesanal. Los 5 autos que se presentan a continuación forman un referente de diseño a seguir por ser únicos en su género, separándose de cualquier otro tipo de vehículo comercial existente al ser autos de carreras legales para el uso diario en ciudad.



Tramontana R

Construido por Advanced Design Tramontana, en Girona España, es un auto tipo fórmula homologado para su uso legal en calle. El diseño de este auto tiene por inspiración a los autos de Fórmula 1 y a los aviones caza de última generación, siendo construido artesanalmente, está basado en un chasis monocasco de fibra de carbono biplaza en tándem, la cabina tiene total similitud con la de un auto de competencia al incorporar alrededor del volante el instrumental esencial con una interface electrónica y analógica de última generación y posicionando la palanca de cambios secuencial al lado del mismo como en un auto de IRL; la cabina tiene un techo rígido desmontable, el cual cuando esta puesto, se abre abatiéndose hacia atrás como la cabina de un avión caza. El diseño del auto se adapta al cliente en cuestión al hacerlo a medida, otra característica única que posee de origen en la Fórmula 1 por el tipo de habitáculo que presenta.

Todo el auto está construido usando materiales exóticos de la mejor calidad disponible en el mercado y piezas mecánicas de alto rendimiento, cuenta con un motor V12 turbo cargado de 720 HP, haciendo que sus prestaciones generales rivalicen con las de cualquier superdeportivo; su aerodinámica está muy trabajada para mantener al auto pegado al pavimento a altas velocidades tanto en rectas como en curvas y para poder llevarlo al máximo de su rendimiento bajo cualquier tipo de manejo. El contar con tanta tecnología de punta lo hace un auto exceso costoso, €325,000.00 el modelo básico, lo que incrementa la exclusividad del mismo haciéndolo muy exótico y codiciado, tanto por su rareza de diseño como por la experiencia única de manejo que este otorga.

KTM X-Bow

KTM cuenta con más de 50 años de experiencia y prestigio en la fabricación de motocicletas, las cuales han marcado historia en los rallyes de resistencia como el Dakar, sin embargo la compañía ha explorado nuevos horizontes al diseñar su primer auto deportivo, el X-Bow. Su diseño es sumamente

agresivo y deportivo, el cual emplea los mejores materiales, la mejor tecnología a disposición y el conocimiento y prestigio de sus proveedores: Dallara y Audi; el resultado es un auto de carreras de uso legal para calle, apreciable desde el diseño y construcción del chasis, el cual es un monocasco de fibra de carbono desarrollado con la misma tecnología con la que se construyen los autos de Fórmula 1. La combinación de materiales compuestos y aleaciones ligeras hacen que el X-Bow pese solamente 790 kilos, y en combinación con su motor turbo cargado 2.0 Audi generan prestaciones comparables con cualquier auto de competencia y superdeportivo, dándole al usuario una experiencia deportiva de manejo única, la cual puede llevar de la pista a la carretera sin ninguna modificación en el auto.

El novedoso diseño de singulares líneas fue producto de Kiska Design, quien trabaja con KTM desde mediados de los 90's diseñando sus motocicletas e imagen de la marca. Los paneles flotantes de la carrocería tienen mayor vínculo con el mundo de las motocicletas que con los autos, haciendo a cada pieza cumplir con una función específica integrándola como parte esencial del auto; la mecánica queda al descubierto haciéndola parte de la estética del mismo, evidenciando así su esencia deportiva, de forma simple y funcionalista; la reducción de tamaño y forma de todos los elementos se llevó al límite permisible sin dejar lugar a piezas que no cumplieran con un papel funcional, que generaran ornatos innecesarios.

La pureza deportiva de su diseño hace que la reducción de peso se aprecie inclusive en los asientos, los cuales forman parte de la estructura del chasis, siendo cubiertos por fundas que se ajustan dependiendo del usuario en cuestión en pro del confort. La ergonomía está muy bien pensada y resuelta a partir de las soluciones constructivistas del auto, los pedales y volante se adaptan al conductor, la instrumentación es sumamente sencilla, integrando toda la información en una sola consola electrónica al centro del tablero y dotando al volante de controles, como en un Fórmula 1.



Roadrazer

El Roadrazer por su diseño e ingeniería es lo más parecido a un Fórmula SAE en el mercado, pensado para ser un auto de pista con uso legal en carreteras y para ofrecerle a sus propietarios la posibilidad de usarlo como auto de competencia de fácil reparación y mantenimiento. Dirigido a un mercado de entusiastas del deporte motor que lo adquieran sin compromisos como un juguete exclusivo, el Roadrazer, construido artesanalmente en Dinamarca, ofrece diseño y tecnología sin compromisos, juntando en un solo auto detalles técnicos únicos, empleando materiales propios del estado del arte de los autos de competencia de máximo nivel, una aerodinámica muy refinada y una experiencia de manejo única.

La estructura del Roadrazer es un chasis monocasco de fibra de carbono sobre panel de aluminio, la misma tecnología

Arriba. Un KTM X-Bow R, la máxima experiencia de manejo.



Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial



usada en los Fórmula 1, la cual brinda las mejores características estructurales y de peso. La potencia del auto proviene del motor de una Suzuki Hayabusa de 1300 cc turbo cargado (la motocicleta comercial más rápida del mundo), al igual que en un FSAE, la potencia se transmite por cadena a un diferencial comercial modificado. El diseño y configuración es la propia de un auto tipo fórmula, la carrocería está fabricada en entero de fibra de carbono, lo que reduce considerablemente el peso total a 300 kg. La seguridad del conductor está muy bien resuelta al estar dentro de una célula de supervivencia, rodeado de elementos de absorción de impacto reemplazables (pontones laterales y nariz), y al tener un harnes de seguridad de 6 puntos.

Ariel Atom

El Ariel Atom, construido por la Ariel Motor Company, con sede en Somerset, Inglaterra, es un auto de alto rendimiento que ha causado controversia y admiración desde que fue presentado como proyecto estudiantil en 1996 en la Universidad de Coventry. Diseñado por el estudiante de diseño de transporte Nik Smart, fue desarrollado con la cooperación de varias industrias británicas relacionadas con la industria automotriz, bajo la supervisión de Simon Saunders, presidente de Ariel Motor Company, quien además fue el principal contribuyente financiero del proyecto y crítico del mismo.

El Atom se considera único por tener un chasis descubierto, por muchos llamados como exoesqueleto ya que no posee carrocería, más allá de algunos elementos que cubren la nariz del carro, el portaequipaje y parte del motor. Desde su presentación en 1996 el Atom ha tenido 3 versiones evolutivas, las cuales han venido mejorando su desempeño y calidad de manufactura hasta el actual Atom 3, y una versión de exposición llamada RS con 500 hp potenciada por un motor V8.

El increíble rendimiento del Atom se debe a su alta relación peso potencia de 650 hp/ton, al considerar que pesa solamente 460 kg y puede llegar a generar 300 hp. Su diseño y construcción son sumamente puristas, no posee asistencia

electrónica, generando que la conducción sea toda una experiencia pudiendo acelerar de 0 a 100 km/h en tan solo 2.7 segundos, mucho más rápido que la mayoría de los autos superdeportivos existentes. Todo el auto incorpora los mejores componentes mecánicos y materiales que la industria puede ofrecer siendo construido artesanalmente a razón de 100 unidades anuales, y a petición del cliente se puede elegir entre el tipo de motor y sobrealimentación a usar, con un precio que va de £20,000.00 a £40,000.00.

LCC Rocket

Construido por el ex piloto de resistencia Chris Craft y diseñado por el mítico Gordon Murray, quien diseñó el exquisito McLaren F1 y el McLaren SLR Mercedes Benz y una serie de autos campeones en la Fórmula 1, es el auto de producción más ligero jamás construido, dándole así nombre a la compañía Light Car Company.

Su diseño y configuración hacen recordar a los autos Cooper de Fórmula 3 de los años 50's o a los Fórmula Vee de los

60's, y es porque el Rocket fue diseñado como un Fórmula 1 para uso legal en calles. Construido alrededor de un chasis tubular de aleación, posee el motor de una motocicleta Yamaha de 1070 cc que produce 170 hp, haciendo que el auto posea una relación peso potencia de 456 hp/ton igual a la de un Porsche Carrera GT, y que además forma parte estructural del carro.

El diseño nada convencional del Rocket hace una mezcla de tecnología de Fórmula 1 de de motocicleta, y no solo por su motor, la cabina que está diseñada para ser monoplaza puede albergar a un acompañante sentado por detrás del conductor en tándem. La carrocería y salpicaderas están construidas usando materiales compuestos para reducir al máximo el peso total del auto, de tan solo 381 kg. Siendo el primer auto de calle diseñado por Gordon Murray, fue considerado un fracaso comercial por su alto precio de más de £40,000.00 en 1991 siendo el doble de caro de sus competidores más cercanos como el Caterham 7, dejando su producción parada en 1998 tras haber producido poco más de 50 autos.

Página anterior arriba. Roadrazer, el concepto de un FSAE legal para la calle.

Página anterior abajo. Un Ariel Atom V8 corriendo en un circuito.

Abajo. El LCC Rocket, un Fórmula 1 para la calle.





Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial



3.10 El concepto de diseño: Stealth Fighter

El diseñar un auto de competencia, específicamente un auto tipo fórmula, tomando un camino que difiere por mucho del cual los autos de esta estirpe son diseñados, configurados y concebidos en la industria del deporte motor, plantea una serie de retos muy complicados. No solo se trata de tomar una hoja de papel en blanco y generar un diseño que se asemeje a un Fórmula 1, las proporciones y la tecnología de un Fórmula SAE distan mucho del mundo profesional de competencias.

Por un lado podemos encontrar ejemplos dentro del serial bellamente elaborados a partir de un diseño aerodinámico que se adapta a las demandas del tipo de competencia, reflejando en cada detalle de su propuesta los conocimientos y avances tecnológicos en el campo siendo acondicionados para este tipo de vehículos, pero no es el caso del desarrollo del primer auto fórmula de la UNAM dadas la falta de conocimientos relativos, retroalimentación y facilidades tecnológicas. Por otro lado se encuentran vehículos sumamente exitosos en competencia, pero que carecen de cualquier propuesta formal en el diseño

de sus carrocerías, sin embargo la armonía con la cual fueron creados les genera un atractivo único sin hacerlos bellos por definición. ¿Por dónde comenzar?; la respuesta a esta pregunta inicial que marca el camino para comenzar con la ejecución de este problema de diseño radica en la elección de un concepto de diseño que resulte ser el más adecuado para generar una propuesta de diseño atractiva apegándose a la realidad presente en torno al desarrollo del proyecto.

Analizando la morfología y la evolución de los autos tipo fórmula se puede encontrar una constante, están creados con un solo propósito siguiendo una filosofía única de diseño: ganar incorporando los mejores materiales y procesos en la industria. De donde provienen esos avances en el estado del arte es otra cuestión, cuya respuesta se puede encontrar mirando al cielo; históricamente el deporte motor y la avia-

ción militar han vivido en una relación constante y fructífera, ambas son ramas de la industria del transporte encargadas de concebir máquinas de alta sofisticación con una sola condicionante básica: ganar sin importar el costo. La evolución de la técnica en los autos de carreras y en los aviones de combate ha creado un lenguaje de diseño muy particular, el cual refleja velocidad, dinamismo y tecnología de punta, ya sea que se observe un avión o un auto de los años 30's, 50's o último modelo, todos son referentes absolutos de los mejor de su era, son máquinas en perfecto balance, con todo en su lugar exacto sin nada de sobra o de falta.

Optar por seguir esta filosofía, interpretando sus valores icónicos y adaptando su forma resulta ser una opción sumamente atractiva para ser tomada como concepto de diseño a seguir. Sin embargo sigue siendo una paleta de elección muy amplia, por lo cual se tiene que definir un punto en específico para desarrollar una propuesta de diseño que explote de lleno el styling en armonía su ingeniería base, y que mejor para ello que seleccionar una tendencia tecnológica dentro de la aviación que se centra en la morfología exterior de las aeronaves: la tecnología Stealth. Estos aviones llevan al límite el diseño de su exterior, resultando en superficies de estética única creadas para pasar por desapercibido en los radares, pero que sin lugar a dudas los hace ser los aviones más reconocibles hoy en día por su diseño radical, y por ser íconos y baluartes de la tecnología más refinada presente en la actualidad.



Página anterior. Un Lockheed Martin F-117 Nighthawk.

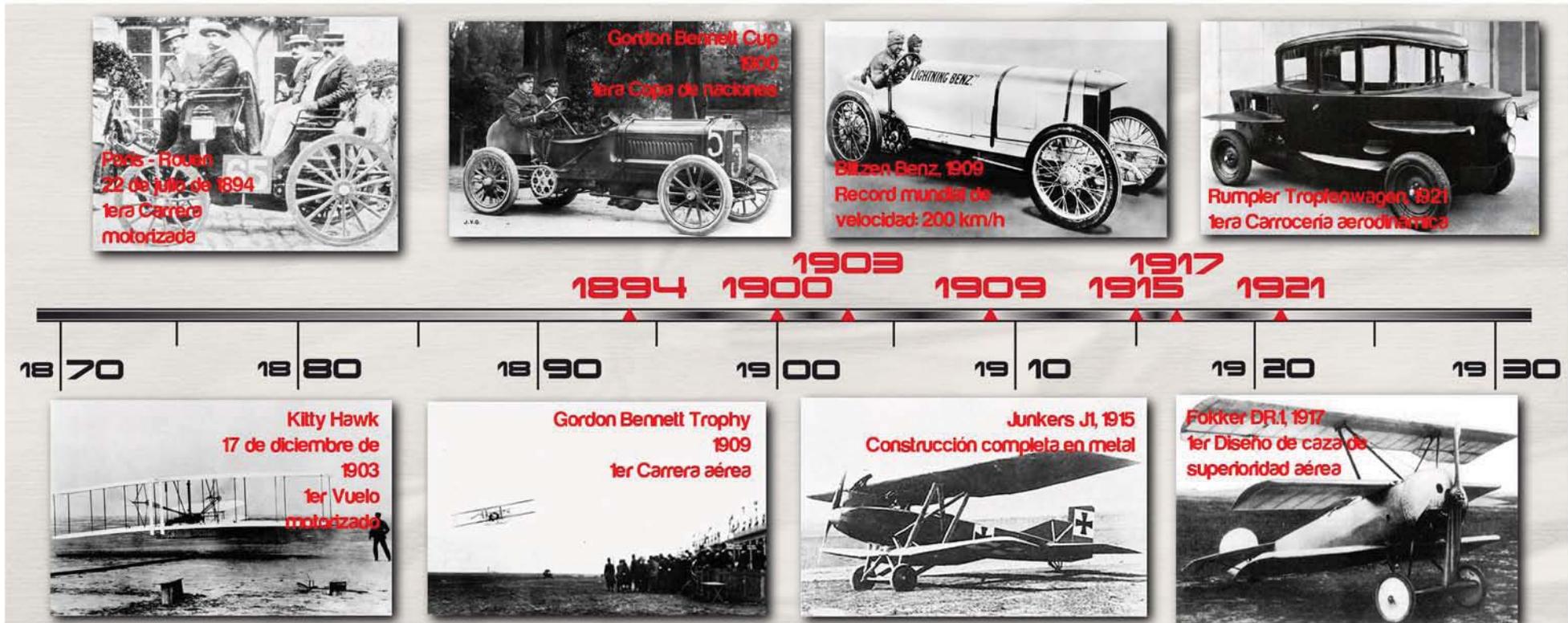
Abajo. Un F-35B Lighting II del USMC volando de la fábrica a la base de su escuadrón.

3.11 La Tecnología Aeronáutica y el Deporte Motor

Históricamente resulta trascendental la relación existente entre la tecnología aeronáutica y la tecnología del deporte motor, si bien, en un principio eran dos ramas de transporte motorizado totalmente separadas, los avances en la tecnología de ambas comenzaron a desarrollarse a la par, al grado de tener constante intercambio tecnológico entre sí. Hoy en día se puede decir que un auto de Fórmula 1 tiene más en común con un avión caza que con un auto familiar, sin embargo, la tecnología desarrollada para la milicia aeronáutica que se filtra al deporte motor termina por llegar a un grado muy depurado a los autos de producción masiva y viceversa.

En los años pioneros, cuando el hombre aprendía a volar cada vez más lejos y hacía correr a los autos cada vez más rápido, la relación entre la industria aeronáutica y automotriz se reducía a una tendencia de diseño, las cabinas de los autos tenían una fuerte inspiración proveniente de los aviones monoplaza contemporáneos, especialmente en los tableros y en la disposición de los controles a bordo, siendo la aviación fuente de tecnología para el deporte motor.

Durante los años 30's mientras en Gran Bretaña se desarrollaban mejoras en el diseño y rendimiento de los aviones gracias a competencias como el Trofeo Schneider, donde nació el mítico motor Merlin de Rolls Royce, en Alemania se desarrollaba un fenómeno muy peculiar. Tras el final de la



Primera Guerra Mundial y la firma del tratado de Versalles, Alemania tenía prohibido el desarrollar tecnología destinada a la guerra, por lo que su programa nacional de autos de carreras fue la base del desarrollo e investigación de los motores que usarían sus aviones caza en vísperas de un nuevo conflicto bélico.

En los años 50's el deporte motor resurgió con mucha fuerza, tanto en autos de Gran Premio como de Gran Turismo, en ambos casos la herencia aeronáutica era evidente. Los motores de inyección directa, que se presentaron en los Mercedes Benz de Fórmula 1 a principios de la década tenían sus orígenes en los motores de avión; en las carreras de resistencia, Jaguar marcó la diferencia al incorporar carrocerías

aerodinámicas inspiradas en los fuselajes de aviones de la época, también fueron los primeros en usar frenos de disco, de nuevo, tecnología de origen aeronáutico. Al final de la década, los autos de producción masiva tenían una fuerte influencia en sus diseños proveniente de la industria aeroespacial, carrocerías largas y refinadas, grandes aletas que hacían la alusión de alerones, luces y defensas que evocaban los escapes de un motor a reacción.

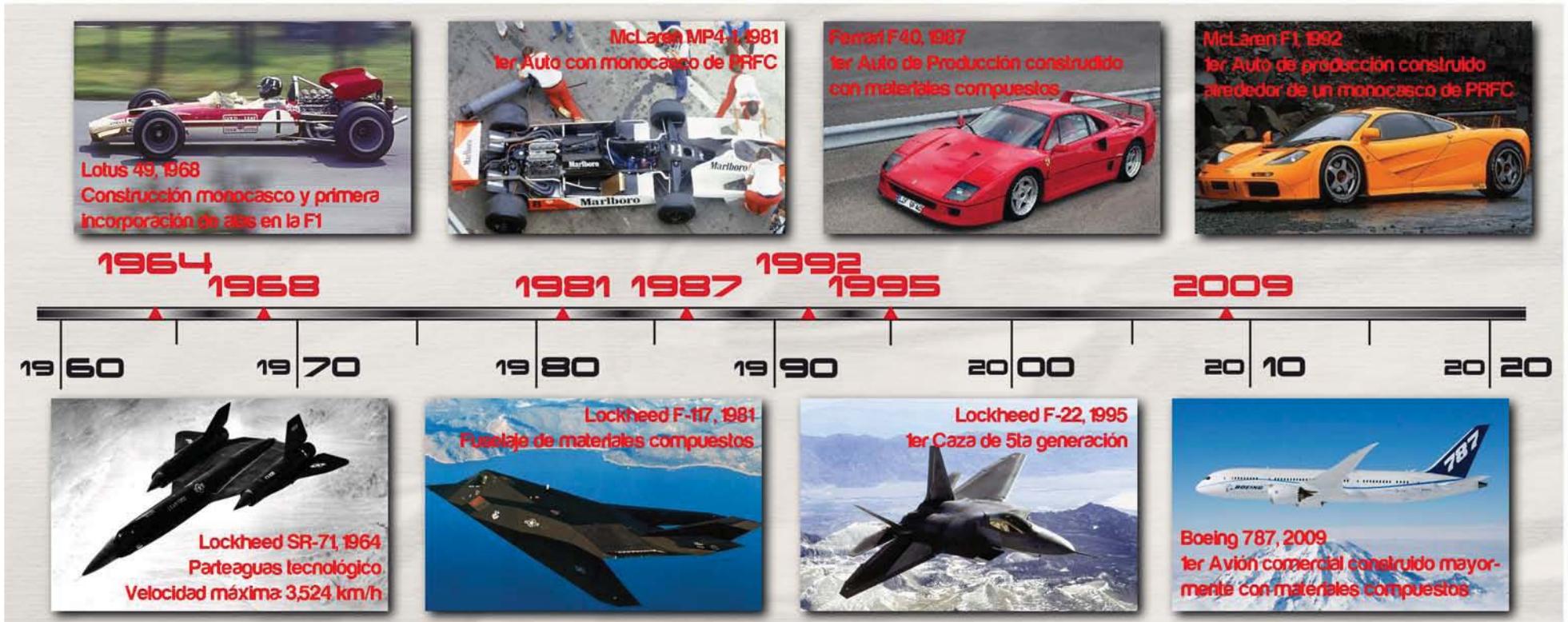
Durante los 60's el uso de aleaciones ligeras, provenientes de la milicia aeronáutica, en los autos de carreras era el estándar para su manufactura si se quería ser competitivo. Colin Chapman, inspirado en el diseño y metodología de construcción de aviones caza, creó el primer chasis monocasco

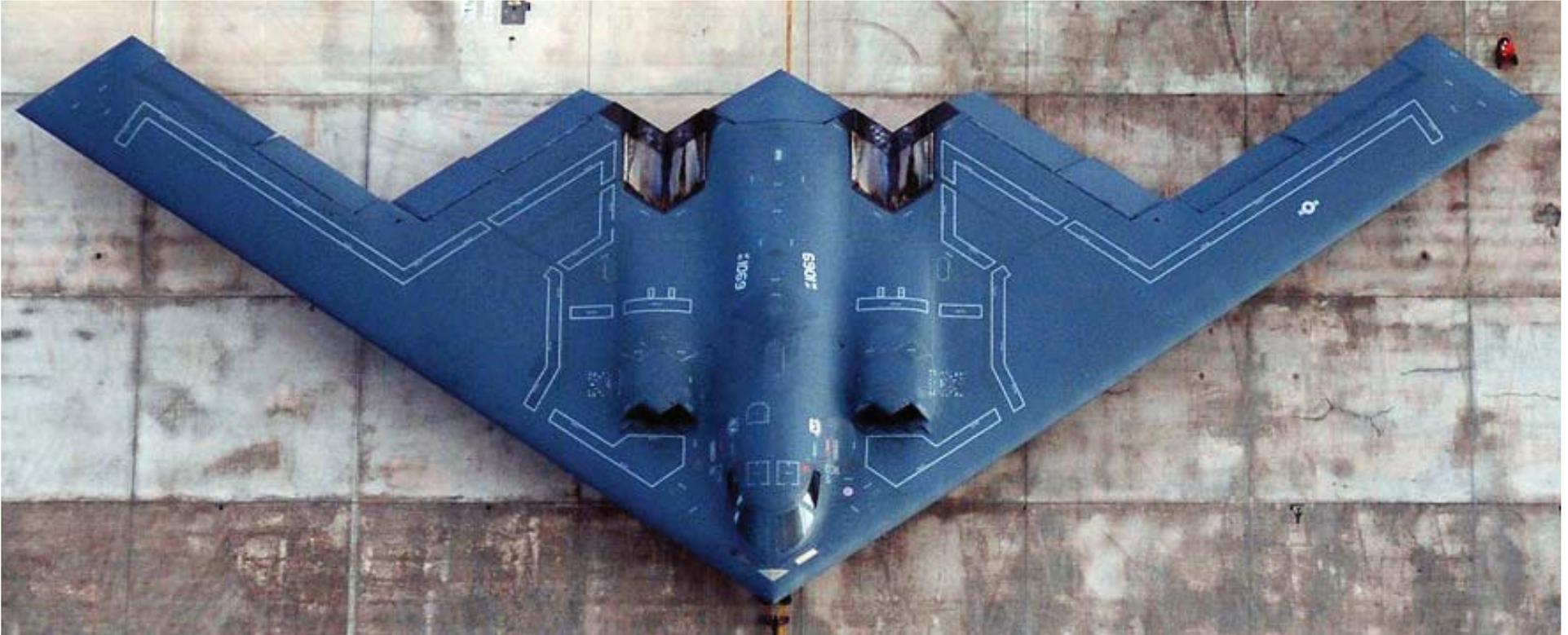


para un auto de carreras, posteriormente usaría al motor como elemento estructural del auto, de nuevo inspirado en la aeronáutica. Las alas invertidas diseñadas para generar efecto suelo, claramente son el opuesto de las alas de un avión diseñadas para generar la mayor elevación y sustentación posibles; este tipo de autos aerodinámicos comenzaron a ser diseñados y probados en túnel de viento, principio básico en el desarrollo de cualquier avión, cabe destacar que el Lotus 72 fue diseñado en el mismo túnel de viento donde se desarrolló el programa del Concorde, y donde actualmente se desarrollan los autos del equipo Red Bull de Fórmula 1.

Al transcurrir los años la industria aeroespacial ha marcado la pauta a seguir en materiales y procesos de manufactura a ni-

vel global, siempre en busca de tener materiales más ligeros, resistentes y de mayor durabilidad; así como se ha ido evolucionando del aluminio al titanio y a materiales compuestos, como la fibra de carbono, en la concepción de los aviones de última generación, la misma aplicación de materiales y procesos se aprecia en simultáneo en los autos de competencia de vanguardia. Ambas industrias comparten la misma filosofía de siempre buscar la victoria sin dejar lugar a la derrota, ya sea en el avión comercial de mayor rendimiento y capacidad de pasajeros, el caza de supremacía aérea de última generación, o el auto ganador del fin de semana, la industria aeroespacial y el deporte motor siempre buscan superar todos los límites del hombre y la máquina en conjunto.





3.12 Stealth: tendencia en el diseño.

La tecnología Stealth o también conocida como Tecnología de Baja Observabilidad (LOT, por sus siglas en inglés) o tecnología furtiva, es la punta de la lanza en cuanto a sistemas tácticos de camuflaje se refiere, aplicado al diseño de aviones, barcos, submarinos y misiles, en orden de hacerlos menos visibles, o casi invisibles, al los sistemas de radar, infrarrojo o sonar entre otros. Desarrollada en Estados Unidos durante la Guerra Fría, los sistemas Stealth respondieron a la necesidad de poder burlar los sistemas de detección de la época pertenecientes a la Unión Soviética y así generar un delicado equilibrio de poder armamentista. Tras haber perdido aviones espía U2 sobre territorio soviético, la Fuerza

Aérea Norteamericana apostó a generar aviones que volaran más alto y rápido de lo que podían volar los sistemas de defensa soviéticos, además de poder evadir los sistemas de detección para pasar desapercibidos durante las misiones de espionaje. La respuesta a esta necesidad fue el diseño y puesta en vuelo del Black Bird SR-71, desarrollado por Lockheed Martin en su departamento de proyectos ultra secretos llamado Skunk Works, el cual incorporaba materiales absorbentes de las ondas de radar a base de grafito, legado del U2, y materiales de aleación de titanio que lo hacían más ligero y resistente a las altas temperaturas y presión elevada a la que se sometía en vuelo crucero.

Durante los años 70's el Departamento de Defensa de Esta-

Arriba. Un Northrop B-2 Spirit listo para despegar.



dos Unidos lanzó el proyecto Have Blue, para desarrollar un caza Stealth; Lockheed se basó en un estudio no clasificado del científico ruso Pyotr Ufimtsev, derivando en un prototipo llamado Hopeless Diamond, el cual era casi invisible en el radar. El resultado de este prototipo fue el desarrollo del primer avión Stealth de la historia, el F-117 Night Hawk, en el cual se incorporaban una serie de planos triangulares y ángulos obtusos en las superficies del fuselaje de todo el avión haciéndolo casi imperceptible al radar. Este principio de diseño furtivo también fue incorporado por la Northrop en el desarrollo del bombardero Stealth B-2 Spirit; el cual se diferencia del F-117, en forma de diamante, al usar las secciones de baja emisión de radar en superficies curvas usando materiales de última tecnología, haciéndolo sumamente caro pero con gran eficacia en combate.

A finales de la década de los 80's la necesidad de tener un avión Stealth con verdaderas cualidades de caza táctico se manifestó en el programa ATF (Caza Táctico Avanzado, por sus siglas en inglés) desarrollando dos prototipos para la evaluación funcional, del cual se eligió al YF-22 formalizado en el programa F-22 Raptor. El diseño de este caza de quinta generación retoma lo mejor de los programas Stealth pasados, refinándolos al grado de no tener rival a nivel mundial, haciéndolo el avión más avanzado jamás creado con cualidades de vuelo y combate únicas. Otro caza que hereda la tecnología del F-22 es el F-35 Lighting II, diseñado desde su inicio para satisfacer necesidades de combate diversas para distintas fuerzas armadas, más allá de no tener las características de supremacía aérea del Raptor, su bajo costo y versatilidad le han dado lugar a tener producción y desarrollo a largo plazo, para reemplazar a muchos cazas de segunda y tercera generación en todo el mundo.



Fuera del diseño de aviones de combate, la tecnología Stealth tiene gran presencia en el diseño de barcos de última generación. Por primera vez aplicada en el diseño del barco experimental de Lockheed Sea Shadow, el cual jamás entro en servicio, hoy en día se aprecia en barcos de combate y vigilancia alrededor de todo el mundo, sobre todo en las ar-

madras de la OTAN, ejemplo de estos son las corbetas clase Visby de la Armada Sueca, las cuales están diseñadas para evadir la detección visual, por radar, acústica e infrarroja; su superficie está construida principalmente con fibra de carbono sin ningún ángulo recto, haciendo que su imagen de radar sea casi nula perdiendo el 99% de su tamaño en las pantallas de radar, además de poder esconder en su interior todo su armamento y equipo.

La tecnología Stealth con más de dos décadas de desarrollo ha generado lo máximo en diseños destinados a la guerra, marcando una constante del desarrollo tecnológico moderno con origen en la milicia, que se deriva en aplicaciones civiles a largo plazo. Si bien, los materiales absorbentes de energía de radar con uso significativo en artefactos militares no tienen aplicación factible en la vida cotidiana por su alto costo y función arraigada a la estrategia militar, las técnicas de manufactura empleadas en la construcción de estos artefactos se han filtrado a la industria civil, cotidianamente mencionados como “materiales aeroespaciales” se encuentran en objetos de alta sofisticación tecnológica. Sin embargo la estética funcional que tiene la tecnología Stealth se manifiesta como herramienta estética en el diseño de objetos-producto, siendo originalmente empleada para pasar desapercibido y cumplir con misiones tácticas en el campo de combate, cumple con un propósito totalmente diferente en el mercado, al marcar presencia visual alusiva a tecnología de punta. No se puede decir que el uso de esta estética que utiliza superficies triangulares y facetadas sea empleada únicamente como atractivo visual, generalmente se trata de objetos que también emplean materiales “exóticos”, objetos de vanguardia tecnológica y de alto estatus, lo que crea un atractivo para el consumidor a la hora de adquirir estos productos por el significado total del objeto abstrayendo el concepto original ya sea de forma evidente o muy sutil.

En la industria automotriz se encuentran muchos ejemplos de diseños con fuerte influencia de los aviones Stealth, el caso de Lamborghini, Audi y Seat bajo la dirección de Walter da Silva, quién revolucionó la imagen de estas marcas



posicionándolas como referentes máximos en diseño; la evidencia de esta influencia puede verse fuertemente en las múltiples superficies y líneas angulares de los Lamborghinis Murciélagos y Gallardo, y de forma sumamente evidente en el Reventón y en el Sesto Elemento, diseñados por Luc Donckerwolke, Manfred Fitzgerald y Stephan Winkelmann, quienes en repetidas ocasiones se han referido a estos diseños como “descomprometidos y agresivos”; tanto en Audi y Seat el manejo de superficies y líneas es más sutil, creando fuertes contrastes de luz y color en el cambio e intersección de superficies, sin embargo en el diseño de los rines el manejo de forma Stealth es muy fuerte. Otro caso muy particular lo representa la presente filosofía de diseño de Ford, llamada Kinetic Design, la cual fue iniciada por Martin Smith en el 2004 para refrescar la imagen de Ford, traducida como “audaz y descarada a través de líneas dinámicas y superficies continuas” para reflejar la intención de movimiento, todos los

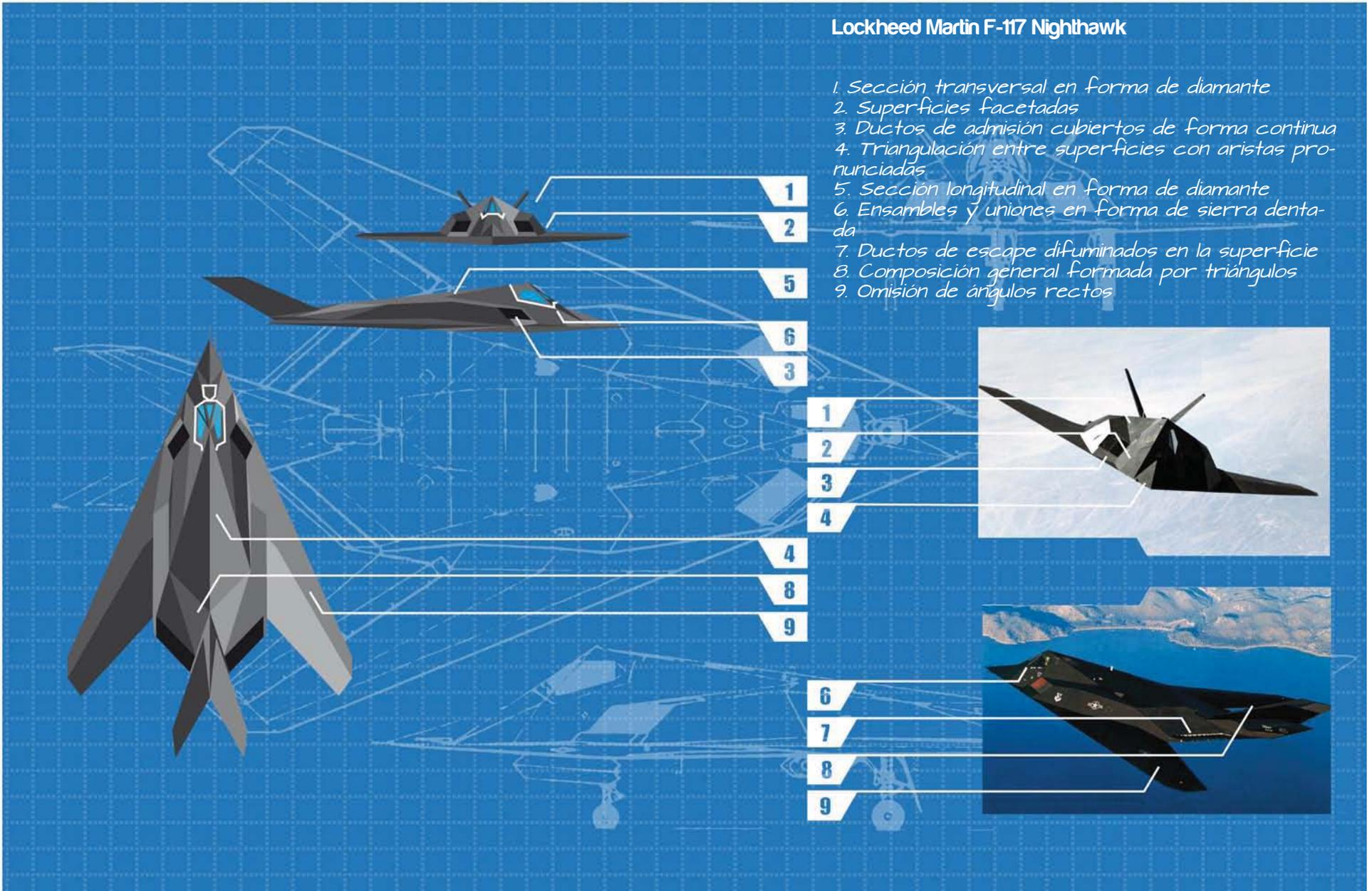
Página anterior arriba. Una corbeta clase Visby de la armada real sueca.

Página anterior abajo. Diseño conceptual del Ford Evos.

Arriba. Lamborghini Sesto Elemento.

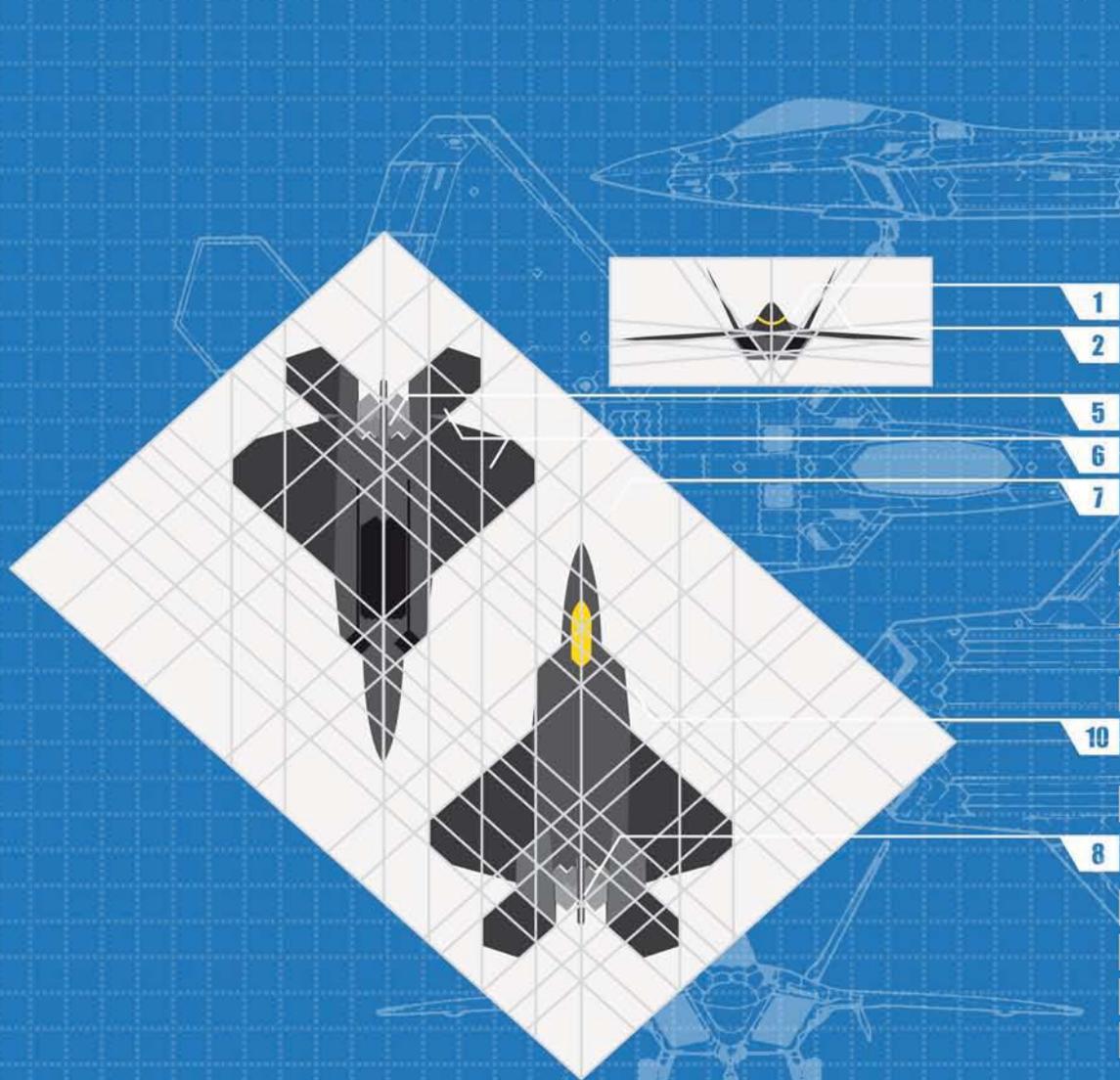
Lockheed Martin F-117 Nighthawk

1. Sección transversal en forma de diamante
2. Superficies facetadas
3. Ductos de admisión cubiertos de forma continua
4. Triangulación entre superficies con aristas pronunciadas
5. Sección longitudinal en forma de diamante
6. Ensamblajes y uniones en forma de sierra dentada
7. Ductos de escape difuminados en la superficie
8. Composición general formada por triángulos
9. Omisión de ángulos rectos



Lockheed Martin F-22 Raptor

1. Sección transversal en forma de rombo
2. Ángulo continuo en las tomas de aire y en el timón
3. Los ductos de admisión cubren las paletas del motor
4. Unión entre superficies pronunciada
5. Escapes del motor por dentro de la envolvente de los alerones
6. Mismo recorte angular en alas y alerones
7. Composición angular reticulada
8. Ensamblajes y uniones dentados
9. Superficies continuas y suavizadas
10. Omisión de ángulos rectos





diseños resultado de esta tendencia muestran constancia en las líneas quebradas, ángulos muy pronunciados y superficies facetadas fuertemente remarcadas, con clara evocación del diseño Stealth.

Resulta imposible mencionar diseños automotrices que evoquen a un caza Stealth dejando de lado al Lamborghini Countach o al Lancia Stratos, sin embargo estos autos nacidos en el estudio de Bertone por obra de Marcelo Gandini fueron creados años antes del desarrollo del F-117. Son la evolución de una filosofía muy peculiar de diseño con origen en la década de los 60's, manifestada por primera vez en el Lamborghini Miura, el cual marcó la pauta en diseño y configuración de ingeniería para todos los superautos biplaza consecuentes; el Miura fue el primer auto de producción con el motor en posición central, clara influencia del mundo de competición, su carrocería está compuesta por líneas puras y elegantes, que proveen al auto de elegancia refinada y deportividad implícita, factores que serían explotados y perfeccionados tras cada diseño posterior al Stratos 0.

Este último nació tras la reconfiguración experimental de un chasis comercial generando grandes posibilidades para innovar en el diseño e ingeniería, su peculiar forma en cuña se logró gracias a un estudio intensivo en el túnel de viento para reducir al máximo el CX del auto, al colocar el motor en la parte central la altura total del auto se vio considerablemente disminuida, ocasionando una configuración única en el acceso al interior del auto, derivando de esto sus características ventanas laterales, el resultado final fue un diseño que marco un nuevo punto de referencia en el arte moderno y en la escena del diseño automotriz, yendo más allá de simples referencias de estilo para crear una eterna mezcla de arquitectura, escultura y diseño industrial; a partir de este prototipo se generó el Stratos de serie, el cual fue diseñado con la primicia de ser un auto para el rallysmo.

El Countach fue el remplazo del Miura en la línea de producción, su diseño conceptual seguía la forma de cuña que impuso el Stratos en todos los diseño de Bertone, sin em-

bargo, el modelo de producción contaba con un motor que requería demasiada ventilación, haciendo que la carrocería fuera dotada de grandes tomas de aire en pro de la función del carro, integrándolas con la forma angular y provocativa del prototipo.

Otros ejemplos nos llevan al diseño de motocicletas, Ducati es el caso más relevante, integrando en sus elementos de carrocería líneas y volúmenes característicos de la estética Stealth. Otro fabricante de motocicletas, KTM, en el diseño de su auto deportivo X-Bow también deja en claro la influencia de los aviones de combate de quinta generación, múltiples superficies facetadas, ángulos pronunciados y el uso de materiales compuestos, diseñado por Kiska Design, quien ha desarrollado otros vehículos para KTM, deja en claro esta tendencia de diseño en otros proyectos que han realizado tanto de transporte como de diseño industrial y diseño

gráfico, integrando en cada concepto individual volúmenes triangulares, líneas agresivas y la imagen natural de producto vanguardista.

En el diseño industrial se pueden encontrar muchos ejemplos que siguen con esta misma tendencia, mobiliario, lámparas, bicicletas, artículos para el hogar, ropa deportiva, etc.; así como ejemplos muy particulares en la arquitectura; como si un origami se convirtiera en un objeto para el uso cotidiano, la forma siempre es constante en todos los ejemplos, de nuevo hablamos de superficies angulares, formas triangulares o trapezoidales, geometrías facetadas y colores en escala de grises principalmente o en alto contraste. La esencia del diseño del F-117 como parte aguas tecnológico y estético, a casi 30 años de su creación, sigue siendo un ícono y sinónimo de innovación y vanguardia, más allá de haber sido superado tecnológicamente quedando fuera de servicio años atrás.

Página anterior arriba. Prototipo del Lancia Stratos Zero.

Página anterior abajo. Primero modelo del Lamborghini Countach.

Abajo. Un yate Wally 118.





Arriba. El Audi R8 usa tecnología de hidroformado para conformar su chasis y carrocería.

3.13 Manufactura, el estado del arte.

Como definición, el “estado del arte” hace referencia al nivel más alto de desarrollo conseguido en un momento determinado sobre cualquier aparato, técnica o campo científico. Es un término ampliamente usado en la lengua inglesa (State of the art), que se puede entender también como la “tecnología de punta” o la “tecnología de vanguardia”. Dentro del ambiente tecnológico industrial, se entiende como “estado del arte” o “estado de la técnica” a todos aquellos desarrollos de última tecnología realizados a un producto, que han sido probados en la industria y han sido acogidos y aceptados por diferentes fabricantes.

El estado del arte dentro del deporte motor y en la industria automotriz de alto rendimiento, en específico al diseño y ma-

nufactura de las carrocerías, se puede dividir por el tipo de materiales a emplear. Como marco teórico del presente documento se citaran los ejemplos más sobresalientes de procesos de manufactura para materiales laminados metálicos, laminados plásticos y plásticos reforzados.

Hidroformado

El hidroformado o hidromoldeado es un proceso de transformación de materiales maleables como el aluminio, cuyo costo-beneficio da por resultado piezas terminadas muy ligeras y estructuralmente muy rígidas y fuertes, que por su naturaleza no se pueden obtener con procesos de estampado convencionales. Gracias a que se pueden obtener formas sumamente complejas y precisas, en la industria automotriz se utiliza para producir carrocerías unibody de alto rendimiento, ejemplo de esta aplicación se aprecia en los Audi de alta gama fabricados de entero en aluminio, A6, A8 y R8.

El principio radica en moldear al material aplicándole gran presión hidráulica contra la cavidad de un molde, variando la presión para conformar el cambio estructural del material sin comprometer su integridad. En una primera instancia se coloca al material dentro del molde hidráulico, se le aplica una presión relativamente ligera que lo empuja contra el molde para darle la forma inicial, una vez estando contra el molde la presión aumenta hasta casi 15000 psi dándole el golpe final al material para que adquiera la forma completa del molde en cuestión, la presión baja y el material hidráulico sale del molde para después abrirlo y concluir con el proceso.

Para hidroformar tubos se aplica el mismo principio, con dos variantes dependiendo de la forma final a obtener, de baja presión y de alta presión. En ambos casos la presión hidráulica se aplica desde el interior del tubo, empujando las caras del mismo contra los moldes obteniendo formas muy complejas con cambios en la sección del tubo original. Las aplicaciones más comunes para este proceso se encuentran en los marcos de bicicletas y chasis de motocicletas.

Termoformado

El termoformado es un proceso de manufactura donde una lamina de plástico termoplástico por medio de calor adquiere un estado maleable para posteriormente ser moldeada, ya sea con moldes machos o hembra dependiendo del tipo de forma deseada, aplicándole vacío, lo que hace que el material copie la forma del molde, y una vez enfriado se le pueda dar acabado.

Este proceso es ampliamente usado en la industria, desde empaques de comida hasta piezas mayores de carrocería de automóviles. Dependiendo de la producción a conseguir es el tipo de maquinas a usar, ya que se pueden encontrar líneas de producción muy elaboradas para satisfacer una producción masiva, o bien, para baja producción maquinaria muy especializada que tiende hacia lo artesanal.

El proceso tiene las siguientes etapas básicas:

- Colocación del material
- Calentamiento del material
- Ubicación sobre o debajo del molde
- Habilitación sobre o debajo del molde
- Aplicación del vacío
- Enfriamiento del material
- Desmolde
- Corte de excesos
- Acabado final

En la industria automotriz se utiliza en gran medida en piezas de carrocería o de accesorios, que por su ubicación no están expuestas a altas temperaturas que puedan afectar la integridad de su forma.

RIM (Rapid Injection Molding)

En la actualidad el RIM (Moldeado por Inyección Rápido, por sus siglas en inglés) es una técnica de producción usada para obtener rápidamente piezas finales funcionales, ya sea para productos de bajo volumen de producción o para prototipos funcionales. Las ventajas obtenidas con este proceso son: la rápida obtención de un producto final,



la simplificación de pasos en la producción, piezas de mayor complejidad de forma, y alta calidad en el producto final.

El proceso consiste en pasar del CAD de un objeto determinado (prototipaje digital) al CAD del molde del mismo, el cual se produce maquinando bloques de aleaciones de aluminio en maquinas CNC de alta velocidad; el resultado es un molde de alto detalle, que puede ser empleado para producir hasta 10, 000 piezas sin perder la calidad original de la cavidad. Se utilizan resinas de última generación delegando el uso de termoplásticos para la inyección de la pieza final. Es una técnica empleada principalmente en la industria médica y de la salud; también se encuentra en la industria del deporte motor por sus

Arriba. Un Panoz Esperante GTS; su carrocería esta construida por 15 paneles termoformados para hacer el recambio de piezas dañadas en carrera más económico.



beneficios únicos, al obtener piezas funcionales de morfología compleja, que no requieren producción masiva al ser destinadas como elementos funcionales dentro de una serie limitada de vehículos, o bien, como prototipos funcionales para el desarrollo e investigación de nuevos componentes.

Fibra de vidrio

La fibra de vidrio es un material compuesto por fibras extremadamente finas de vidrio, se utiliza como agente de refuerzo en muchos productos hechos a base de polímeros; el material compuesto resultante se conoce como Polímero Reforzado con Fibra (FRP, por sus siglas en inglés) o como Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV), coloquialmente llamado solamente como Fibra de Vidrio. Originalmente fue usado como un aislante térmico, uso que aun tiene vigencia, por Owens Corning en 1938. Un material de características similares pero de tecnología más cara es la fibra de carbono, usada en aplicaciones que requieren piezas mucho más fuertes y ligeras.

La fibra de vidrio es producida usando vidrio a base de sílice extruido, el diámetro resultante debe de permitir la elaboración de textiles, cuyo entramado depende del tipo de aplicación a la que se someterán como producto final. Existen varios tipos de fibra de vidrio, los más comunes en la industria son:

- Vidrio tipo E; vidrio de propiedades dieléctricas a base de boro-alumino-silicato con menos de 1% de óxidos alcalinos, usado principalmente en plásticos reforzados.
- Vidrio tipo A; vidrio a base de cales alcalinas con poco o nada óxido bórico.
- Vidrio tipo E-CR; vidrio a base de cales aluminicas con menos del 1% de óxidos alcalinos, usado en elementos que requieren resistencia a ácidos.
- Vidrio tipo C; vidrio a base de cales alcalinas con gran contenido de óxido bórico, usado principalmente para producir

textiles de usos generales, colchonetas.

- Vidrio tipo D; vidrio boro-silicato con alta constante dieléctrica.

- Vidrio tipo R; vidrio aluminio-silicato sin óxido de magnesio ni óxido de calcio con altas propiedades mecánicas.

- Vidrio tipo S; vidrio aluminio-silicato sin óxido de calcio con alto contenido de óxido de magnesio con altas propiedades a la tensión.

Los PRFV se utilizan en muchas aplicaciones sustituyendo a materiales convencionales, como el acero o la madera, o bien se utilizan en aplicaciones donde ningún otro tipo de material puede ser empleado; en la industria automotriz se utiliza en gran medida en la fabricación de carrocerías de baja producción ya sean autos de serie o exóticos, en la fabricación de elementos menores de carrocería como fácias, componentes estéticos de serie o aftermarket, partes interiores como tableros y asientos, y en el deporte motor para producir carrocerías y asientos. El tipo de polímero utilizado en este tipo de material es aquel que por su composición química se denomina termofijo; a diferencia del otro tipo de polímero denominado termoplástico, que puede cambiar su forma al aplicarle calor, los termofijos una vez polimerizados no cambian su estado sólido.

Al trabajar en conjunto el plástico termofijo y la fibra de vidrio, conjugan las propiedades mecánicas de ambos, referentes al trabajo a fricción, tensión y compresión, logrando un material compuesto sumamente resistente, que por su relación de peso es difícil de igualar con otro tipo de material. Algunos de los plásticos termofijos más usados con este propósito, son resinas tipo:

- Poliéster
- Viniléster
- Epóxicas
- Fenólicas
- Uretanos

Como se ha mencionado anteriormente, el tipo de vidrio empleado en la elaboración de PRFV es el tipo E, cuyas características químicas y físicas son las más apropiadas para llevar a cabo esta tarea. Para satisfacer la diversidad de aplicaciones que tienen los PRFV, la fibra de vidrio se encuentra en la siguiente gama de presentaciones comerciales:

- Filamentos continuos o rovings
- Filtro o colchoneta, MAT
- Filamentos cortados
- Fibra molida
- Telas tejidas como petatillo, textiles

Página anterior arriba. Las facias delantera y trasera, y los fenders delanteros del Corvette C6 están construidos mediante RIM.

Página anterior abajo. La carrocería del Corvette 52', construida en PRFV.

Abajo. La carrocería de un TVR Sagaris siendo ensamblada en su fábrica; todos los componentes de la carrocería están construidos en PRFV.





Capítulo 3

La Carrocería como Problema de Diseño Industrial



Arriba. El Aston Martin One77, construido alrededor de un monocasco de PRFC, toda su carrocería usa el mismo material en pro de la ligereza del auto.

Dependiendo del volumen de producción y de la tecnología a disposición, el proceso de manufactura para los PRFV puede ser artesanal o de alta producción. El proceso artesanal requiere gran dedicación por parte del personal, ya que consume mucho tiempo en su elaboración, en cambio, el proceso de alta producción por intervenir maquinaria especializada conlleva menor cantidad de tiempo pero mayor inversión en la infraestructura. Cualquiera que sea el tipo de proceso usado, el trabajo para obtener piezas finales de PRFV es el mismo partiendo de uno o varios moldes, cuya complejidad depende del diseño de la pieza y del acabado final, ya sea en una o en ambas caras. El proceso de manufactura se puede describir en los siguientes pasos:

•Modelo original; se trata de una pieza con forma idéntica a la

pieza final deseada, hecha de diversos materiales.

- Molde; generalmente lleva el mismo proceso de manufactura que la pieza final con un espesor mayor para lograr más resistencia pensando en la producción.
- Habilitación del molde; encerado y con aplicación de químicos separadores.
- Aplicación de Gel Coat; resina usada para darle a la cara de la pieza un acabado más duro y de mayor duración.
- Fibra de vidrio + Resina; se aplican varias capas de fibra impregnada con resina, el número de capas depende del espesor buscado.
- Curado de la pieza.
- Desmolde.
- Acabado final; casi siempre se requiere del recorte de los excedentes en las orillas de la pieza tras el desmolde, también puede que se lije y pule dejando al Gel Coat como cara aparente, o puede que requiera pintura.

Fibra de carbono

La fibra de carbono, también llamada fibra de carbón, fibra de grafito, grafito-carbono o CF, es un material compuesto por fibras de carbono extremadamente finas, con un diámetro que va de 0.005 mm a 0.001 mm. La composición molecular de estas fibras, hace que sean sumamente fuertes en relación a su tamaño. Miles de estas delgadas fibras se entretajan para formar un hilo, el cual puede ser empleado por sí solo o en textil; los textiles de fibra de carbono pueden tener muchos patrones de tejido, dependiendo de su aplicación, comúnmente son aplicados como refuerzo de resinas plásticas, y usadas como refuerzo singular o en moldes para generar un material compuesto denominado Plástico Reforzado con Fibra de Carbono (PRFC), llamado comúnmente como Fibra de Carbono, conformando un material sumamente fuerte y ligero; su densidad es por mucho menor a la del acero, lo que la hace ideal para elementos de bajo peso que requieran gran fuerza.

Las propiedades de la fibra de carbono, como lo son su alta resistencia a la tensión, bajo peso y baja expansión térmica,

la hacen un material muy recurrido en la industria aeroespacial, en la milicia y en el deporte motor, así como en otros deportes de alto rendimiento. Comparada con materiales similares, como la fibra de vidrio y diversos plásticos, resulta una tecnología muy costosa; otra desventaja que posee es la debilidad que presenta al inducirle fuerzas por compresión o impactos fuertes.

Específicamente como material de refuerzo en un plástico reforzado, es similar en muchos aspectos a la fibra de vidrio, entrando en la misma categoría de fibras reforzadas. Los polímeros usados en los PRFC generalmente son epóxicos, pero también se utilizan otros como poliéster, viniléster o nylon. Muchas veces la fibra de carbono en presentación textil viene pre impregnada con resinas epóxicas, generando una materia prima pegajosa de fácil aplicación sobre moldes y entre sí. Las piezas con aplicaciones de alto rendimiento se procesan al alto vacío, curando al material compuesto con altas temperaturas.

El proceso de manufactura depende en gran medida de la aplicación final de la pieza a producir, así como del acabado y del volumen de producción. Para piezas sencillas y de bajo volumen de producción se puede usar una bolsa de vacío; se aplica la fibra sobre un molde de aluminio o de material compuesto preparado para el desmolde, encerrándolos en una bolsa para después aplicarle el vacío, dejando que la pieza cure. Existen dos métodos para aplicar la resina en la fibra de carbono, una es conocida como capeado húmedo, aplicándole una resina de dos componentes antes de meterla en la bolsa, o también se puede aplicar la resina una vez estando dentro de la bolsa usando un sistema de inyección que se acciona mientras se aplica el vacío; el otro método es conocido como capeado seco, usando capas pre impregnadas de resina que se aplican al molde como películas adhesivas para después meterse dentro de la bolsa y curarse al vacío, este método al usar menos resina generalmente conlleva el uso de autoclaves, curando la pieza con una combinación de alta presión y alta temperatura. Un método más rápido para la fabricación de piezas es el llamado moldeo a presión, en el

que se usan moldes macho y hembra, los cuales deben ser mucho más fuertes que los moldes aplicados en los métodos anteriores por la cantidad de presión mecánica ejercida para obtener la pieza final.

En el deporte motor los PRFC tienen un gran uso, omitiendo su alto costo de manufactura en pro de los insuperables beneficios de fuerza y peso, esenciales en los autos de alto rendimiento para competencia. Los constructores de autos de carrera han desarrollado técnicas, donde dependiendo del tipo de pieza, orientan a las fibras para obtener resistencia a fuerzas en una dirección específica, hay piezas con capas omniorientadas que soportan fuerzas en todas las direcciones, este tipo de aplicación se aprecia en las células de supervivencia de los chasis monocasco de los autos de más alto rendimiento. En las últimas décadas muchos superautos han incorporado el uso de los PRFC en su fabricación, desde chasis monocasco hasta piezas de tamaño reducido. A pesar de su costo, el uso de PRFC ha comenzado a ser aplicado por los fabricantes en masa por los beneficios que este material compuesto ofrece, remplazando piezas que originalmente se fabricaban en metal o en fibra de vidrio por la drástica disminución de peso.

Abajo. El monocasco del McLaren MP4-1, pionero en el uso de la Fibra de Carbono en su construcción.





El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño



CAPÍTULO

04





Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño



Página anterior. Un escuadrón de cazas F-22 tomando pista listos para despegar.

Arriba. Vista delantera superior a 3/4 de la propuesta CERO.

4.1 Metodología de Diseño

El proceso de diseño empleado para resolver la configuración de la carrocería propuesta, en cada una de sus etapas de desarrollo, fue evolucionado paulatinamente conforme se iba llevando a cabo el aprendizaje específico manteniendo constante desde un principio el respetar la ingeniería circundante y adyacente, siendo esta la principal limitante del diseño de la carrocería en general, siguiendo además al concepto de diseño para ejecutar la configuración formal del problema planteado.

Debido a la importancia que tiene el CAD en el desarrollo de un FSAE, se trabajó en demasía en una plataforma de diseño

3D, para no permitir que la forma de la carrocería se saliera de los parámetros de ingeniería, además, para trabajar directamente con todos los sistemas con los cuales se tuviera interacción para así no tener problemas de empaquetamiento, respetando en todo momento al reglamento y llegando a negociar mejoras para el diseño y funcionamiento óptimo de todo el carro. Por esta razón ya en las últimas etapas de diseño, se aterrizaron los conceptos de forma en boceto a mano alzada pasando inmediatamente al CAD y viceversa, hasta la consecución de un diseño final, el cual sufriría modificaciones posteriormente para la manufactura del prototipo funcional.

Cabe destacar que el diseño siempre estuvo expuesto a mejoras, más allá de haber logrado aterrizar un concepto en un diseño satisfactorio que pasó a manufactura y entró a competencia, el constante aprendizaje en todo el proceso genera la necesidad de siempre buscar puntos en los cuales el diseño sea más competitivo estéticamente, más fácil de producirse, en donde tenga mayor integración con la ingeniería y donde responda mejor a todas las demandas y necesidades que el proyecto, Fórmula SAE, le exigen.

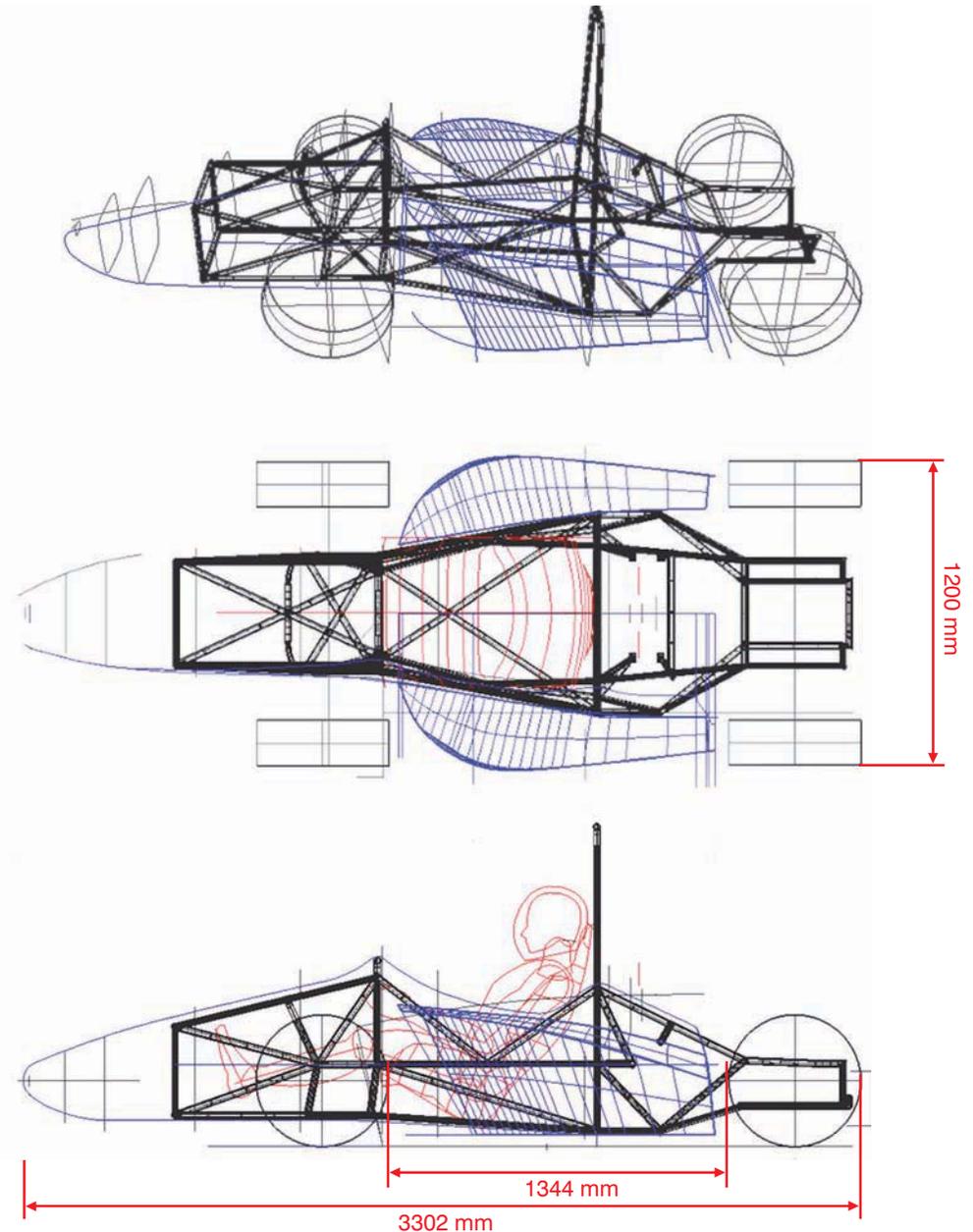
4.2 Propuesta CERO

El primer acercamiento al diseño de la carrocería del FSAE de la UNAM se dio con un diseño conceptual elaborado para darle promoción al proyecto dentro de la Facultad de Ingeniería por parte de uno de los miembros fundadores del equipo, este diseño fue realizado sin seguir ningún parámetro de diseño de ingeniería ni considerando el reglamento; sin embargo fue el antecedente de la labor de diseño como tal.

Formalmente este diseño respeta la morfología característica de un Fórmula SAE, siendo el volumen delantero mucho mayor al trasero por cuestiones de empaquetamiento de ingeniería. La forma de la carrocería hace referencia de estar construida en una sola pieza, lo cual conllevaría una serie de problemas para darle mantenimiento al vehículo. Los pontones laterales forman parte del cuerpo principal, con aperturas que permiten el flujo de aire hacia el sistema de refrigeración.

4.3 Propuesta 1

Ya como propuesta de diseño a partir de la ingeniería desarrollada durante la primera etapa del proyecto, se buscó respetar al chasis como elemento principal que rige a la carrocería. Este chasis ya contemplaba un desarrollo antropométrico y ergonómico a partir de un percentil 95 masculino y una geometría en pro del resto de la ingeniería. Esta propuesta no contempla ningún otro sistema de ingeniería, y pasó de un esquema muy sencillo del CAD a un modelo físico para darle promoción al proyecto en una etapa muy temprana del diseño de ingeniería. En esa etapa del proyecto aun no existía un concepto de diseño como tal, así que se buscó cumplir de forma muy abstracta el reglamento y tener la mayor similitud posible con los ejemplos existentes en el serial, el caso específico del TANKIA 08. Basado en este ejemplo, la propuesta de volúmenes y superficies resulto muy similar al concepto original, una nariz baja y alargada, pontones laterales proyectados hacia la parte trasera de forma descendente y el motor descubierto; la proporción total resultante variaba en demasía entre el largo y el ancho del vehículo. La disposición de los gráficos de identificación buscaban estar en la zona más visible, por delante de las ruedas delanteras y sobre la superficie lateral de los pontones laterales; el tener gráficos de patrocinadores aun no se contemplaba por la inexistencia de los mismos.





Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño



4.4 Propuesta 2

Formalizar la propuesta de diseño después del primer acercamiento real traducido en un modelo a escala con morfología propia en torno a la ingeniería presentada en su momento, fue una tarea que se centró en principalmente en la estética de la carrocería. Es un hecho bien conocido que la forma de un auto de carreras es producto de su función, pero al tratarse de un vehículo recreativo el valor agregado que se

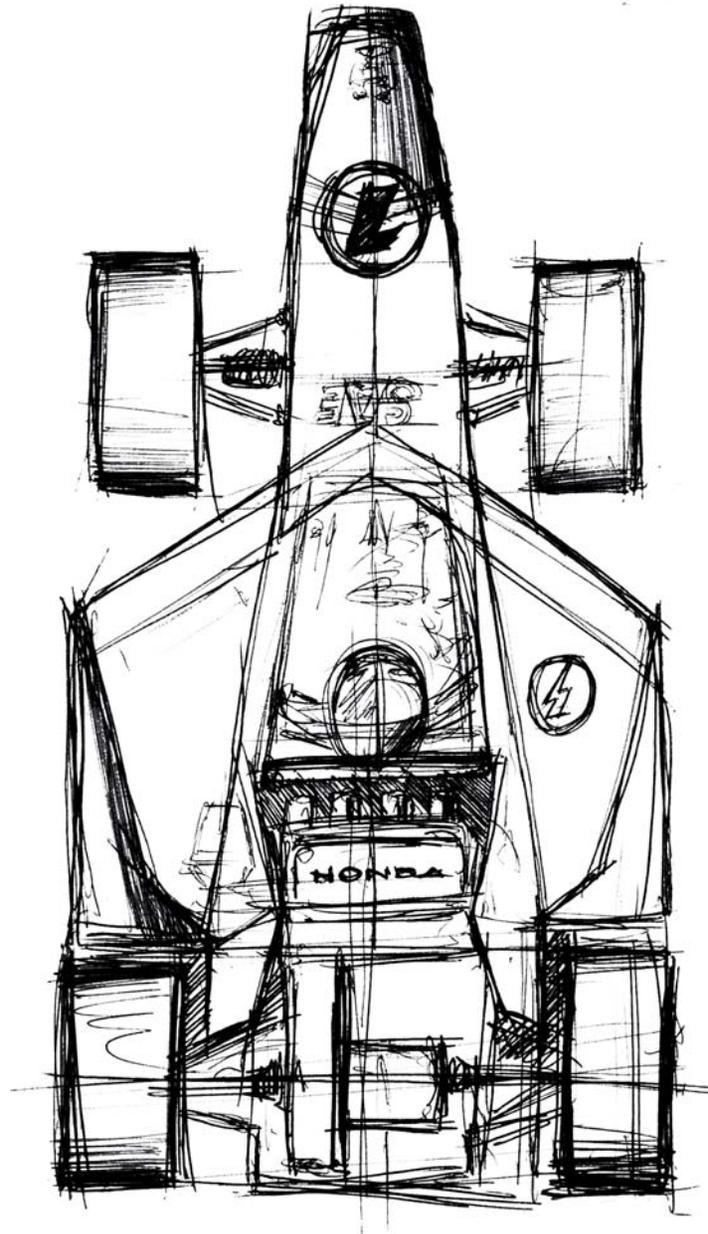
le planeó adjudicar radicó desde un principio en su concepto estético: Stealth Fighter. Los volúmenes que conforman a un auto tipo fórmula tienen gran similitud a los de un avión caza, por lo cual el comenzar a experimentar en traducir esta singular morfología en la carrocería, respetando de lleno al reglamento y a la ingeniería del vehículo además de pensar en su factibilidad de producción, requirió de mucha investigación sobre procesos de manufactura y sobre ejemplos reales que plantearan ideas sobre soluciones de forma comprobadas.

Página anterior. Modelo a escala de la propuesta 1.

Abajo. Render de la propuesta 2.



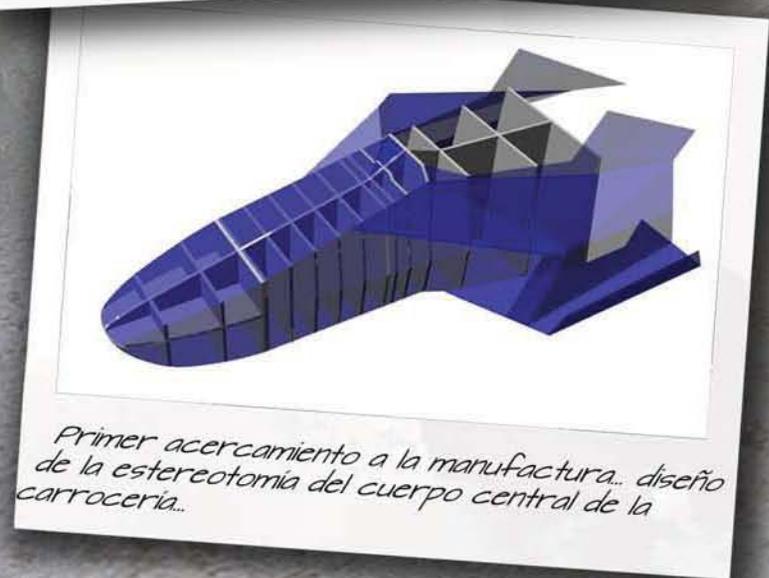
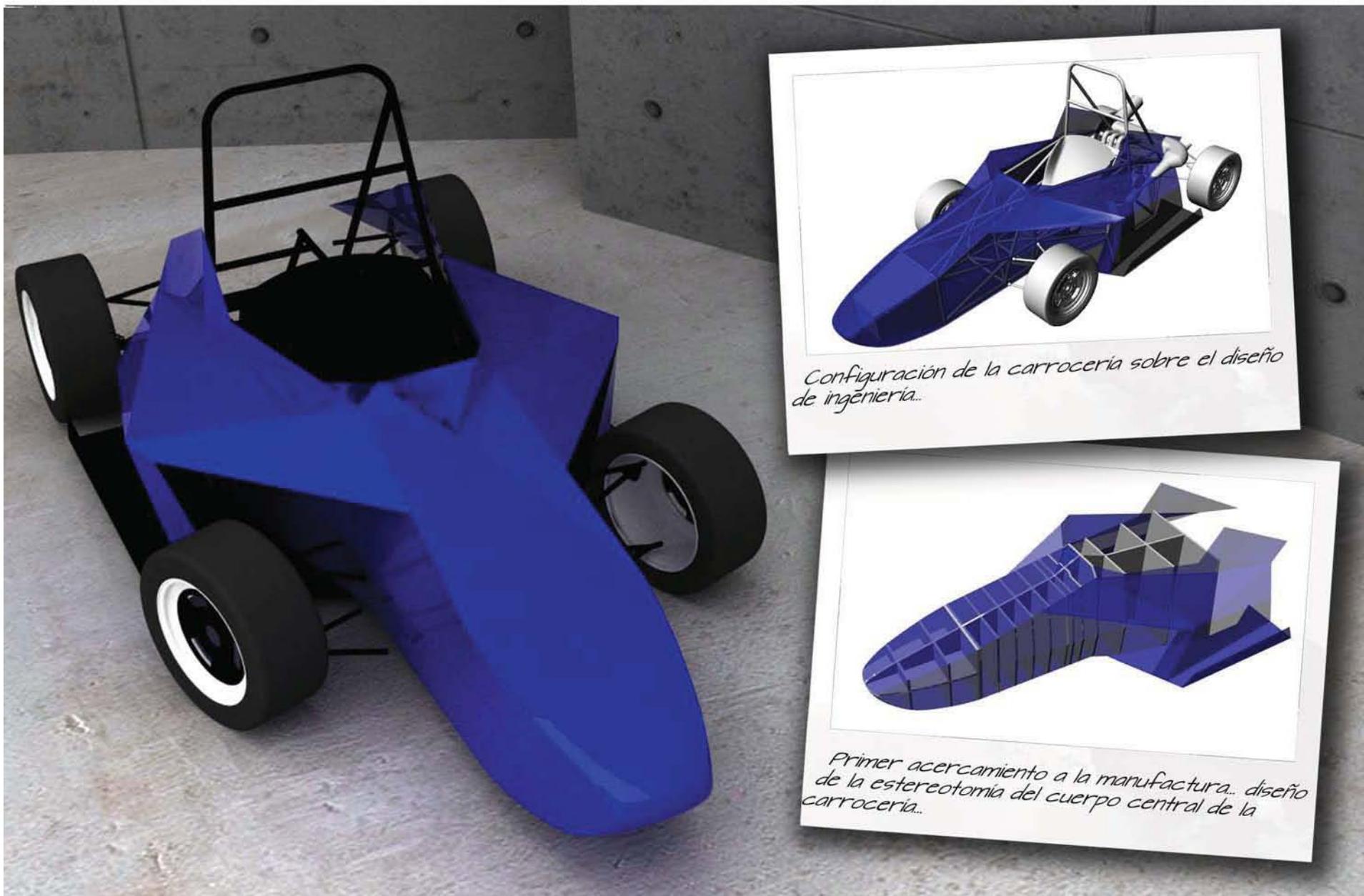
Derecha. Boceto clave para el diseño de la propuesta 2.

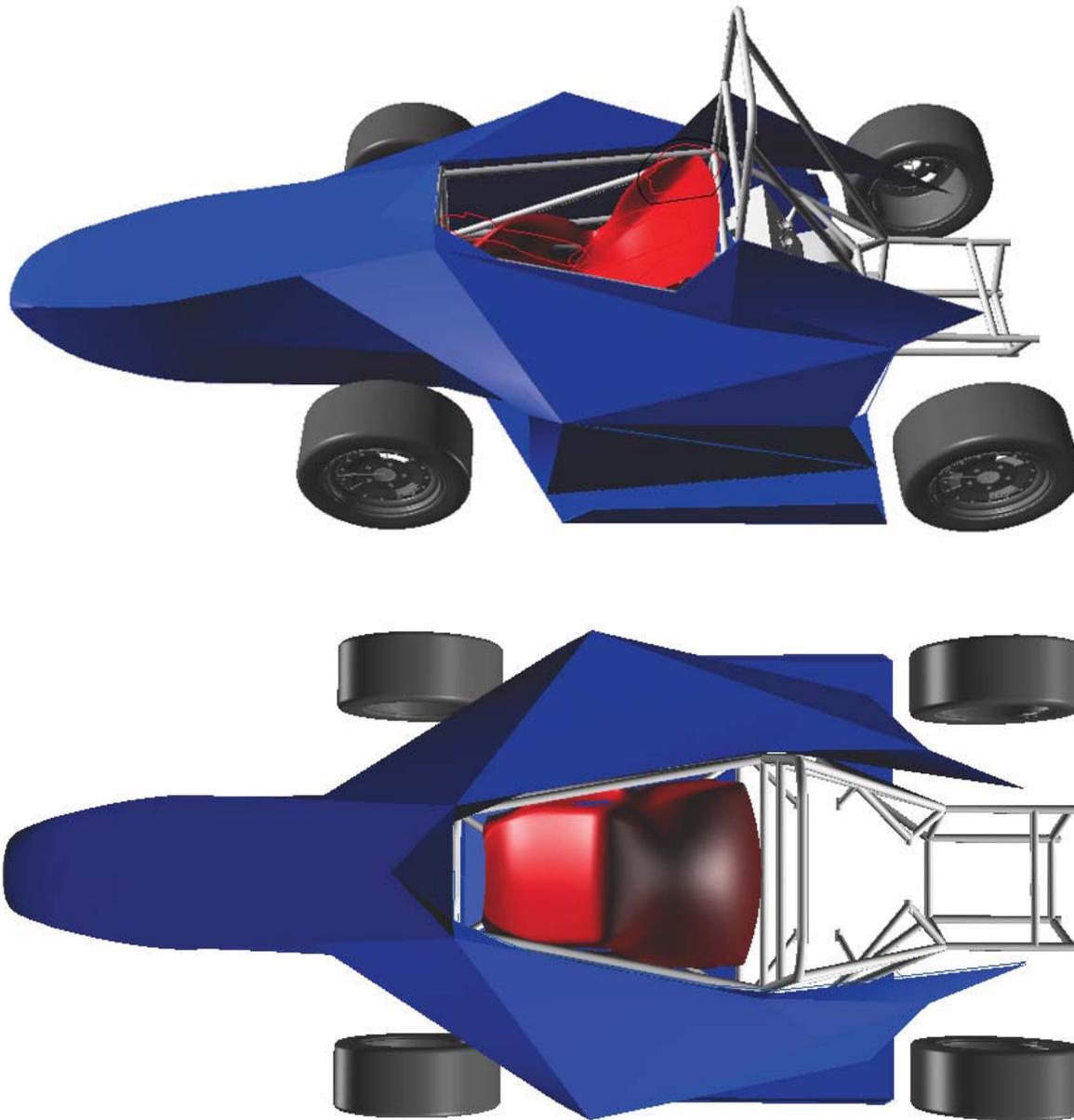


Partiendo de un chasis mejorado, el cual de nueva cuenta contemplaba en su diseño factores antropométricos y ergonómicos que cumplieran con el tipo de auto y con el reglamento, se comenzó a diseñar una propuesta viable para manufactura. Siendo la nariz del auto un punto muy importante dentro del diseño de la carrocería por la regla que restringe su diseño en particular, y por tener al chasis y al atenuador de impactos como elementos de ingeniería con interacción directa, generando la necesidad de bordear idóneamente todos los elementos que estuviesen directamente por debajo de la envolvente creada; además de conciliar armonía entre todos los volúmenes que la conforman a la carrocería provistos de geometrías diversas. Por todo esto, la nariz fue el primer elemento diseñado, del cual partió el resto del volumen central de la carrocería. Tomando en cuenta la manufactura, todas las superficies que componen el cuerpo central de la carrocería siguen la geometría del chasis, respetando una tolerancia de 6 mm por el espesor del material. Al haber resuelto esta parte de la carrocería, todos los puntos fundamentales del reglamento que la restringen quedaron cubiertos, ya que no reglamenta a los pontones laterales.

El diseño de los pontones laterales responde más a la morfología de las tomas de aire de un avión caza que a las de un auto tipo fórmula, esto por seguir al concepto de diseño y por querer tener una superficie muy amplia que se pudiera autoestructurar; para lograr este cometido, el tener múltiples caras interceptadas entre sí fue esencial, logrando una configuración final de caras facetadas, como un diamante, generando la forma del pontón. El tener la entrada de aire sumamente proyectada hacia adelante tiene propósitos funcionales más que estéticos, esto por tener mayor superficie de contacto con la superficie central de la carrocería, para ser ensamblada mediante el uso de tornillería o con pegamentos epóxicos.

Un elemento muy importante de los pontones laterales es la base de los mismos, la cual tiene la función de generar una superficie que estructuró todo el cuerpo de la carrocería junto a los pontones laterales. Esta superficie está planteada como

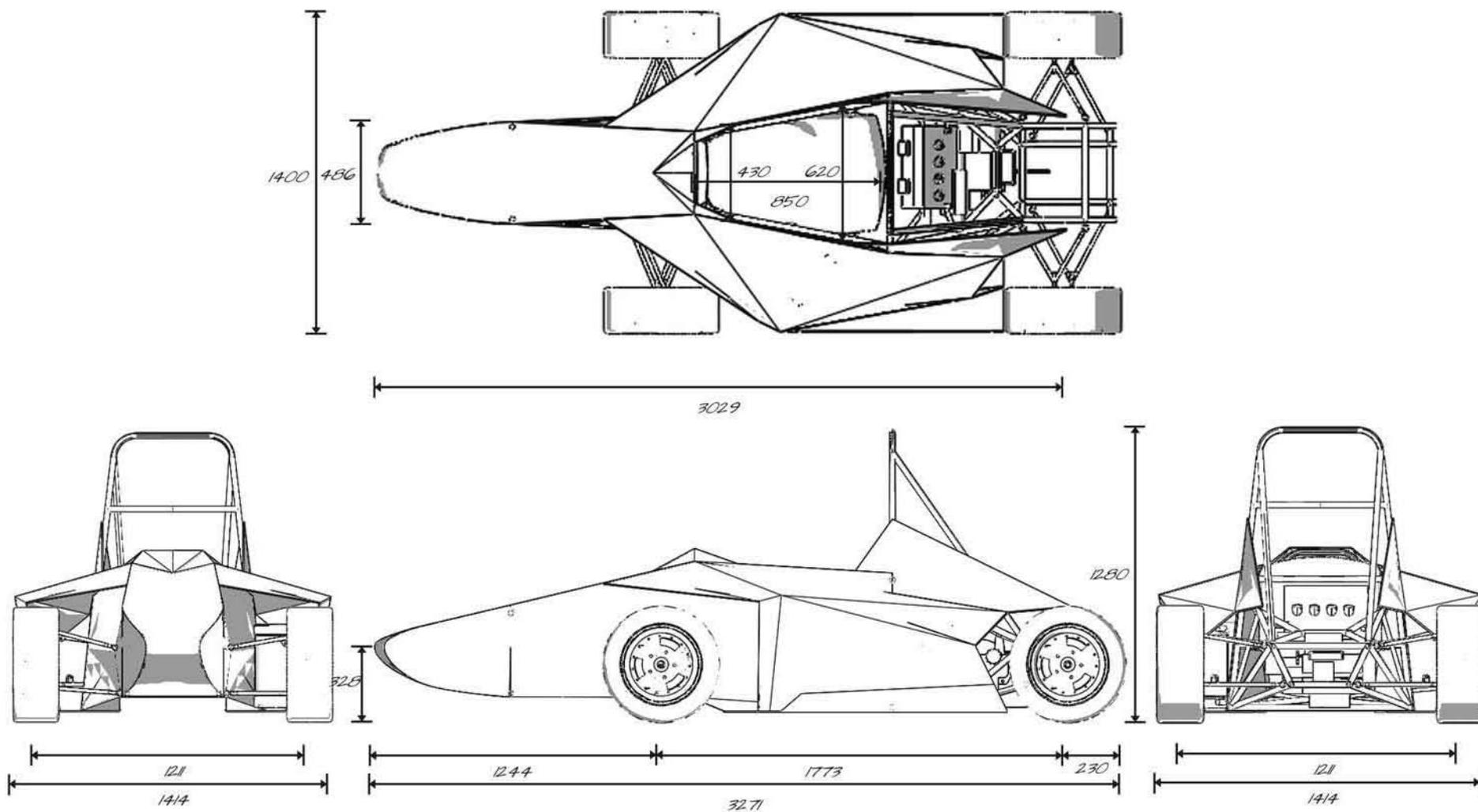




un elemento único que recorre todo el piso del habitáculo del conductor por debajo del asiento, uniendo a los dos pontones laterales con el cuerpo central simultáneamente. De forma más desarrollada este piso pudiera generar efecto suelo al diseñarse como un ala vénturi, como se encuentra en autos similares con desarrollo aerodinámico en su diseño. Las aletas en los bordes laterales del piso cumplen con el propósito de aumentar el área lateral de la carrocería para colocar gráficos, pensando en tener una gran cantidad de patrocinadores, y como detalle estético al proyectar una línea hacia arriba en contraste con la parte superior de los pontones que se proyecta hacia abajo. Como elementos para incrementar la superficie de exposición lateral para colocar gráficos, los planos dispuestos a los laterales del motor también cumplen con una función estructural, al disponer de forma casi vertical un área de sujeción de los pontones laterales contra el cuerpo central.

Al desarrollarse en una etapa general del proyecto donde se pretendía comenzar con la manufactura de la carrocería dentro de la primer etapa de la misma, el diseño se trato de resolver de la mejor manera bajo esta premisa de tiempo, por lo que muchos detalles de ensambles se consideraron resolverse durante la manufactura, o bien, durante el ensamble de las piezas finales. Para construirse se planteó elaborar una estereotomía usando MDF que generara superficies de control para delimitar las superficies del modelo, relleno los espacios entre planos con poliestireno espumado. A partir del modelo detallado se obtendrían los moldes, fabricados en fibra de vidrio, para posteriormente conseguir las piezas finales también hechas en fibra de vidrio. Por cuestiones de tiempo, presupuesto y grandes problemas en el diseño de ingeniería, la manufactura de esta carrocería se canceló, lo que dio la oportunidad de hacerle rediseño, al igual que el resto de los elementos del vehículo.

Stealth Racer Versión 2
Cotas: mm





Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño

Abajo. Render de la propuesta 2 BETA.

4.5 Propuesta 2 BETA

Con fines de difusión y promoción del proyecto en búsqueda de patrocinadores, al diseño anterior se le realizaron modificaciones con propósitos meramente estéticos, para así lograr mayor impacto visual. Básicamente se le incorporo una cubierta sobre el área del motor, asemejándolo más a un auto fórmula profesional, detalle que pocos equipos dentro del serial utilizan por conllevar mayor desarrollo.

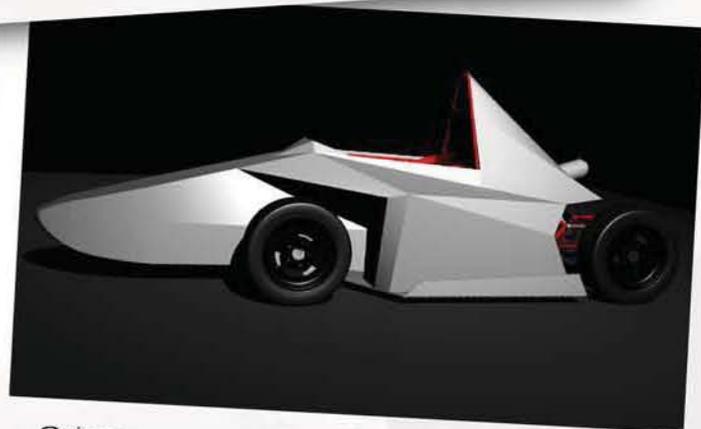
Se experimentó directamente en CAD la forma de esta cubierta, partiendo de una forma cónica muy orgánica, que rompía con la morfología general del coche. Para incorporar esta

cubierta se modifico la barra antivuelco principal, haciéndole un rolado triangular en la parte superior. La forma final de la propuesta de cubierta se dio con dos volúmenes interceptados, uno rodeando la barra antivuelco como continuidad de la misma, y el otro como cubierta total del motor con proyección descendente hacia la parte trasera del auto. Para integrarlas se uso la superficie ascendente de los pontones laterales, unificando a las piezas entre sí, para así convertirlas en una superficie única capaz de ser desmontada. El incorporar este nuevo volumen genero mayor superficie para colocar gráficos, siendo esto una premisa en el deporte motor al depender de lleno de los patrocinadores que financian el desarrollo de los autos de competición.





Segunda propuesta de cubierta.. se conservó la morfología del resto de los volúmenes de la carrocería..



Primera propuesta de cubierta.. la forma sigue de manera orgánica la geometría de la barra anti-vuelco



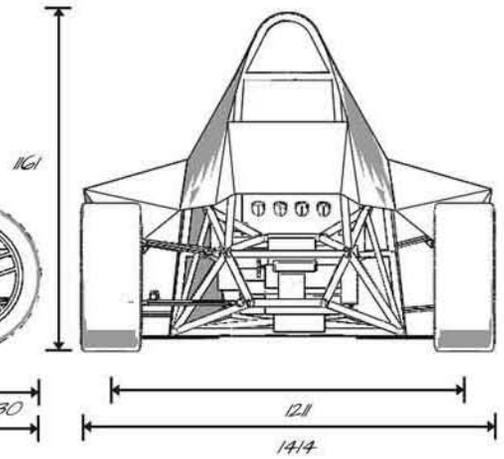
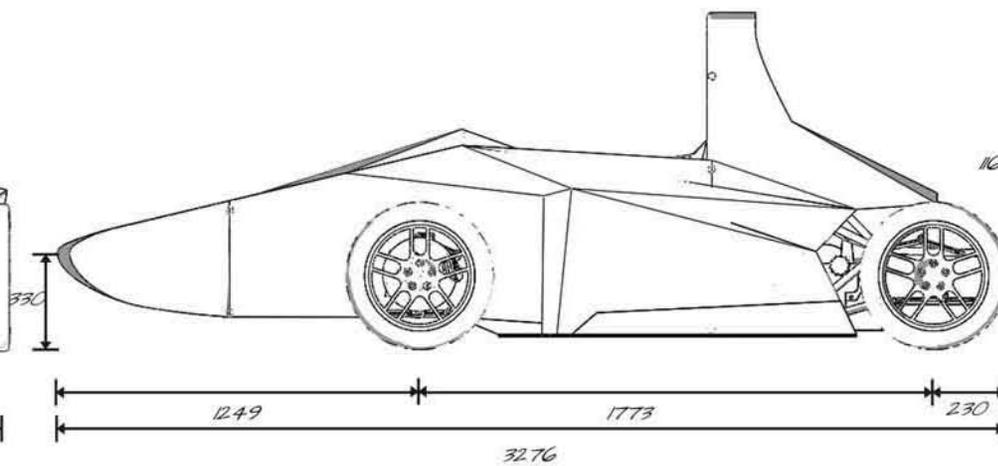
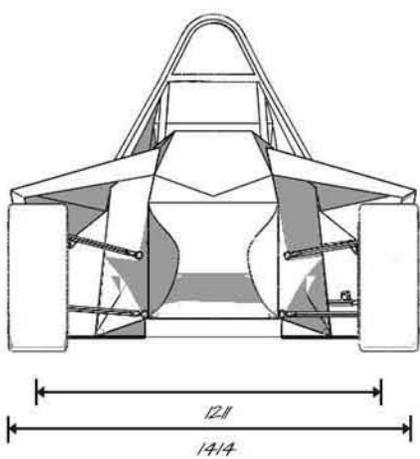
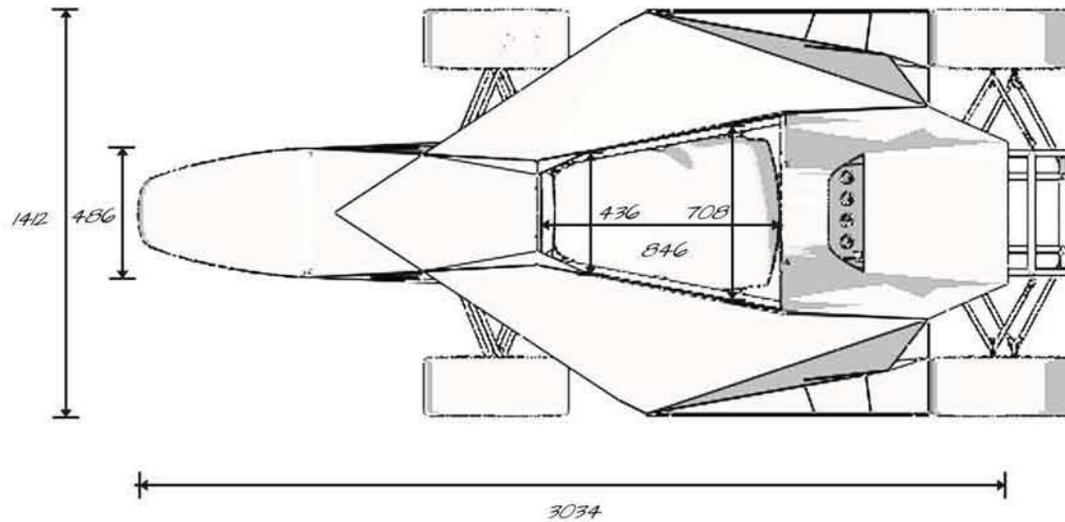


Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño



Stealth Racer Versión 2 Beta
Cotas: mm





Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño

Abajo. Render de la propuesta 3.

4.6 Propuesta 3

Al tener la necesidad de rediseñar todos los componentes del auto, se pudo corregir una gran cantidad de errores generales, puliéndolos a gran detalle para así lograr un diseño mejor resuelto en todos sentidos. Al cambiar toda la geometría de las suspensiones, el chasis también se vio alterado, lo que dio cabida a reconfigurar su geometría afectando de lleno a la carrocería.

La nueva configuración del chasis cambio por completo respecto a la que se tenía, haciéndolo más esbelto en la nariz y más robusto en el área del habitáculo. Otro cambio significativo fue el rediseño de la barra antivuelco principal, más ancha y con cambio de ángulo más abajo que la anterior, lo que modificó considerablemente su proporción e imagen. La postura de conducción también se modifico, haciendo más amplia el área del piloto. Todos estos cambios brindaron nuevas posibilidades al diseño de la carrocería, la cual se redi-

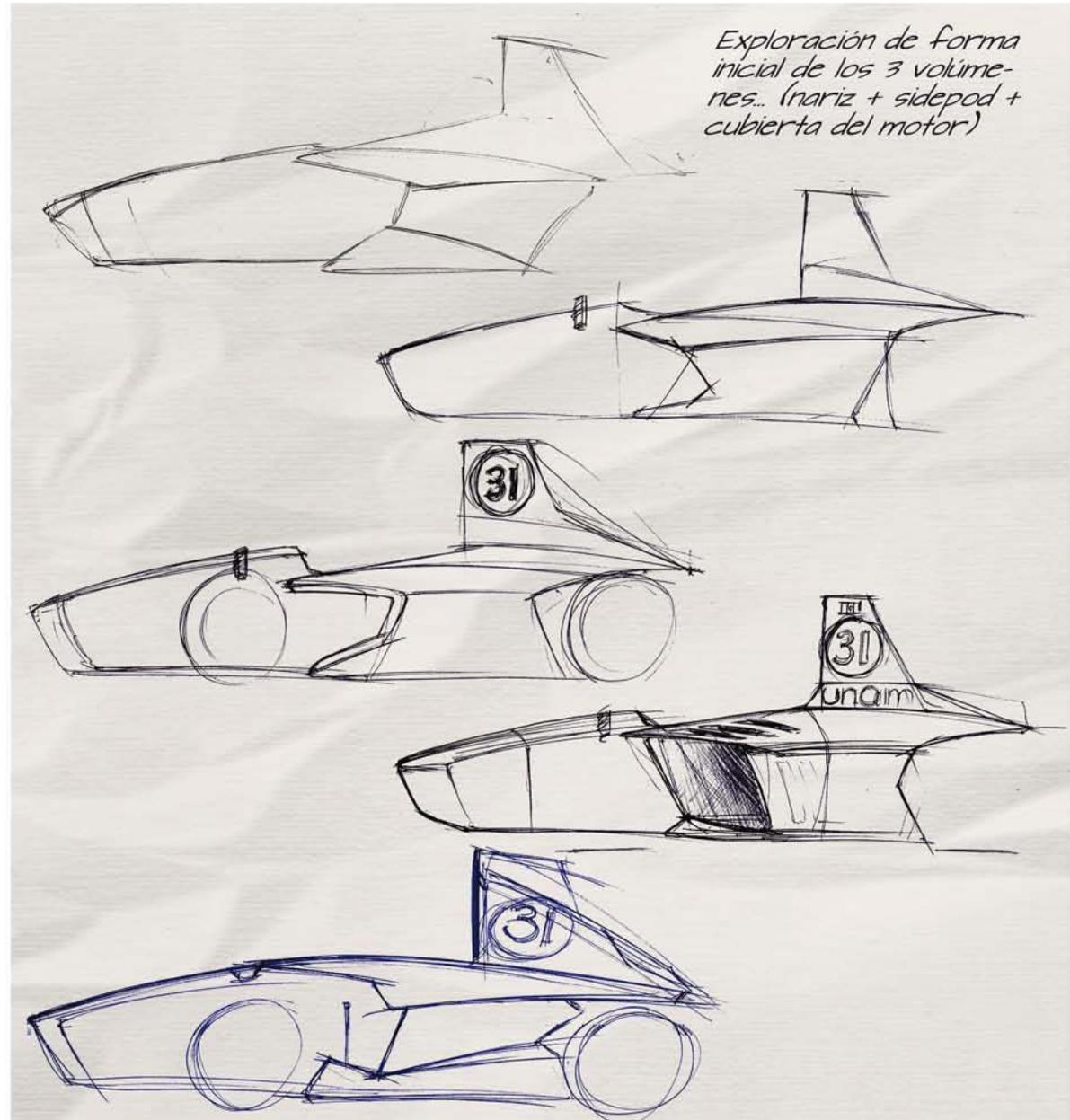


seño partiendo de ceros, tomando del diseño anterior solo ciertos detalles, y claro está, el concepto de diseño, el cual se trataría de refinar al máximo permisible para crear mayor armonía de líneas y volúmenes entre sus componentes.

La posibilidad de haber contado con el CAD de los elementos de ingeniería que interfieren o que entran en contacto directo con la carrocería, fue esencial en esta nueva etapa de diseño. En todo momento se partió de esta configuración de ingeniería para la elaboración de bocetos de exploración de forma, y ya en el CAD para no errar con la posición real de todos los componentes de la carrocería.

Un estudio más profundo del concepto de diseño que fue redirigiéndose mientras se avanzaba en la comprensión del mismo, fue sacando a la luz ejemplos que auxiliaron la solución de formas y de los componentes a plantear. Principalmente se trabajó en el cambio de forma de la nariz, la cual en la propuesta anterior era muy prominente y afilada, resultado de la interacción con elementos por debajo de ella de diseño escasamente resuelto. Otro gran cambio se dio con la definición final en la ubicación de los amortiguadores, los cuales sobresalen por encima de la envolvente del chasis sobre la nariz. El siguiente gran cambio sería en los pontones laterales, pensando más en la función, para hacer fluir aire hacia y desde el radiador, como cubiertas para todo elemento situado por fuera del chasis a los costados de la cabina, y como área para colocar gráficos, respetando en todo momento la estética conceptual. Otro cambio sustancial sería la cubierta del motor, la cual había surgido como un elemento de mayor impacto visual en el rediseño de la propuesta anterior, este “nuevo” elemento trataría de estar resuelto en armonía con el resto de la carrocería, en proporción y forma.

El hecho de tener un atenuador de impactos más pequeño resultó en una nariz mucho más corta y robusta; un problema evidente en la estética de la propuesta anterior era la falta de concordancia de forma y volumen en comparativa con los pontones laterales de mayor presencia y variedad





Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño

geométrica, si bien las paredes de la nariz tenían la misma secuencia de planos facetados provenientes de la geometría del chasis la cual seguían, la punta de la nariz no conservaba este lenguaje, ni pretendía hacerlo, ya que su forma final respondía más a la interacción con la ingeniería que con la propuesta formal que se intentaba plantear. Por ello, desde los bocetos iniciales se presentó una forma totalmente distinta, siendo mucho más vertical y pronunciada, rematando de forma ascendente en un plano boleado con proyección hacia atrás, convirtiéndose literalmente en un plano, el cual se intercepta con las paredes y parte superior de la nariz.

El tener los amortiguadores expuestos era un requisito para la propuesta final, la manera de bordearlos fue un reto, ya que la geometría tubular dispuesta para estructurar los soportes de los amortiguadores generaba una envolvente muy complicada limitando la forma de la carrocería. De primera instancia se planteó una superficie cóncava que cortara a la nariz en la ubicación de los amortiguadores, dejando espacio para que estos pudieran pivotar naturalmente; en una segunda instancia se propuso que el plano boleado de la punta de la nariz, en lugar de convertirse en un plano angular entre las paredes y parte superior, fuera cóncavo hasta llegar a los amortiguadores, esta propuesta conllevó muchas pruebas por ensayo y error para poder bordear satisfactoriamente el chasis sin chocar con él, dejando una tolerancia significativa hacia adentro por cuestiones de manufactura en la pieza final según el material a usar. El resultado de cierta forma asemejaba las aperturas de un cañón sobre el fuselaje de un avión, o también las tomas de aire en un auto de resistencia de los años 60's, pero la forma resultó demasiado orgánica, rompiendo con el concepto de diseño, y desde cierto punto de vista en una prueba con sombras y color esta superficie asemejaba la nariz de un babuino, por lo cual esta solución se descartó para así retomar la forma cóncava cortante con el mismo manejo formal encontrado en el resto de las superficies.

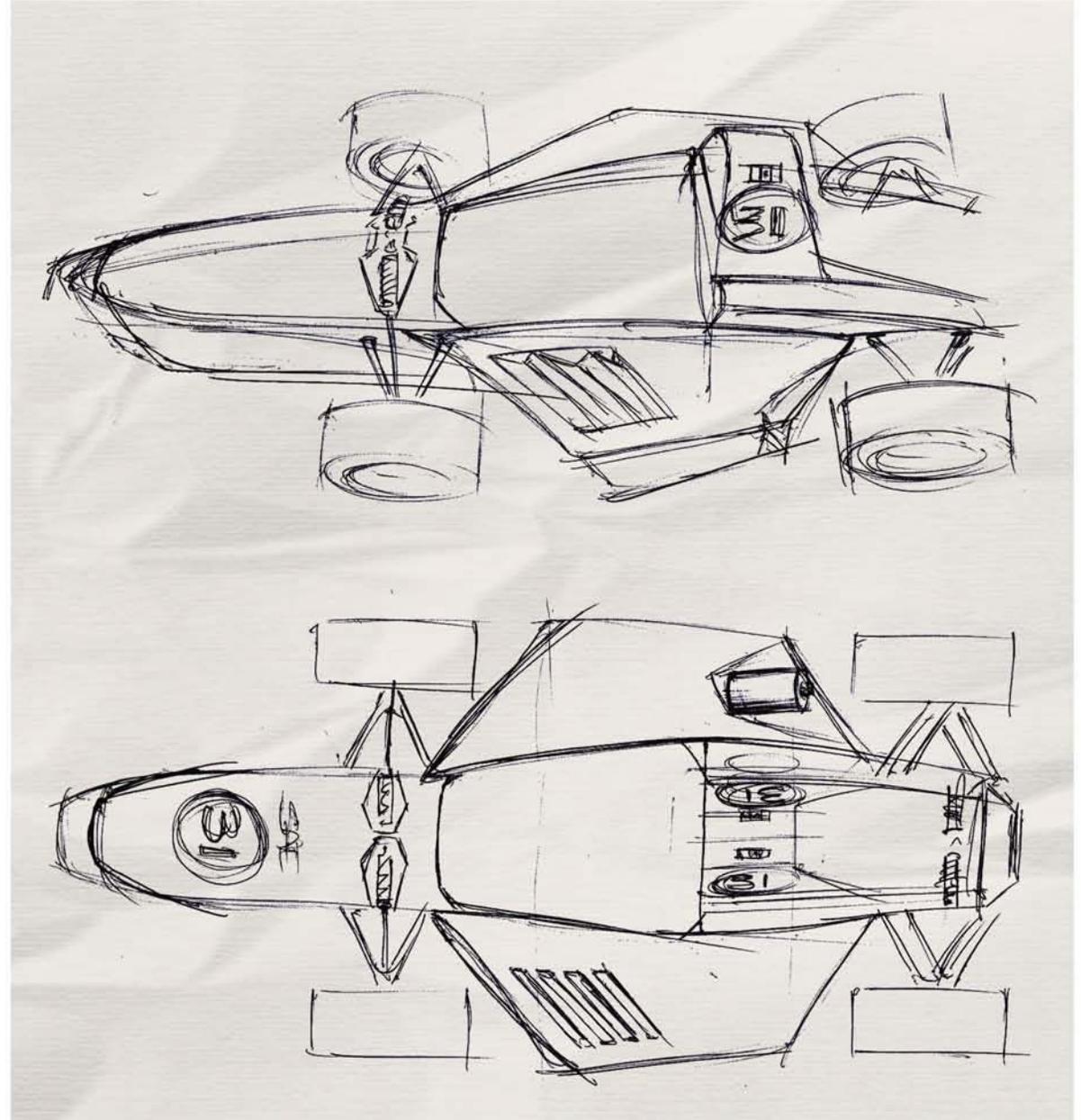
Los pontones laterales al ser la parte mayormente visible del auto, son las partes que le dan mayor carácter y presencia;

por esta razón, el definir una forma correcta que representará al concepto de diseño de forma moderada, ni muy sutil ni muy evidente, fue evolucionando de una propuesta a otra, siendo en muchos casos el único elemento modificado en la configuración de la carrocería. Para seguir con la idea presentada en la propuesta anterior de un elemento vertical en la parte inferior de los pontones, se planteó una superficie sin ángulos rectos que naciera de la pared del pontón proyectándose hacia el frente del mismo, rematando en la entrada de aire evocando las aletas laterales de un Fórmula 1. Se intentó solucionar esta superficie como se encuentra en el X-Bow, de hecho con gran similitud en las primeras propuestas, siendo un elemento suspendido por un elemento tensor que ayudara a estructurarlo, dando en vista superior un cambio de planos con ángulos interceptados. La forma en la cual este plano o serie de planos emergían de la lateral del pontón también fue variando, sobre todo por la proyección resultante de líneas, unas ascendentes, otras descendentes, lo que hacía variar la visual de todo el auto; se varió esta forma integrándole salidas de aire a los costados, jugando con la geometría de estas como detalles que integraran la forma de los elementos lateral y superior, las primeras propuestas de estas salidas eran alusivas a las encontradas en ciertos cazas, como ejemplos el MiG 29 y el B-2; por no tener una función específica real y por la complicación que tendrían en manufactura, se descartaron paulatinamente. Otro factor estético significativo en la propuesta final de los pontones sería el cómo los elementos geométricos que los componen terminan en la parte posterior de los mismos, para ello se integró la filosofía funcional de un avión Stealth, al terminar estas secciones en ángulos obtusos de forma aserrada, siendo cada diente triangular la terminación de cada plano.

El resultado final varió en demasía respecto a las propuestas iniciales, simplificando la geometría en tan solo 3 planos que abstraen las formas anteriormente mencionadas de forma más sencilla, pensando en la manufactura, y siguiendo al concepto más fielmente. Se descartaron de lleno las entradas y salidas de aire adicionales, dejando únicamente la

entrada frontal y la parte trasera abierta para permitir que el flujo de aire pasara por el radiador. Se simplificó la línea superior de la entrada de aire, proyectándose de un punto A a un punto B en línea recta hacia la parte trasera de forma descendente, esto para lograr que la parte superior del pontón fuera totalmente visible lateralmente, rematando en una coleta compuesta de un par de planos facetados, los cuales terminan en un ángulo muy similar a los alerones de un F-22. La cubierta del motor se integró a los pontones, para seccionar la división en el ensamble final de manera completa como se aprecia en un Fórmula 1, estructurando a las 3 piezas entre sí.

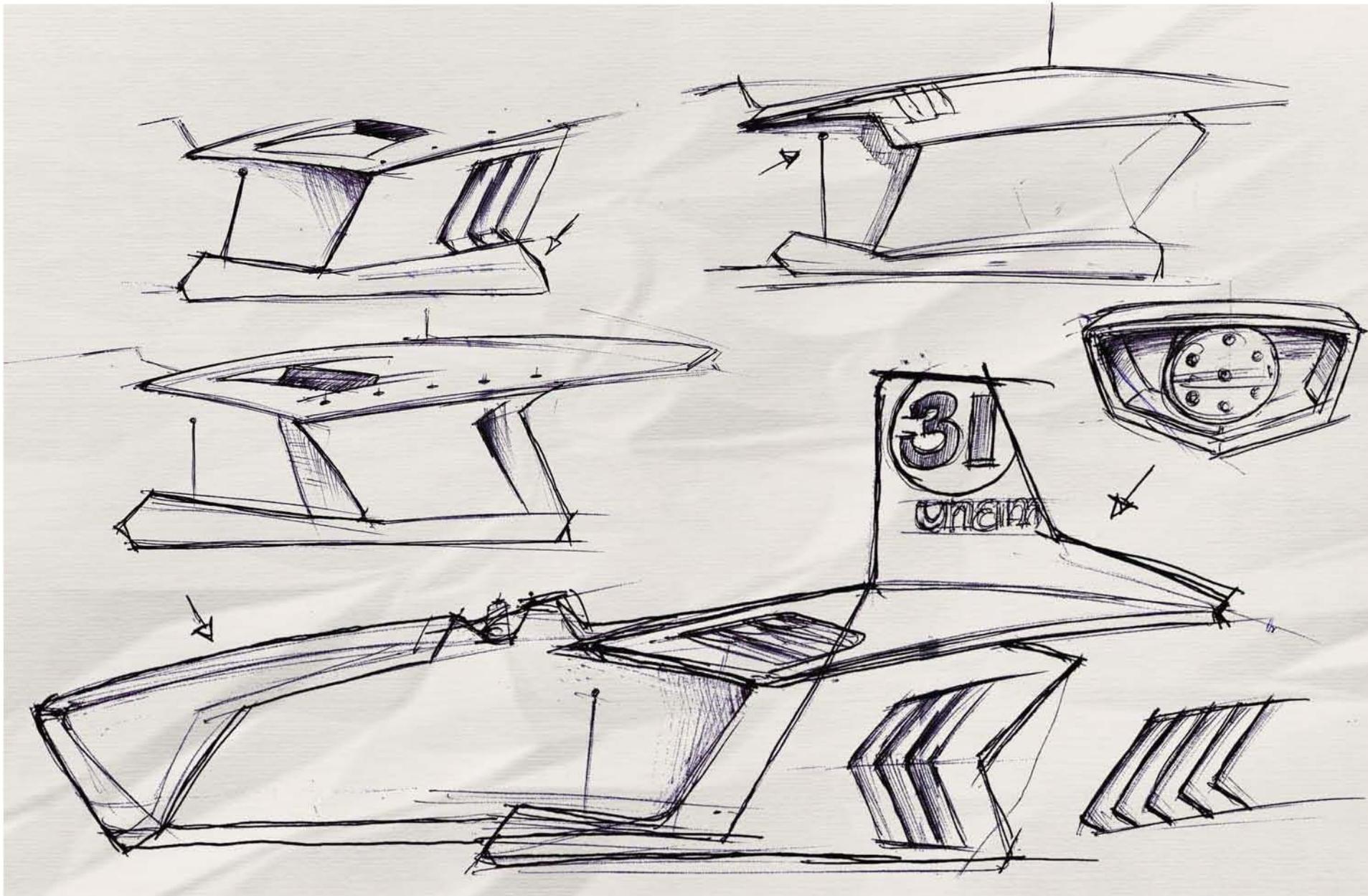
La forma y altura de la cubierta del motor fue variando modificándose completamente en el proceso, partiendo de una idea inicial que bordeara la barra antivuelco con la misma morfología que se presenta en la propuesta anterior; la primera solución resultó ser demasiado orgánica, al igual que el resto de los componentes propuestos, lo cual se descartó de lleno para buscar formas más facetadas y angulosas. La segunda solución se integraba de manera idónea con el pontón lateral, naciendo de la intersección entre ambas piezas, ya que en esa etapa la parte superior del pontón se proyectaba en una sola superficie desde la toma de aire frontal hasta la coleta trasera; al bajar la altura de la cubierta del motor, esta dejaba descubierta la parte superior de la barra antivuelco, lo que hacía recordar la estética de un CART, para seguir esta solución se proyectó de forma curva hacia atrás el “techo” de la cubierta creando una pequeña cúspide, rematándola en una apertura de forma angular para después bajar hasta las coletas del pontón; al ser más baja la altura final de la cubierta, esta pasaba por los soportes traseros de la barra antivuelco, una opción era hacerlos pasar a través de la cúspide de la cubierta, la cual fue descartada por debilitar la estructura de la misma, y la segunda era colocar más retrasada la cúspide de la cubierta respecto a la barra antivuelco. También se presentó la opción de colocar un elemento secundario sobre la cúspide como proyección visual de la barra antivuelco por la cual pasaría el

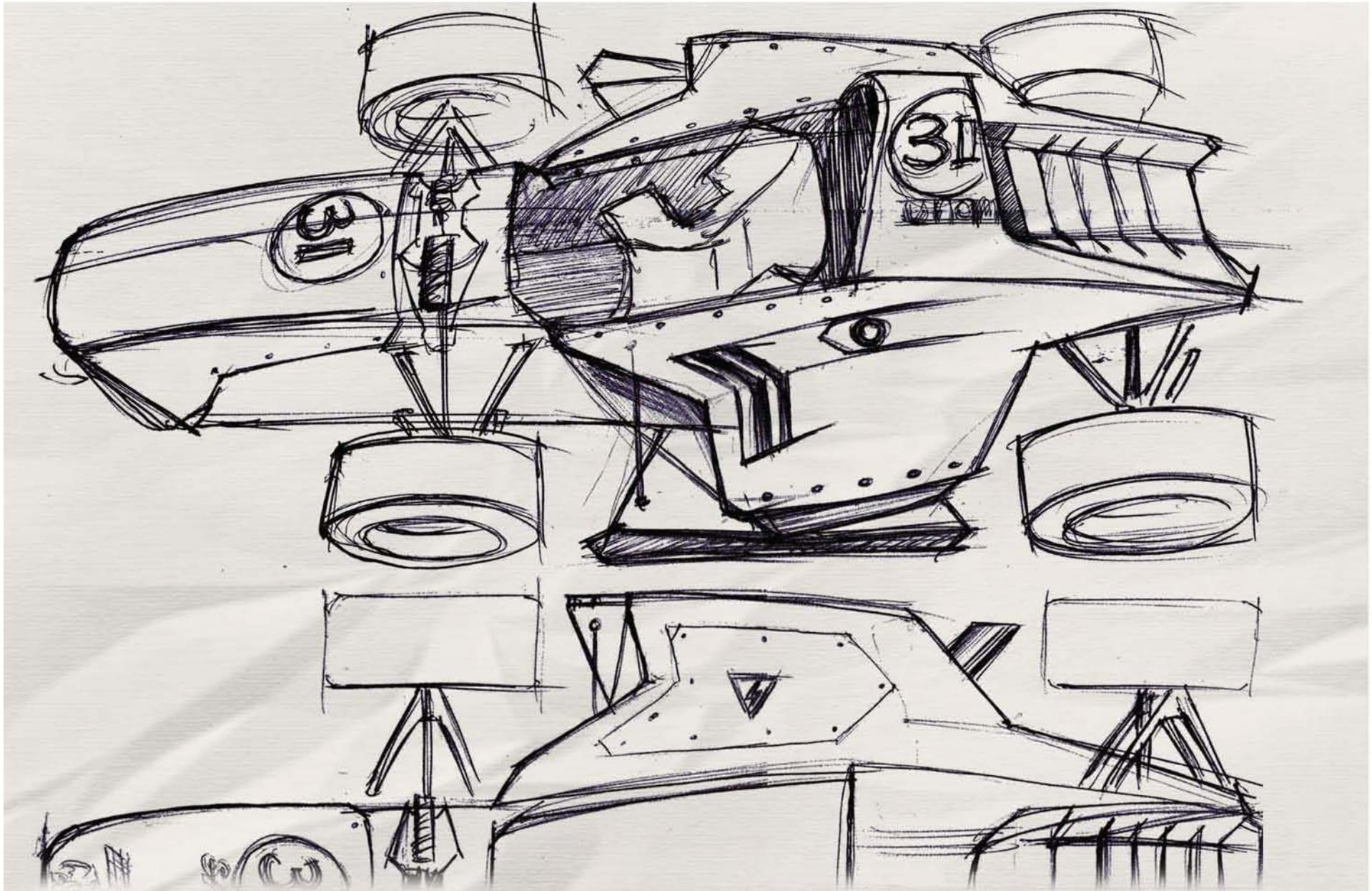




Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño

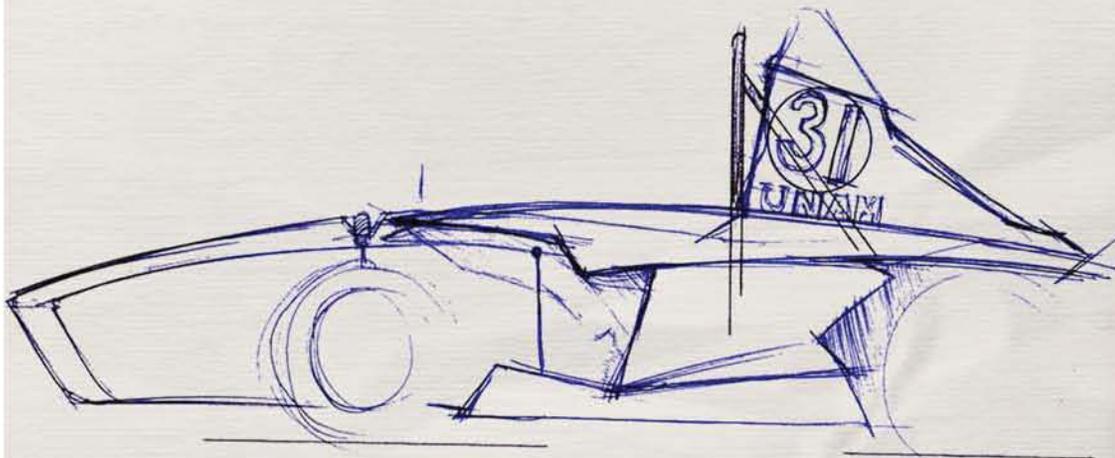






Capítulo 4

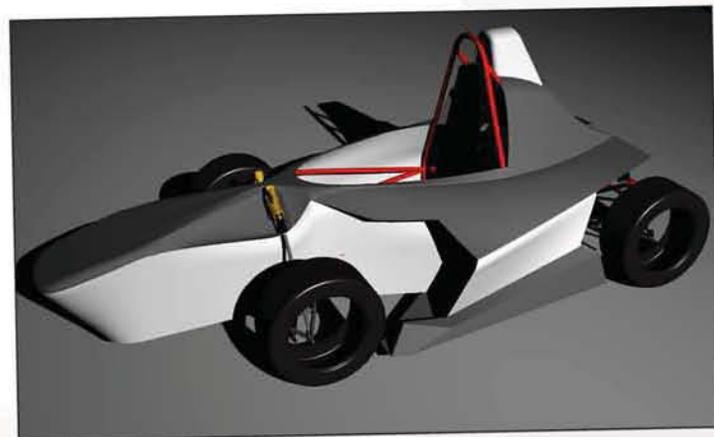
El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño



*Primera propuesta formal en CAD...
(la nariz aun no resuelve el alojamiento de los amortiguadores)*



Primer acercamiento en CAD post-bocetos



*Solución orgánica de la nariz
+ volumen secundario sobre la cubierta del motor...*

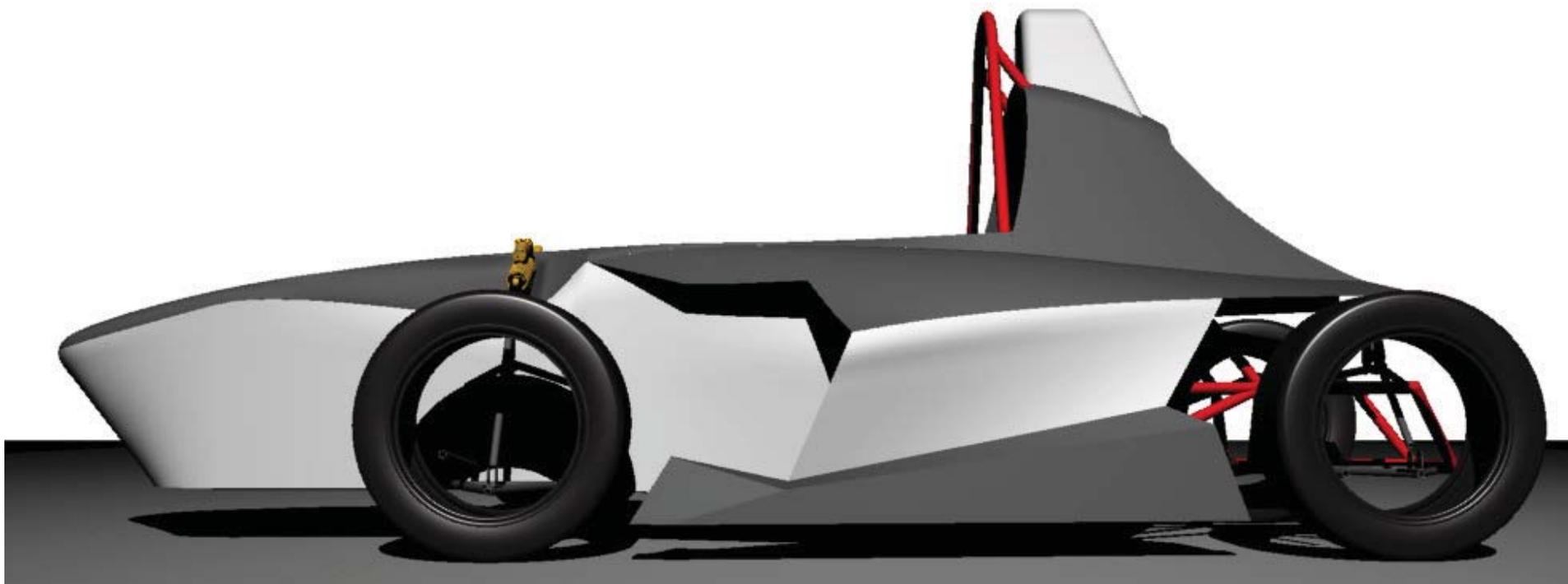
filtro de aire del múltiple de admisión, la forma que se le dio a este elemento trató de seguir la morfología que presentan los autos deportivos descapotables, los cuales juegan con la forma de la barra antivuelco detrás de la cabecera del asiento, ya sea integrándola a la carrocería, como el Pininfarina Rossa o haciéndola un elemento independiente como el Ford Shelby Cobra Concept.

Esta solución, siendo la más viable funcionalmente, no resultó ser la mejor estéticamente, primero, por dejar un vano entre la estructura tubular y la superficie plástica, y segundo, por proyectarse con una curva muy sutil que rompía de lleno con la verticalidad del marco tubular. Para buscarle solución a este detalle se encontró una forma muy similar en el Alfa Romeo 2uetttonttanta de Pininfarina, la cual en el primer boceto mostraba ser una buena solución, pero muy pare-

cida a la solución original, por lo cual se modificó sin tener resultados satisfactorios. Cabe mencionar que el hecho de mantener esta superficie sobre el motor se dio tras darle un significado conceptual con una función específica: el colocar el número del auto y el nombre de la Universidad en la parte más visible y pronunciada de todo el coche; esta disposición de los gráficos de identificación tiene su origen en los autos de competición de la década del 60 y posteriores, ya que no existían los gráficos de patrocinadores sobre el auto siendo el número y nombres de la escudería y piloto el único tipo de gráfico sobre las carrocerías, colocados en el punto más visible sobre las mismas.

Al final, a la par del diseño del firewall el cual sigue una forma angular con planos doblados, se logró conciliar que este vano siguiera la misma estética angular del resto del auto,

Abajo. Vista lateral de la primera etapa de evolución en CAD de la propuesta 3.

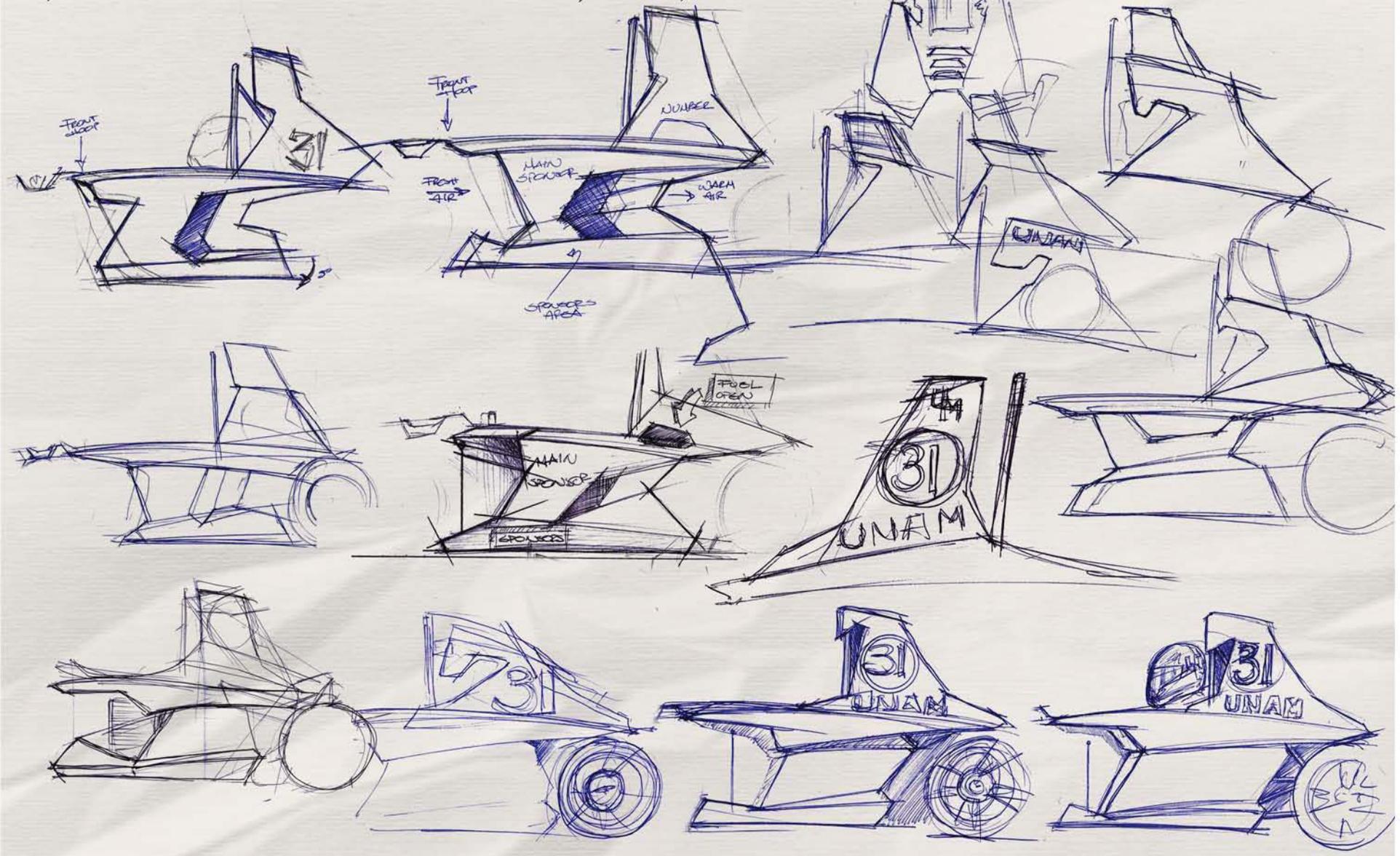


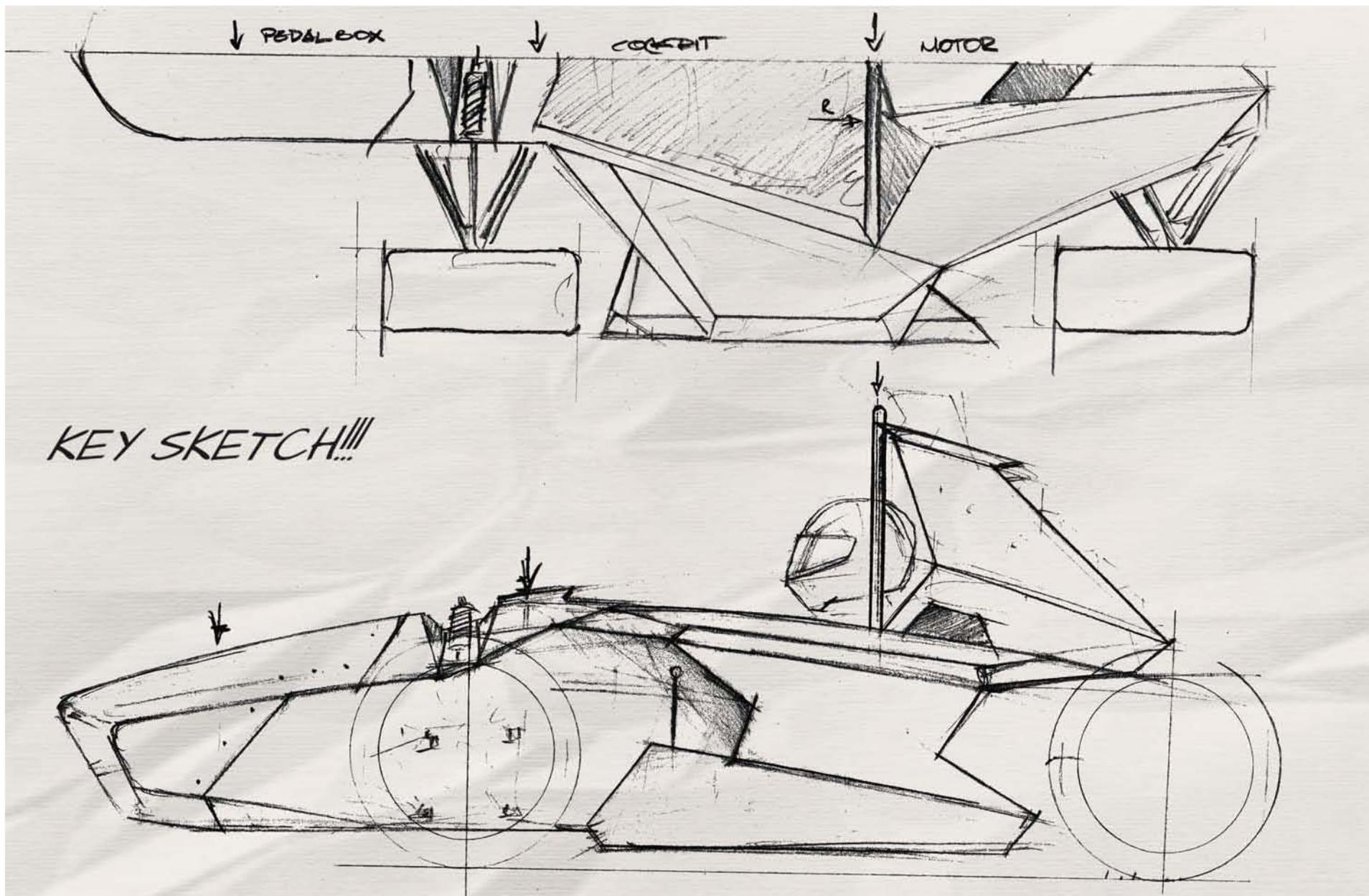


Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño

Experimentos de forma en la cubierta del motor y los sidepods...

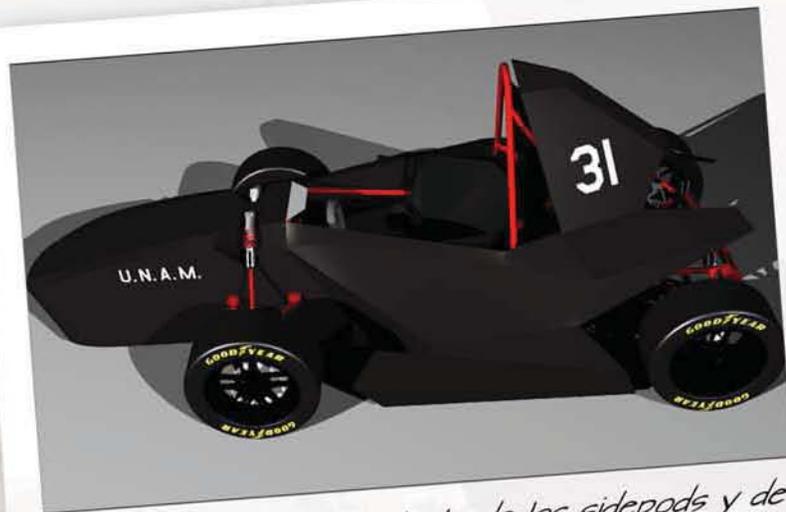
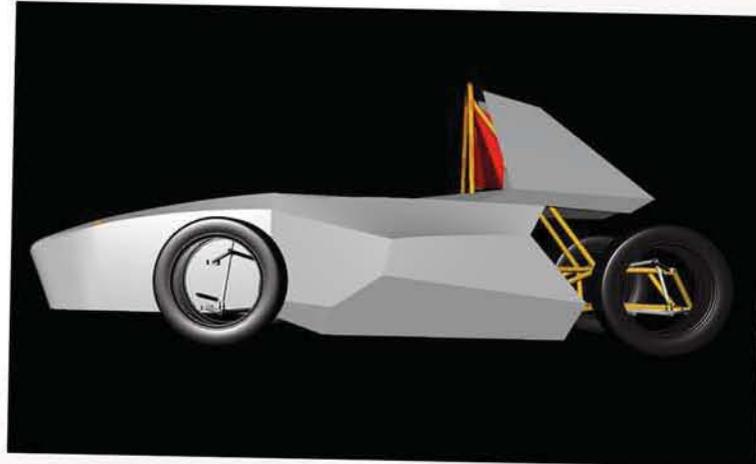
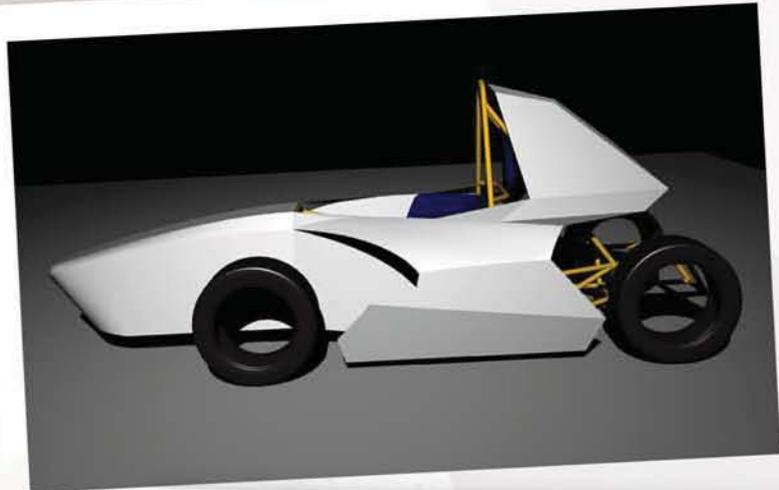






Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño

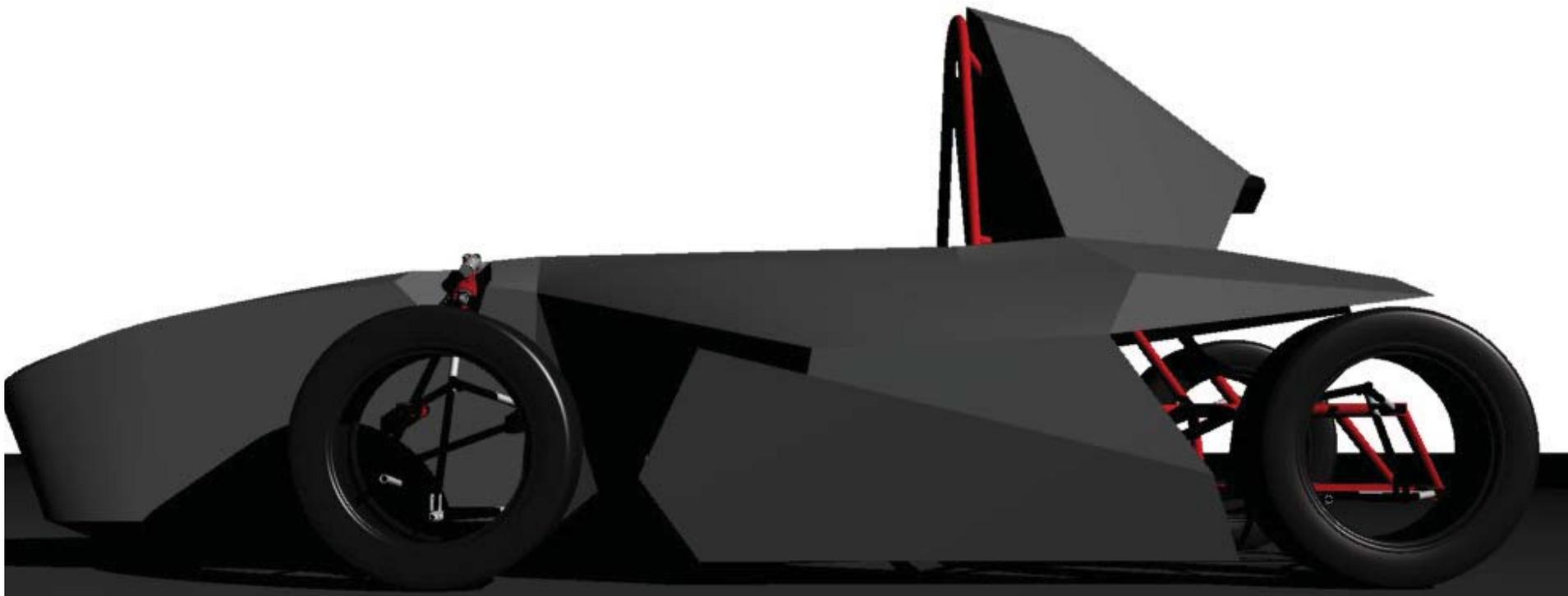


Transformación conjunta de los sidepods y de la cubierta del motor con incrementos paulatinos de las formas angulares partiendo del "key sketch"...

dejando al descubierto parte de la estructura tubular como se aprecia en una Ducati, y sirviendo como un paso masivo de aire sobre el motor para enfriarlo. La cubierta se proyectó a la misma altura que la barra antivuelco, omitiendo el uso de un elemento secundario, usando planos facetados que emergían desde la coleta de los pontones, haciendo que la geometría de diamante siguiera hasta la parte superior del auto. La primera versión de esta nueva geometría de la cubierta bajaba desde la cúspide de la misma hasta la parte trasera de las coletas, haciendo que estas terminaran con los vértices hacia dentro creando una proporción muy afilada y estrecha en vista superior. Se modificó la terminación de la superficie vertical de la cubierta cortándola por la mitad de la línea descendente y proyectando desde ahí otra línea descendente hacia delante hasta la mitad del plano de la coleta,

creando un pentágono irregular inclinado hacia adelante, haciendo una referencia visual a los timones de cola de un F-22 o a la aleta dorsal de un tiburón invertida. Al proyectar y cortar de esta forma la cubierta, las coletas quedaron independientes en su terminación, proyectándose hacia atrás a través del vano dejado entre el pontón lateral y la cubierta por encima de las ruedas traseras, creando una línea dinámica que nace en la toma de aire, siendo la proyección de la línea de la nariz que va de abajo hacia arriba, las cuales se unen en la punta de las coletas, dando la ilusión óptica de movimiento y velocidad; en vista superior, el vano que deja la cubierta entre las coletas enmarca al motor, dejándolo visible en vista trasera, haciendo un juego con el concepto y referencia del mismo al usar la misma geometría encontrada en los alerones de cola de un F-22 o un F-35 enmarcando los escapes del motor,

Abajo. Vista lateral de la segunda etapa de evolución en CAD de la propuesta 3.





Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño

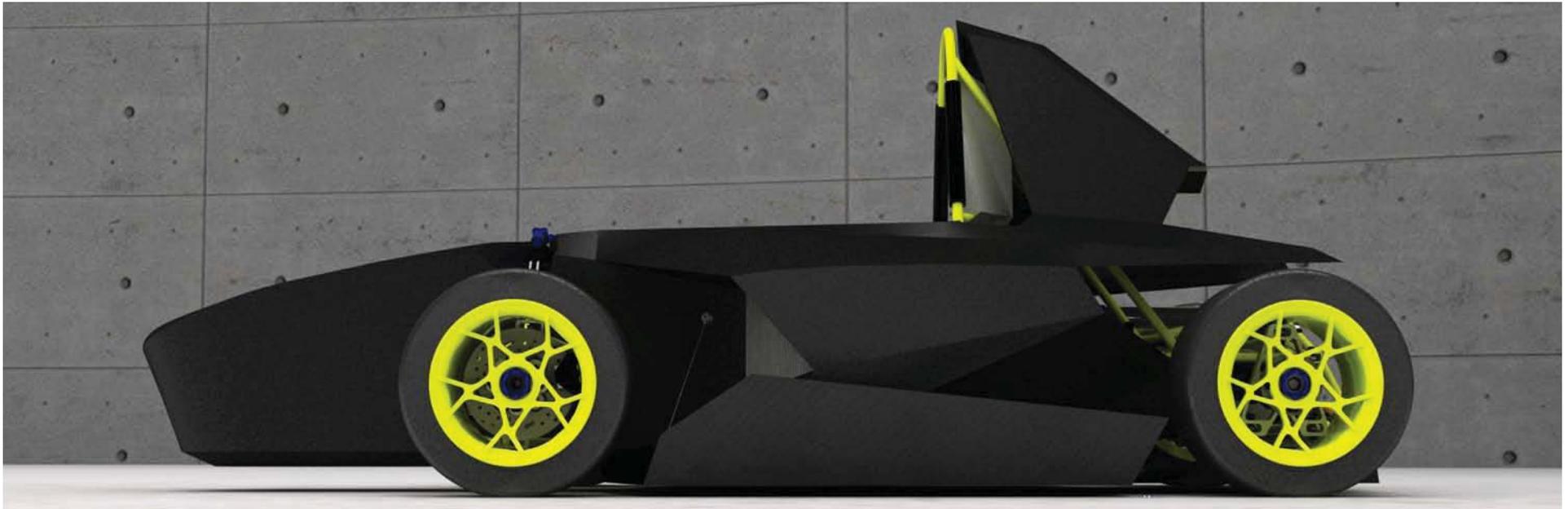
Abajo. Vista lateral de la tercera etapa de evolución en CAD de la propuesta 3.

refiriéndose así a este vano como el lugar donde se ubica la planta de poder del vehículo.

La propuesta final se puede entender como la evolución morfológica de cada elemento integral de la carrocería en base de su función particular y siguiendo de lleno al concepto de diseño. Como se explica anteriormente, la exploración de forma fue cambiando hasta satisfacer de lleno la interacción con la ingeniería del auto, por lograr formas que fueran viables en su manufactura y por lograr armonía estética. La carrocería propuesta respeta la morfología de un auto fórmula en todo sentido, sin embargo el juego de superficies logra que se entienda también como un auto deportivo capaz de satisfacer un mercado de usuarios aficionados al deporte motor con capacidad económica suficiente para hacerse de un juguete sumamente sofisticado, siendo adquirido no solo por su rendimiento o por la sencillez de ingeniería, sino también por ser un vehículo que destaca sobre un kart o similares por su propuesta y configuración de diseño.

La estética final es el resultado directo de la forma del esqueleto metálico que yace por debajo de la carrocería, siendo el chasis el elemento que delinea la forma básica de esta y que sostiene a todos los sistemas de ingeniería que componen al vehículo de competencia. Las superficies que entran en contacto cercano o directo con el chasis mantienen una tolerancia de 6 mm, pensando en construirla con plástico reforzado con fibra de vidrio con un mínimo de 3 capas de refuerzo en las áreas estructurales.

Para sujetar el cuerpo principal de la carrocería al chasis se plantea usar tornillería que lo fije contra las barras antivuelco. Del cuerpo principal se sujetarán el resto de los componentes de la carrocería: la nariz, los pontones laterales y la cubierta del motor. El concepto de diseño se mantuvo intacto hasta llegar a la etapa final de diseño, logrando crear un balance entre las formas de origen aeronáutico y aquellas de origen automotriz para componer un auto fórmula.





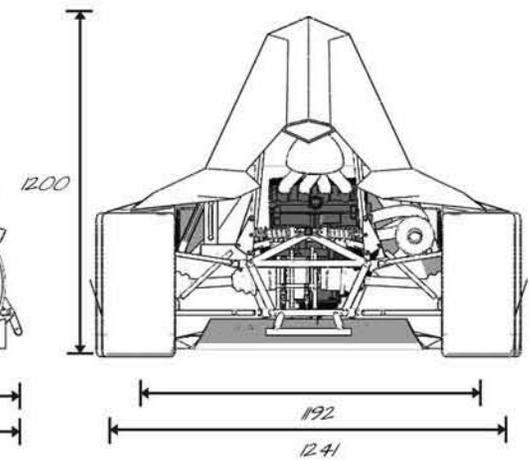
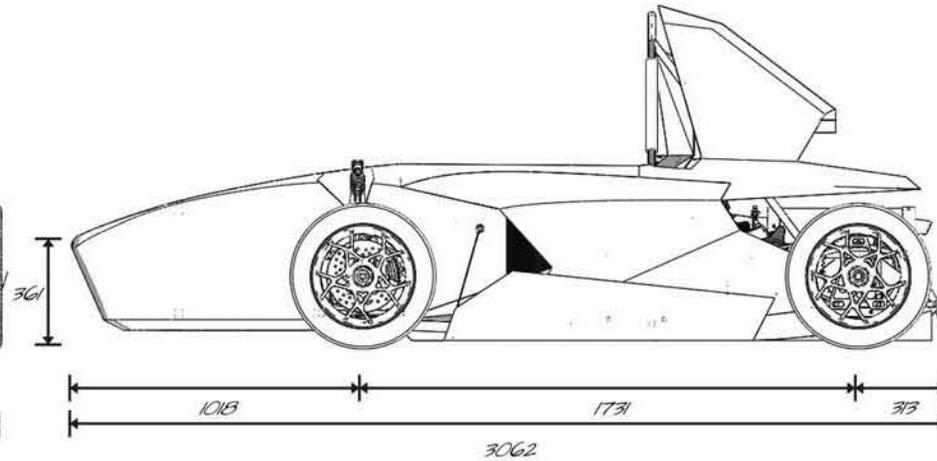
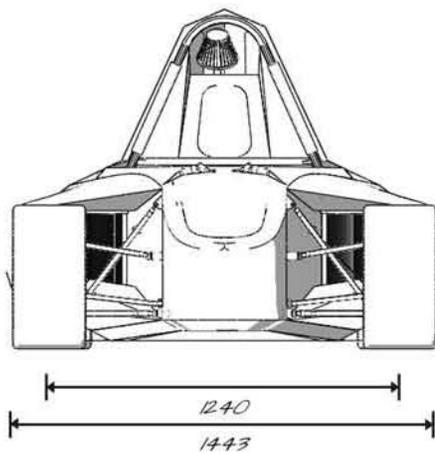
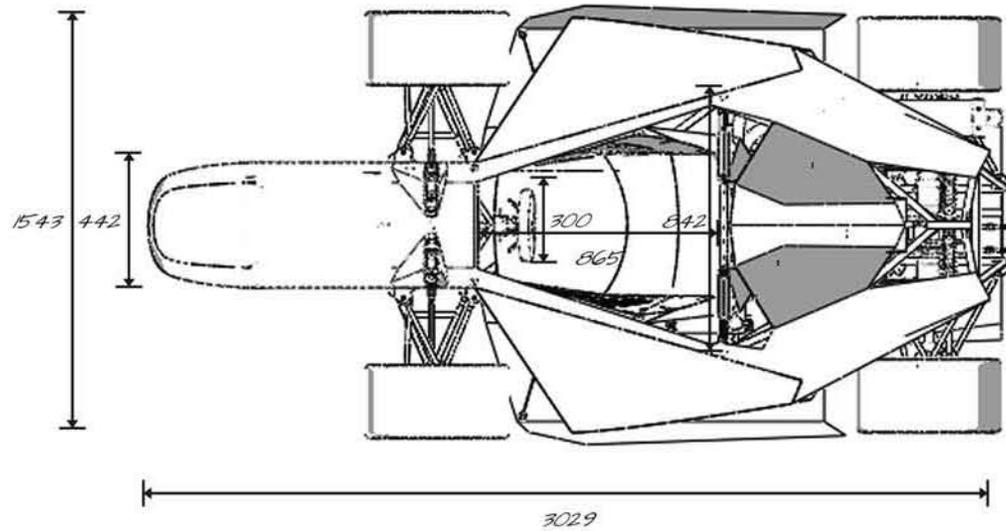


Capítulo 4

El Génesis: Puma FR.010 Stealth Racer, Proceso de Diseño



Stealth Racer Versión 3
Cotas: mm





Memoria Descriptiva: del Concepto a la Pista



CAPÍTULO

05





Arriba izquierda. Vista trasera a 3/4 de la propuesta CERO.

Arriba derecha. Vista delantera a 3/4 de la propuesta CERO.

Abajo. Vista lateral de la propuesta CERO.

5.1 Stealth Racer: diseño final

El proceso de diseño de la carrocería del Stealth Racer conllevó por cerca de año y medio un proceso de experimentación morfológica a partir de la investigación de procesos de manufactura y configuraciones funcionales de diversas carrocerías de autos de competencia y comerciales con fuerte presencia del styling conceptual, pasando del nulo entendimiento del tema hasta generar una propuesta resuelta completamente para su manufactura respetando de lleno a la ingeniería del auto. Sin embargo, el proceso de diseño no paró con la propuesta formal número 3, ya que por inconvenientes de presupuesto y de tiempos de cara a FSAE West 2010, el diseño que se tenía listo para fabricarse totalmente en plásticos reforzados tuvo que ser modificado para adaptarse al uso

de metales laminados en su construcción.

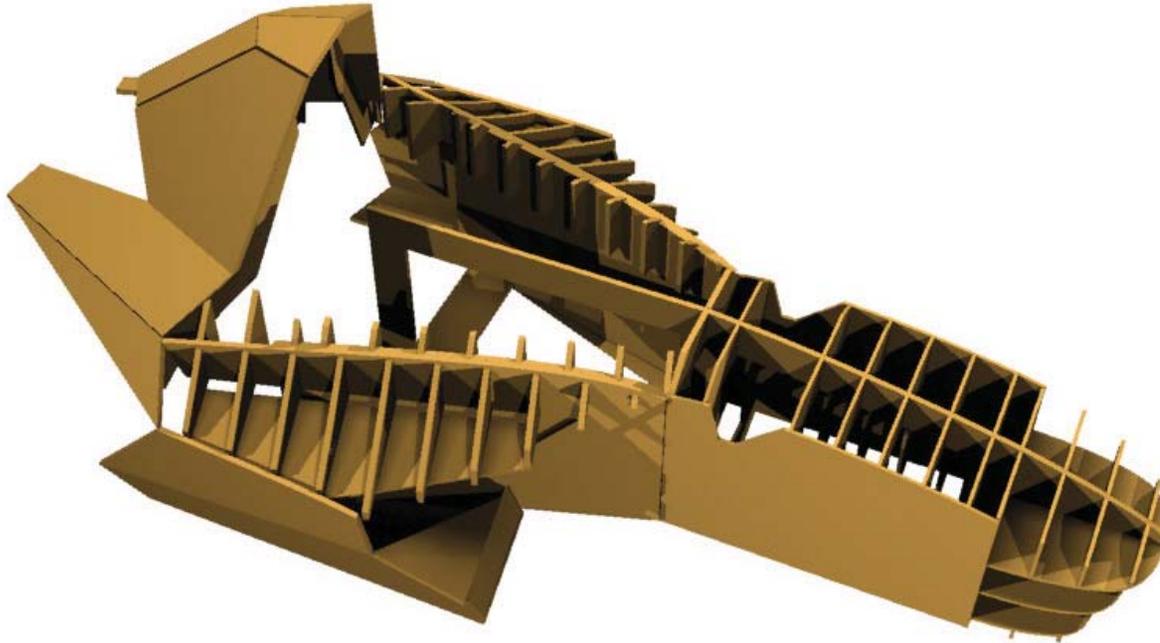
Este cambio de planes llegó en un momento muy tenso dentro del proyecto, ya que el desarrollo y la manufactura del auto estaban muy retrasados conforme lo planeado amenazando seriamente el asistir a competencia. La idea de fabricar la carrocería usando láminas de aluminio fue propuesta por el Ing. Mariano García del Gállego, asesor del proyecto, quien de manera optimista en base a su experiencia en otros proyectos planteó la factibilidad de lograr un prototipo final apegado a la propuesta original de diseño, quedando esta última como propuesta conceptual.

Basándose en la propuesta número 2, la cual usaba una composición de planos en forma de diamante para formar los distintos volúmenes de la carrocería sin usar el recurso de dobles curvaturas, se reconfiguró principalmente el diseño de los sidepods respetando en lo posible al diseño original, usando piezas de la estereotomía como plantillas, beneficiando con ello el poder conservar la proporción de elementos clave en el diseño; en el caso específico de la nariz se conservó el diseño original, por la geometría boleada reglamentada de su borde, construyéndola en PRFV usando a la matriz como molde. El resto del cuerpo principal de la carrocería se construyó alrededor de la matriz panel por panel, asegurando en el proceso la simetría de todas las piezas, y más importante aún la correcta interacción con el chasis y con la ingeniería circundante y adyacente confiando plenamente en la exactitud del diseño virtual y de la manufactura, ya que no se podía tener acceso al chasis físicamente por las actividades de ensamble y pruebas que se le estaban haciendo.

El concepto de diseño ayudó en demasía el poder adaptar las dobles curvaturas propuestas en el diseño conceptual a geometrías totalmente planas, haciendo la referencia visual explícita a la morfología de un caza F-117, además de la apariencia aeronáutica de los paneles de lámina unidos mediante remaches. La morfología final se complementó con la elección del color de la pintura, grafito oscuro mate, evidenciando así al concepto de diseño en su totalidad.

UNAM MOTORSPORTS TEAM PUMAS





Arriba. Diseño de la estereotomía para la fabricación de la carrocería del Stealth Racer.

5.2 Plan de manufactura

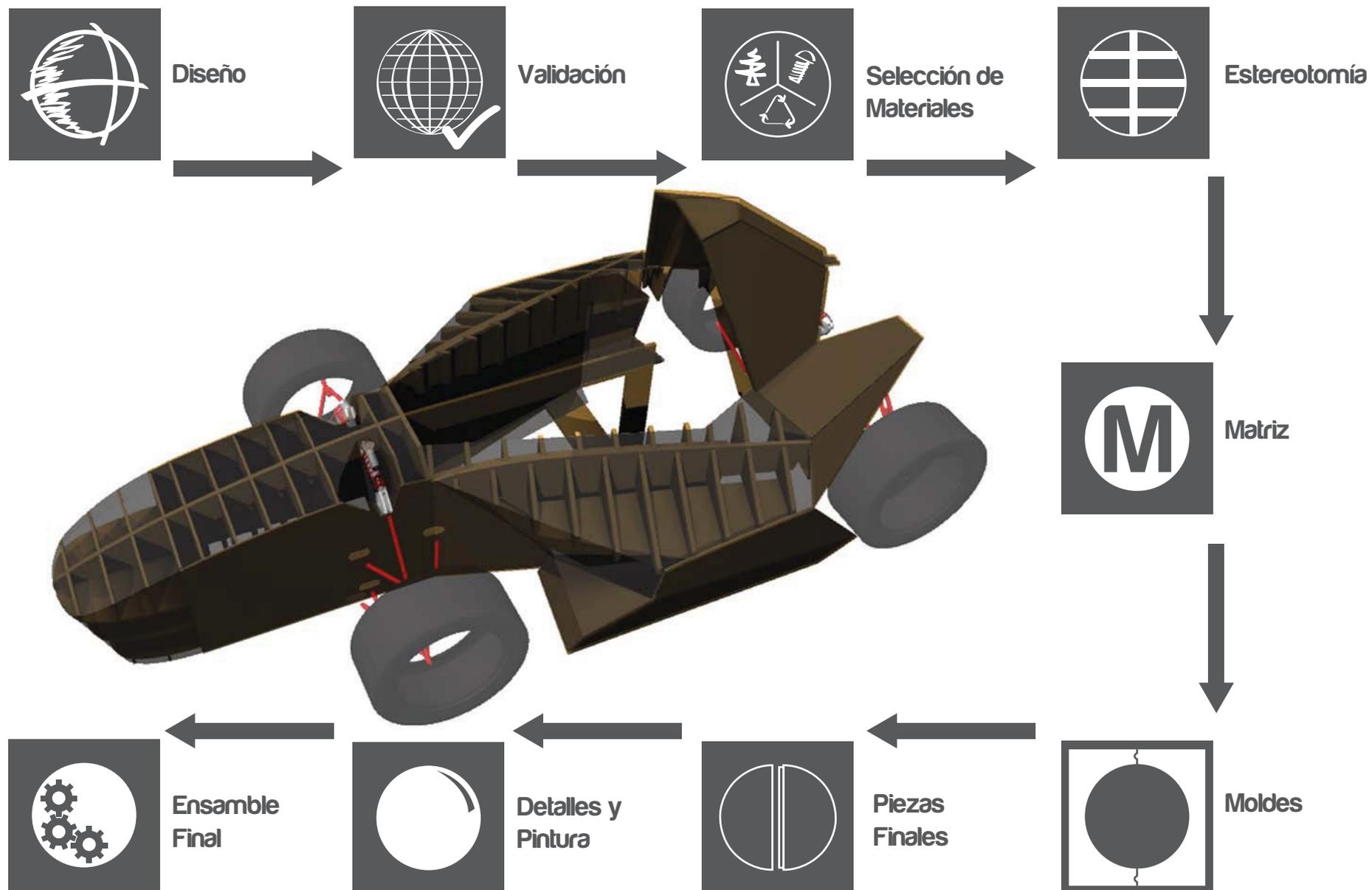
Desde el principio del proyecto se estipuló el construir la carrocería usando plásticos reforzados como material principal, de manera idónea con fibra de carbono por sus propiedades de peso y resistencia o como alternativa rentable con fibra de vidrio. Para ello se estudió el estado del arte general en la construcción de las carrocerías de vehículos de alto rendimiento, a nivel de producción masiva y artesanal, incrementando el panorama de opciones a tomar. Una singularidad del diseño de la carrocería fue el proponer en todo momento formas factibles de llevarlas a producción de manera sencilla, por lo que todos los volúmenes propuestos se plantearon de manera tal que requirieran el menor número posible de moldes y con ángulos de salida pronunciados.

Para elaborar los moldes se analizaron diversas maneras de

elaborar la matriz, optando por desarrollar una estereotomía de madera a ser rellenada por un espumado plástico. Esta metodología de manufactura tuvo su primer acercamiento en CAD con el diseño de la propuesta número 2, la cual como se menciona anteriormente en el documento se diseñó para llevarse a manufactura durante la etapa en curso del proyecto. Gracias a esta experimentación temprana se pudo resolver con mayor detalle el diseño de la estereotomía de la versión final del Stealth Racer, usando planos de gran tamaño para definir superficies clave, y eligiendo puntos críticos en la geometría de la carrocería para generar a partir de ellos el seccionamiento de las piezas de madera.

La precisión en la manufactura de la matriz fue un requisito fundamental, ya que no había lugar alguno para errores de empaquetamiento y ensambles. A razón de esto, el poder cortar todas las piezas diseñadas en CAD a partir del modelado de la carrocería usando tecnología CNC fue prioridad, ya que todo fue diseñado sobre el ensamble virtual del chasis y del empaquetamiento de ingeniería en interacción con la carrocería, los cuales habían sido manufacturados con tolerancias de error mínimas maximizando la fidelidad con el CAD.

Ya que el presupuesto para el proyecto siempre estuvo en un rango muy modesto, se optó por el uso de PRFV como material ideal para la construcción de la carrocería. Con esto estipulado se buscaron los materiales y proveedores que mejor se adaptaran al presupuesto y a las tecnologías disponibles para la manufactura, generando así una lista de materiales para generar un presupuesto. Para ese entonces ya se contaba con los tableros de MDF y con el poliestireno espumado para la estereotomía, ya que se habían adquirido desde el verano de 2009 para la manufactura de la versión número 2 del Stealth Racer, usando todo el presupuesto con el que se contaba para comenzar con la construcción del chasis y de la carrocería mientras se terminaban de refinar los diseños dinámicos de ingeniería. Con todo esto contemplado a detalle grueso, se elaboró una línea crítica para atender las diversas etapas de manufactura con margen para solucionar inconvenientes sobre la marcha:





Arriba. El Puma FR.010 en el auditorio Javier Barros Sierra de la Facultad de Ingeniería de la UNAM durante la presentación oficial del proyecto Fórmula SAE.

Página posterior. Ensamble final de la carrocería de exhibición.

5.3 Carrocería de exhibición

Con todo en contra, a solo 15 días de ir a competencia comenzó el trabajo a marchas forzadas para lograr completar el auto en su totalidad, específicamente hablando la carrocería. Por diversas razones se llegó a estas instancias, y ya con la idea de construir la carrocería usando aluminio laminado la previa planificación metódica de la manufactura y el dominio absoluto de todas sus formas y de la interacción con la ingeniería rindieron frutos muy positivos.

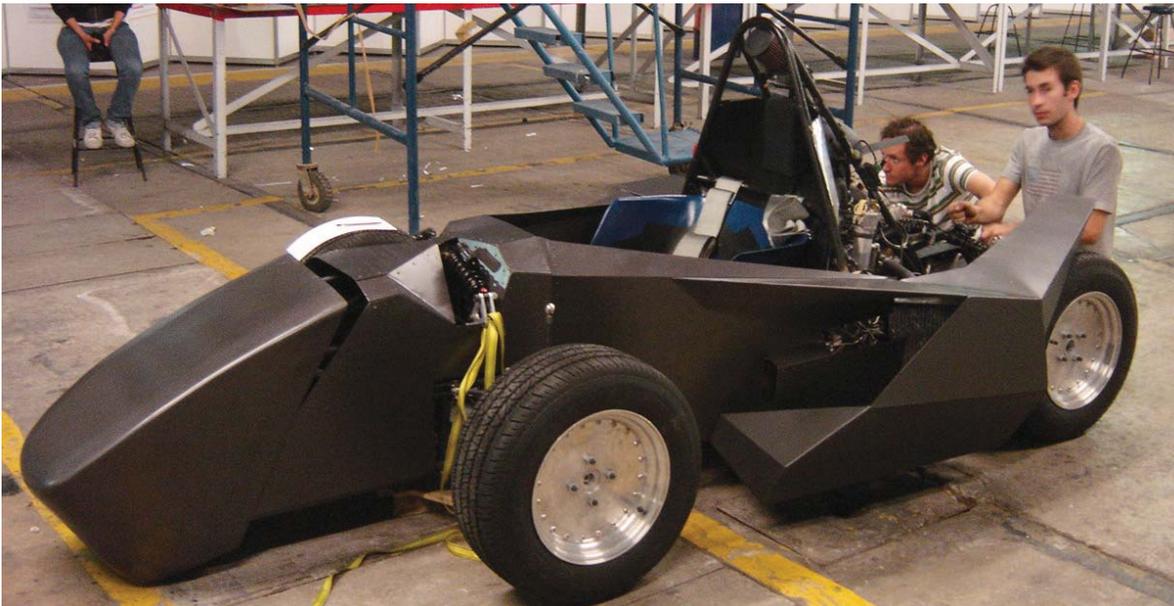
El primer paso fue armar el frente de la estereotomía, de la

nariz hasta el área del front hoop con la finalidad de elaborar la matriz de la nariz. Este proceso tomó un par de días, pasando rápidamente del ensamble de las piezas de madera al relleno con poliestireno espumado y acabado de las superficies críticas para hacer directamente a la nariz usando a la matriz como molde, ahorrando el proceso extra de generar moldes negativos. Una vez completado el proceso de laminado de la resina poliéster con refuerzo de fibra de vidrio en petatillo se procedió con el desmolde, teniendo que cortar el piso de la pieza para liberarla de la matriz. Este fue un momento muy significativo, ya que subió la moral del equipo al ver sobrepuesta la primera pieza de la carrocería sobre el chasis, el cual había sido ensamblado en su totalidad una noche antes con el sistema matriz funcionando por primera vez.

Usando piezas de la estereotomía como plantillas y cartón gris como escantillones modificables, el proceso de manufactura de los primeros paneles comenzó inmediatamente después de la finalización de la nariz. El aluminio con el que se disponía para construir la carrocería dio un revés inesperado a todo el proceso ya que era excesivamente delgado, y ninguna de las piezas se podía estructurar; para solucionar esta carencia del material, se elaboraron los paneles de la nariz en un sándwich aluminio-cartón-aluminio, unidos entre sí con pegamento blanco y remaches. Este proceso demandaba demasiado tiempo, un lujo con el cual no se contaba en ese momento, por lo que el resto de los paneles se construyeron con lámina de acero calibre 16.

Ya que se tenían problemas de sobrepeso general en el auto, por el dimensionamiento excesivo de ciertos elementos como margen de seguridad y por la adición de gran cantidad de soportes de acero sobre el chasis, la carrocería mitad construida en acero y mitad construida con el sándwich híbrido de aluminio-cartón no solucionaba ni aportaba nada positivo a este problema, haciendo tomar la decisión colectiva en el equipo de detener la construcción de los paneles faltantes, alistando lo que se tenía con una pintura alternativa para la presentación oficial del proyecto el día 7 de junio de 2010.





5.4 Carrocería de competencia

La experiencia obtenida con la construcción de los primeros paneles de la carrocería de presentación resultó invaluable para la siguiente etapa de manufactura. Inmediatamente al día siguiente de la presentación oficial comenzó el proceso de fabricación de la carrocería definitiva que formaría parte del auto de competencia; todos los paneles híbridos y de acero se eliminaron a excepción del piso de la nariz, desmantelándolos entre sí para usarlos como matrices de las plantillas de las nuevas piezas a ser fabricadas con lámina de aluminio calibre 16.

De nueva cuenta se usó la estereotomía como base para armar a la carrocería pieza por pieza sin tener acceso al carro, el cual se ponía a punto para hacerle sus primeras pruebas. La construcción de esta última carrocería fue mucho más acelerada y ágil que la anterior, debido a la experimentación previa con el ajuste de las piezas mayores que integraban el cuerpo central de la carrocería y la base de los sidepods.

Más allá del cambio de material y del refinamiento en la calidad de construcción, la carrocería tuvo cambios significativos en su forma, principalmente en las paredes laterales del habitáculo de conducción, a las cuales se les incrementó altura en la parte trasera en contacto con la barra antivuelco principal, cambiando con ello la configuración contemplada de la parte superior de los sidepods a favor de una línea continua desde la nariz integrada a su nueva geometría triangular; otro cambio significativo de la carrocería de presentación a la de competencia se manifestó en el área envolvente de los amortiguadores, proyectándola hacia adelante para aumentar el espacio de ensamble de estos con el chasis.

La forma final de los sidepods fue una reinterpretación de la volumetría de la propuesta de diseño número 3, retomando aspectos de diseño de varias propuestas evolutivas anteriores a la final; uno de los cambios más significativos

se dio para alojar al radiador, el cual por logística en el desarrollo del diseño en CAD nunca estuvo presente sino hasta la manufactura, por lo que se tuvo que ensanchar la totalidad del sidepod además de proyectarlo hacia atrás muy cercano a la rueda. Este cambio de forma y de posición afectó la forma de la parte trasera de la carrocería, descartando la incorporación de la cubierta del motor y cambiando totalmente la proporción de las coletas de los sidepods. Sobre las coletas se tuvieron que hacer varios cortes para poder tener acceso al depósito de agua del radiador, además de ser recortadas durante el pre-ensamble final en su parte trasera por estar sumamente cerca de las llantas poniendo en riesgo la integridad de estas últimas.

Otro cambio sustancial en la carrocería fue la incorporación de una cubierta protectora con ventilación para la computadora y el sistema eléctrico del carro, ya que se había contemplado alojarla por debajo de uno de los sidepods en el

diseño conceptual. Esta nueva caja sobre el lateral izquierdo del habitáculo de conducción resolvía de manera teórica la protección ideal para todos los componentes que guarecía, sin embargo presentó muchos para darle un acceso pertinente al cableado y conexión de la computadora.

Después de comprobar varias veces la interacción de la ingeniería con la nueva carrocería se procedió a darle acabados finales, haciendo hincapié en los bordes de las láminas para evitar heridas y en la preparación para la pintura. El ensamble final se dio la noche previa al comienzo de la competencia sin presentar inconvenientes; durante esta última etapa de ensambles y puesta a punto de todo el carro se terminaron de poner los gráficos de identificación y de los patrocinadores, además de incorporar protecciones alrededor del habitáculo de conducción en pro de la seguridad de los pilotos.

Página anterior arriba. La carrocería construida en aluminio casi lista para la pintura.

Página anterior abajo. La carrocería del Stealth Racer puesta por primera vez sobre el auto para verificar su ensamble.

Abajo. Ensamble final del Stealth Racer.

Página posterior. El Puma FR.010 Stealth Racer estacionado en el paddock del equipo al final del segundo día de competencia, FSAE West 2010.





Capítulo 5

Memoria Descriptiva: del Concepto a la Pista

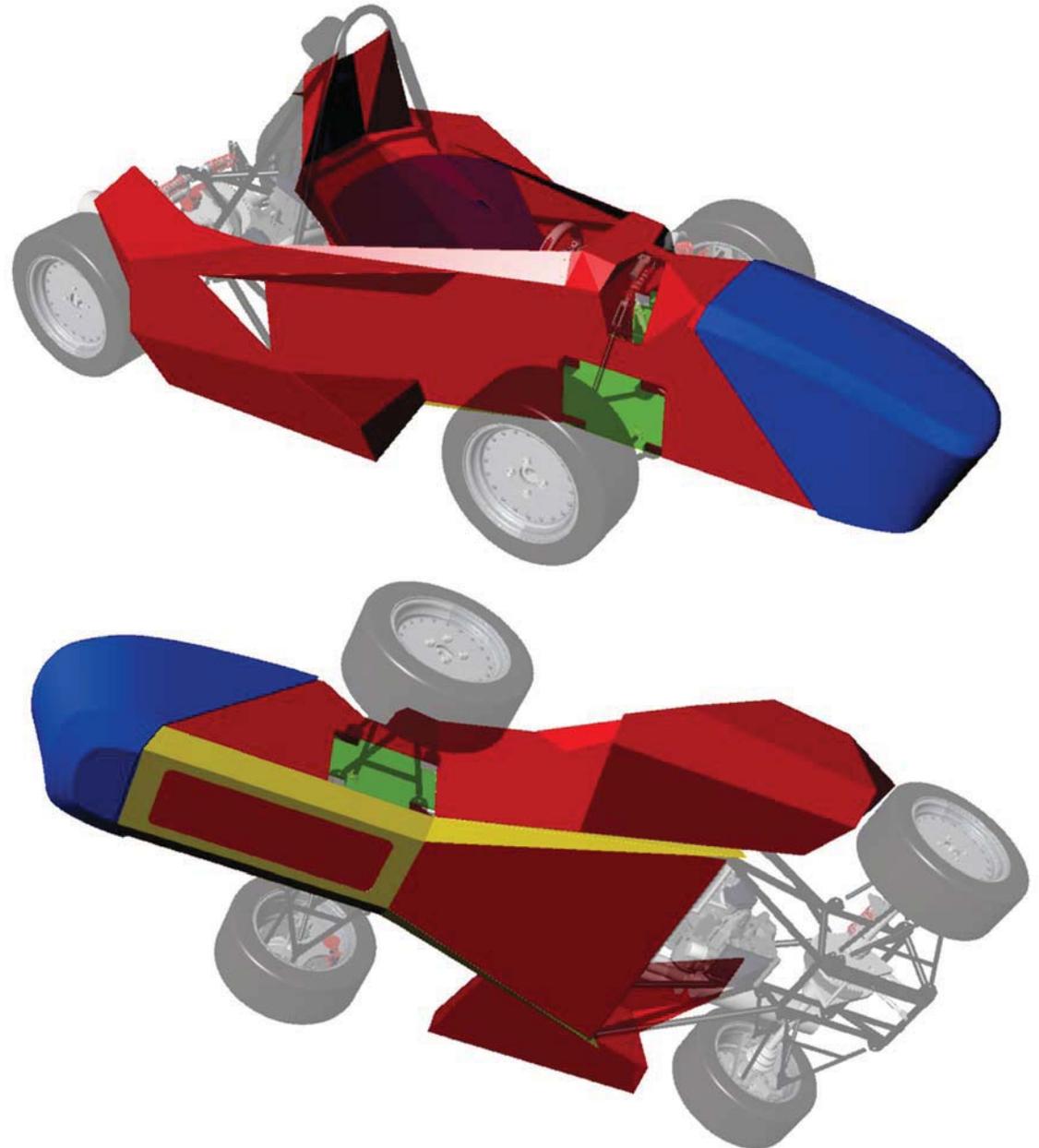


5.5 Proceso de manufactura

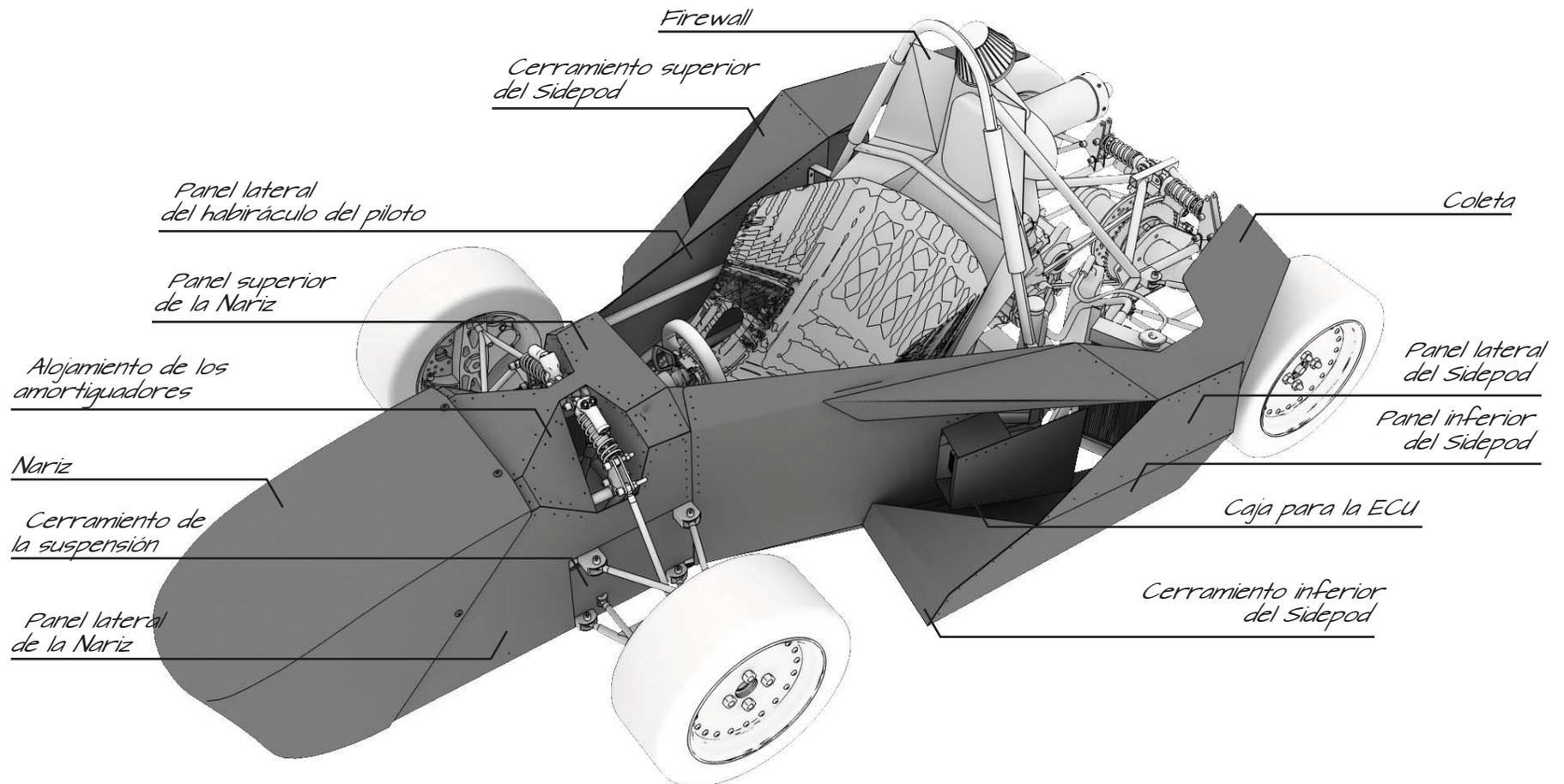
El proceso completo de manufactura de la carrocería del Stealth Racer, como se menciona anteriormente, fue mayormente un proceso de prueba y error, ajustando todos los paneles uno por uno usando a la estereotomía como base del cuerpo principal y como plantillas para las piezas mayores de los sidepods. El usar lámina de aluminio para la mayoría de los componentes de la carrocería ayudó a generar rápidamente un prototipo para competencia, gracias a la bondad del material y del proceso por pasar rápidamente de una maqueta en cartón al desarrollo de la pieza y posteriormente a su corte, doblado y ensamble.

A pesar de haberse concluido en un periodo de tiempo muy corto, el proceso de manufactura fue muy metódico con un margen muy reducido para cometer errores y de desperdicio de material, todas las piezas y sus sucesivos ensambles tenían que ser muy bien planeadas para poder ir generando un volumen completo fiel a la morfología propuesta respetando el escaso tiempo de desarrollo con el que se contaba y al material a disposición para lograr la tarea. A continuación se explica gráficamente el proceso de manufactura de la carrocería del Stealth Racer.

-  Lámina de Aluminio
cal. 16
-  Lámina de Acero
cal. 16
-  Resina Poliéster
reforzada con Fibra de Vidrio
-  PVC Espumado
6 mm



UNAM Motorsports PUMA FR.010 Stealth Racer Owner's Manual
Construcción y Ensamble de la Carrocería



Fase 1

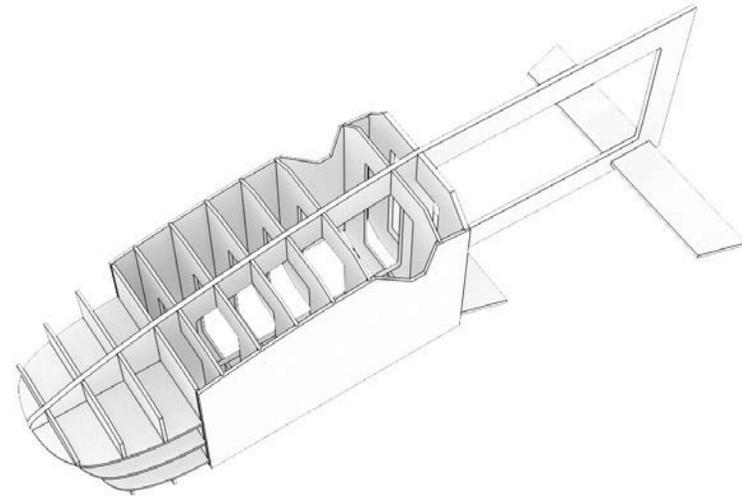
1. La construcción de la estereotomía se realizó parcialmente, enfocándose en crear el volumen de la nariz para así poder manufacturar la pieza frontal de la carrocería en PRFV.

2. Usando a la estereotomía como molde positivo, se procedió con la preparación de la primera capa usando Gel Coat, la cual recibió las capas de resina poliéster con refuerzo de fibra de vidrio, usando una capa bidireccional en la parte superior de la nariz, y omnidireccionales en las paredes y piso de la misma.

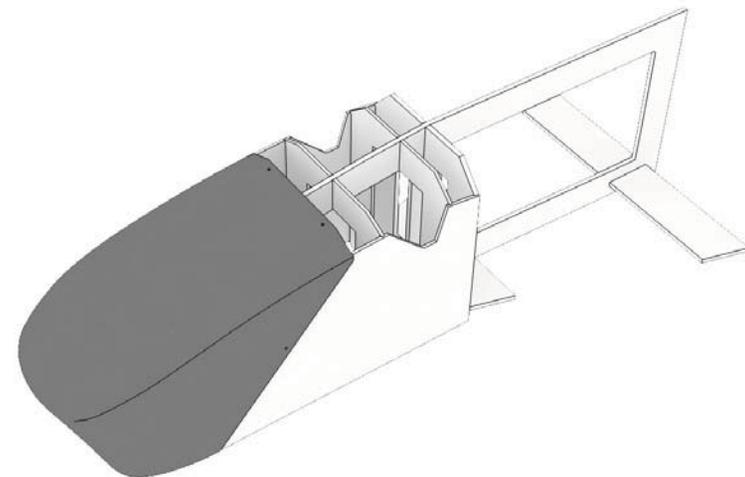
3. El desmolde requirió seccionar la pieza en 2, guiándose por la línea de cambio de sección inferior. Después de presentar la pieza sobre el chasis comenzó el proceso de rectificación y acabado, usando pasta a base poliéster para homogeneizar la superficie dejándola lista para recibir la pintura.

4. La carrocería, en su etapa de exhibición, requería un elemento base para estructurarla sobre el chasis, por lo que se construyó un piso de lámina de acero para unir las paredes laterales del cuerpo central de la carrocería haciendo una pieza única. Esta pieza se aligeró en la parte longitudinal del piso de la nariz, ya que el chasis contaba con un piso construido en aluminio que hacía innecesaria la necesidad de tener un piso extra.

1

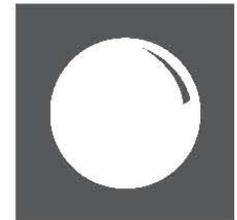
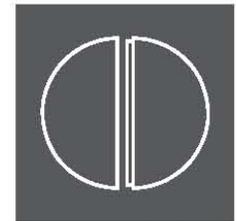
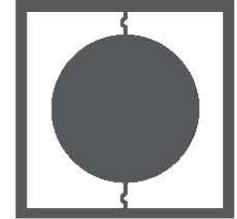
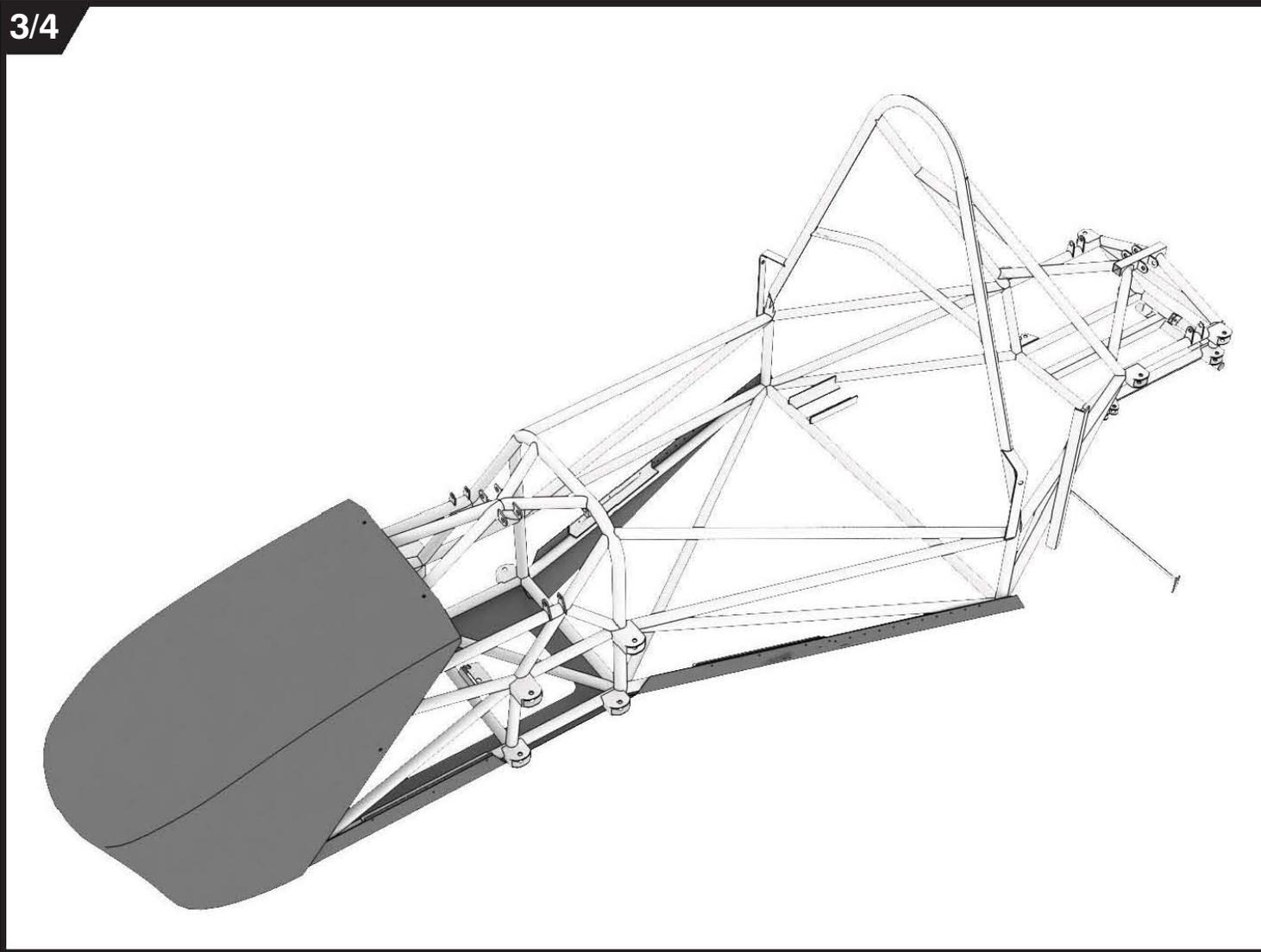


2



Fase 1

3/4





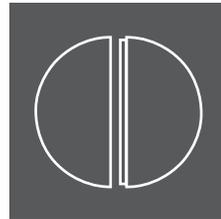
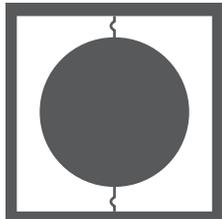
Fase 2

1. Después de la presentación oficial se eliminaron todos los paneles híbridos y de acero, dejando solamente al piso como el único elemento construido en acero de la carrocería. El primer paso de la construcción de los elementos de aluminio fueron las paredes laterales de la nariz, las cuales usaron a sus similares desechados como plantillas refinando detalles para mejorar la interacción con la suspensión delantera.

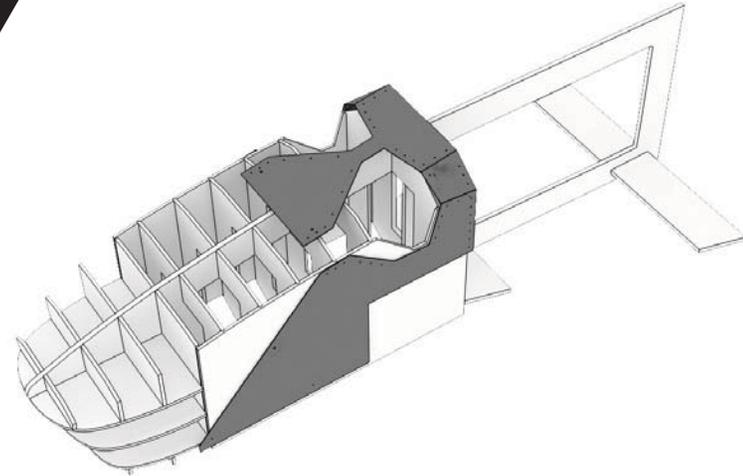
2. Con las paredes laterales de la nariz sobrepuestas sobre la estereotomía, se crearon los paneles superiores de la misma usando plantillas de cartón trazadas sobre la superficie base y triangulando las medidas intermedias entre los paneles mayores para generar los paneles de unión.

3. Ya con los paneles de la nariz que envuelven a la barra antivuelco frontal unidos entre sí comenzó la manufactura de las paredes del habitáculo de conducción. Estas paredes se cortaron usando de nuevo a los paneles desechados como plantillas, aumentando su superficie en la parte trasera donde hacían contacto con la barra antivuelco principal.

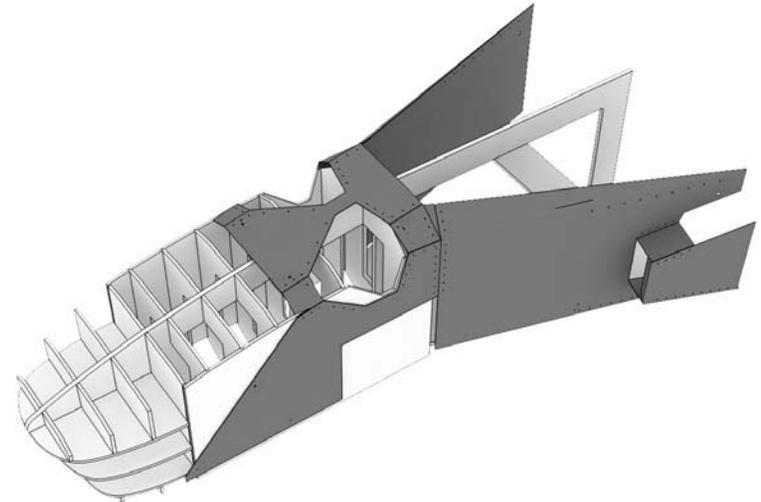
4. Se completó la unión entre paneles principales usando paneles de unión en los cambios de sección y de superficies, teniendo por primera vez un elemento completo autoestructurado. En esta etapa de la manufactura ya se tenía resuelta la caja de alojamiento de la computadora y sistema eléctrico del carro, formando un volumen integrado sobre la pared izquierda de la pared del habitáculo de conducción.



1/2



3/4



Fase 3

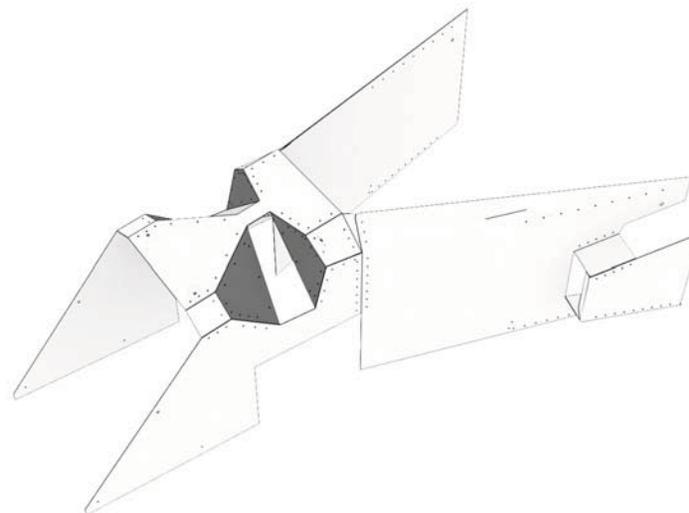
1. Al tener el cuerpo central de la carrocería autoestructurado se prescindió de la estereotomía para seguir con la manufactura del resto de los paneles.

2. Las primeras piezas montadas de esta manera fueron las superficies del alojamiento de los amortiguadores, las cuales usaron la geometría del diseño en CAD modificando sus dimensiones para ajustarse al espacio ampliado, terminando así todos los paneles de la nariz de la carrocería.

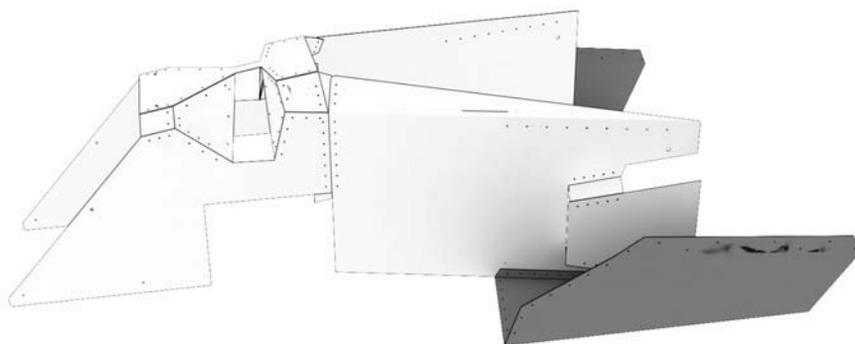
3. La construcción de los sidepods uso de nueva cuenta a los paneles de acero desechados como plantillas, simplificando en una sola pieza el piso y superficie lateral inferior.

4. El cerramiento frontal de los sidepods requirió de varias plantillas por su geometría tan peculiar, ajustando maquetas de cartón hechas a partir del panel de acero.

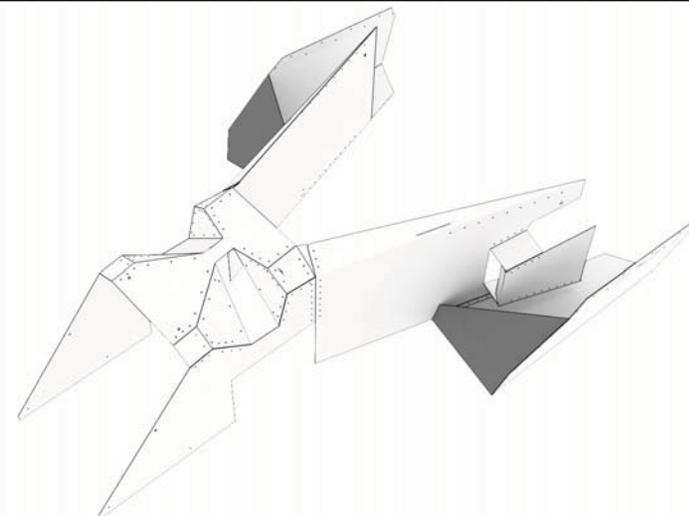
2



3

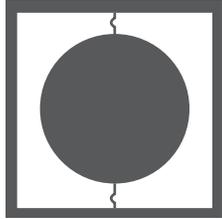


4

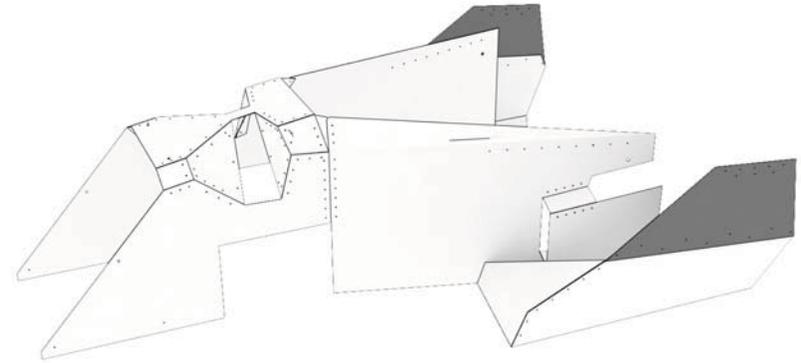


Fase 3

5. La pared superior de los sidepods también creció en superficie en comparativa de la carrocería de exhibición, usando a este panel específico como plantilla matriz para coordinar el ensamble inferior creciéndolo en altura total.



5

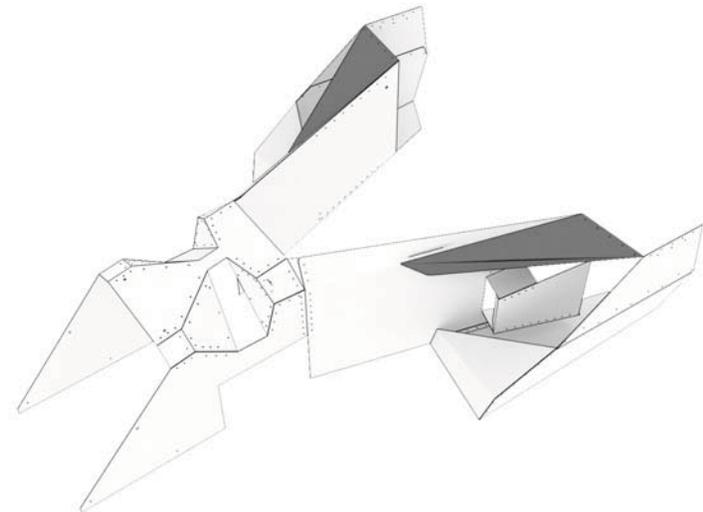


Fase 4

1. En estas instancias de la manufactura se estaba en igualdad de avance final con la carrocería de exhibición, por lo que el resto de los paneles serían construidos usando maquetas de cartón triangulando las distancias de separación entre los paneles construidos al momento.

2. El primer panel construido de esta manera fue el cerramiento frontal de la parte superior de los sidepods, el cual triangulaba la esquina frontal de la pared superior del sidepod con la pared lateral del cuerpo central de la carrocería, siguiendo la línea de cambio de superficie superior.

2

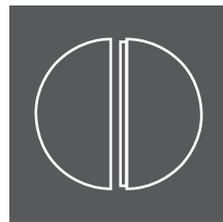
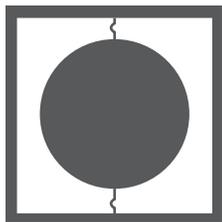


Stage 4

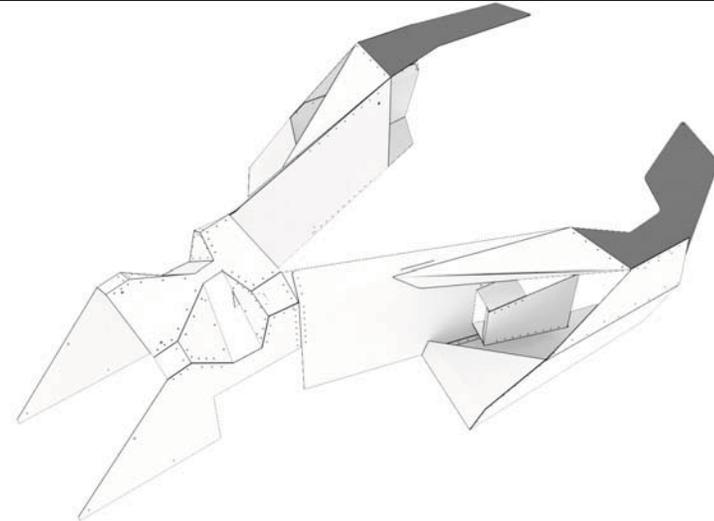
3. El cerramiento frontal superior se unió al resto del sidepod usando una superficie que lo estructuraba con la pared lateral del sidepod, la cual se proyectaba hacia atrás generando las coletas de la carrocería.

4. Al tener completos los sidepods, y a la carrocería de aluminio en una sola pieza, se decidió no construir la cubierta del motor por tiempos, cantidad de material disponible y por la dificultad que presentaba la estructuración de las piezas sobre el auto, por lo que se precedió con los acabados de los bordes y la preparación de los paneles para la pintura.

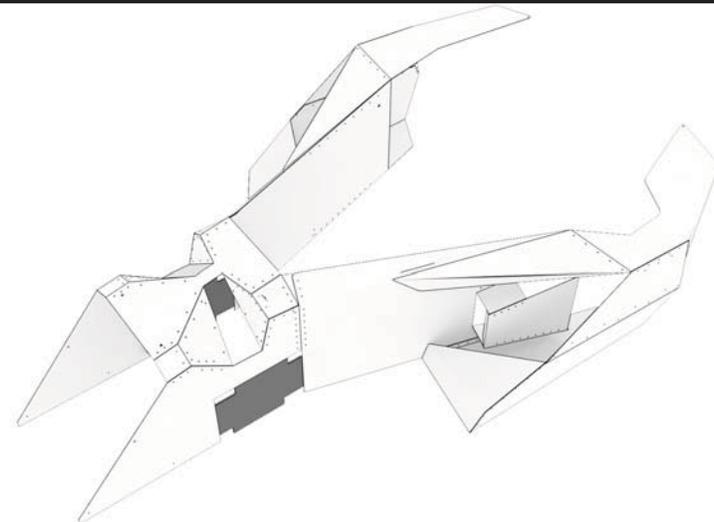
5. Usando lámina de PVC espumado se hicieron las superficies de cerramiento de los brazos de suspensión delanteros, haciéndolos piezas independientes a ser ensambladas mediante cinta adhesiva en lugar de remaches.



3



5



Fase 5

1. Todos los paneles de la carrocería se pintaron de un solo color, cambiando por completo el esquema de pintura de exhibición optando por un color que siguiera fidedignamente al concepto de diseño, el cual se había experimentado con la nueva morfología triangular de los paneles de lámina.

2. La carrocería se montó por primera vez en el auto para comprobar su correcto ensamble e interacción con la ingeniería; durante este proceso de presentación sobre el chasis se encontró que la extensión de las coletas era excesiva haciendo contacto con las llantas traseras, por lo que se desmontó y se recortaron las coletas y sus soportes estructurales.

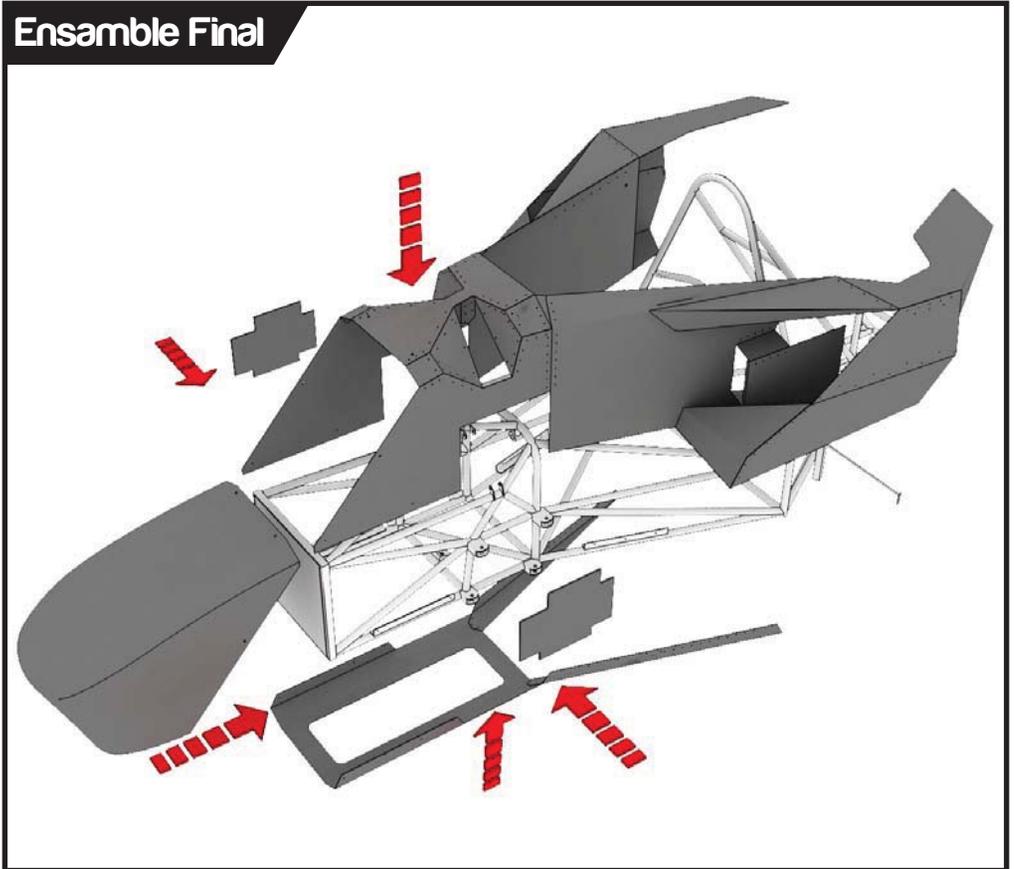
3. En este proceso de recorte también se creó la apertura sobre la coleta izquierda para generar acceso al depósito de agua del radiador. Se terminaron detallando las heridas creadas por los cortes y la manipulación de hojalatería con pintura, dejando lista a la carrocería para su transportación a competencia.

4. Ya con la carrocería lista se le soldaron al chasis un par de soportes sobre la barra antivuelco principal para montar la carrocería, además de unos soportes angulares en el borde inferior del piso del chasis para estructurar al piso de acero con el resto de los paneles de aluminio.

5. El proceso de manufactura de la carrocería concluyó con la aplicación de los gráficos; se optó por viniles impresos para los gráficos de identificación y decorativos, y por vinil monocromático cortado para los gráficos de los patrocinadores y siglas de la UNAM y de SAE.

6. Finalmente se montó la carrocería sobre el auto, dejándolo listo para competencia.

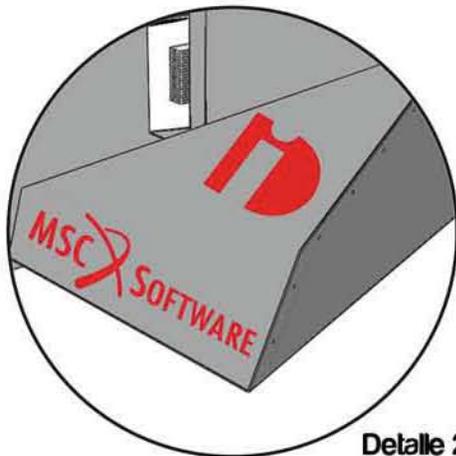
Ensamble Final



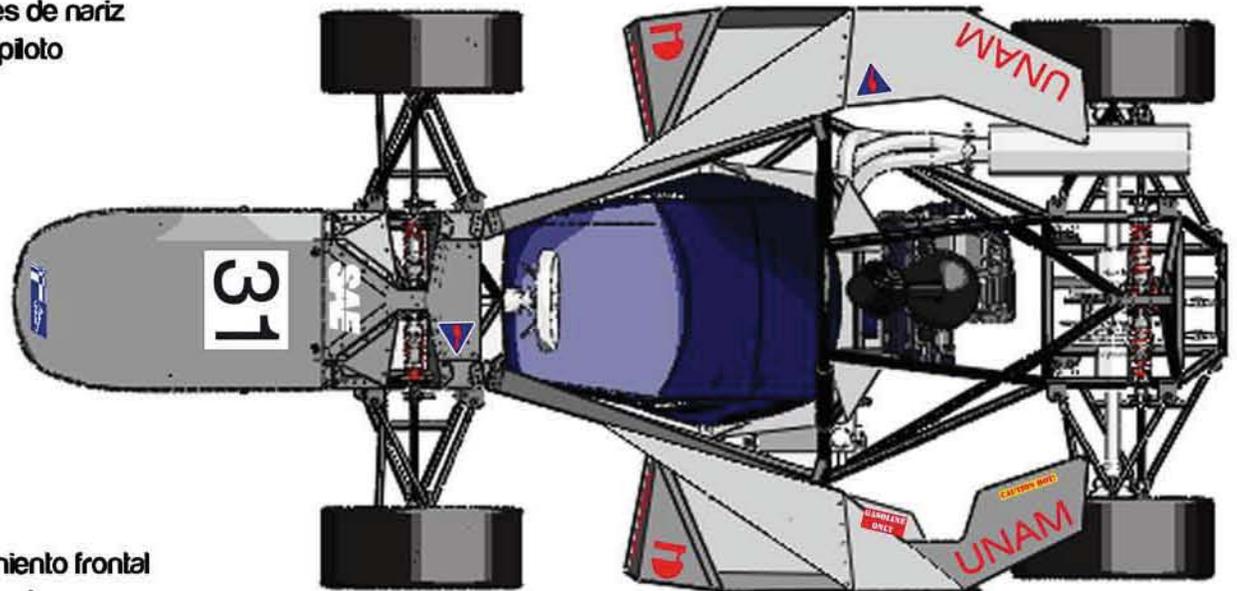
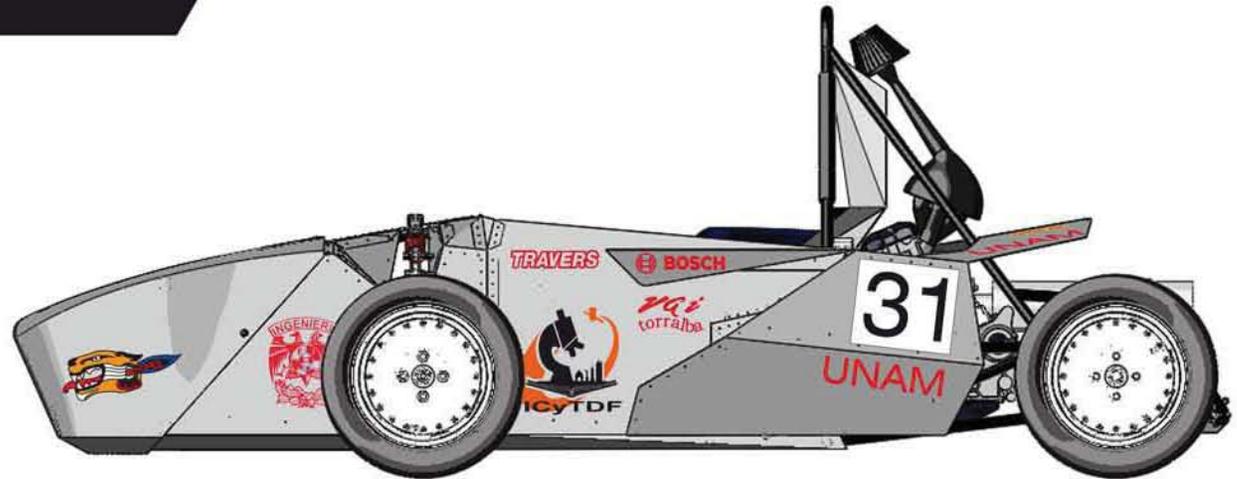
Ubicación de los gráficos



Detalle 1: Laterales de nariz y habitáculo del piloto



Detalle 2: Cerramiento frontal inferior del Sidepod



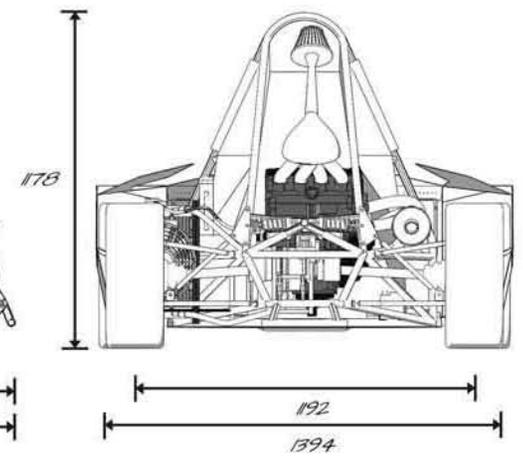
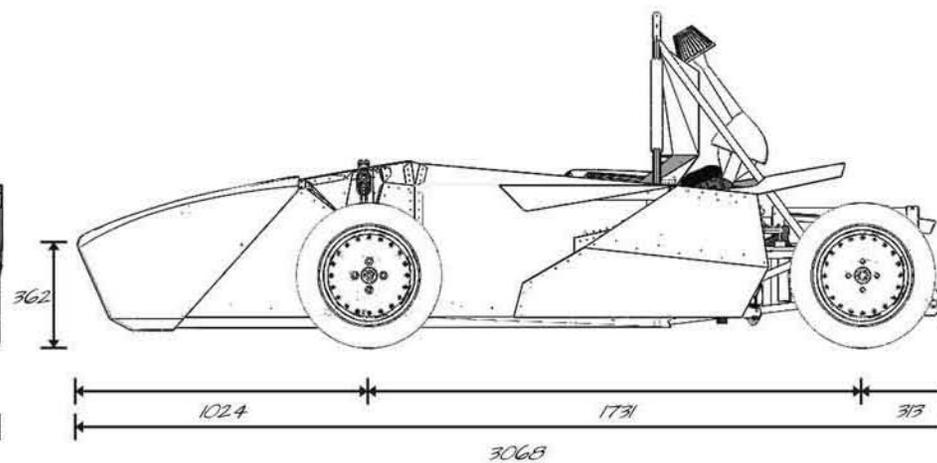
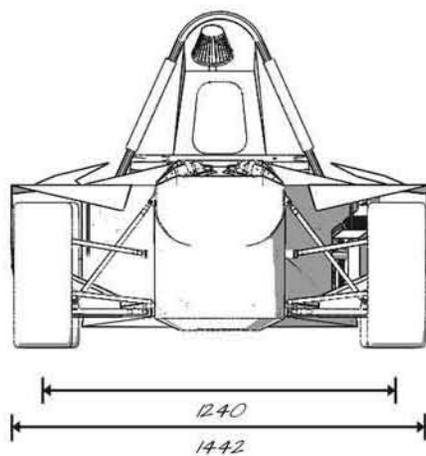
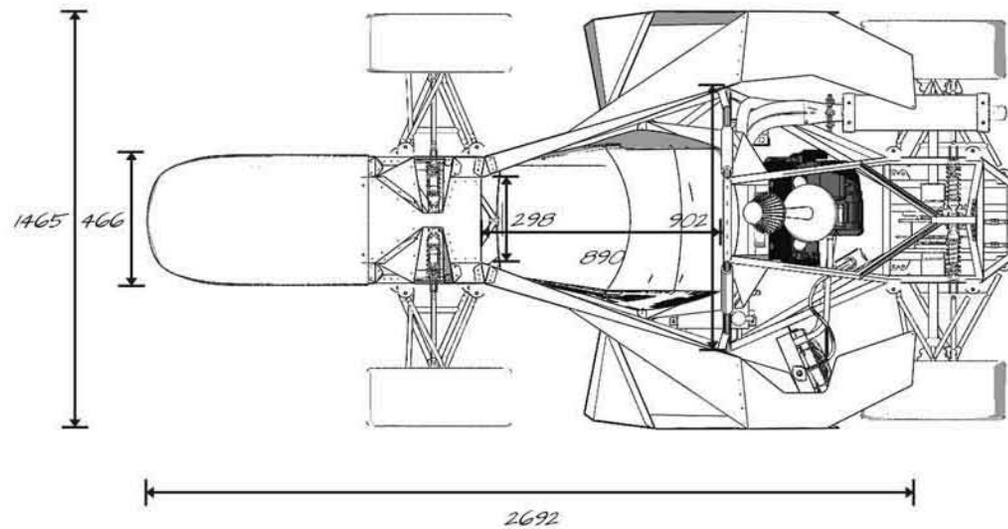


Capítulo 5

Memoria Descriptiva: del Concepto a la Pista

Medidas Generales

Puma FR.010 Stealth Racer
Cotas: mm







Capítulo 5

Memoria Descriptiva: del Concepto a la Pista



5.6 Extras en competencia

Ya en competencia la carrocería no presentó inconveniente alguno, ya que por ninguna razón se tuvo que desmontar completamente para hacerle trabajos de reparación al auto. El desensamble de la nariz mostró su valía al generar un gran acceso al interior de la nariz del auto, permitiendo el libre trabajo sobre la caja de pedales, y liberando al bulkhead para poder levantar al carro usando un gato o montándolo sobre una base para poder trabajar en el con las 4 ruedas levantadas. La múltiple interacción con la nariz requirió un nuevo sistema de montaje, pasando de usar cinchos plásticos para unir la nariz con la carrocería de aluminio a holders de plástico con cuerda para liberar el trinquete de sujeción. Sin embargo el diseño de estos holders hacía que después de un par de monturas se tuvieran que desechar, ya que por la prisa de liberar la nariz para trabajar en el auto se presentaba la necesidad de cortarlos en vez de ser desmontados

con cuidado, o bien, la cuerda de liberación se dañaba, lo que requirió de muchas piezas durante los 4 días de competencia.

La modificación mayor que tuvo la carrocería en competencia se presentó con la incorporación de una cubierta sobre el área del motor para reducir la emisión de decibeles producidos. Esta cubierta se construyó de manera improvisada con un tablero de aislante sonoro espumado, dispuesto de manera tal que procurara seguir con la morfología de la carrocería; se cortaron múltiples paneles del aislante, ajustándolos entre sí para dejar espacios mínimos por donde se pudiera escapar el ruido, cerrándolo las separaciones y uniéndolo a los paneles con cinta adhesiva. Esta carcasa en conjunto de otras soluciones aplicadas in situ auxilió exitosamente la reducción de ruido, con lo cual se pudo proceder a participar en las pruebas dinámicas, eliminándose al concluir la competencia.

Abajo. El Puma FR.010 durante la segunda sesión de Endurance, FSAE West 2010.





La Evolución: Puma FR.011 Warbird



CAPÍTULO

06





Página anterior. El Puma FR.011 en la pista de Endurance, FSAE West 2011.

Arriba. El Puma FR.011 en la pista de Endurance, FSAE West 2011.

6.1 Metodología de diseño

El diseño del Puma FR.011 Warbird es el resultado directo del aprendizaje obtenido tras más de año y medio de experiencia en el desarrollo general de su predecesor, el Stealth Racer. La metodología de diseño específica involucrada en el proceso creativo de la carrocería para este segundo auto de competencia de UNAM Motorsports, refleja la naturaleza completa del proceso con el cual se abordó el problema que planteaba el evolucionar de entero al primer prototipo,

refinándolo de manera tal que resultara en un producto terminado más competitivo gracias a la mejora y modificaciones en su empaquetamiento, configuración general y peso total. De manera general, el diseño del Puma FR.011 ya no representaba un área desconocida de desarrollo, cada toma de decisiones estaba bien fundamentada en base a la experimentación anterior y a la retroalimentación obtenida en competencia, enriqueciendo el proceso completo de desarrollo para resolver problemas de manera más eficiente y acertada.

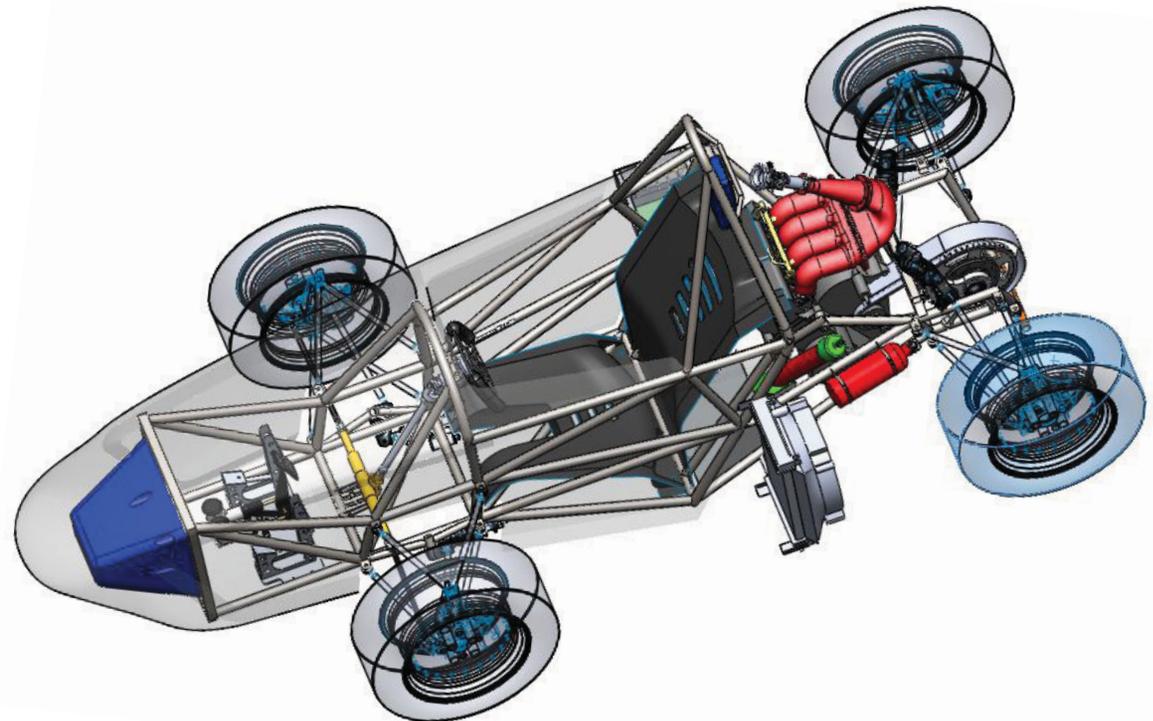
Al comenzar la temporada 2011 de competencia, una de las principales metas a lograr dentro del sistema Body & Frame era el poder reducir al máximo el peso de todos los componentes del chasis y la carrocería, haciendo énfasis en la interacción entre sistemas prevista a detalle para evitar la adición de soportes extras que sumaran peso, así como en la planeación de un empaquetamiento de ingeniería versátil y flexible con margen para reubicación de componentes en el ensamble final. El diseño del chasis cambió totalmente en respuesta a esta nueva metodología de diseño, la forma del habitáculo del piloto se modificó a raíz del cambio en la configuración de la suspensión delantera, pasando de tener un accionamiento push rod con los amortiguadores en la parte superior a ser pull rod con los amortiguadores en la parte inferior del auto, lo cual incremento la altura del piso frontal y con ello la altura total de la nariz; otro cambio significativo al frente del chasis fue la reconfiguración de la barra antivuelco frontal con un diseño de arco, cambiando totalmente la que se tenía en el Stealth Racer formando un marco con rolados a 90°. Por su lado, la barra antivuelco principal paso de ser vertical a tener una inclinación hacia el frente del vehículo, liberando por completo al área del motor de tubos superiores para facilitar el empaquetamiento e interacción de todos los componentes de la tren motriz.

Estos cambios mayúsculos en la configuración del chasis descartaron por completo una evolución directa de la carrocería del Stealth Racer, por lo cual desde un principio se optó por una propuesta de diseño totalmente diferente dejando de lado la morfología triangular y de planos facetados. Debido a que el diseño del chasis presentaba cambios de geometría considerables en sus puntos críticos en interacción con la carrocería, el proceso de diseño también cambió respecto al efectuado durante la temporada 2010, donde se hizo hincapié en la exploración de forma en bocetos previo a pasar al CAD para interpretar tridimensionalmente las formas elegidas validándolas con el resto de la ingeniería circundante, procediendo con una secuencia creativa provista de mayor libertad propositiva partiendo de la experimentación de for-

ma primaria directamente en el CAD para hallar un patrón de superficies y formas que siguieran de manera natural al chasis, para así poder generar una envolvente funcional y estéticamente intencionada en armonía con las proporciones de todo el auto; esta metodología fue de la mano en todo momento con la elección inicial de materiales y procesos de manufactura en pro de lograr la fidelidad entre el diseño virtual y el prototipo funcional, hecho que no se pudo lograr con el Stealth Racer por las eventualidades durante su desarrollo. Este proceso se complementó con la incorporación de un concepto de diseño nuevo, y con la experimentación de forma a mano alzada en base a las propuestas en CAD auxiliando al diseño virtual para destacar detalles clave y para buscar variables en la configuración de los elementos primarios y secundarios de la carrocería.

Abajo. Ensamble final en CAD del Puma FR.011.

Página posterior. Un P-38 Lighting y un F-22 Raptor volando a la par en un "Heritage Flight" de la USAF.





Capítulo 6
La Evolución: Puma FR.011 Warbird



6.2 Concepto de diseño

Al comenzar la temporada 2011 cuando se pensaba en el diseño del nuevo auto de competencia, específicamente en su carrocería, lo más natural parecía ser una evolución directa del diseño del Puma FR.010, tomando lo mejor y más identificativo de su forma y corrigiendo los detalles que le generaban flaquezas funcionales. Sin embargo, después de las primeras propuestas a nivel boceto sobre la nueva configuración del chasis se encontró muy complicado continuar con la morfología tan peculiar del Stealth Racer, fielmente apegada a su concepto de diseño, derivando en una composición de formas caprichosas que planteaban demasiadas dudas sobre su factibilidad de producción.

Una vez dejado de lado el concepto de Stealth Fighter se buscó una filosofía de diseño totalmente distinta que no interpretara la estética de un objeto en uno nuevo, sino que en base a la silueta natural que se podía lograr en torno al chasis hallar la forma conceptual que mejor se le apegara. Este proceso de búsqueda basado en las proporciones de la ingeniería estructural del auto, como parámetro rector de la nueva carrocería en pro de darle mayor valor funcional a su estética final, para encontrar un nuevo concepto de diseño se complementó con el deseo de proponer una forma más aerodinámica a ser lograda de manera empírica sin utilizar mecánica de fluidos. Esta decisión resultó contradictoria a la filosofía de diseño general del nuevo auto la cual buscaba comprobar y fundamentar toda decisión de diseño en base a la teoría y al análisis, sin embargo, el marco teórico propio del diseño de la carrocería demostraba que esta metodología es un recurso ampliamente recurrido históricamente en autos icónicos del deporte motor y en autos exitosos de FSAE, ejemplo de esto la familia C, D y E de Jaguar y los autos ala de la Universidad de Monash.

Ya que no se iba a hacer recurso del diseño auxiliado de CFD para lograr una forma aerodinámica, se recurrió a la inspiración proporcionada por la naturaleza y sus diseños comprobados por millones de años de evolución, y que





Capítulo 6

La Evolución: Puma FR.011 Warbird

Página anterior arriba. El MMS 2011 de la Monash University durante su presentación oficial.

Página anterior abajo. Un Jaguar Type D.

Abajo. C.

mejor ejemplo de esto que el cuerpo hidrodinámico de un tiburón. La morfología de los tiburones está diseñada y perfeccionada para moverse a gran velocidad con mínima resistencia a la fricción dentro de un fluido denso como lo es el agua, siendo la inspiración perfecta para proponer la forma de una carrocería que genere poco arrastre; este nuevo concepto de diseño se adaptaba muy bien a las proporciones de la envolvente ideal del chasis. Sin embargo, el concepto de diseño de origen aeronáutico no se desechó, al contrario, se mantuvo presente como recurso de diseño paralelo al concepto primario con un vínculo directo al concepto de su predecesor.

La evolución del concepto de diseño Stealth se podría considerar una involución del mismo, ya que la morfología por la cual se optó para solucionar el cuerpo central de la carrocería como elemento primario de la misma se inspiró en el diseño

de la góndola central del Lockheed P-38 Lightning, avión caza que prestó servicio durante la 2da Guerra Mundial diseñado por el equipo original de Skunk Works que posteriormente crearía los Aviones Negros. La inspiración provista por este avión icónico también resultó ser un recurso de diseño con trascendencia en el diseño automotriz, ejemplificado en el diseño de los Studebaker de principios de los 50's creados por Raymond Loewy y en las coletas traseras de los Cadillac de finales de los 40's de Harley Earl.

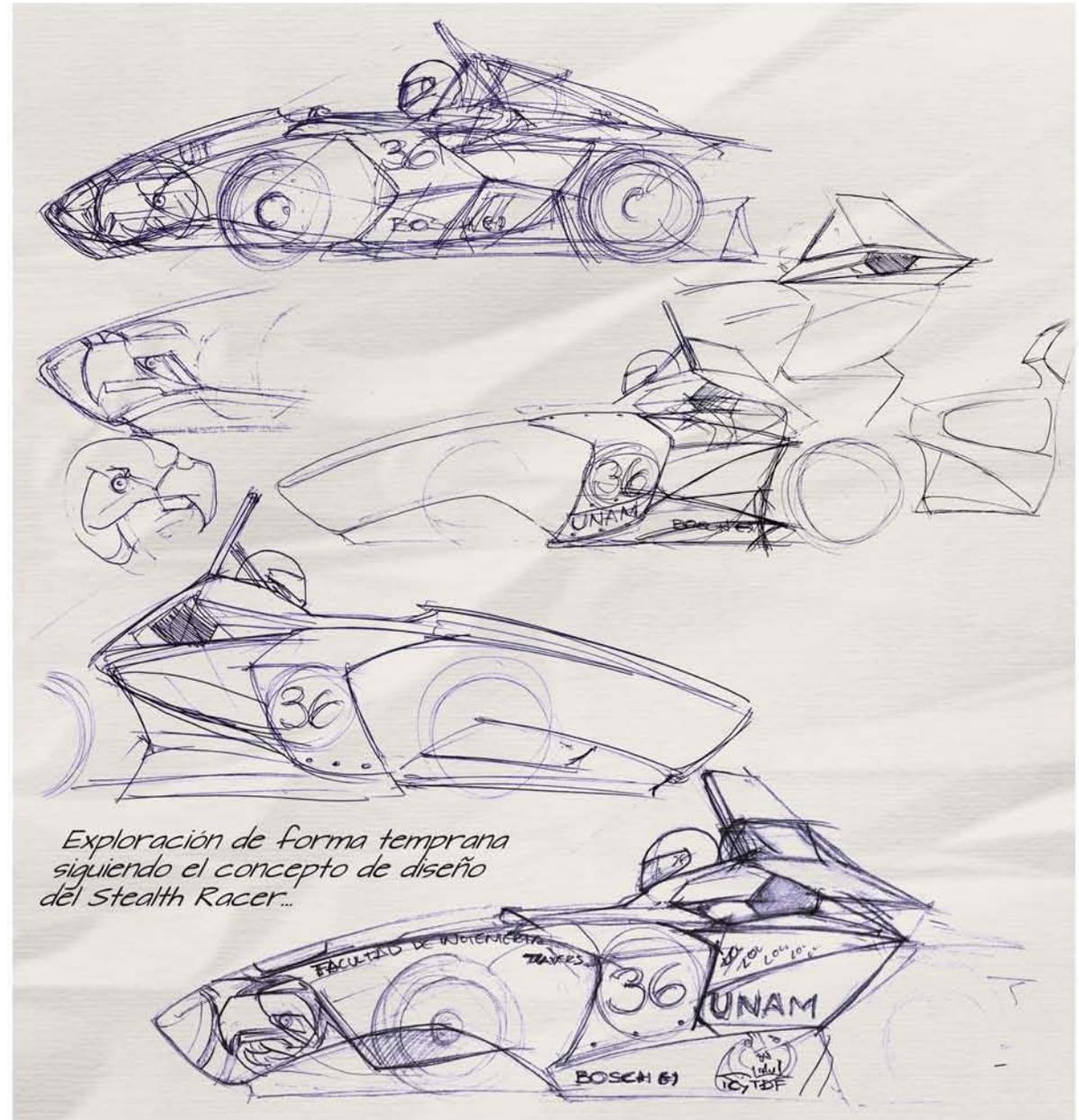
El concepto de diseño completo del Puma FR.011 se puede traducir como el complemento de una forma natural de estética puramente funcional inspirada en el tiburón blanco, y en una forma funcional de proporciones y estética únicas inspiradas en el Lockheed P-38, relacionado a este último de forma directa con el concepto de diseño de su predecesor, el Puma FR.010 Stealth Racer.



6.3 Proceso de diseño

A diferencia de su predecesor, la carrocería del Puma FR.011 se diseñó no como un ejercicio de diseño planteado para resolver las necesidades y demandas del mercado teórico que plantea Fórmula SAE, sino como una propuesta de diseño planteada en exclusivo para atender las necesidades reales del proyecto como una envolvente funcional del chasis con su valor estético como extra y no como prioridad. Este cambio en los parámetros rectores del diseño fue el resultado de la experiencia directa en competencia en 2010, donde quedó muy en claro que el buscar una propuesta de diseño extravagante resultaba muy complicada debido a una serie de inconvenientes relacionados con la realidad del proyecto, específicamente con su presupuesto y con los tiempos de desarrollo, requiriendo una propuesta más austera y práctica. El proceso de manufactura quedó como un parámetro condicionante y como meta de diseño, estipulando al inicio de la temporada 2011 la producción del prototipo final en materiales plásticos, teniendo como elección el usar plásticos con refuerzo ó laminados termoformados, a razón de corregir el cambio a último momento en la propuesta de diseño de la carrocería durante su manufactura por la elección de materiales en la temporada 2010; este parámetro productivo ocasionó que todas las formas propuestas desde un comienzo evidenciaran la factibilidad para ser producidas de manera relativamente sencilla usando estos materiales, descartando así los planos facetados y geometrías triangulares a favor de una morfología orgánica de superficies continuas.

Sin embargo, las primeras propuestas de diseño aun buscaban el seguir con la tendencia estética de la carrocería anterior, pero esta vez tratando de explotar aun mas los rasgos característicos de la morfología Stealth, generando un proceso de exploración de forma a nivel bocetos que no dio los resultados esperados debido a las proporciones del chasis y a la complejidad de las formas que se estaban proponiendo cuestionando su practicidad funcional. Pasando





Capítulo 6

La Evolución: Puma FR.011 Warbird

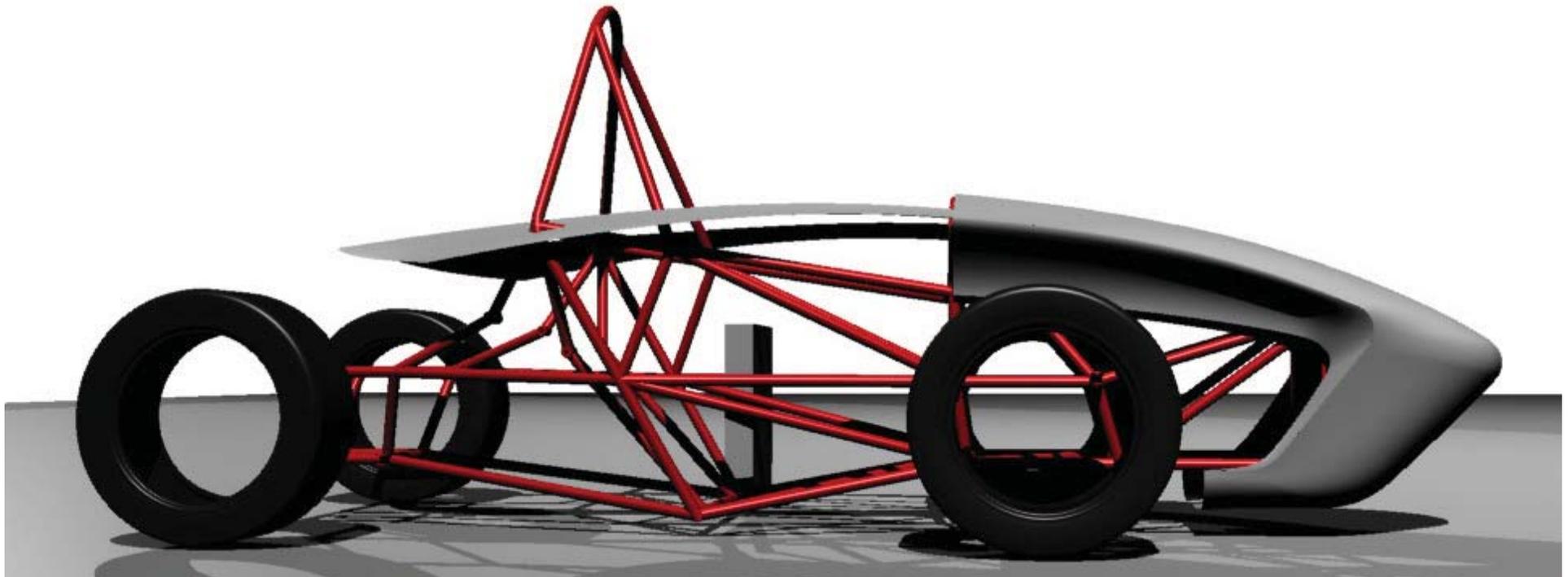
Abajo. Primera propuesta de superficies sobre el chasis.

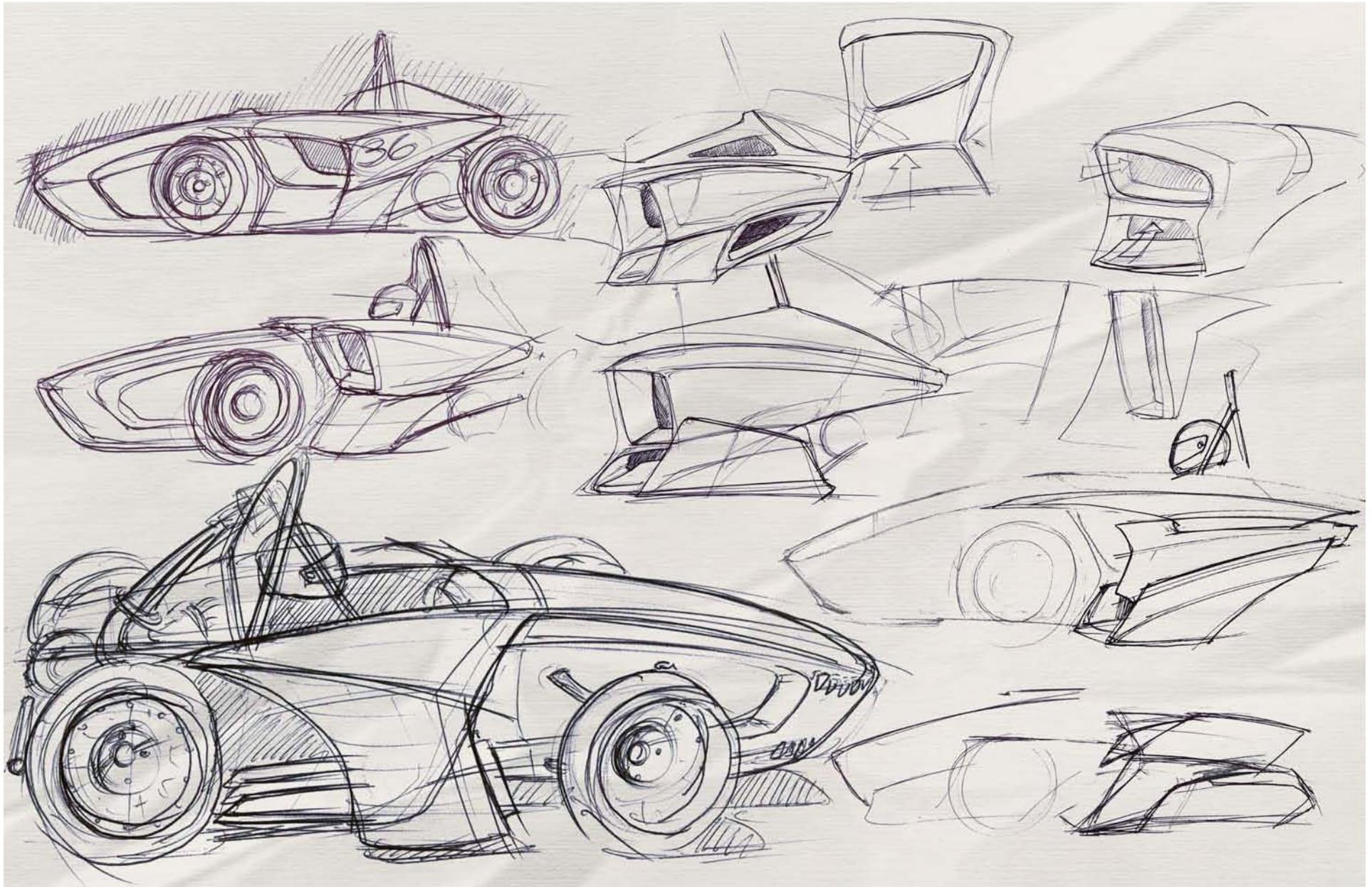
de esta frustración se buscó un camino totalmente distinto al tomado con el Stealth Racer, comenzando con la exploración de forma primaria en el CAD para poder trabajar con superficies directamente sobre el chasis tridimensional, el cual presentaba un reto considerable para generarle una envolvente fluida de punta a punta debido a su geometría tubular.

Durante este proceso de experimentación de forma en el modelado virtual fue que nació el concepto de diseño inspirado en el tiburón blanco debido a su forma hidrodinámica en armonía con una imagen agresiva y a la vez agraciada, haciendo que las primeras superficies que comenzaron a surgir evocaran esta forma robusta ligeramente afilada; el concepto de diseño y manejo de superficies se beneficiaron con la forma de la barra antivuelco, que en conjunto con el cuerpo central de la carrocería hacia una referencia visual a

la aleta dorsal del tiburón, por lo que el concepto se siguió trabajando adquiriendo fuerza en el proceso. Al obtener un juego de superficies primitivas sobre el chasis de características satisfactorias, el proceso de diseño de la carrocería se centro en resolverla por volúmenes independientes interconectados: el cuerpo central de la nariz y cabina, los sidepods, y la cubierta trasera.

Después de la primera propuesta exitosa que resolvía satisfactoriamente la función de envolvente del frente del chasis, poseyendo además una forma bien resuelta con características visuales de acuerdo al concepto de diseño, comenzó el proceso de experimentación formal para resolver a detalle la carrocería con la primera propuesta de superficies correspondientes a los sidepods. Al pasar con la integración entre sidepod y nariz con una superficie continua se inició una







Capítulo 6

La Evolución: Puma FR.011 Warbird

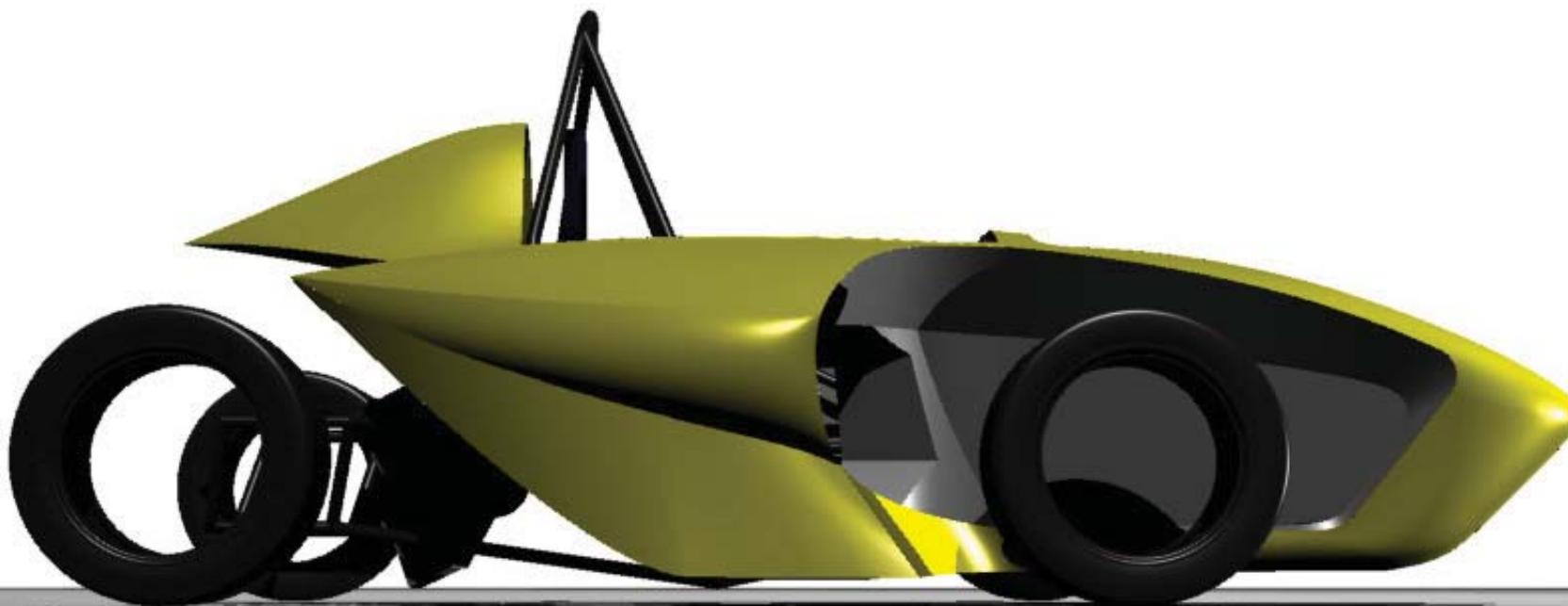
Abajo. Vista lateral de la 2da etapa de evolución con la propuesta completa de sidepods.

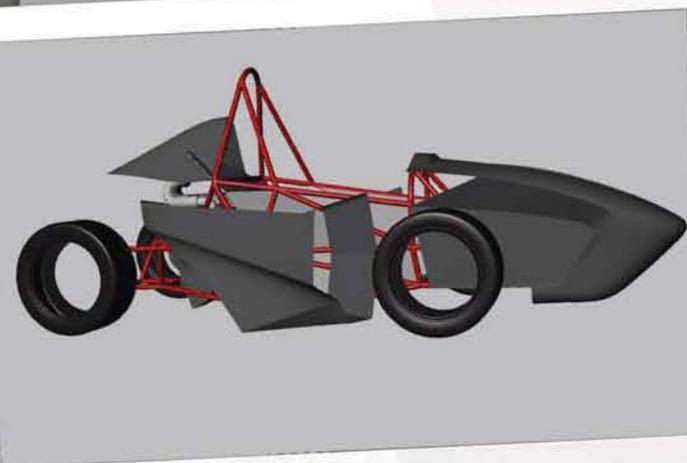
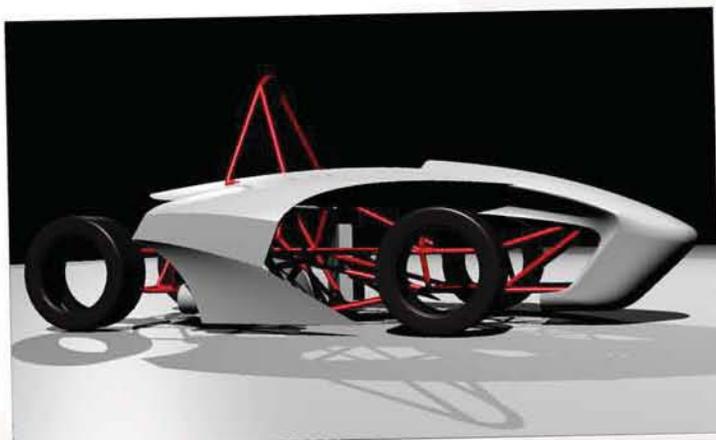
evolución de 6 etapas hasta conseguir una forma final satisfactoria que resolvía de manera sencilla e integral la función completa de la carrocería.

La segunda etapa de evolución se caracterizó por la intención de resolver los volúmenes como paneles termoformados, dotándolos de cambios de sección en bajo relieve para incrementarles su integridad estructural y como remate visual parte de la exploración de forma conceptual. El cuerpo central de la carrocería en esta etapa resolvía el paso sobre la barra antivuelco frontal al bulkhead con una superficie sin cambio de sección, la cual se ensanchaba demasiado en la parte frontal de la nariz respecto al chasis siguiendo una línea desde la barra antivuelco principal hasta la punta delantera. Para reducir el volumen lateral se propuso que las paredes de la nariz estuvieran en bajo relieve para acercarlas

al chasis; esta superficie mostró ser un recurso muy noble para integrar la superficie superior con los sidepods de manera fluida sin cambios de sección abruptos. Sin embargo, la volumetría de los sidepods comenzó a mostrar dificultades para mantener secciones uniformes de acuerdo con las superficies de la nariz, generando con ello volúmenes que rompían con la intención conceptual y con la continuidad de superficies atentando en contra del proceso de manufactura.

Ya que comenzaron a presentarse muchos problemas con las propuestas hechas en el modelado virtual, el proceso de experimentación de formas se retroalimentó con bocetos configurativos siguiendo los volúmenes centrales de la carrocería, buscando diversas soluciones en la composición de los sidepods y detalles funcionales-estéticos. Las propuestas que se aterrizaron en CAD en lugar de mostrar avances

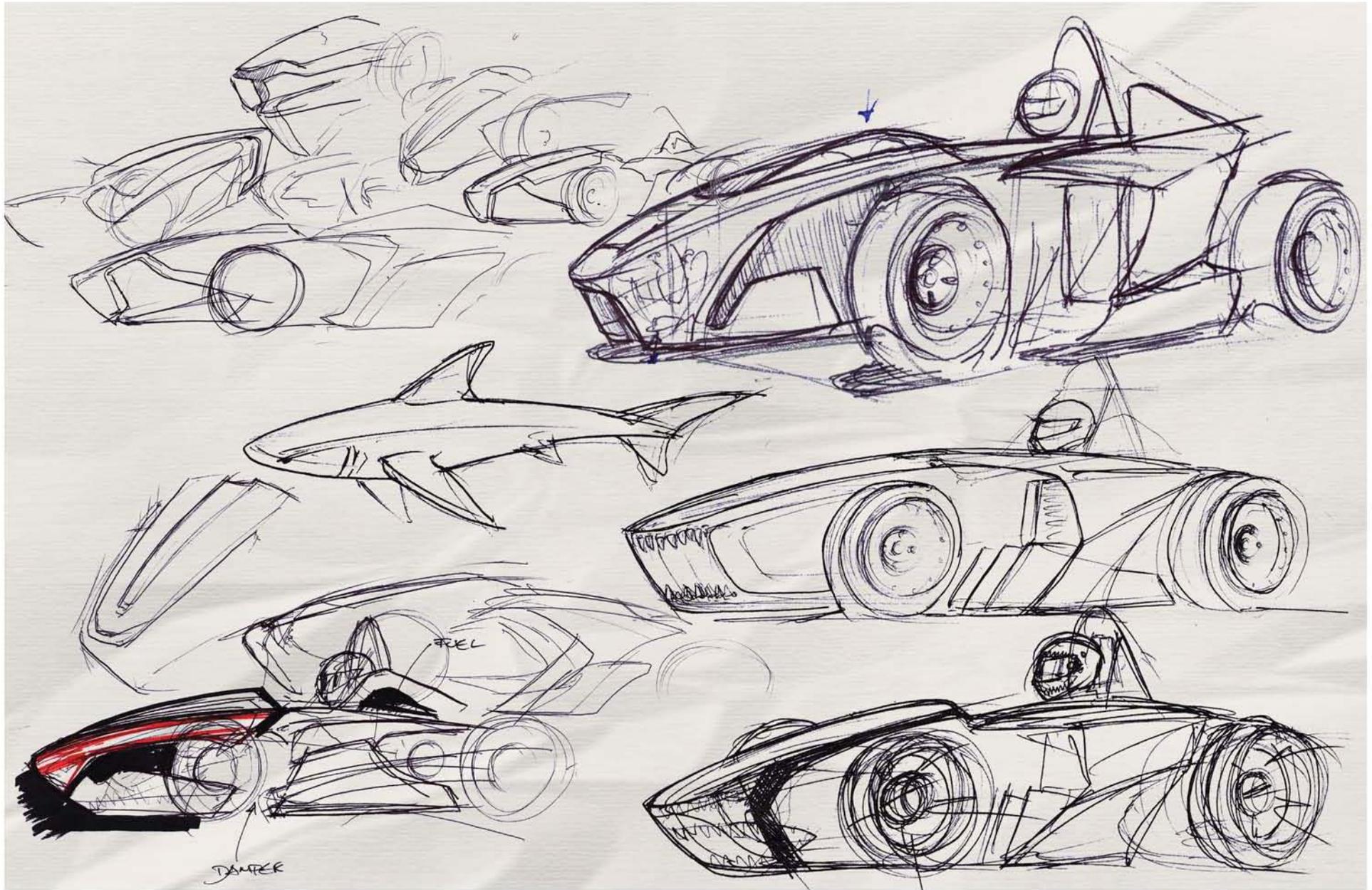


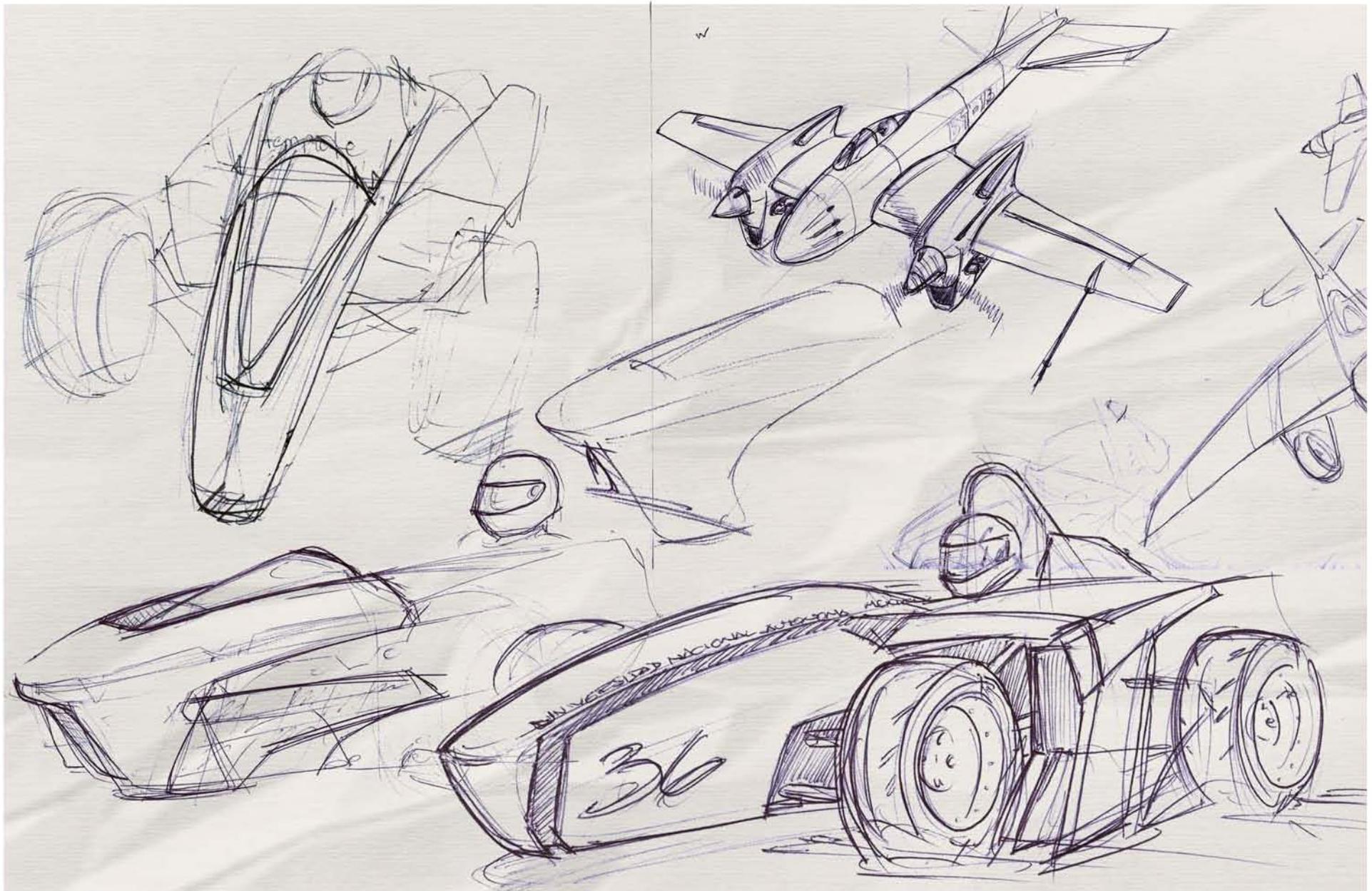


Primeras propuestas configurativas trabajadas directamente en el CAD...



Capítulo 6
La Evolución: Puma FR.011 Warbird







Capítulo 6

La Evolución: Puma FR.011 Warbird

Abajo. Vista delantera 3/4 de la 4ta etapa de evolución.

positivos en la armonía de superficies, comenzaron a hacer una composición de volúmenes eclécticos cada vez más lejanos del concepto de diseño y a desproporcionar el diseño en general hasta un punto muerto con ideas viciadas donde lo mejor era reconfigurar todas las superficies para hallar nuevas soluciones.

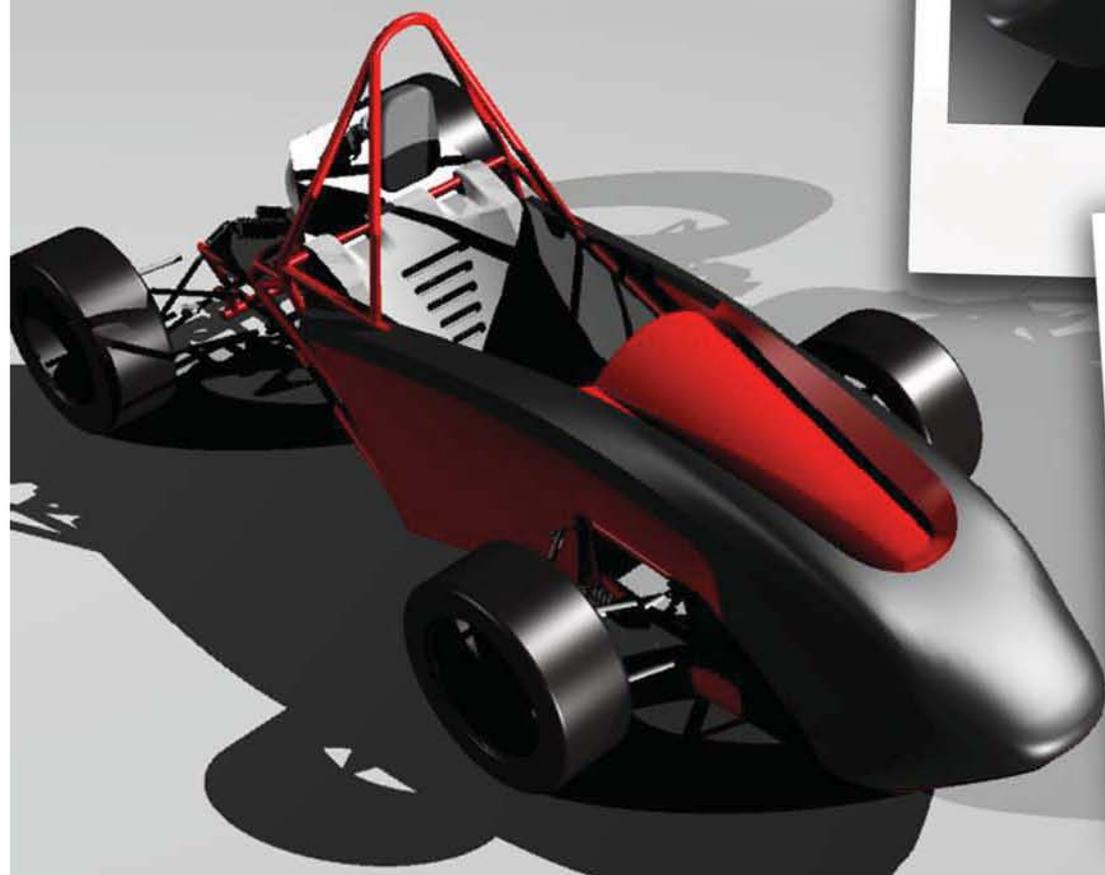
Optando por refrescar las ideas después de la tercera etapa de evolución, comenzó un proceso intensivo de bocetaje para generar variantes de forma y proporción entre volúmenes. En esta etapa de exploración de forma surgió la idea de generar una especie de exoesqueleto con paneles independientes para formar la carrocería, tomando como inspiración al FSAE del Politécnico de Turín. Esta idea en teoría podría haber facilitado la manufactura de la carrocería, sin embargo el diseño y proporciones del chasis con el cual se

contaba inhabilitaba cualquier propuesta de esta naturaleza, regresando de nuevo al punto de partida de una envolvente superficial. Mientras se intentaba encontrar una composición de paneles para generar el exoesqueleto se halló una nueva propuesta de superficies en bajo relieve interceptadas a las superficies primarias con cambio de sección; teniendo un atractivo considerable se procedió a la interpretación en CAD de esta nueva propuesta, generando un volumen central único compuesto por varias superficies desde la punta de la nariz hasta la barra antivuelco. Durante la configuración de este elemento central fue que se incorporó el concepto de diseño inspirado por lo cazas de la Segunda Guerra Mundial, en específico por el P-38.

Los problemas regresaron con la nueva propuesta de sidepods, los cuales no se integraban idóneamente a la morfolo-



Evolución de formas: de lo orgánico a los planos facetados...





Capítulo 6

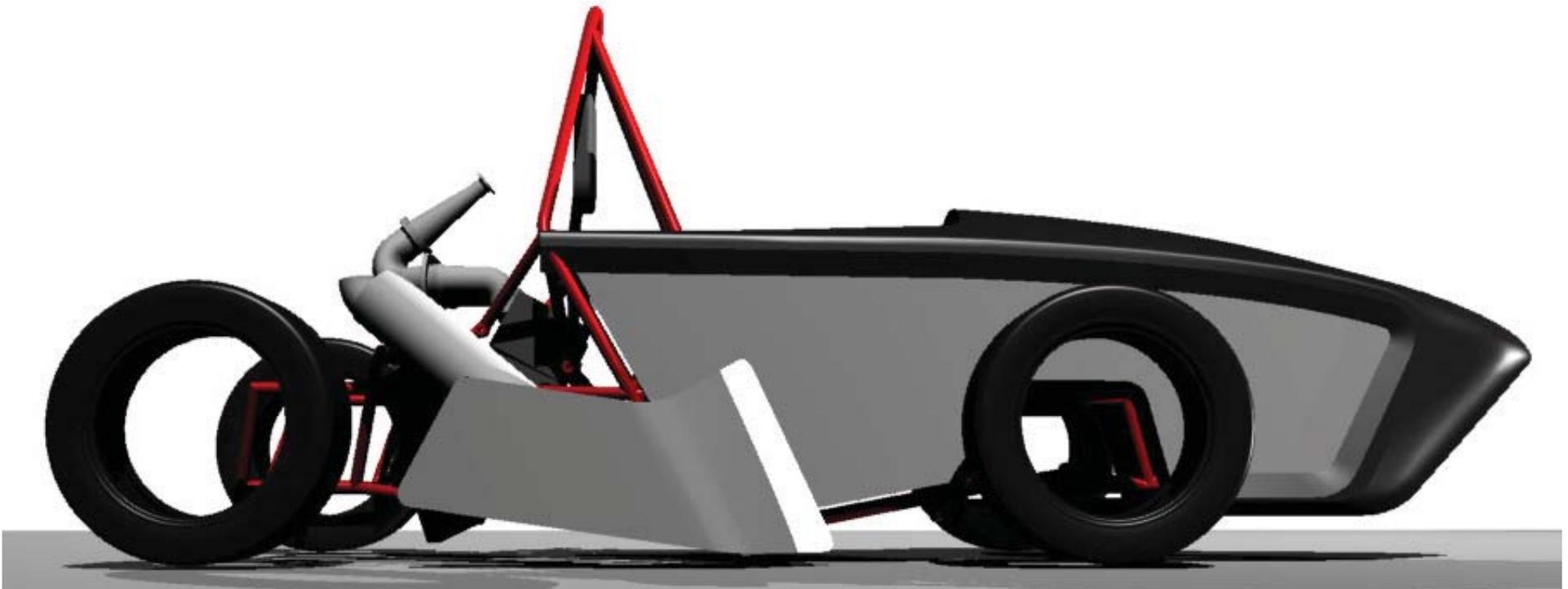
La Evolución: Puma FR.011 Warbird

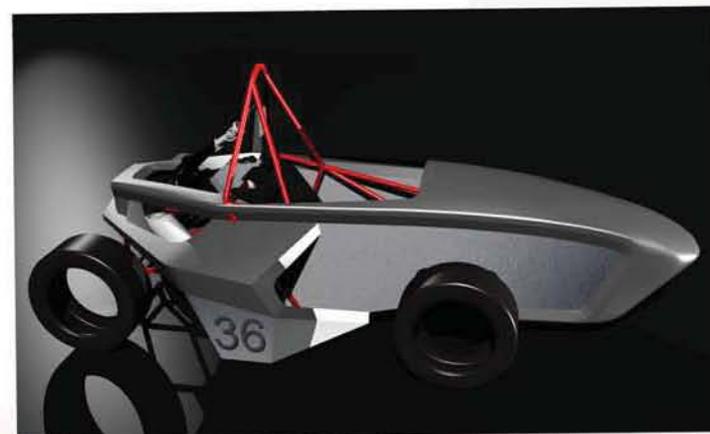
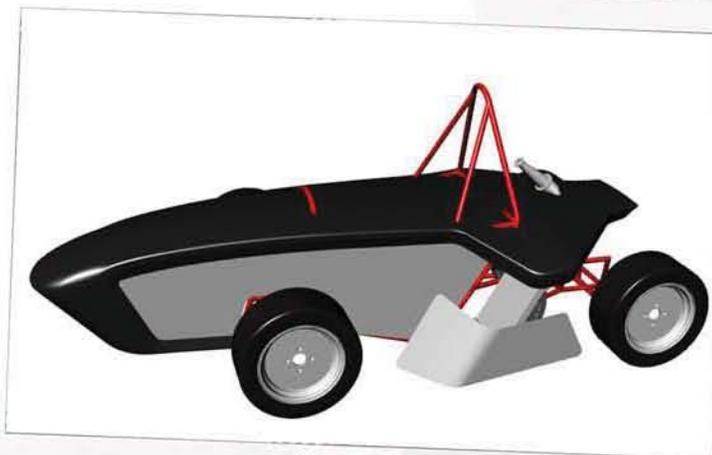
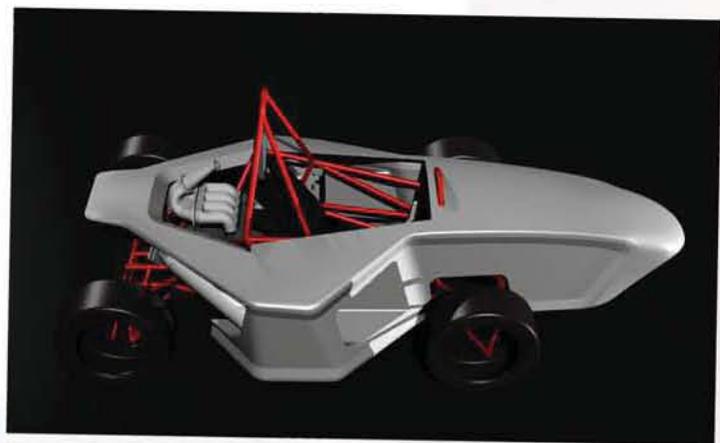
Abajo. Vista lateral del cuerpo central de la carrocería con su forma final. En esta etapa de evolución aun se consideraban los laterales en aluminio, así como la incorporación de las tolvas de lámina en lugar de los sidepods completos.

gía del cuerpo central de la carrocería, por lo que de nueva cuenta se volvió a reconfigurar la volumetría general, cambiando por completo el manejo de superficies orgánicas por superficies planas intentando evocar las proporciones y cambios de secciones de la nariz del Stealth Racer, respetando únicamente la idea de superficies interceptadas en bajo relieve de la evolución anterior; el resultado final de esta propuesta fue en demasía insatisfactorio, eliminando todo avance para regresar a la morfología de la primer etapa.

Este cambio radical en la evolución de forma mostró haber sido una buena decisión por la rápida consecución de formas positivas, retomando lo mejor de las primeras propuestas en combinación con los cambios significativos de proporción de las etapas consecuentes mejorando considerablemente el manejo de superficies para hacerlas más uni-

formes e integradas unificando los volúmenes entre sí. Por primera vez los sidepods se integraban a la nariz tanto en la superficie superior y como en la lateral, siguiendo en ambos casos un cambio de sección constante para formando superficies limpias y fluidas del frente hacia atrás. De igual manera se integró en la composición general la cubierta del motor, haciéndola parte de la superficie superior de la carrocería como extensión y remate de los sidepods; a diferencia de las propuestas evolutivas anteriores y de la propuesta final del Stealth Racer, la cubierta del motor no generaba una envolvente completa siguiendo la línea de la barra antivuelco ya que el múltiple de admisión se consideró un baluarte del diseño general del auto a ser presumido, dejándolo descubierto y enmarcándolo dentro de una apertura de la cubierta trasera de la carrocería con el mismo manejo de cambios de superficies en bajo relieve.





Evolución en la configuración de los sidepods pasando de las superficies unificadas a varios elementos independientes...



Esta última propuesta continuó su evolución hasta llegar a un punto anterior a los detalles finales previos a su evaluación y plan de manufactura para recibir retroalimentación y el visto bueno de todos los miembros del equipo, quienes mostraron su agrado por la forma lograda mas sin embargo no por la solución de los sidepods, considerándolos muy voluminosos atentando contra el libre ingreso y egreso de los pilotos en condiciones de competencia. Ya que la funcionalidad de la carrocería se marcó como prioridad, comenzó así un proceso de experimentación de forma para la configuración final de los sidepods, donde una de las modificaciones principales fue el proyectar hacia atrás su volumen completo reduciendo con ello la proporción entre nariz y sidepods.

Al proyectar hacia atrás la superficie superior del sidepod se creaba un problema con el empaquetamiento del radiador, ya este también se tenía que mover hacia atrás dificultando su montaje al chasis. Otro problema que surgió con el cambio de proporciones y de ubicación de los elementos laterales de la carrocería radicó en la pérdida de una superficie de área considerable que garantizara su autoestructuración, por lo que una primera instancia se solucionó integrando un elemento flotante en la parte inferior del sidepod a construirse en lámina de aluminio que funcionara como tolva del radiador protegiéndolo de las salpicaduras de la llanta. Esta tolva generaba una composición muy interesante entre elementos, por lo que se decidió que la pared lateral de la nariz también se hiciera con lámina de aluminio en beneficio de ahorrar horas de trabajo en la manufactura de la matriz de los moldes con la reducción de un plano de área considerable.

Otro problema que surgió con la reconfiguración de los sidepods fue la estructuración de la cubierta del motor, la cual estaba diseñada para integrarse con los laterales de los sidepods haciendo una sola pieza. Al omitir las paredes laterales de los sidepods la cubierta del motor carecía de apoyo, por lo que se planteó por primera el no contar con sidepods ni cubierta trasera, independizando así al cuerpo central de la carrocería; partiendo de este planteamiento realista fue que





Capítulo 6

La Evolución: Puma FR.011 Warbird

Abajo. Render conceptual de la propuesta de color y gráficos inspirados en el Lotus 49.

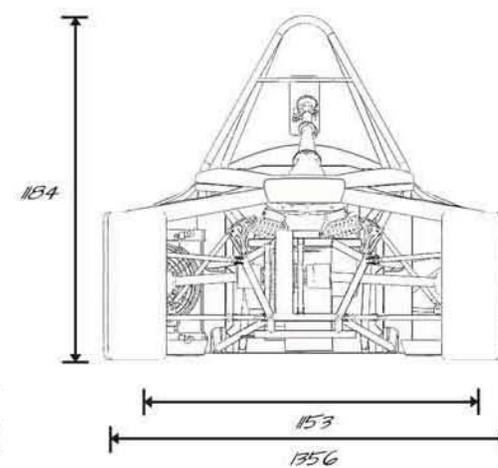
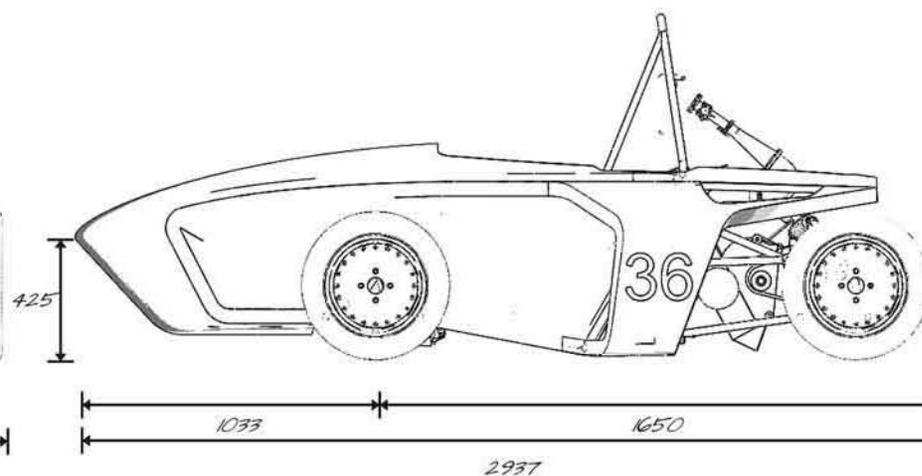
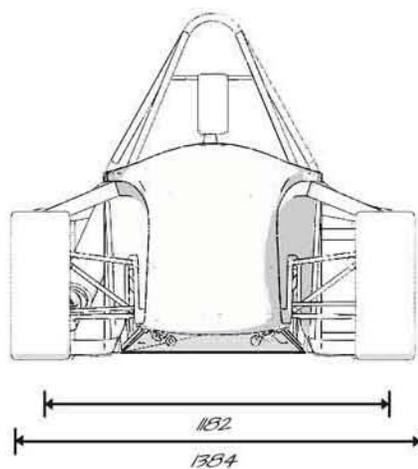
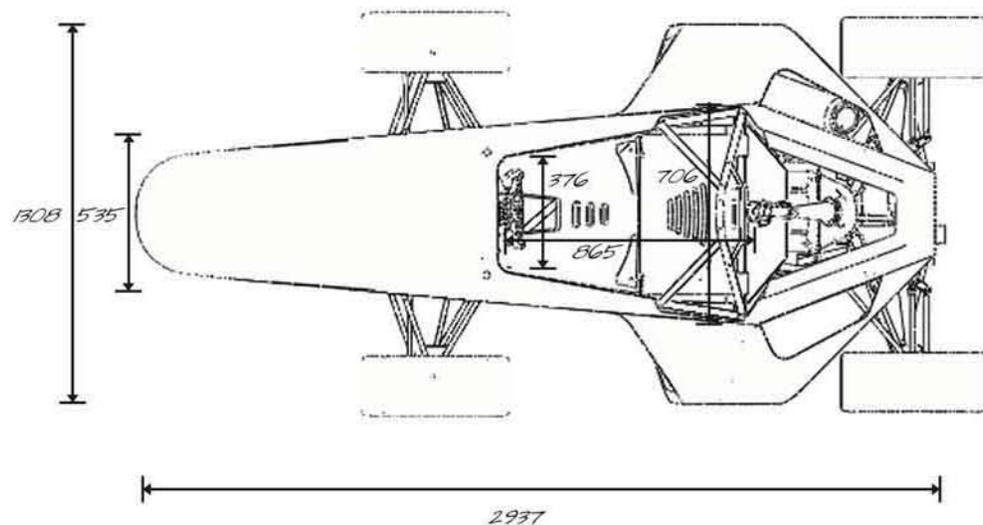
se diseñó la forma final de la nariz como un elemento único desde la punta del carro hasta la firewall, cumpliendo a pie de letra con el reglamento.

El trabajo configurativo de los sidepods y cubierta del motor que siguió después de este punto crítico en el diseño de la carrocería contempló a estos elementos como adición al cuerpo central y no como partes integrales, generando una evolución de propuestas con distintas configuraciones basadas en el uso de materiales y empaquetamiento del sistema de refrigeración hasta llegar a una propuesta definitiva, la cual de nueva cuenta presentaba la necesidad de integrarse

al cuerpo central para estructurarse, por lo que se eliminó la propuesta de crear la pared lateral de la nariz con aluminio, pasando a ser todo de plástico reforzado, integrando la superficie frontal de los sidepods a las superficies laterales de la nariz sin afectar la forma de esta última. Ya con una forma final completa se solucionaron los detalles funcionales, generando un par de aperturas en la parte superior de los sidepods para tener acceso al tanque de combustible del lado derecho, y para permitir el escape de gases del silenciador del lado izquierdo, procediendo finalmente con la planificación de manufactura.



Puma FR.011 Warbird Alfa
Cotas: mm



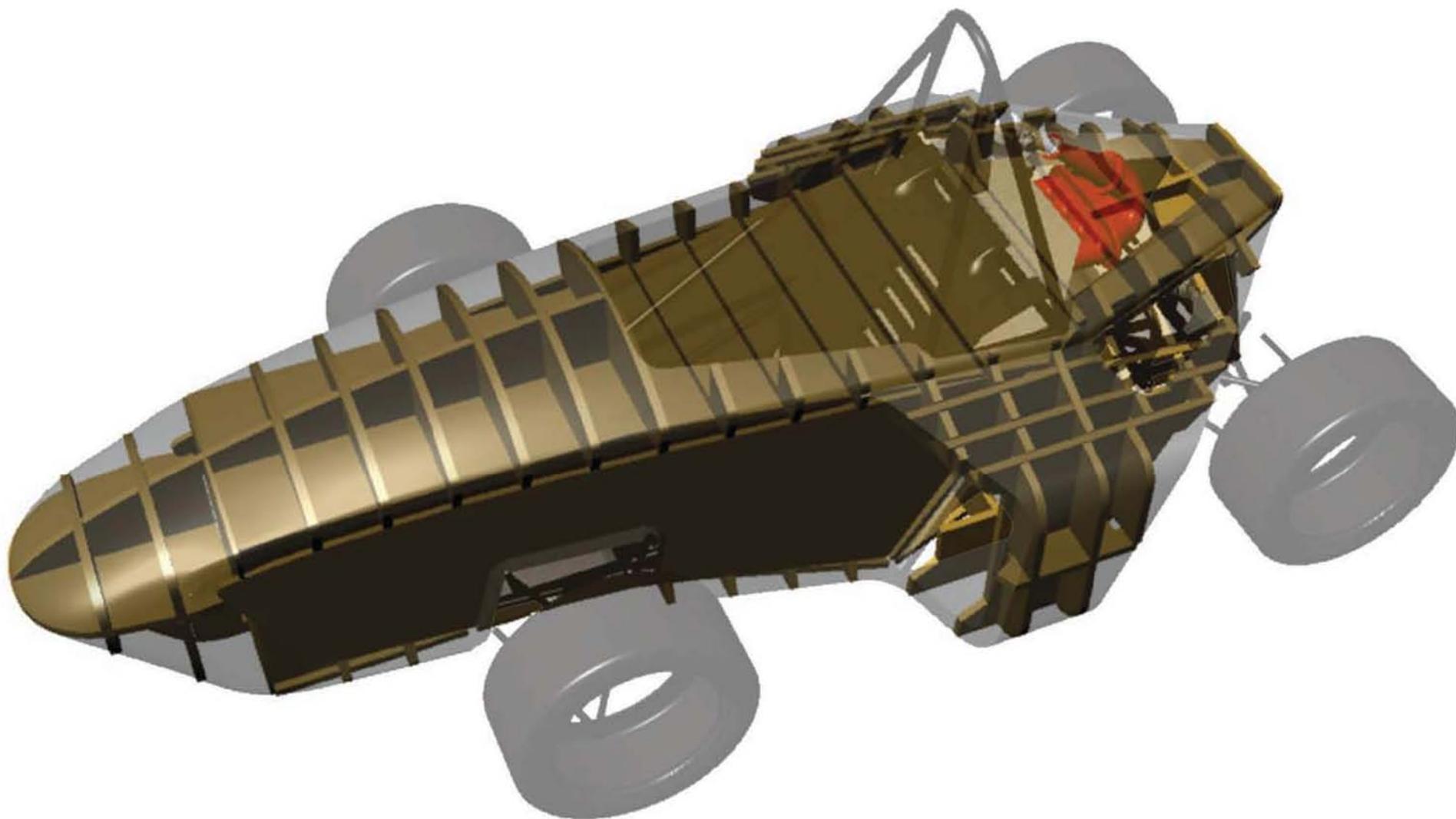


Arriba. Estereotomía armada lista para el proceso de relleno de espacios entre secciones.

6.4 Proceso de manufactura

Al obtener la configuración final de la carrocería, resuelta óptimamente en torno al empaquetamiento de ingeniería como una envolvente funcional y sobria con atributos estéticos derivados de su función, se planificó su manufactura siguiendo la metodología empleada en su antecesor mediante una estereotomía que sirviera de base para generar una matriz detallada para así obtener la fidelidad buscada en la forma del prototipo final de acuerdo al diseño en CAD.

La estereotomía propuesta fue el resultado del aprendizaje obtenido con el Stealth Racer en sus dos etapas de manufactura, donde se planteó por primera vez el realizar una estructura base construida con paneles de MDF para facilitar la manufactura de los moldes y a la vez de las piezas finales, resolviendo posteriormente con mayor detalle la composición de esta estructura haciendo hincapié en los cambios de sección y en los puntos de control en interacción con el chasis y con la ingeniería subyacente. El diseño de la estereotomía





Capítulo 6

La Evolución: Puma FR.011 Warbird



se planteó entonces como un diseño independiente, resuelto para generar un seccionamiento preciso de las superficies de la carrocería y de los detalles de empaquetamiento, generando ensambles precisos entre piezas dependiendo de su ubicación y características específicas, gracias al uso de tecnología CNC para su corte y al haber sido diseñada como un mueble para asegurar su integridad y fuerza estructural.

El primer paso dentro del diseño de la estereotomía fue el crear una estructura que permitiera delimitar la envolvente del chasis para asegurar el correcto despliegue de superficies sobre el auto, ya que de nueva cuenta no se podría tener acceso a él sino hasta instancias del ensamble final previo a su presentación. A la vez de funcionar como escantillón del chasis tubular, esta estructura sería la base de todas las secciones de madera, asegurando con ello el espaciamiento a detalle según los planos. Otra característica fundamental del escantillón base, fue que se pudo delimitar la posición de la barra antivuelco principal, siendo esta uno de los puntos de control principales para el diseño de la carrocería; se colocó un plano inclinado con las mismas características geométricas de la barra antivuelco del piso del chasis hasta el cambio de sección a la altura del travesaño donde se amarra el arnés de seguridad, posteriormente se dispuso una maqueta de la parte superior de la barra antivuelco, usando uno de los desechos de manufactura del chasis con dimensiones idénticas a las de la barra que estaba soldada a la estructura tubular, agregándole los soportes frontales para hacer una estructura separada a ser unida mediante tornillería a la estructura de madera. El contar con la maqueta de la barra antivuelco con las dimensiones y ubicación exactas a las encontradas en el chasis real, se planteó para generar la envolvente de la apertura del habitáculo de conducción de manera precisa, siendo este un detalle de diseño de la carrocería muy importante por sus características estructurales y morfológicas.

El espaciamiento entre secciones se estipuló cada 10 cm debido a la elección del material relleno, cambiando el uso

de casetones de poliestireno espumado por espuma rosa de polietileno extruido en tableros de 1.22 x 2.44 m y 1" de espesor. Este cambio del material, si bien resultó más caro en comparación del anterior, reducía el proceso extra de sellado debido a que la espuma rosa es inerte a la aplicación de resinas directamente sobre ella, por lo que solo se tuvo que tallar hasta lograr un volumen aproximado entre sección y sección. Cabe destacar que la solución encontrada para seccionar el volumen de los sidepods dependía de la interpretación final apoyándose en el CAD debido a la complejidad de la doble curvatura de la parte superior y frontal de cada sidepod, dependiendo de las superficies primarias de la carrocería: la parte superior de la nariz y el plano lateral.

Con la estereotomía armada comenzó el proceso de llenar los espacios entre secciones acercando los volúmenes obtenidos lo mejor posible a la forma final de la superficie para reducir el material de acabado. Lamentablemente esto no se logró, debido a la participación en la manufactura de la carrocería de personas carentes de las habilidades necesarias, causa de su ansiedad por creer que la cantidad de mano de obra aceleraría el proceso completo de obtener el producto final, resultando en lo contrario, gastando tiempo en corregir errores absurdos al punto de solo tener a 3 personas de tiempo completo con la carrocería. A estas alturas del desarrollo del Puma FR.011 ya se corría en contra del reloj, la manufactura general del auto se había atrasado en demasía por diversos factores, poniendo al equipo en una situación muy similar a la vivida el año anterior.

La manufactura de la carrocería se postergó por más de un mes a causa de la falta de fluidez del capital por demoras en sus trámites de ingreso al proyecto y por haber tenido prioridad el desarrollo de ingeniería acaparando los recursos disponibles en su momento. De manera tentativa se había considerado el disponer de 2 meses y medio para el desarrollo completo de manufactura de la carrocería, sin embargo se contó únicamente con 1 mes para hacer cara a este reto desde ceros, tiempo en el cual se tenía que trabajar a la par

Página anterior. La estereotomía rellena, lista para el proceso de aplicación de resina para dar acabado a las superficies de la matriz.

Página posterior arriba. La matriz sin sidepods previo al detallado de superficies.

Página posterior abajo. Los moldes listos para su separación de la matriz.



Capítulo 6

La Evolución: Puma FR.011 Warbird



en la manufactura del asiento y apoyar al resto de la manufactura y ensamble en lo posible.

El proceso para obtener las superficies de la matriz tardó más de lo esperado, consumiendo mucho material y horas hombre para lograr la uniformidad de las superficies primarias, y de nuevo, el involucramiento de miembros del equipo ajenos a la manufactura de la carrocería entorpecía este delicado proceso. A menos de dos semanas de la presentación del auto, y de su partida a California, se llegó a un punto crítico de evaluación del avance de la manufactura, donde se juzgó la viabilidad de lograr la carrocería como se tenía planeado; de manera realista la esfera alta del equipo, representada por 2 capitanes y el asesor del proyecto, llegó a la conclusión de eliminar los sidepods por demandar mucho tiempo y esfuerzo en sus detalles y por la complejidad de los moldes para lograrlos como una pieza independiente, un lujo de tiempo y mano de obra con el que no se contaba en esas instancias del proyecto, resultando en una decisión muy controversial.

Dejando de lado la opinión general del equipo se procedió a eliminar la estructura de los sidepods y a terminar de detallar las superficies del resto de la carrocería, la cual se había diseñado como un elemento central provisto de volúmenes secundarios, por lo que el terminar solamente con el cuerpo de la nariz no se consideró como fracaso, sino como una abstracción funcional dentro de la propuesta final de la carrocería, evocando a los autos tipo fórmula de la década de los 60's carentes de sidepods y con la planta motriz totalmente descubierta en la parte trasera. Esta evocación de forma y configuración resultó también en inspiración para resolver el cerramiento de la apertura de la suspensión delantera, solucionándola con un plano interno y una tolva para cerrar el espacio entre el chasis y la carrocería, tomando como referencia a la Ferrari 312 de 1967.

Con la matriz terminada a detalle comenzó la elaboración de los moldes, los cuales para obtener a la carrocería en

una sola pieza se dividieron en 2 cavidades principales, seccionando longitudinalmente a la nariz, y en un injerto superior para la apertura del habitáculo de conducción. Los moldes se construyeron usando 3 capas omnidireccionales de fibra de vidrio como refuerzo de la resina poliéster con base de Gel Coat para moldes; las piezas finales se rectificaron antes de separarlas de la matriz, proceso en el cual también se barrenaron y atornillaron para asegurar su ensamble a la hora de producir la pieza final. Una de las bondades de los moldes fue su flexibilidad, producto de la cantidad de capas de refuerzo usadas para su manufactura en pro de un desmolde sin contratiempos de la matriz y de la pieza final. Después del desmolde de la matriz se presentaron los moldes sobre el auto ya ensamblado, al cual se le hacían sus primeras pruebas en los estacionamientos del Anexo de Ingeniería, para asegurar la correcta interacción entre todos los componentes; esto sucedía una noche antes de la presentación oficial y a menos de 48 horas de embarcarse con primer destino a Sonora.

Con poco más de 36 horas comenzó entonces la preparación de los moldes para la fabricación de la pieza final, y por si no bastara con el poco tiempo, el clima comenzó a jugar en contra con la presencia de baja temperatura y lluvia. La capa separadora no secó sino hasta medio día, por lo que la aplicación de las capas de fibra de vidrio tuvo que realizarse a la perfección, pasando de un molde a otro, capa por capa, siguiendo una metodología bien lograda que hizo destacar el trabajo en equipo. Las piezas finales de la carrocería se fabricaron usando una capa base de Gel Coat, y un sándwich de 3 capas de refuerzo de fibra de vidrio: la primera y la tercera usando un tejido bidireccional y la segunda usando un tejido omnidireccional. Al tener las 3 capas listas en las 2 cavidades principales se procedió con el ensamble entre moldes para hacer el capeado de las superficies de unión usando la misma especificación de 3 capas que tuvieron las superficies laterales.

Después de un par de horas se desmoldó con éxito la pie-





Capítulo 6

La Evolución: Puma FR.011 Warbird

Página anterior arriba. Presentación de los moldes sobre el auto ensamblado.

Página anterior abajo. La carrocería se presenta por primera sobre el auto.

Abajo: La carrocería desmontada en el paddock del equipo, FSAE West 2011.

za final, procediendo con su rectificación y detallado, presentándola sobre el auto elevado para planear sus soportes y ensamblar y para marcar cortes sobre las superficies para librar el montaje de la computadora del motor. El proceso apresurado del capeo y la preparación de los moldes resultó en imperfecciones en la superficie de unión causadas por la humedad evaporada de la película separadora, requiriendo del relleno de muchos puntos débiles y cráteres en la super-

ficie superior y frontal, detallando y lijando previo a la pintura, proceso efectuado en la mañana del día de la presentación.

La carrocería terminada se terminó de ensamblar minutos antes de ser trasladado el auto al Estadio Olímpico Universitario, dejando únicamente tiempo para montar los gráficos principales sobre la carrocería, postergando hasta competencia la finalización del montaje de los gráficos completos.



6.5 El prototipo: Warbird

La carrocería, como resultado final de la temporada 2011, se puede considerar como un éxito dentro de las metas de desarrollo estipuladas al principio de temporada. Si bien, el diseño tuvo cambios significativos de forma al quitarle los sidepods durante el proceso de manufactura, la planeación detallada durante el periodo de diseño consideraba a la nariz del auto como un elemento independiente, por lo cual, el diseño como tal no fue afectado sino abstraído y ejecutado de manera más sobria y simple. El poder haber logrado la manufactura final usando plásticos reforzados entra dentro de este éxito, yendo un paso más lejos de lo logrado en el 2010, además de haber reducido en más de un 50% el peso total de la carrocería como subsistema, con un peso final de 6 kg.

Los colores finales del auto se eligieron para generar una continuidad visual respecto a su predecesor, optando por el negro mate como color base en lugar del rojo que se tenía en consideración. Los gráficos pasaron de ser únicamente rojos a una combinación de rojo y dorado, incluyendo a este último por la combinación con el negro de fondo como remembranza de los colores que usaban los Cóndores de la UNAM, equipo deportivo icónico representativo de la Máxima Casa de Estudios.

El auto se bautizó como “Warbird” por la inspiración recibida en su diseño por el Lockheed P-38, además de ser un nombre de origen aeronáutico para emparentarlo con su predecesor el Stealth Racer. Otra aportación en torno a su inspiración aeronáutica fue el colocar de nueva cuenta un gráfico en su nariz, como los usados en los aviones militares, de diseño prehispánico para reflejar el origen del auto y del equipo, esta vez usando una abstracción de la cabeza de Quetzalcoatl en lugar del puma mexicana usado en 2010.

En general, el Puma FR.011 Warbird es el resultado de todo lo aprendido con el Puma FR.010 Stealth Racer, siendo las conclusiones funcionales del proceso en activo de un grupo de estudiantes que se atrevió a iniciar con el proyecto Fór-

mula SAE en la UNAM sin precedente alguno, y con todo en su contra, dejándole a las generaciones futuras que de igual manera se embarquen en este proyecto formativo un legado del cual aprender y del cual basarse para seguir poniendo en alto el nombre de la Universidad como representantes dignos de México.

Abajo: El equipo se prepara para la prueba de Aceleración, FSAE West 2011.

Página posterior: El Puma FR.011 Warbird corriendo en la pista de Endurance, FSAE West 2011.

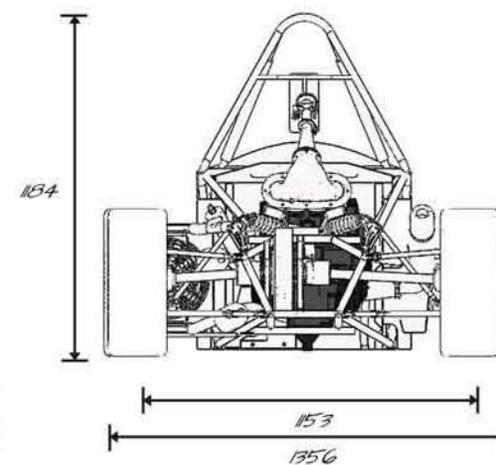
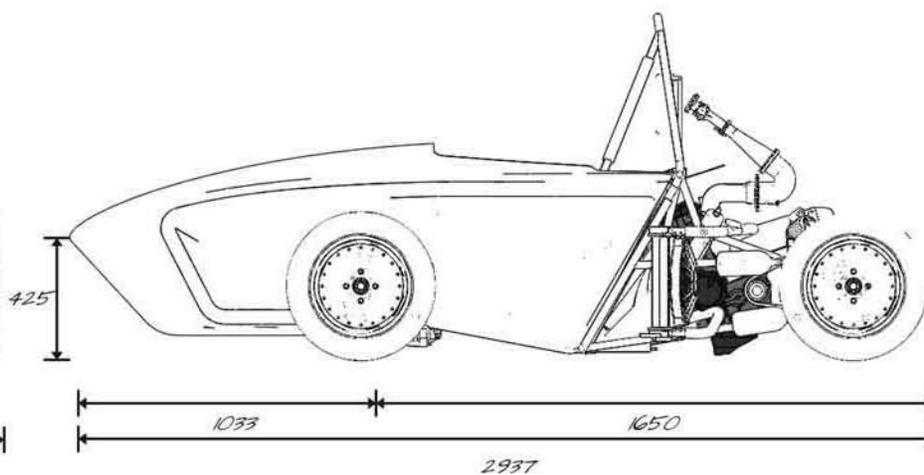
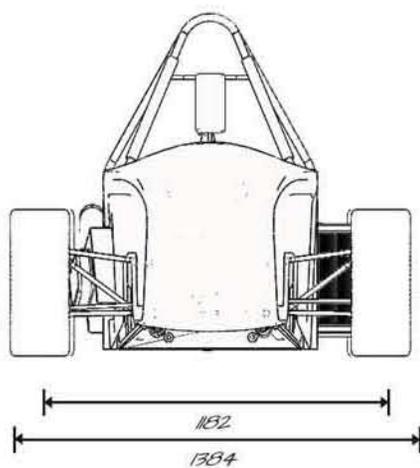
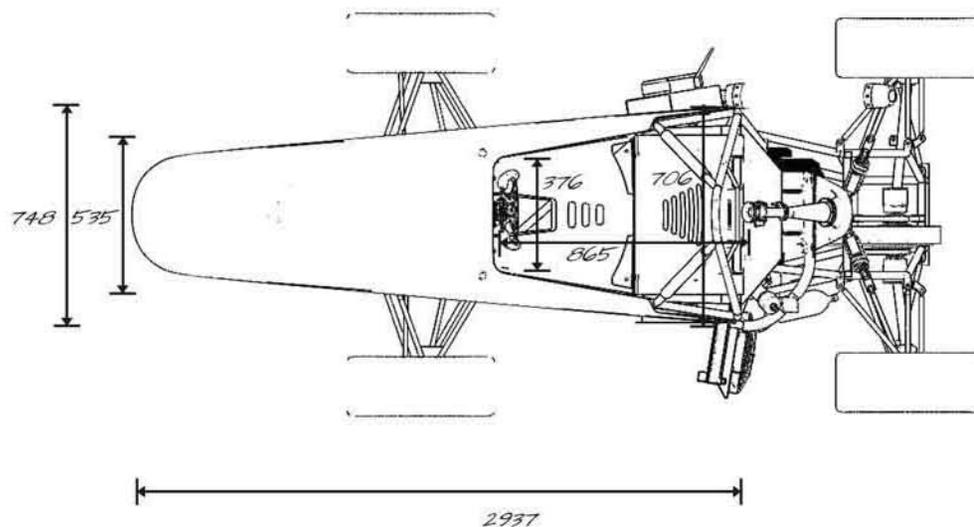




Capítulo 6
La Evolución: Puma FR.011 Warbird



*Puma FR.011 Warbird Beta
Cotas: mm*





Más allá de la Carrocería:
la Versatilidad del Diseñador Industrial



CAPÍTULO

07





Capítulo 7

Más allá de la Carrocería: la Versatilidad del Diseñador Industrial



Página anterior: El Puma FR.010 Stealth Racer estacionado en frente del CIDI-UNAM después de la presentación de resultados efectuada el 31 de agosto de 2010.

Arriba: Detalle del cerramiento inferior del sidepod del Puma FR.010, FSAE West 2010.

7.1 La versatilidad del Diseñador Industrial

A finales de 2008, cuando el proyecto comenzaba a adquirir fuerza con la especialización de áreas de desarrollo para atacar cada detalle del reglamento, el equipo evidenció la necesidad de diversificar aún más el quehacer interdisciplinario al encontrarse con problemas de diseño en donde los aspectos ergonómicos entraban en juego como parámetros rectores de componentes mayúsculos del auto, con lo que se invitó a alumnos de la licenciatura de Diseño Industrial a trabajar dentro del proyecto con la tarea de resolver la posición de conducción, el diseño del asiento, y el diseño de la carrocería.

Se podría decir que el trabajar en la solución de problemas de diseño relacionados con interfaces hombre-máquina ó

con envolventes a modo de carrocería o carcasa forman parte del quehacer cotidiano del Diseñador Industrial, ya que su formación se enfoca en diseñar objetos partiendo de su factores productivos, funcionales, humanos y estéticos. Sin embargo, el potencial creativo que un Diseñador Industrial puede demostrar y aplicar va más allá del diseño y configuración de objetos-producto, ya que durante su formación académica desarrolla y refina habilidades especializadas en la comunicación de ideas de manera gráfica y verbal en pro de exhibir las bondades y ventajas de su producto sobre su competencia. De igual manera, el Diseñador Industrial formado en el CIDI-UNAM cuenta con una formación privilegiada en área de talleres, otorgándole herramientas y habilidades excepcionales para poder llevar cualquier diseño desde una etapa inicial manifestada en una simple idea hasta la etapa final de un prototipo funcional.

Es una realidad que la versatilidad en las habilidades creativas del Diseñador Industrial se manifiesta de manera subjetiva, pero a bien haber del proyecto Fórmula SAE el área de Diseño Industrial, representada por el autor de este documento, contaba con una preparación dotada de todas estas características para el beneficio general del desarrollo del proyecto desde una etapa muy temprana, auxiliando y enriqueciendo al diseño de ingeniería como un factor clave en la consecución de su meta global durante 2 temporadas de competencia internacional.

7.2 Actividades dentro de UNAM Motorsports

En una primera instancia, las actividades encomendadas dentro del equipo UNAM Motorsports a su integrante perteneciente a la licenciatura de Diseño Industrial se enfocaron únicamente al diseño de la carrocería y de las interfaces hombre-máquina, trabajando en el diseño del asiento, de la caja de pedales, en la configuración de la palanca de cambios y en la posición de conducción en conjunto al diseño del chasis. Después de la primera revisión de avances del proyecto, en diciembre de 2008, el equipo separó sus áreas de desarrollo en 3: diseño de ingeniería, administración y manufactura; esta última área de desarrollo se le encomendó al miembro del equipo perteneciente a la licenciatura de Diseño Industrial, siendo que era el único integrante con experiencia real de manufactura.

Posteriormente, junto al avance del proyecto, comenzaría la diversificación de actividades de los miembros del equipo que se mantenían en activo para el verano de 2009. En este momento se le encargó al líder del área de manufactura el desarrollo del primer plan de manufactura para la construcción del chasis del vehículo. Aunado a este encargo, se desarrollaron las primeras propuestas de diseño gráfico y editorial enfocadas en el diseño de presentaciones ejecutivas para abordar patrocinadores, siguiendo la metodología usada en las presentaciones finales de las materias Diseño VII y VIII; también se trabajó en la redacción de cartas y documentos como apoyo directo al área administrativa del

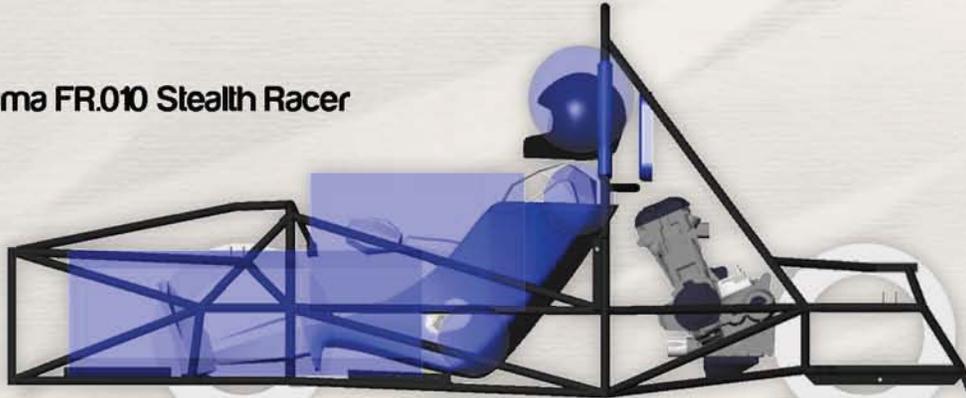
proyecto.

Al concluir la temporada 2010 de competencia, el equipo se reorganizó para prescindir de un único capitán, compartiendo con ello la capitania y liderazgo del proyecto entre las 3 áreas de desarrollo, pasando también a especializar tareas dentro de cada área en pro de incrementar el nivel global del equipo. Durante toda la temporada 2011 también se refinó el quehacer propio del desarrollo de presentaciones y se estandarizó el diseño gráfico y editorial, y se intentó ampliar la nómina del equipo para resolver de manera individual el diseño de las interfaces hombre-máquina, dejando al diseño de la carrocería totalmente independizado para enfocar el tiempo y esfuerzos de su ejecutor.



Abajo: Inspección técnica de los pilotos, FSAE West 2010.

Puma FR.010 Stealth Racer



Puma FR.011 Warbird



	Puma FR.010	Puma FR.011	Auto Deportivo
Asiento - Horizontal	16.34°	14.22°	25°
Respaldo - Asiento	111.2°	110.16°	95°-100°
Rodilla	169°	162°	110°-120°
Hombro	18°	31°	0°-35°
Codo	130°	148°	80°-165°
Tobillo	93.5°	93.5°	90°-100°

7.3 Diseño de IHM

Se dice que un buen auto de carreras se compone básicamente de 4 elementos condicionantes: las llantas, el motor, el diseño del carro y el piloto. La cabina del auto influye en gran medida a dos de estas condicionantes, al piloto y al diseño general del auto, siendo un elemento rector para el diseño del chasis partiendo de la postura de conducción ideal acomodándose a los requerimientos generales del tipo de auto y del tipo de competencia. Un FSAE tiene muchos puntos dentro del reglamento que restringen el diseño de la cabina, considerando principalmente el hecho de que tiene que albergar a un piloto de 1.93 m de altura (percentil 95 masculino), para lo que se presentan una serie de escantillones dentro de la parte técnica del mismo, el primero (conocido como Percy) que considera cabeza(con casco)-hombros-cadera en vista lateral, el segundo que considera la apertura de la cabina con una envolvente básica del cuerpo del piloto en vista superior, y el tercero que considera la envolvente de las piernas del piloto en vista frontal. Otro punto clave en el diseño del habitáculo del conductor son las barras antivuelco y estructuras de impacto laterales, las cuales delimitan la célula de supervivencia en el chasis. Es importante resaltar que las barras antivuelco deben de generar una envolvente que supere por 2" a la cabeza del piloto más alto, medido por Percy. Los sistemas que se consideraron para delimitar la postura de conducción son: dirección (volante, barra y caja de dirección), pedal box (pedal de frenos con cilindros maestros, acelerador y clutch) y el sistema de cambio de velocidades (shifter).

El diseño general del Puma FR.010 en sus dos etapas de desarrollo se realizó en torno a una postura de conducción sumamente confortable, resuelta para alojar a usuarios femeninos percentil 5 y masculinos percentil 95, resultando en tener el asiento fijo sobre el chasis y en la caja de pedales adaptable sobre el piso de la nariz. El diseño su asiento se derivó completamente de la postura de conducción establecida para el diseño y manufactura del chasis. Des-



de un principio se estipuló que el asiento se diseñaría y se construiría para cumplir con las demandas del proyecto, por esta razón jamás se contempló el usar un asiento comercial, más allá de solo referencias para su diseño. Respetando al reglamento se contempló un usuario percentil 95 masculino como parámetro máximo y como mínimo a un percentil 5 femenino, parámetros que sobrepasaron la naturaleza del proyecto resultando fallidos; el desarrollo adecuado tendría que haber sido en específico a partir de la antropometría de los pilotos, para así ser más confortable y seguro para ellos como usuarios en competencia.

La manufactura del asiento se llevó a cabo de manera arte-

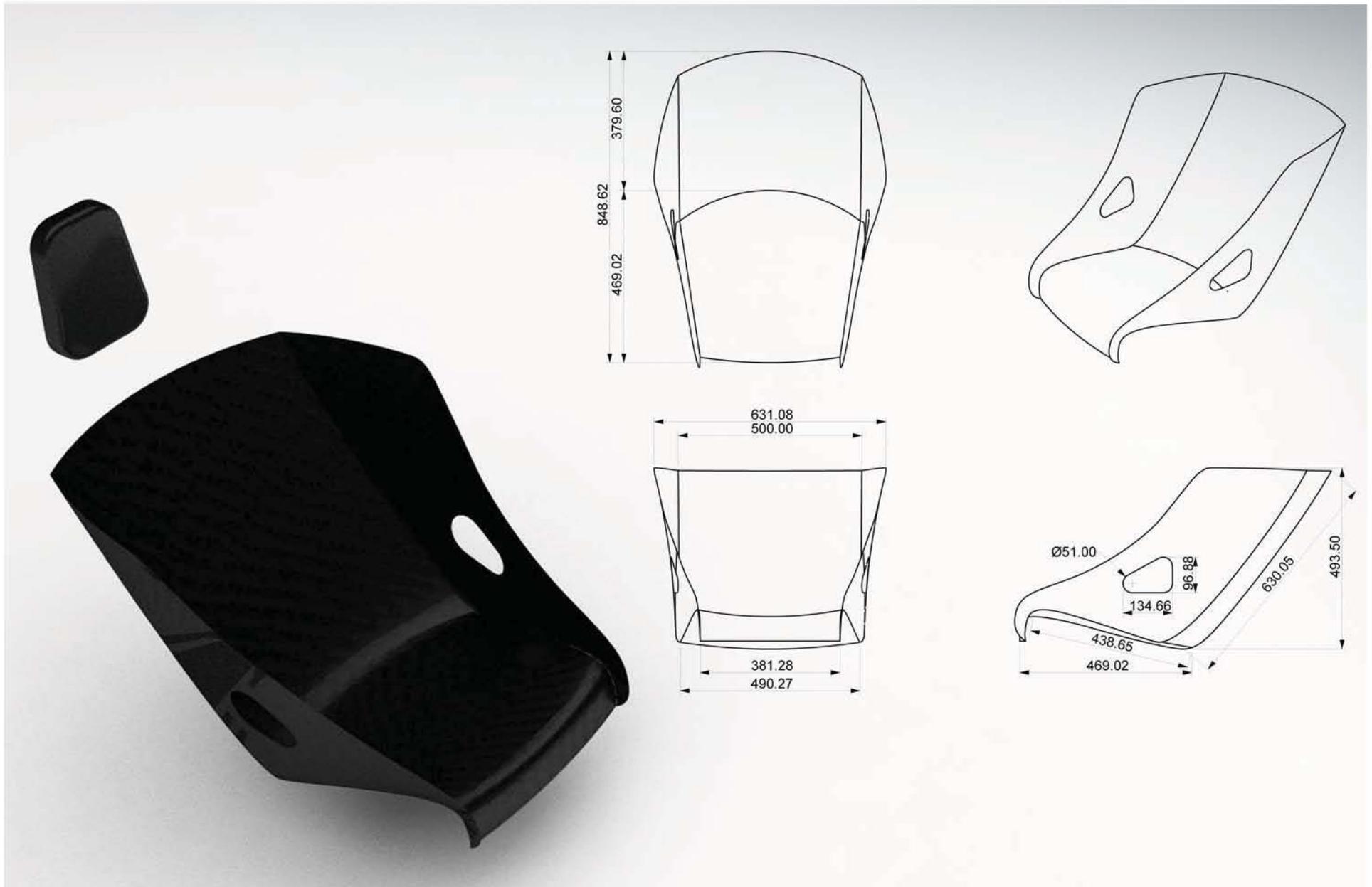
sanal, partiendo de una estereotomía generada en CAD a partir de las secciones más importantes del asiento, estas secciones se cortaron en MDF usando un router CNC, apoyo concedido a manera de patrocinio por Corona Display. Toda la estereotomía se rellenó con espuma de poliestireno, para posteriormente darle acabado superficial con relleno poliéster. En una primera instancia se planteó elaborar un molde negativo a partir de la matriz, el cual por inconvenientes en el curado de la primera capa quedó inservible dañando a la matriz en el proceso, la cual tuvo que ser habilitada nuevamente. La pieza final se construyó con PRFV (Gel Coat - petatillo - refuerzo textil - colchoneta - relleno poliéster) directamente sobre la matriz usándola como molde positivo,

Arriba: El ensamble final del Puma FR.010, Ontario CA.



Capítulo 7

Más allá de la Carrocería: la Versatilidad del Diseñador Industrial







Arriba: Inspección técnica de los pilotos, FSAE West 2011.

Página posterior arriba: Render de la pushbar con escalas humanas.

Página posterior abajo: El equipo lleva al Puma FR.011 hacia la estación de peso empujándolo con la pushbar, FSAE West 2011.

proceso que requirió mayor mano de obra en los acabados, ahorrando de esta manera material y tiempo de manufactura total.

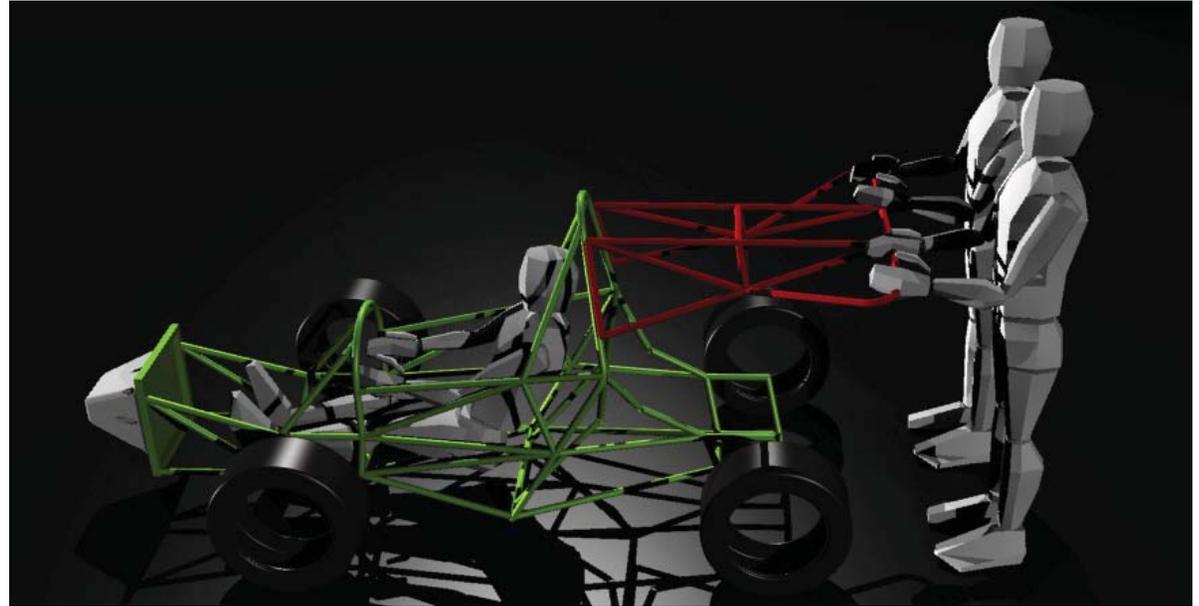
Para la temporada 2011 se reivindicaron las flaquezas del diseño final del asiento del Puma FR.010, partiendo de una postura de conducción nueva en respuesta a los nuevos requerimientos de ingeniería, dándole menos prioridad al confort del piloto en pro de lograr una postura acondicionada pensando únicamente en la función final del vehículo como auto de competencia y no en la función teórica de auto recreativo. Se diseñó el habitáculo de conducción en base a la antropometría de los pilotos y a los escantillones de la nariz

y de la apertura de la cabina, considerando al escantillón del percentil 95 como restricción para la envolvente de seguridad y no como parámetro real de diseño. El asiento del Puma FR.011 se diseñó a la medida de los pilotos, respondiendo a las críticas post-carrera que mostraban deficiente el asiento anterior por ser sumamente grande proveyendo de muy poco soporte lateral en condiciones de competencia.

Debido a que la nariz del auto quedó en una posición muy alta respecto al fondo del área destinada al asiento, se tuvo que incrementar la altura del asiento respecto al chasis para permitirles a los pilotos una visibilidad frontal óptima, lo que afectaba la envolvente de las barras antivuelco respecto a

Percy estando sentado sobre el asiento, por lo que se diseñó el asiento en dos piezas separadas: asiento y respaldo; esta separación de elementos permitió no solo el poder acomodar a Percy durante el escrutinio técnico en competencia, sino también doto de nuevas posibilidades al diseño y configuración del asiento, cambiando por completo al presentado en 2010. El nuevo asiento se diseñó entonces como una extensión de los pilotos, siguiendo una curva ergonómica en el respaldo de acuerdo a la postura de conducción que hacia continuidad de la línea dispuesta por la barra antivuelco y por el firewall. Esta pieza estaría fijada en todo momento al chasis, haciendo al asiento una pieza desmontable con la finalidad de preparar un asiento secundario a ser usado únicamente durante la inspección técnica con Percy como usuario. Otro cambio significativo en el diseño del asiento se produjo en su plan de manufactura, pasando de una estereotomía siguiendo las secciones más importantes del mismo a la producción de la matriz por maquinado CNC, usando las instalaciones de manufactura avanzada del CIDI-UNAM, realizando los acabados de superficie y preparación para moldes mediante un proceso artesanal. Las piezas finales se construyeron usando PRFV con refuerzos a modo de costillas usando tubería embebida entre el capeado omnidireccional de fibra de vidrio.

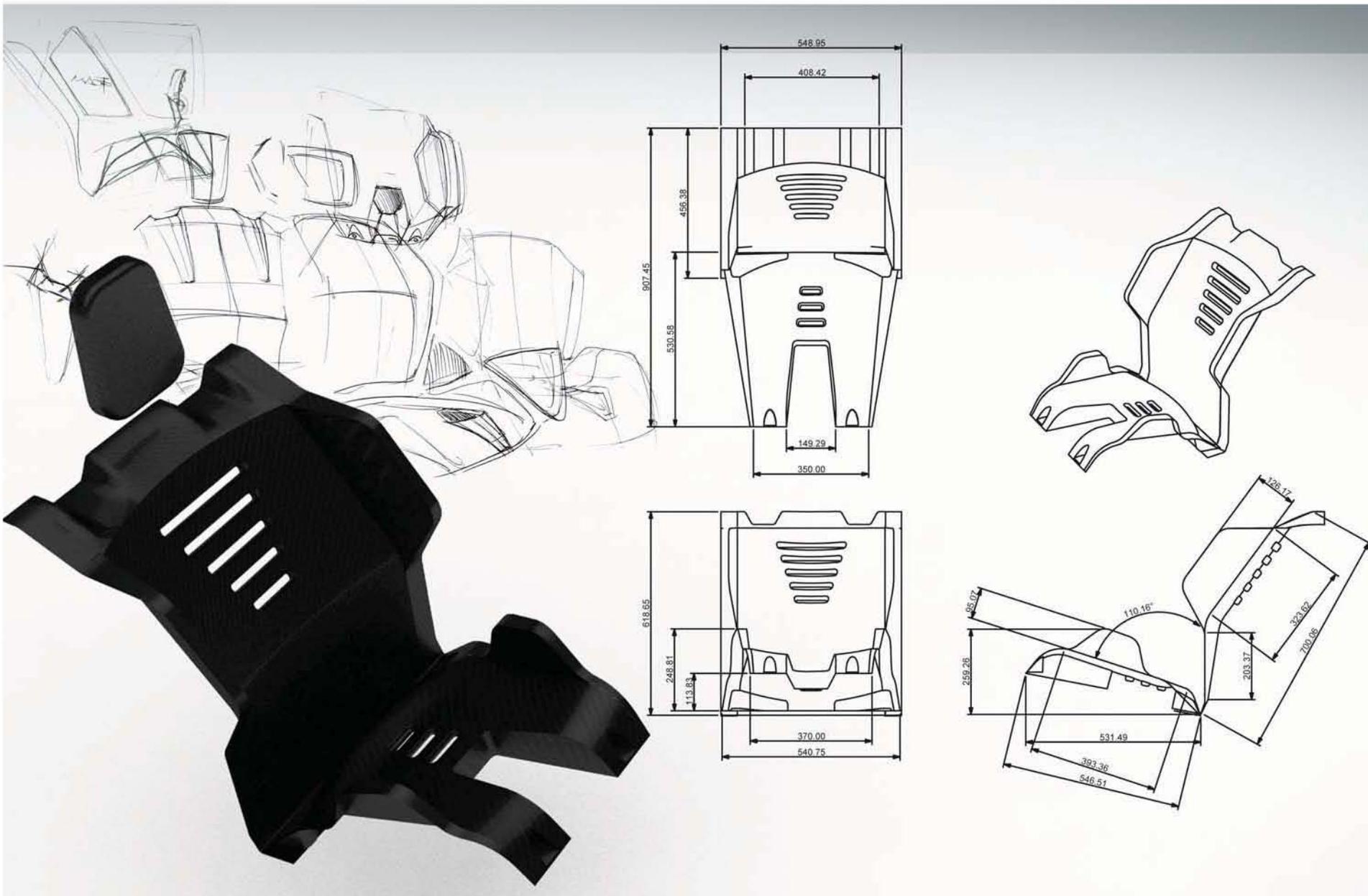
Durante la temporada 2011 se dio un paso adelante en el desarrollo y diseño especializado del vehículo con la inclusión del diseño del volante, dejando de lado la incorporación de uno comercial. Este hecho se realizó como un ejercicio de diseño extra aprovechando un valle de inactividad, siguiendo el ejemplo ofrecido por los equipos de elite dentro del serial de competencia quienes diseñan sus volantes para adaptarse a los requerimientos de diseño específicos de sus autos; el diseño del volante se efectuó también bajo la posibilidad de incorporar un display electrónico de competición que diera lectura de las revoluciones del motor, de la velocidad, entre otros. El diseño se inspiró de lleno en los interiores del Lamborghini Sesto Elemento, siendo el





Capítulo 7

Más allá de la Carrocería: la Versatilidad del Diseñador Industrial







Arriba: El volante terminado listo para ser pintado.

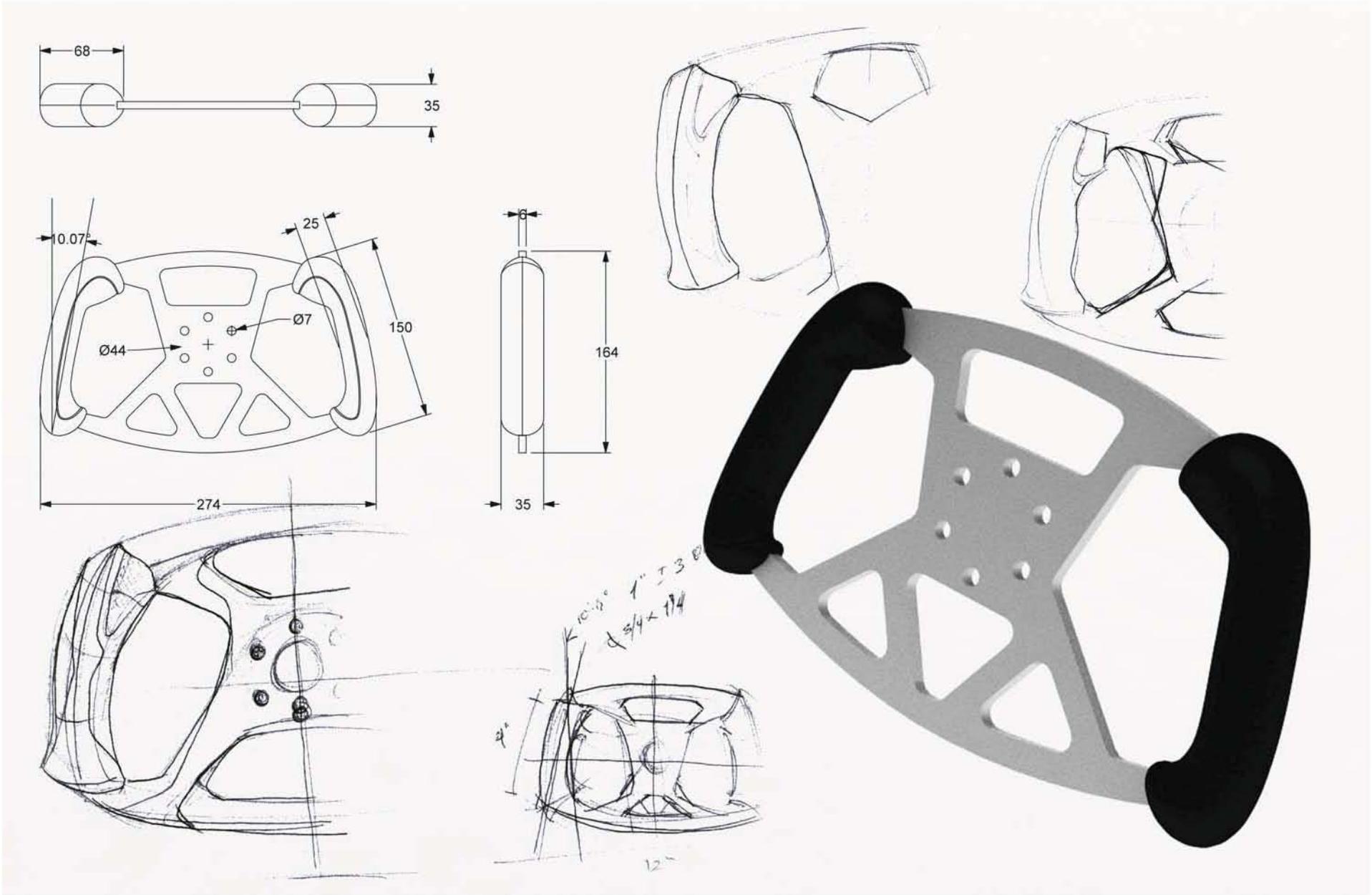
único elemento diseñado con reminiscencia del concepto de diseño del Puma FR.010.

El diseño del volante se desarrollo de acuerdo al ángulo ideal de los puños en posición de conducción según tablas ergonómicas, creando así 2 áreas de contacto directo a modo de agaraderas siguiendo el ejemplo práctico de los volantes de Fórmula 1. Estas cachas se diseñaron para construirse mediante el uso de prototipado rápido con impresión 3D para crear las matrices de los moldes mediante el apoyo otorgado por el Laboratorio de Prototipaje Digital del CIDI-UNAM, construyendo

los originales de resina epóxica con carga de aluminio por sus cualidades mecánicas a la resistencia de impactos. La estructura del volante también se diseño de acuerdo a su plan de manufactura, el cual estipuló que la pieza final sería construida usando tecnología de corte CNC, en éste caso usando corte por chorro de agua gracias al apoyo otorgado por el CCADET.

El diseño de la caja de pedales en un inicio del proyecto formaba parte de las tareas de diseño encargadas a los miembros del equipo procedentes de Diseño Industrial, sin embargo, tras quedarse un único miembro de esta licenciatura y tras la partida del ingeniero encargado del sistema de frenos en diciembre de 2008, se postergó el desarrollo de este subsistema hasta instancias finales de la etapa de manufactura de la temporada 2010, resolviéndolo de manera meramente funcional y productiva. Durante la temporada 2011 el diseño se refinó, siendo asesorado para resolver parámetros ergonómicos de acuerdo a los ángulos de alerta y de fuerza máxima de las piernas, quedando su posición delimitada por la postura de conducción. La posición de la palanca de cambios durante ambas temporadas también fue delimitada de acuerdo a la postura de conducción, quedando ubicada dentro del área inmediata de acción del brazo lo más cercanamente posible al volante.

El apoya cabeza se diseñó en ambas temporadas siguiendo a detalle el reglamento, ubicándolo directamente atrás de la posición del círculo representativo de la cabeza con casco de Percy con margen en su dimensionamiento vertical para acomodarse a la altura de los pilotos del equipo. Se construyo usando espumado de polietileno Ethafoam, recomendado dentro del reglamento por sus propiedades de absorción de energía en impactos. La base del espumado se construyo con placa de aluminio de ¼", atornillándose a una subestructura soldada al chasis. Durante ambas temporadas se diseñó el firewall como parte integral de la carrocería, llevándose a producción únicamente en 2011 de acuerdo al diseño estipulado en CAD.



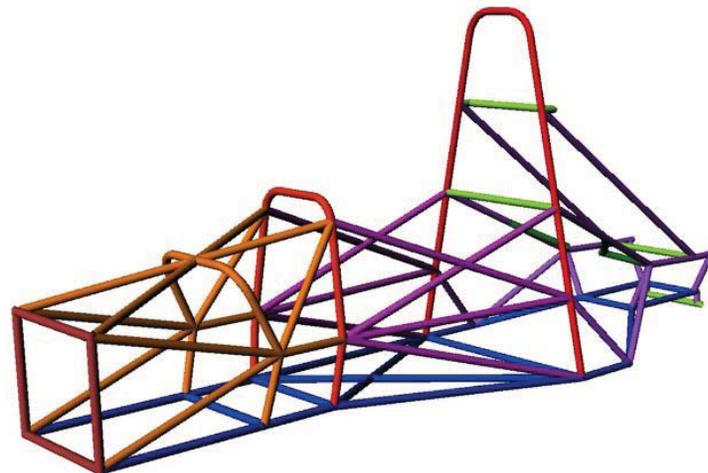


Capítulo 7

Más allá de la Carrocería: la Versatilidad del Diseñador Industrial

Abajo: Render de la primera versión del chasis del Stealth Racer para su plan de manufactura, los colores identifican la secuencia de subensambles.

Durante la temporada 2011 se diseñó a detalle la pushbar, elemento ideado para empujar al auto dentro del paddock y de las áreas de inspección, llevándolo de prueba en prueba con el motor apagado en pro de la seguridad de los equipos. El desarrollarla de acuerdo a parámetros antropométricos y ergonómicos se dio como respuesta al diseño espontáneo realizado durante la temporada 2010, ejecutado de improviso en las instancias finales previo a partir hacia competencia al encontrarlo dentro de la hora de inspección técnica. El reglamento estipula que sea un elemento fijado al auto que permita moverlo hacia atrás y delante de manera segura por dos miembros del equipo, a este elemento se le tiene que incorporar uno de los dos extinguidores reglamentarios por equipo; siguiendo al reglamento y en base de la experiencia obtenida en competencia, se diseñó la pushbar para ser accionada por dos personas ubicadas una al lado de la otra, a una altura ideal de acuerdo a los ángulos de confort y a una distancia respecto al auto que permitiera dar libremente un paso sin riesgo de tropezar. La estructura se construyó con tubulares redondos desperdicio de la manufactura del chasis, dejándole al encargado de su manufactura la tarea de resolver el diseño del sistema de sujeción a la barra antivuelco principal.



7.4 Gestión del Proyecto y Manufactura

Durante los casi 3 años de participación dentro del proyecto, una de las contribuciones más significativas se dio en materia administrativa para beneficio absoluto del porvenir y desarrollo de las actividades del equipo en vías de sus metas. En la etapa inicial del proyecto fue destacable el sistema de retroalimentación y aporte interdisciplinario, donde no importaba la experiencia o conocimientos individuales, sino el valor de las ideas para encontrar soluciones sencillas y viables; este sistema de aporte maduró junto al equipo, denotando una gran importancia a la hora de juzgar objetivamente el desarrollo global del proyecto, además de ser un baluarte en el planteamiento prospectivo con el cual se abordó el quehacer de Fórmula SAE para beneficio de la comunidad estudiantil al tomar la iniciativa de reestructurar todo lo hecho al momento concluida la temporada 2010 de cara a la temporada 2011 con la finalidad de dejar un legado y acervo detallado para la continuidad y mejora constante del proyecto.

De acuerdo a este sistema de retroalimentación y aporte igualitario fue que la perspectiva propia del Diseñador Industrial jugó un papel clave en el desarrollo y planeación del proyecto, entrando completamente en juego después de la reorganización efectuada a finales de diciembre de diciembre de 2008, donde se especializaron áreas de gestión para darle seguimiento independiente a la diversidad de tareas que conforman el quehacer de Fórmula SAE. De aquí que el liderazgo del área de manufactura tuviera 2 papeles prioritarios en la ejecución del proyecto; el primero relacionado con la evaluación y orientación del diseño y desarrollo de ingeniería para ser manufacturado usando tecnologías a disposición dentro de la Universidad para denotar la viabilidad absoluta de cada elemento a ser producido por el equipo, enriqueciendo con ello la capacidad de desarrollo teórica de la ingeniería con la experiencia práctica del Diseñador Industrial en el trabajo de taller para llevar a instancias de manufactura un diseño virtual, aunado a la planificación global de manufactura de la mayoría de los elementos de cada subsis-



tema con la finalidad de determinar que procesos y tecnologías resultaban apropiadas para su desarrollo y cuáles eran los pasos a seguir para pasar del CAD al prototipo final; el segundo papel se relaciono directamente con el quehacer práctico de la manufactura, colaborando de manera sustancial en el proceso de producción del prototipo en muchos de sus subsistemas aprovechando al máximo la experiencia y habilidades desarrolladas en los talleres del CIDI-UNAM.

El primer acercamiento completo que se dio en base a este papel dentro del equipo fue la planificación y manufactura del primer chasis en verano de 2009. Debido a la complejidad del diseño y a la cantidad de subensambles y número de piezas del chasis tubular, se tuvo que diseñar un plan de manufactura que delimitara uniones base y la secuencia de

soldadura de cada tubo de acuerdo a su ubicación e interacción. Este plan de manufactura se desarrolló gráficamente, sirviendo de manual de ensamble en sitio; cabe destacar que durante esta etapa del proyecto el diseño del auto no se había concretado en su totalidad, el diseño de las suspensiones y de la masa no suspendida estaba sometido a muchas evaluaciones teóricas, por lo que el tener físicamente un chasis tendría dos finalidades básicas: servir para dar cuentas de un avance serio en el proyecto usando los recursos obtenidos de manera autónoma, y para ubicar y evaluar el empaquetamiento de ingeniería añadiendo de a poco cada sistema a la estructura base. Sin embargo, al finalizar el chasis se encontraron grandes deficiencias en el diseño general del auto, por lo cual se decidió rediseñar todos los sistemas para lograr un mejor producto final.

Arriba: Proceso de manufactura del chasis final del Puma FR.010.



Capítulo 7

Más allá de la Carrocería: la Versatilidad del Diseñador Industrial

La experiencia obtenida con la planificación y manufactura del primer chasis beneficio de lleno al diseño del prototipo final simplificando los ensambles espaciales y cantidad de tubos. También sirvió para habilitar con mayor detalle cada tubo dejándolos preparados para su ensamble final, requiriendo únicamente de una rectificación menor para ajustarse entre sí. El proceso de manufactura se realizó con mayor lujo de detalle, generando uniones fuertes que aseguraran la integridad estructural de todo el chasis. Todo el proceso de soldadura del chasis de competencia se llevó a cabo en los talleres del CIDI-UNAM, por lo que fue muy importante planear cada proceso para proveer la línea de ensamble desde los talleres del CDMIT. Otro proceso aprendido durante la primera etapa de manufactura fue el generar escantillones precisos de baja tecnología para el armado de subensambles clave y de los brazos de suspensión.

Para la temporada 2011 de nueva cuenta se auxilió de lleno a la manufactura del chasis, esta vez realizada en los talleres del CDMIT en pro de mejorar la logística del equipo. A diferencia del par de chasis efectuados durante la temporada 2010, en 2011 el chasis se diseñó en CAD sobre la mesa de manufactura, diseñando a la par soportes a modo de escantillón para ubicar en el espacio cada tubo generando subensambles siguiendo el mismo proceso secuencial de la temporada anterior, el cual estaba planteado de manera eficiente y lógica. Durante ambas temporadas también se auxilió la tarea de maquinados, manufacturando muchas piezas menores y uniones estructurales. La experiencia obtenida en los talleres del CIDI-UNAM beneficio de nueva cuenta el quehacer general del proyecto, asesorando al equipo para generar secuencias de desbaste más eficientes y seguras.

Otro papel clave como líder de manufactura se manifestó a la hora de generar una lista de herramienta básica que sirviera en todos los procesos de manufactura y ensamble, lista que fue provista a modo de patrocinio durante ambas temporadas por Travers Tools y en 2011 por Robert Bosch de México. La elección de herramientas independizó par-

cialmente al equipo de los almacenes de taller del CDMIT y del CIDI, proveyéndole de capacidad para trabajar a toda hora sin necesidad de solicitar herramienta prestada, hecho que dotó al proyecto de gran fuerza por valerse de sí mismo usando sus recursos autónomos.

7.5 Diseño gráfico y editorial

En paralelo a todo el trabajo desarrollado en torno al diseño de la carrocería, interfaces hombre-máquina y al liderazgo del área de manufactura, se llevó a cabo el desarrollo del diseño gráfico y editorial del equipo. Esta tarea surgió a raíz de la necesidad de tener una imagen de equipo para generar presentaciones y material gráfico como parte del trabajo autónomo dentro del proyecto para buscar patrocinadores y generar difusión. El primer proyecto concreto que se realizó fue el rediseño del escudo-logotipo, reconfigurándolo de acuerdo al trabajo del equipo usando la silueta del auto que se tenía diseñado al momento en combinación a una composición de rombos en referencia a una bandera a cuadros, determinando los colores en bicromía blanco y azul como equipo representativo de la Universidad. El logotipo del equipo se sometería a una segunda modificación al comenzar la temporada 2011, con cambios significativos en su leyenda pasando del nombre del proyecto "Formula SAE UNAM" al nombre del equipo "UNAM Motorsports"; también se le agregó una composición de degradados para darle profundidad a cada elemento, rompiendo con ello la solidez bidimensional del color en pro de una imagen más dinámica, integrándolo dentro de un marco dorado sobre una composición tricolor para hacer referencia visual explícita de la Universidad y de México.

El diseño gráfico y composición editorial evolucionó durante 2 años completos, pasando por una etapa inicial donde se carecía de una imagen propia, adaptando recursos de composición que evidenciaran la naturaleza del proyecto; durante esta etapa una de las mayores dificultades encontradas para generar el diseño editorial fue la nulidad de imágenes propias del equipo y de renders que ilustraran al auto en el

cual se estaba trabajando a causa de no tener un diseño completo que poder mostrar. Esta carencia de material se soluciono con el uso de gráficos e imágenes icónicas de gran impacto, acompañadas de textos claros y concisos para explicar el quehacer y porvenir del proyecto. No fue sino hasta que se realizó la presentación del Presentation Event que se encontró una imagen propia del equipo, de nueva cuenta usando recursos gráficos de gran impacto visual inspirados en el diseño gráfico de KTM diseñado por Kiska Design.

Esta imagen dinámica, agresiva y visualmente descomprometida reflejaba la esencia del equipo y de sus éxitos obtenidos en FSAE West 2010, por lo que se evolucionó de manera directa incorporando detalles gráficos inspirados en el diseño del Stealth Racer haciendo un juego de composición de formas como apoyo al escudo del equipo siguiendo ángulos a 30° y 60°. Los colores usados durante esta etapa se manejaron en alto contraste con una paleta blanco-negro-rojo-azul, tratando de resaltar al texto y a las imágenes dentro de un marco de color. La primera presentación creada siguiendo este esquema fue la presentación informativa del semestre 2011-1, de la cual se derivaron la presentación de resultados en el CIDI-UNAM, los posters informativos y la presentación de resultados para la Semana SEFI 2010, los reconocimientos de temporada, las presentaciones informativas para los patrocinadores y de difusión para presentaciones aleatorias; todo este material gráfico y editorial utilizó diapositivas e imágenes estandarizadas, adaptándolas mínimamente según las necesidades e intención de cada presentación. De manera más abstracta y sobria se diseño un formato para las cartas y documentos oficiales usados durante toda la temporada 2011.

La presentación informativa del semestre 2011-2 presentó la última evolución de esta tendencia gráfica inspirada en el Puma FR.010 Stealth Racer, cambiando la paleta de colores y composición del marco para hacer una referencia visual más fuerte del carácter del equipo y del proyecto



1° Etapa del logotipo



2° Etapa del logotipo



3° Etapa del logotipo



Capítulo 7

Más allá de la Carrocería: la Versatilidad del Diseñador Industrial

APoyo y COLABORACION

DIFUSION APOYO DESARROLLO COMUN SUSTENTABILIDAD

Presentación informativa.
Julio 2009

LUCAS OIL PRODUCTS

Your Sponsorship

Sponsorships for Formula SAE teams are the way in which one team could develop its car: every FSAE car has a cost between 30,000 and 40,000 US dollars. This amount of money comes principally from private investors who help teams in different ways.

Your brand could help us economically and with technical assistance to have a competitive car; you will be investing in future talents in the automotive and motorport industries.

We are offering you our car as a marketing display, where you can show your brand logo, not only the car is available; also we offer you appearance in all the events where we participate, in team's advertisements and in our website. As a university project we offer you a donation tax refund from Fundación UNAM, that assistance will go direct to aid our team.

What we are offering you is to be our Platinum Sponsor adding us with less 30% of the total cost of our car that will be used to obtain essential inputs to manufacturing it, with that you will be receiving VIP benefits as sales promotion activities, advertising campaigns and others.

Presentación personalizada
para Lucas Oil.
Julio 2009

CARACTERÍSTICAS DEL VEHICULO

Motor	Desarrollado
Chasis	Carrocería personalizada
Luces	LED
Asa	Aluminio
Transmisión	Manual 5 velocidades
Amortiguadores	MacPherson
Resorte	Coil-over
Amortiguador trasero	Coil-over
Amortiguador delantero	Coil-over
Amortiguador lateral	Coil-over
Amortiguador inferior	Coil-over
Amortiguador superior	Coil-over
Amortiguador inferior	Coil-over
Amortiguador superior	Coil-over
Amortiguador inferior	Coil-over
Amortiguador superior	Coil-over
Amortiguador inferior	Coil-over
Amortiguador superior	Coil-over

Presentación informativa.
Diciembre 2009

FRAME

Our first design goal was the driver, contemplating a measure from the F1 more presence to the 2 former generation, according to topics, being an anthropometric work area, which impact the load driving position in a formula car according to ergonomic factors, all the design process started with a running car made from a tubular space frame, that will going to function also as the vehicle's main chassis case to support all the mechanical and electrical systems.

The choice of a steel space frame with its weight was to the entire vehicle design, that being based the benefits of easy construction without high tech processes and also the easy maintenance and repairing instead from a composite material chassis, the entire frame is structures with straight geometry making it strong distributing all the load throughout with the supports of your sub-assembly columns.

Presentation Event.
Junio 2010

nuevas metas temporada 2011

agosto 2010 - junio 2011

investigación / agosto 2010

diseño / octubre 2010

manufactura / enero 2011

competencia / julio 2011

Presentación informativa.
Agosto 2010

endurance - resultados

Presentación de resultados
CDI-UNAM.
Agosto 2010

MENOS ES MAS MUCHO MAS

mercado meta

la propuesta

chasis/motor

Poster informativo.
Septiembre 2010



Organigrama.
Septiembre 2010



Presentación de temporada 2011.
Octubre 2010



Reconocimientos.
Octubre 2010



Presentación informativa.
Enero 2011



Design Event.
Junio 2011



Reporte de temporada.
Agosto 2011



Capítulo 7

Más allá de la Carrocería: la Versatilidad del Diseñador Industrial

FSAE West 2010



UNAM

FSAE West 2011



UNAM

como representativos de la UNAM, sin dejar de lado la naturaleza del proyecto. Para esta presentación se tuvo que reestructurar todo el texto incorporando por primera vez un plan de patrocinios desarrollado a detalle, del cual nació la campaña “Powered by your Logo”; el diseño gráfico de esta campaña de patrocinios seguía la misma composición y proporción del escudo del equipo, haciendo explícita la intención de incorporar la imagen de marca del patrocinador en cuestión junto a la del equipo. Posterior a esta presentación se diseñó la imagen del equipo para la temporada 2011, con un logotipo alterno con el nombre y número de registro del equipo en competencia.

En instancias finales de la temporada, antes de partir hacia competencia, se diseñó la imagen conceptual del equipo como empresa para el Presentation Event, la cual no sería usada por haber sido encomendada a otra área del equipo. Sin embargo el logotipo diseñado para esta presentación, una abstracción de la cabeza de Quetzalcoatl, se usó como decoración del auto en competencia. El diseño, acomodo, proporción y colores de los logotipos de los patrocinadores y gráficos de identificación del auto se diseñaron a detalle durante la temporada 2011 corrigiendo lo hecho durante la temporada anterior, un elemento clave de este diseño fue el número de identificación del auto, inspirado en los autos de carreras de una época anterior a la aparición de los patrocinadores en el deporte motor.

El diseño de los posters para el Design Event utilizó recursos de composición presentados durante las diversas etapas evolutivas del diseño gráfico de la temporada 2011, presentados de manera más sobria de acuerdo a la cromática del auto. De estos posters se evolucionó finalmente a la presentación de resultados de la temporada, la cual dejó de lado la composición angular optando por una ortogonal más sobria y elegante usando la paleta de colores del auto, esta presentación se inspiró de una serie de catálogos de marca de BMW y de la imagen de equipo de Lotus Renault, haciendo recurso de imágenes icónicas del evento y del quehacer durante la temporada en combinación de un texto conciso con la información más importante de lo acontecido durante todo un año de trabajo, creado para acomodarse al espacio delimitado dentro de cada diapositiva.

7.6 Diseño de uniformes

El diseño de los uniformes se dio como parte de la estandarización de imagen del equipo para evidenciar el profesionalismo y compromiso con el cual se venía trabajando. El uniforme diseñado para la temporada 2010 se basó en una camisa de pits estándar, la cual se reconfiguró usando los colores del escudo del equipo y con la incorporación del escudo de la Universidad y del propio del equipo. El usar una camisa de este tipo deja en claro la naturaleza del equipo, ya que es una vestimenta ampliamente usada dentro del deporte motor.

Durante la temporada 2011 Robert Bosch de México le ofreció al equipo ropa de trabajo para taller, usando la base de los overoles de Bosch Service. Para darles la imagen del

equipo se configuró la posición del escudo de la Universidad al frente sobre el pecho, y una abstracción del logotipo del equipo en la espalda en conjunto al de Bosch. Los uniformes para competencia se propusieron en una primera instancia de nueva cuenta como camisas de pits, sin embargo el equipo decidió que en esta ocasión sería mejor una playera polo; la composición de los escudos y logotipos pasó por varias etapas configurativas, donde se experimentó con los colores y jerarquía de cada elemento hasta obtener un diseño que iba de acuerdo al diseño gráfico del auto.

Sin embargo la playera final no correspondía al diseño estipulado, debido al cambio de colores de los logotipos de los patrocinadores y a la incorporación en la espalda de logotipos que no estaban planteados por error del productor.

Abajo: Detalle del logotipo bordado en la espalda del uniforme usado durante la temporada 2011, FSAE West 2011.





Capítulo 7

Más allá de la Carrocería: la Versatilidad del Diseñador Industrial



FSAE West 2010



FSAE West 2011



Overol de taller 2011



FSAE West 2010... Rookies of the YEAR!



Overol de trabajo... FSAE West 2011



FSAE West 2011



Conclusiones



CAPÍTULO

08





Página anterior: La carrocería del Puma FR.010 después de haber sido presentada por primera vez sobre el auto.

Arriba: El Puma FR.010 saliendo de la pista de Endurance tras haber terminado exitosamente la competencia, FSAE West 2010.

8.1 Conclusiones, reflexiones y aprendizaje.

Fórmula SAE como proyecto representa una serie de desafíos de grandes proporciones, donde cada equipo debe de diseñar año con año un vehículo prototipo de alto rendimiento autónomamente para llevarlo a competencia internacional en paralelo a sus actividades académicas; comenzar desde ceros con este proyecto, sin ningún antecedente directo dentro de la UNAM, resultó más complicado en su práctica de lo que se esperaba en la teoría.

En una primera instancia se tuvo que afrontar el hecho de querer desarrollar un proyecto el cual se había intentado realizar en repetidas ocasiones en el pasado sin éxito alguno debido a la inconsistencia de sus organizadores derivando

en gran incertidumbre por parte de los administrativos de la Facultad de Ingeniería, aunado al hecho de la vigencia en ese momento de Escudería Puma como equipo representativo de la Facultad dentro del serial Electratón donde obtuvieron un campeonato en 2008. La crisis económica por la cual se atravesaba en 2008 también jugó en contra del desarrollo inicial del proyecto, siendo esta uno de los principales motivos por los cuales se negaba el apoyo al desarrollo de un Fórmula SAE, ya que por su complejidad demanda muchos más recursos que un Electratón, negativa que se tuvo que superar dentro y fuera de la Universidad. Esta serie de adversidades en lugar de mermar el ánimo general del equipo, curtió su perseverancia e hizo que todo el trabajo generado se realizara de la mejor manera con gran calidad.

El trabajo interdisciplinario y la integración del equipo fueron piezas clave durante el primer año de trabajo; la interrelación entre miembros de las carreras de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial en conjunto con Diseño Industrial fue muy fructífera, enriqueciendo progresivamente el quehacer independiente de los integrantes del equipo en pro del trabajo general. El primer acercamiento de manufactura y la organización del equipo realizada validaron el desarrollo del proyecto con el registro del equipo en FSAE West 2010 con el apoyo oficial de la Facultad de Ingeniería, tras haberse conseguido el apoyo del ICyTDF en verano de 2009.

Durante esta etapa inicial se cumplieron satisfactoriamente todos los objetivos establecidos: se formó un equipo capaz de diseñar un auto siguiendo el reglamento de Fórmula SAE y se obtuvo apoyo privado e institucional para el desarrollo del proyecto.

Los 9 integrantes del equipo que trabajaron de lleno para asistir a FSAE West 2010 pasaron más de 8 meses trabajando juntos desde el registro oficial del equipo hasta llegar a competencia experimentando gran presión, frustraciones constantes, adversidades financieras y logísticas, discusiones, desgaste físico, y al final una gran satisfacción. El equipo se fijó como meta ser el mejor equipo mexicano en competencia y lograr el título de novato del año, estas metas se cumplieron al pie de la letra, logrando además ser el mejor equipo latinoamericano en FSAE West 2010, posicionando a la UNAM dentro del ranking mundial de universidades en FSAE sobre la media entre más de 450 participantes.

El diseño de la carrocería del Puma FR.010, a pesar de haber sido modificado casi enteramente para ajustarse a los tiempos de desarrollo y presupuesto, puede considerarse un éxito absoluto por su calidad de manufactura y por proceso entero de diseño, el cual se trabajó en todo momento respetando al reglamento de competencia y a la ingeniería del auto. La metodología de diseño empleada requirió de lleno los conocimientos y habilidades obtenidos en las aulas y talleres del CIDI, superándolos y enriqueciéndolos en todo el

proceso.

La temporada 2011 planteó una serie de retos muy diferentes a la temporada anterior, el equipo se propuso nuevas metas a lograr para darle continuidad futura al proyecto: incrementar la nómina del equipo para especializar y delegar tareas, preparar a una nueva generación para que a su vez preparasen a la siguiente, darle difusión y obtener más apoyo privado e institucional, perfeccionar el diseño general del auto y obtener un mejor lugar en la tabla general en competencia. El trabajo realizado para alcanzar cada una de estas metas requirió mayor profesionalismo por parte de los integrantes experimentados, en quienes recaía toda la responsabilidad y la gestión del proyecto. Al concluir FSAE West 2011, se lograron todas las metas establecidas al principio de la segunda temporada de competencia del equipo a excepción del conseguir un mejor lugar en la tabla de posiciones debido a una falla durante la prueba más importante, delegando al equipo de una posición digna del trabajo realizado a lo largo de todo el año.

Todos los miembros fundadores del equipo terminaron su participación dentro del proyecto tras FSAE West 2011, pasándole la estafeta al equipo que reclutaron durante la temporada para que ellos continuaran representando a la UNAM en Fórmula SAE en los años venideros basándose en todo el trabajo realizado desde 2008. Se puede concluir que cada uno de los integrantes con experiencia en competencia superó sus alcances personales logrados en 2010 en beneficio del proyecto; el diseño de la carrocería de nueva cuenta sufrió modificaciones durante su etapa de manufactura, sin embargo de nueva cuenta se puede considerar un éxito, a nivel funcional por haberse construido enteramente en PRFV en una sola pieza y al haber cumplido con la meta de diseño de reducir el peso de cada sistema del auto, y a nivel de diseño particular por mostrar una evolución práctica de la forma ajustándose a las demandas del proyecto.

A nivel personal la experiencia obtenida en Fórmula SAE durante casi 3 años resultó sumamente enriquecedora, el po-



Capítulo 7

Más allá de la Carrocería: la Versatilidad del Diseñador Industrial



der participar en el desarrollo completo de dos automóviles generó una perspectiva completamente diferente del diseño industrial y del diseño automotriz, donde la interacción entre ingeniería y diseño se puede interpretar como una matrimonio donde existen discusiones e intereses independientes, pero donde no pueden existir el uno sin el otro; así mismo, la participación en ambas competencias fueron experiencias sumamente enriquecedoras por todos los retos y satisfacciones que presentaron, sin dejar de lado la frustración y el hecho de salir adelante ante toda adversidad como individuo y como equipo. A nivel general se puede concluir lo siguiente:

- El liderazgo en el área de manufactura requirió de todos los conocimientos y habilidades obtenidos durante la formación en el CIDI, llevándolos a la práctica en todo momento para auxiliar el diseño y manufactura de gran cantidad de subsistemas durante las 3 etapas de desarrollo durante la participación en el proyecto.

- La co-capitanía demandó de mayor profesionalismo y dedicación al desarrollo personal durante la segunda temporada de competencia en todas las áreas donde se tuvo participación directa e indirecta.

- La responsabilidad de representar a la UNAM internacionalmente y a los patrocinadores del equipo requirió en todo momento de gran dedicación y compromiso. El trabajo realizado como representante del CIDI-UNAM dentro de un proyecto de la Facultad de Ingeniería se procuró hacer siempre como ejemplo del quehacer de la profesión y de la institución, resaltando las características únicas que el Diseñador Industrial posee para comunicar ideas a través de la forma de un objeto y de la imagen gráfica.

- El trabajo en un equipo interdisciplinario fue una experiencia formativa única, se pudieron aportar conocimientos y habilidades personales trabajando como un eslabón dentro de un sistema cooperativo en beneficio de una meta conjunta de gran complejidad y sofisticación, esta experiencia de trabajo es una herramienta desarrollada a ser aplicada en todo

proyecto en el futuro.

- El trabajo para obtener recursos y la relación con los patrocinadores generaron habilidades esenciales en relaciones públicas y comerciales. También el trabajar constantemente con administrativos y altos funcionarios dentro de la Universidad generó habilidades comunicativas y de presentación únicas, las cuales fueron madurando al transcurrir el proyecto en incremento con las responsabilidades dentro del mismo.

Página anterior: El Puma FR.010 en la explanada de la Zona Cultural frente al Museo Universitario de Arte Contemporáneo, Ciudad Universitaria.

Abajo: Atardecer en el Auto Club Speedway, Fontana CA, FSAE West 2011.





BIBLIOGRAFÍA





Bibliografía

Página anterior: El Puma FR.010 en la pista de Endurance, FSAE West 2010.

1. 2009 Formula SAE Rules. SAE International. 2008. Documento virtual de publicación anual. Disponible en: students.sae.org/competitions/formulaseries/rules/
2. 2010 Formula SAE Rules. SAE International. 2009. Documento virtual de publicación anual. Disponible en: students.sae.org/competitions/formulaseries/rules/.
3. 2011 Formula SAE Rules. SAE International. 2010. Documento virtual de publicación anual. Disponible en: students.sae.org/competitions/formulaseries/rules/.
4. Advanced Design Tramontana, the Company [en línea]. Disponible en: www.tramontanagroup.com
5. Ariel Motor Company [en línea]. Disponible en: www.arielmotor.co.uk
6. Asociación Mexicana de la Industria Automotriz AMIA [en línea]. Disponible en: www.amia.com.mx
7. Auto Racing [en línea]. Disponible en: www.suite101.com/autoracing
8. Automobili Lamborghini S.p.A. [en línea]. Disponible en: www.lamborghini.com
9. Bertone, Sito ufficiale Gruppo Bertone [en línea]. Disponible en: www.bertone.it
10. Car Body Design, Car Design Resources, News and Tutorials [en línea]. Disponible en: www.carbodydesign.com
11. Cars, all makes, all models [en línea]. Disponible en: www.netcarshow.com
12. Conceptcarz, Vehicle information from concept to production [en línea]. Disponible en: www.conceptcarz.com
13. Evo, supercar and performance car reviews and news [en línea]. Disponible en: www.evo.co.uk
14. F1 Legend, toute l'histoire de la F1 [en línea]. Disponible en: www.f1-legend.fr
15. F117 History [en línea]. Disponible en: www.f117reunion.org
16. Formula Student Germany [en línea]. Disponible en: www.formulastudent.de
17. Hawks Racing, wir sind HAWKS Racing! [en línea]. Disponible en: www.hawksracing.de
18. Joanneum Racing [en línea]. Disponible en: www.joanneum-racing.at
19. Kiska, Design Desire [en línea]. Disponible en: www.kiska.com
20. KTM X-Bow, KTM-Sportcar GmbH [en línea]. Disponible en: www.ktm-x-bow.com
21. LCC Rocket, a Tribute [en línea]. Disponible en: www.lccrocket.com
22. McLaren Automotive [en línea]. Disponible en: www.mclarenautomotive.com
23. Motorpasión, coches y actualidad del motor [en línea]. Disponible en: www.motorpasion.com
24. Owens Corning [en línea]. Disponible en: www.owens-corning.com
25. Poliformas Plásticas, S.A. de C.V. Resinas Poliéster - Fibra de Vidrio [en línea]. Disponible en: www.poliformasplasticas.com.mx

26. Protomold Injection Molding, Rapid Prototyping [en línea]. Disponible en: www.protomold.com

27. Rennteam Uni Stuttgart [en línea]. Disponible en: www.rennteam-stuttgart.de

28. RoadRazer, the formula car experience [en línea]. Disponible en: www.roadrazer.com

29. SAE International [en línea]. Disponible en: www.sae.org

30. Sotheby's Australia, Sidney Auctions [en línea]. Disponible en: www.sothebysaustralia.com.au

31. The Secrets of Stealth. Discovery Channel. 2002.

32. The World's Greatest F1 Cars. Duke Video. 2001.

33. TopSpeed [en línea]. Disponible en: www.topspeed.es

34. TU Graz Racing Team [en línea]. Disponible en: www.racing.tugraz.at

35. U.S. Centennial of Flight Home Page [en línea]. Disponible en: www.centennialofflight.gov

36. Ultimatecarpage, powered by knowledge, driven by passion [en línea]. Disponible en: www.ultimatecarpage.com

37. United States Air Force [en línea]. Disponible en: www.af.mil

38. UWA Motorsport [en línea]. Disponible en: www.motorsport.uwa.edu.au

39. Wikipedia, la enciclopedia libre [en línea]. Disponible en: en.wikipedia.org

40. Williams F1 Portal [en línea]. Disponible en: www.williamsf1

Abajo: El Puma FR.010 durante la primer sesión de vueltas de Endurance, FSAE West 2010.





PLANOS





Página anterior: Las piezas de la estereotomía para la matriz de la carrocería del Puma FR.011.

1. Vistas generales
2. Perspectiva delantera
3. Perspectiva trasera
4. Despiece explosivo por subensambles
5. Despiece explosivo del subensamble C02 Cuerpo de la nariz
6. Despiece explosivo del subensamble C03 Habitáculo del piloto
7. Despiece explosivo del subensamble C04 Sidepod derecho
8. Despiece explosivo del subensamble C05 Sidepod izquierdo
9. Despiece explosivo del subensamble C06 Piso estructural
10. Vistas generales del subensamble C01 Nariz
11. Corte A subensamble C01 Nariz
12. Secciones transversales Corte A subensamble C01 Nariz
13. Desarrollo por pieza CN01 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
14. Desarrollo por pieza CN02 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
15. Desarrollo por pieza CN03 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
16. Desarrollo por pieza CN04 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
17. Desarrollo por pieza CN05 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
18. Desarrollo por pieza CN06 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
19. Desarrollo por pieza CN07 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
20. Desarrollo por pieza CN08 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
21. Desarrollo por pieza CN09 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
22. Desarrollo por pieza CN010 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
23. Desarrollo por pieza CN011 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
24. Desarrollo por pieza CN012 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
25. Desarrollo por pieza CN013 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
26. Desarrollo por pieza CN014 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
27. Desarrollo por pieza CN015 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
28. Desarrollo por pieza CN016 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
29. Desarrollo por pieza CN017 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
30. Desarrollo por pieza CN018 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
31. Desarrollo por pieza CN019 subensamble C02 Cuerpo de la nariz
32. Desarrollo por pieza CN020 subensamble C02 Cuerpo de la nariz



- | | |
|---|---|
| 33. Desarrollo por pieza CN021 subensamble C02 Cuerpo de la nariz | derecho |
| 34. Desarrollo por pieza CN022 subensamble C02 Cuerpo de la nariz | 48. Desarrollo por pieza SD05 subensamble C04 Sidepod derecho |
| 35. Desarrollo por pieza CN023 subensamble C02 Cuerpo de la nariz | 49. Desarrollo por pieza SI01 subensamble C05 Sidepod izquierdo |
| 36. Desarrollo por pieza HP01 subensamble C03 Habitáculo del piloto | 50. Desarrollo por pieza SI02 subensamble C05 Sidepod izquierdo |
| 37. Desarrollo por pieza HP02 subensamble C03 Habitáculo del piloto | 51. Desarrollo por pieza SI03 subensamble C05 Sidepod izquierdo |
| 38. Desarrollo por pieza HP03 subensamble C03 Habitáculo del piloto | 52. Desarrollo por pieza SI04 subensamble C05 Sidepod izquierdo |
| 39. Desarrollo por pieza HP04 subensamble C03 Habitáculo del piloto | 53. Desarrollo por pieza SI05 subensamble C05 Sidepod izquierdo |
| 40. Desarrollo por pieza HP05 subensamble C03 Habitáculo del piloto | 54. Desarrollo por pieza PE01 subensamble C06 Piso estructural |
| 41. Desarrollo por pieza HP06 subensamble C03 Habitáculo del piloto | 55. Desarrollo por pieza PE02 subensamble C06 Piso estructural |
| 42. Desarrollo por pieza HP07 subensamble C03 Habitáculo del piloto | 56. Desarrollo por pieza PE03 subensamble C06 Piso estructural |
| 43. Desarrollo por pieza HP08 subensamble C03 Habitáculo del piloto | |
| 44. Desarrollo por pieza SD01 subensamble C04 Sidepod derecho | |
| 45. Desarrollo por pieza SD02 subensamble C04 Sidepod derecho | |
| 46. Desarrollo por pieza SD03 subensamble C04 Sidepod derecho | |
| 47. Desarrollo por pieza SD04 subensamble C04 Sidepod | |

1

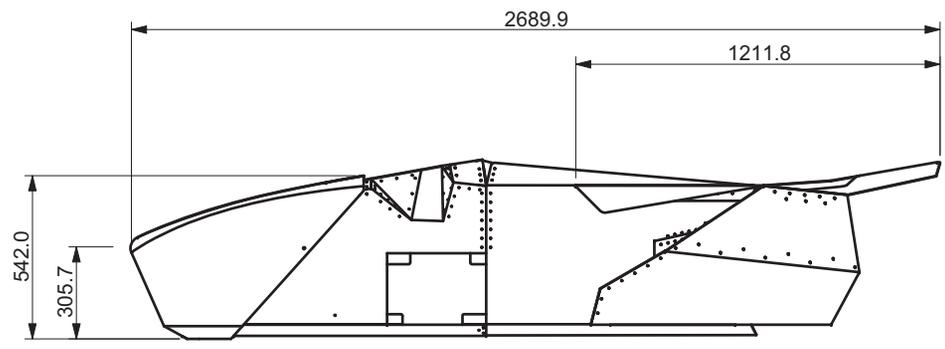
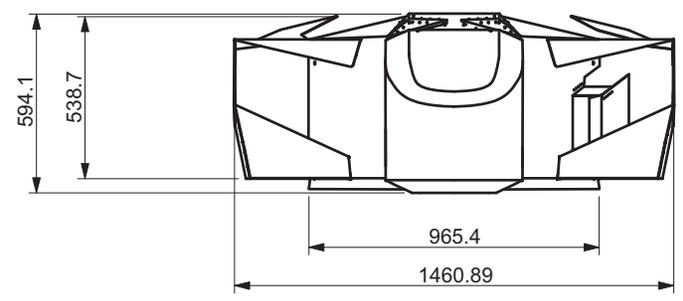
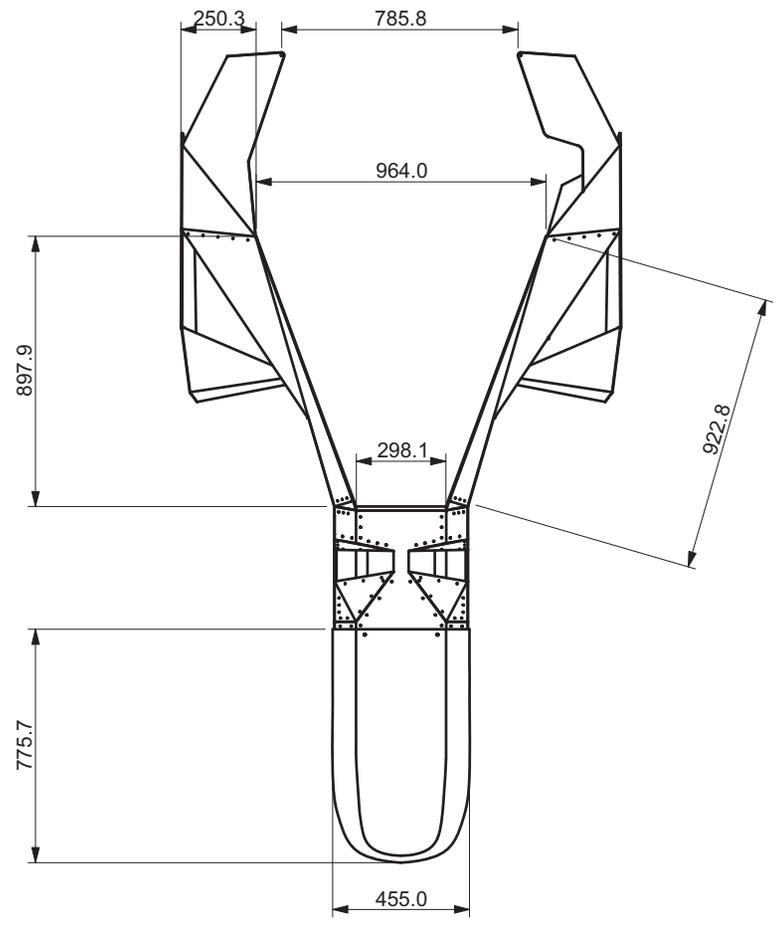
2

3

4

5

6



no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:25
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Vistas generales		cotas mm	1/56

D

1

2

3

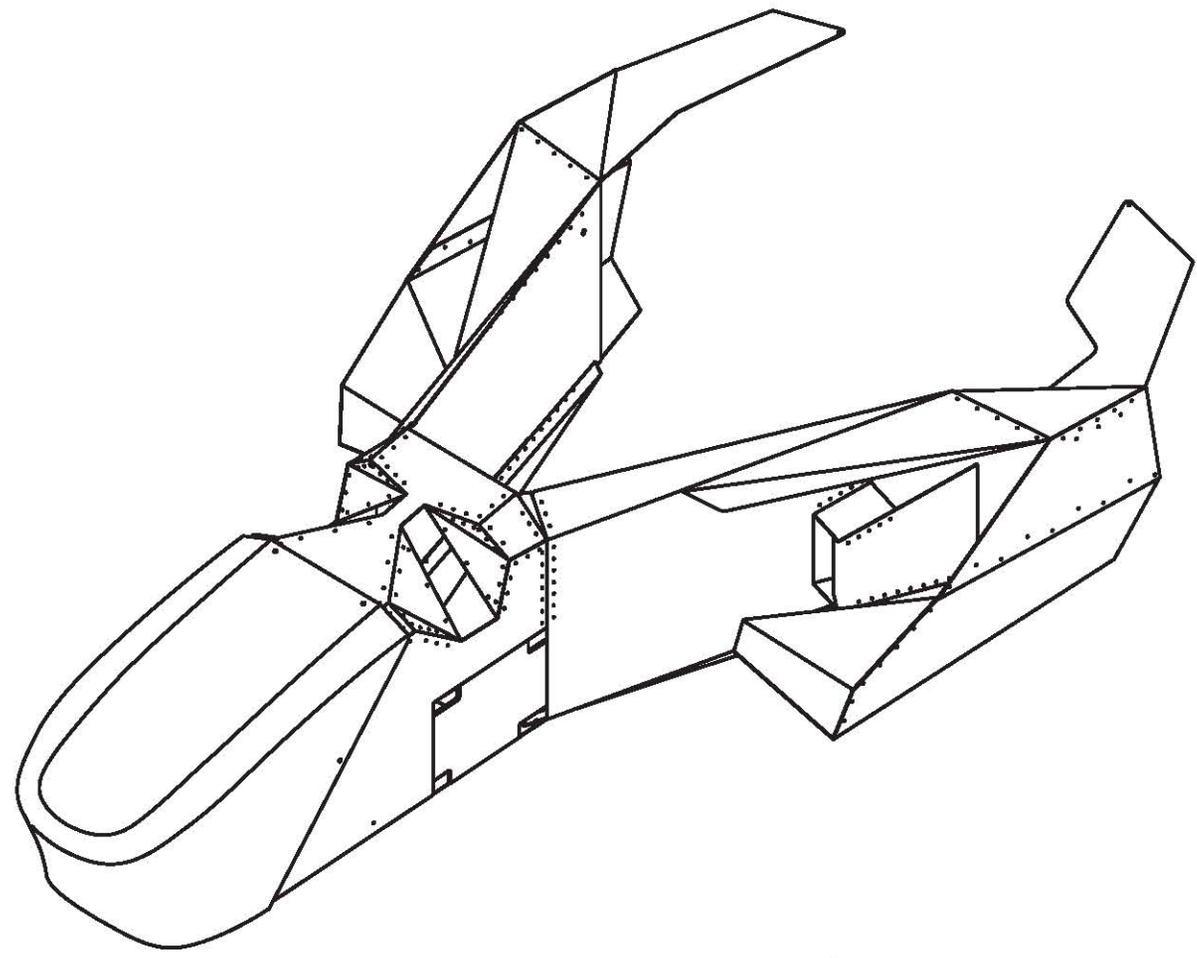
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

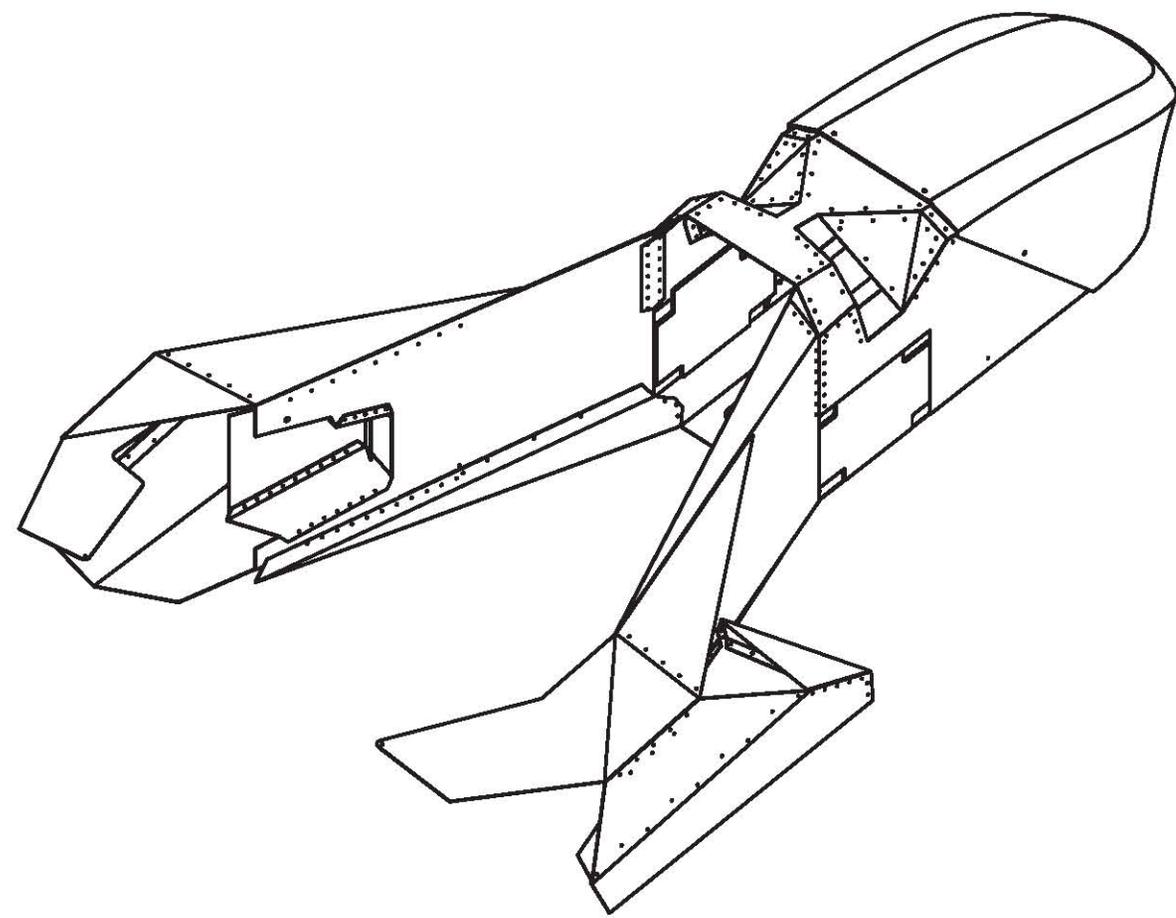
C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:15
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Perspectiva delantera		cotas mm	2/56

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:15
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Perspectiva trasera		cotas mm	3/56

D

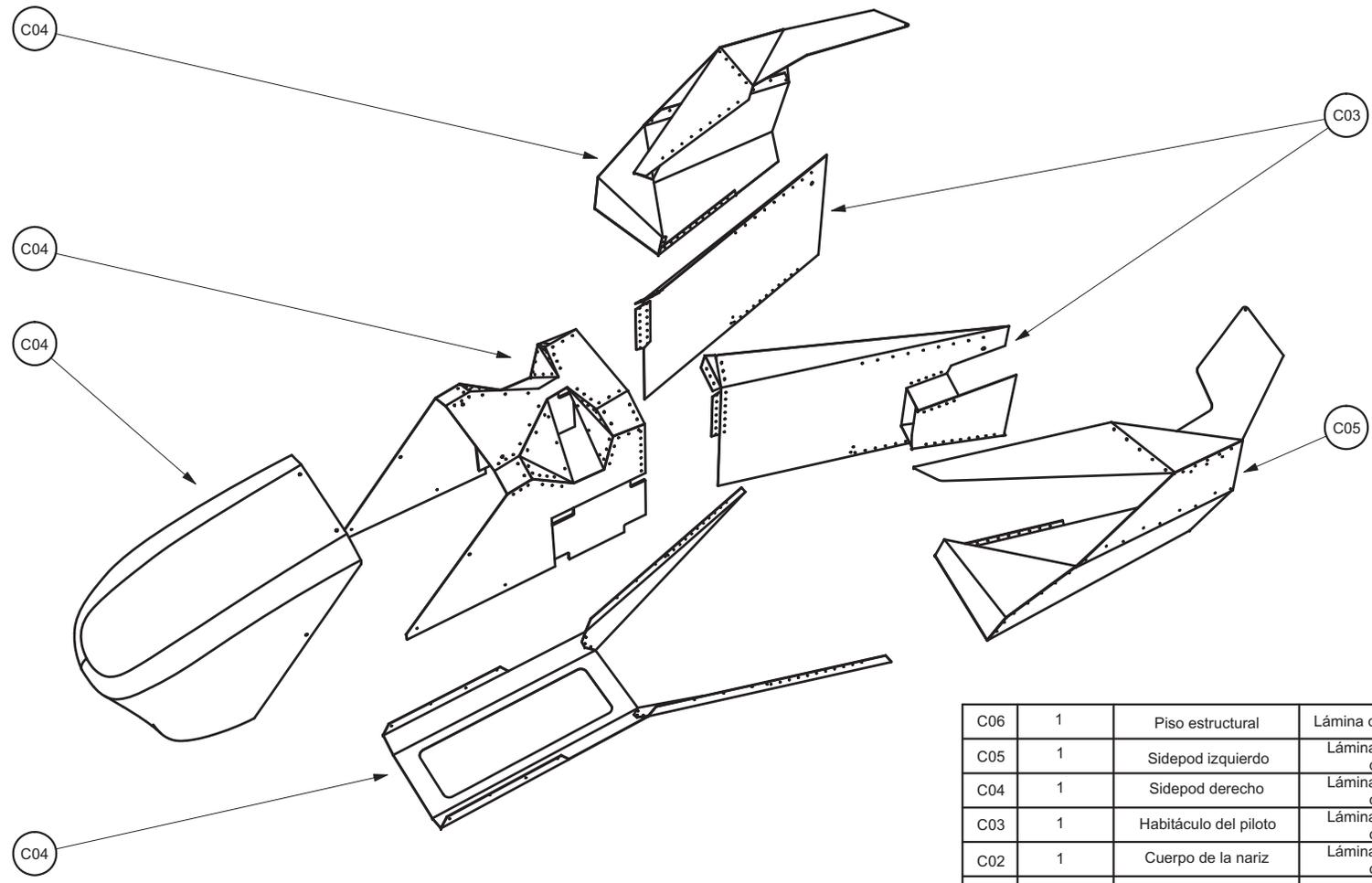
no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B

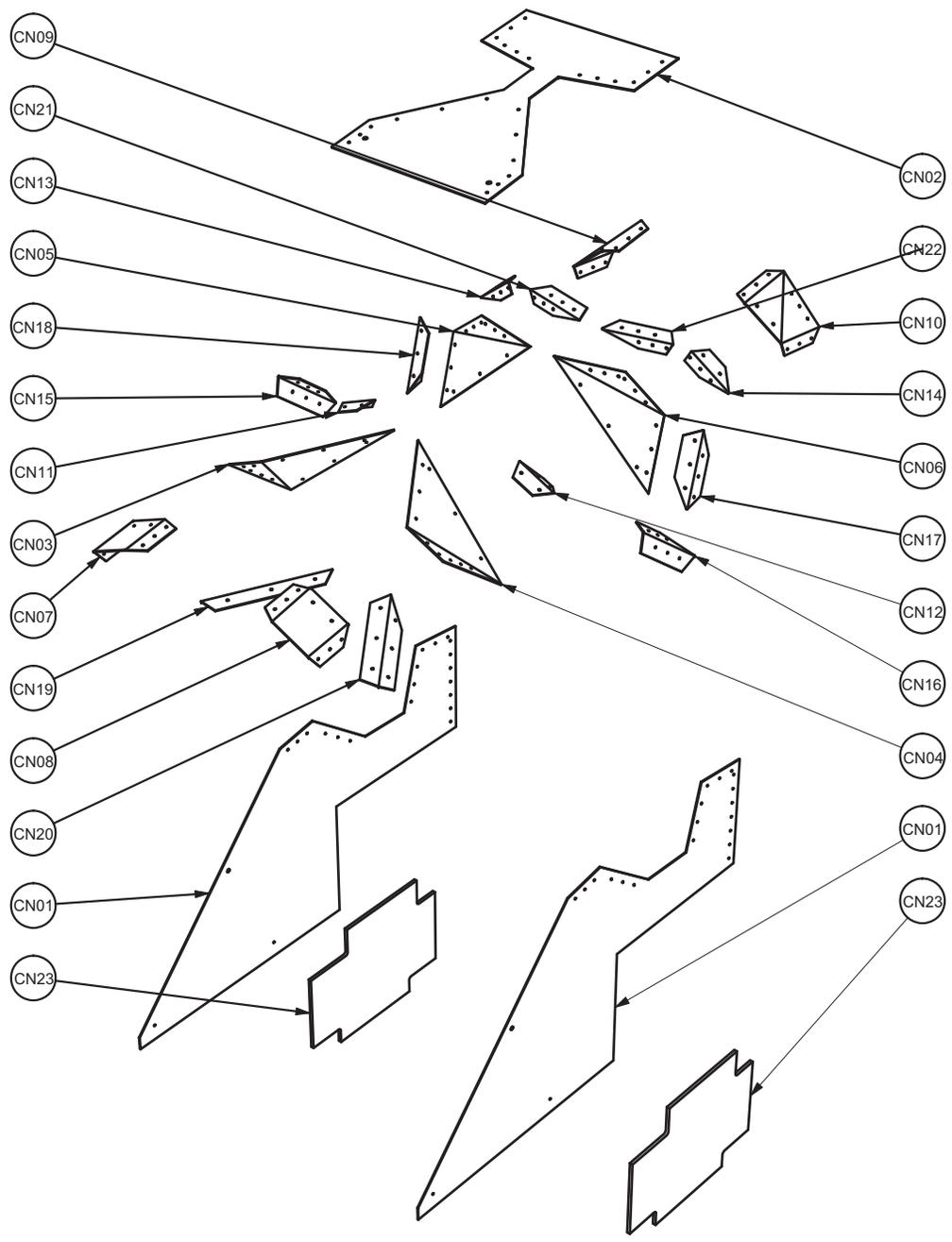
C

D



C06	1	Piso estructural	Lámina de acero cal. 16	corte y doblado, ensambles mecánicos, pintura automotiva
C05	1	Sidepod izquierdo	Lámina de aluminio cal. 16	corte y doblado, ensambles mecánicos, pintura automotiva
C04	1	Sidepod derecho	Lámina de aluminio cal. 16	corte y doblado, ensambles mecánicos, pintura automotiva
C03	1	Habitáculo del piloto	Lámina de aluminio cal. 16	corte y doblado, ensambles mecánicos, pintura automotiva
C02	1	Cuerpo de la nariz	Lámina de aluminio cal. 16	corte y doblado, ensambles mecánicos, pintura automotiva
C01	1	Nariz	PRFV	moldeo directo sobre la matriz, pintura automotiva
clave	cant.	nombre	material	proceso y acabado

Brian André Hollands Torres		UNAM Motorsports		fecha 05 / 2012	esc.
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010				carta	
Despiece explosivo por subensambles				cotas mm	4/56



no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó
CN23	2	Cerramiento suspensión	Lámina de PVC espumado 6 mm	
CN22	1	Unión PS-CA trasera izquierda	Lámina de aluminio cal. 16	
CN21	1	Unión PS-CA trasera derecha	Lámina de aluminio cal. 16	
CN20	1	Unión PS-CA delantera izquierda	Lámina de aluminio cal. 16	
CN19	1	Unión PS-CA delantera derecha	Lámina de aluminio cal. 16	
CN18	1	Unión PL-CA trasera izquierda	Lámina de aluminio cal. 16	
CN17	1	Unión PL-CA trasera derecha	Lámina de aluminio cal. 16	
CN16	1	Unión PL-CA delantera izquierda	Lámina de aluminio cal. 16	
CN15	1	Unión PL-CA delantera derecha	Lámina de aluminio cal. 16	
CN14	1	Unión IS-CA trasera izquierda	Lámina de aluminio cal. 16	
CN13	1	Unión IS-CA trasera derecha	Lámina de aluminio cal. 16	
CN12	1	Unión IS-CA delantera izquierda	Lámina de aluminio cal. 16	
CN11	1	Unión IS-CA delantera derecha	Lámina de aluminio cal. 16	
CN10	1	Intercepción superior delantera izquierda	Lámina de aluminio cal. 16	
CN09	1	Intercepción superior trasera derecha	Lámina de aluminio cal. 16	
CN08	1	Intercepción superior delantera izquierda	Lámina de aluminio cal. 16	
CN07	1	Intercepción superior delantera derecha	Lámina de aluminio cal. 16	
CN06	1	Cerramiento amortiguador trasero izquierdo	Lámina de aluminio cal. 16	
CN05	1	Cerramiento amortiguador trasero derecho	Lámina de aluminio cal. 16	
CN04	1	Cerramiento amortiguador frontal izquierdo	Lámina de aluminio cal. 16	
CN03	1	Cerramiento amortiguador frontal derecho	Lámina de aluminio cal. 16	
CN02	1	Panel superior	Lámina de aluminio cal. 16	
CN01	2	Panel lateral	Lámina de aluminio cal. 16	
clave	cant.	nombre	material	proceso y acabado

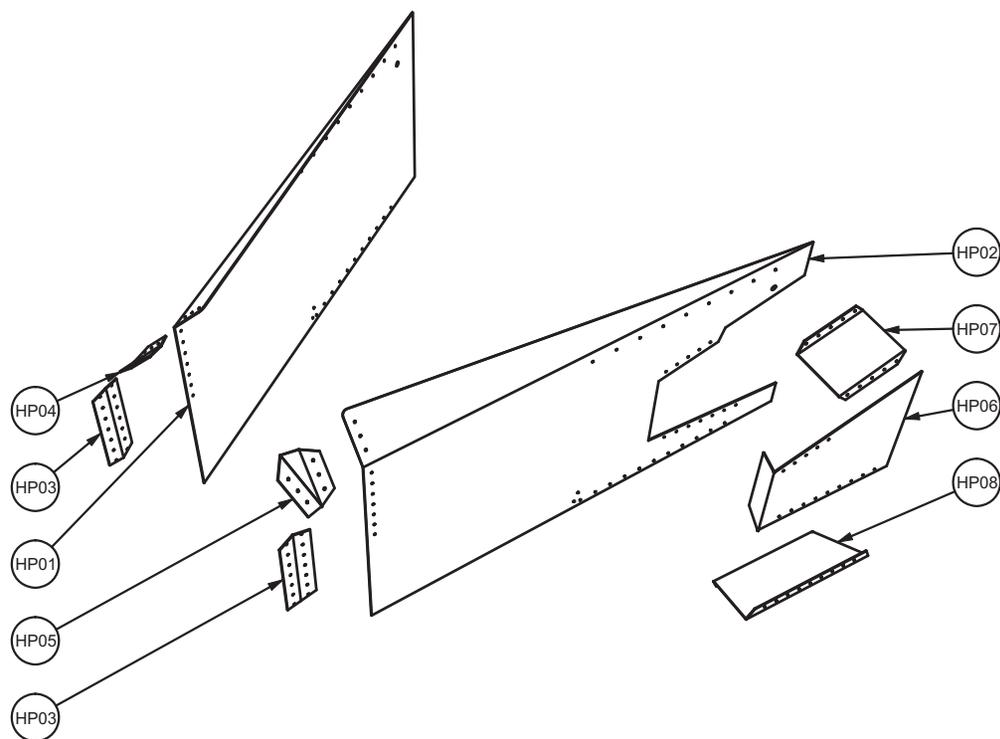
B

C

Brian André Hollands Torres		UNAM Motorsports		fecha	esc.
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010			05 / 2012	carta	
Despiece explosivo del subensamble C02 Cuerpo de la nariz				cotas mm	5/56

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



HP08	1	Pared inferior ECU	Lámina de aluminio cal. 16	corte, doblado y barrenado
HP07	1	Pared superior ECU	Lámina de aluminio cal. 16	corte, doblado y barrenado
HP06	1	Pared lateral ECU	Lámina de aluminio cal. 16	corte, doblado y barrenado
HP05	1	Unión P-IS izquierda	Lámina de aluminio cal. 16	corte, doblado y barrenado
HP04	1	Unión P-IS derecha	Lámina de aluminio cal. 16	corte, doblado y barrenado
HP03	2	Unión PL-PL	Lámina de aluminio cal. 16	corte, doblado y barrenado
HP02	1	Panel lateral izquierdo	Lámina de aluminio cal. 16	corte, doblado y barrenado
HP01	1	Panel lateral derecho	Lámina de aluminio cal. 16	corte, doblado y barrenado
clave	cant.	nombre	material	proceso y acabado

Brian André
Hollands Torres

UNAM
Motorsports

fecha
05 / 2012

esc.

Carrocería de Competencia
Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010

carta



Despiece explosivo del subensamble
C03 Habitáculo del piloto

cotas
mm

6/56

A

B

C

D

1

2

3

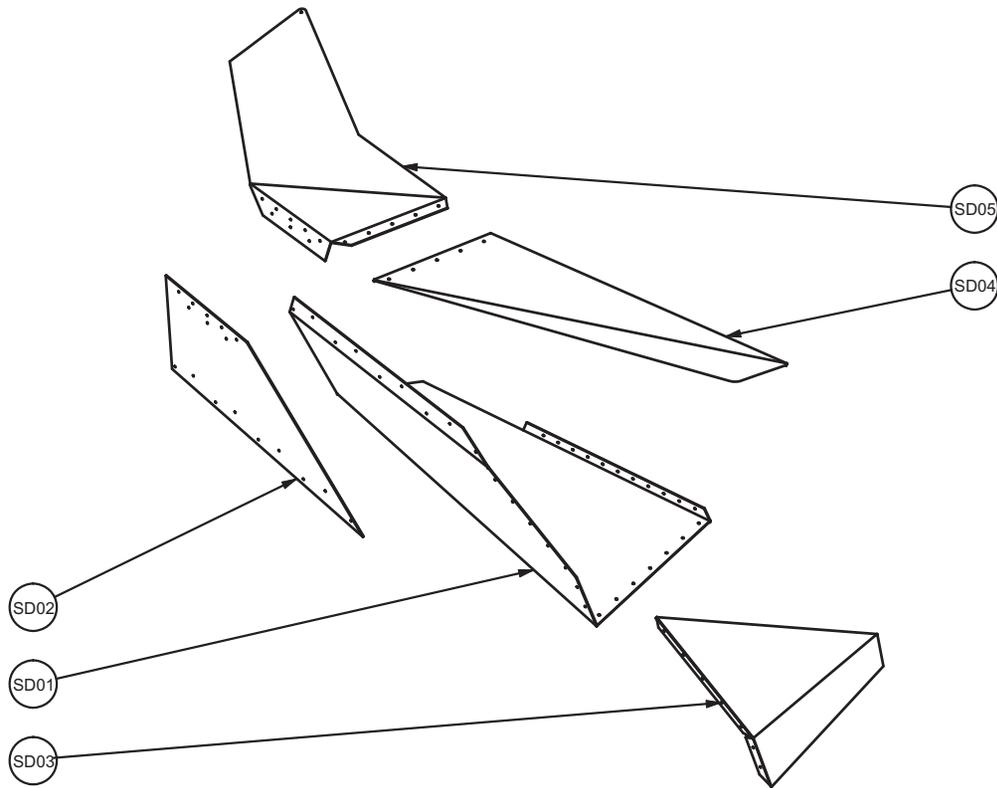
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

SD05	1	Coleta	Lámina de aluminio cal. 16	corfe, doblado y barrenado
SD04	1	Cerramiento superior	Lámina de aluminio cal. 16	corfe, doblado y barrenado
SD03	1	Cerramiento inferior	Lámina de aluminio cal. 16	corfe, doblado y barrenado
SD02	1	Panel lateral	Lámina de aluminio cal. 16	corfe y barrenado
SD01	1	Panel inferior	Lámina de aluminio cal. 16	corfe, doblado y barrenado
clave	cant.	nombre	material	proceso y acabado

Brian André
Hollands Torres

UNAM
Motorsports

fecha
05 / 2012

esc.

Carrocería de Competencia
Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010

carta



D

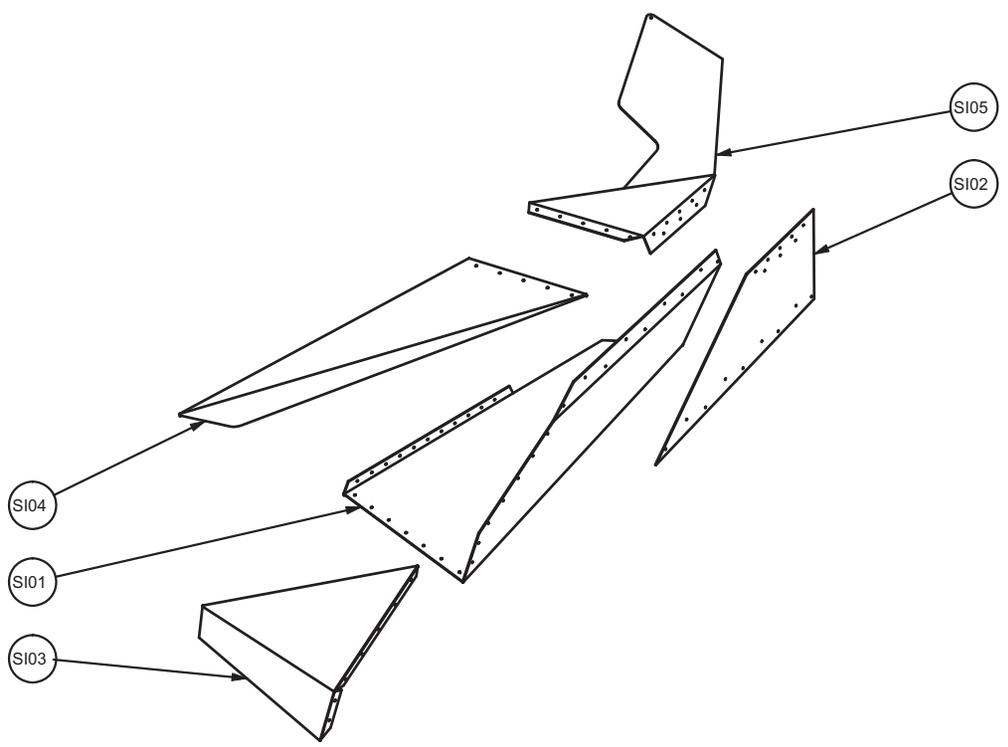
Despiece explosivo del subensamble
C04 Sidepod derecho

cotas
mm

7/56

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

SI05	1	Coleta	Lámina de aluminio cal. 16	corfe, doblado y barrenado
SI04	1	Cerramiento superior	Lámina de aluminio cal. 16	corfe, doblado y barrenado
SI03	1	Cerramiento inferior	Lámina de aluminio cal. 16	corfe, doblado y barrenado
SI02	1	Panel lateral	Lámina de aluminio cal. 16	corfe y barrenado
SI01	1	Panel inferior	Lámina de aluminio cal. 16	corfe, doblado y barrenado
clave	cant.	nombre	material	proceso y acabado

D

Brian André Hollands Torres		UNAM Motorsports		fecha 05 / 2012	esc.
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010				carta	
Despiece explosivo del subensamble C05 Sidepod izquierdo				cotas mm	8/56

1

2

3

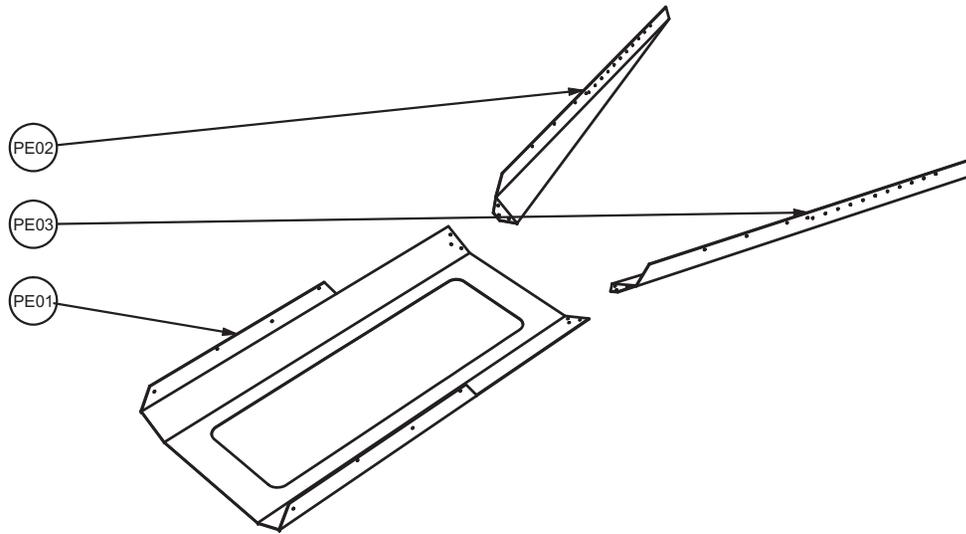
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

PE03	1	Piso lateral izquierdo	Lámina de acero cal. 16	corfe, doblado y barrenado
PE02	1	Piso lateral derecho	Lámina de acero cal. 16	corfe, doblado y barrenado
PE01	1	Piso frontal	Lámina de acero cal. 16	corfe, doblado y barrenado
clave	cant.	nombre	material	proceso y acabado

Brian André
Hollands Torres

UNAM
Motorsports

fecha
05 / 2012

esc.

Carrocería de Competencia
Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010

carta



D

Despiece explosivo del subensamble
C06 Piso estructural

cotas
mm

9/56

1

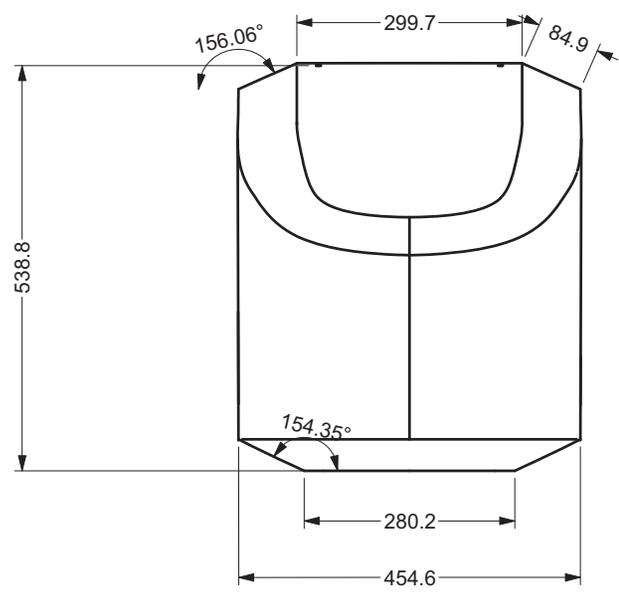
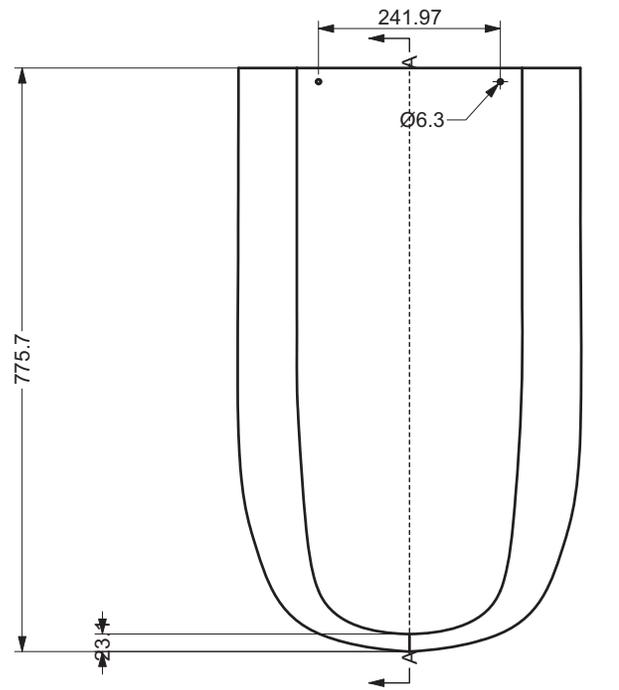
2

3

4

5

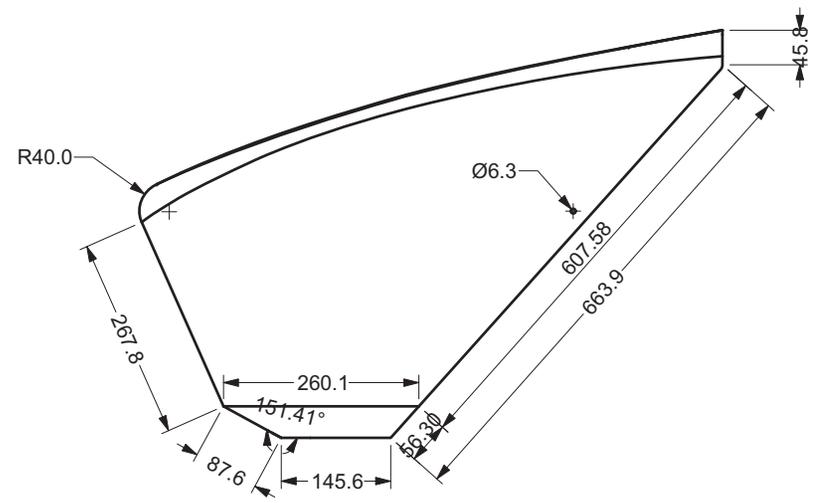
6



no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B



C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:10
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Vistas generales del subensamblé C01 Nariz		cotas mm	10/56

D

1

2

3

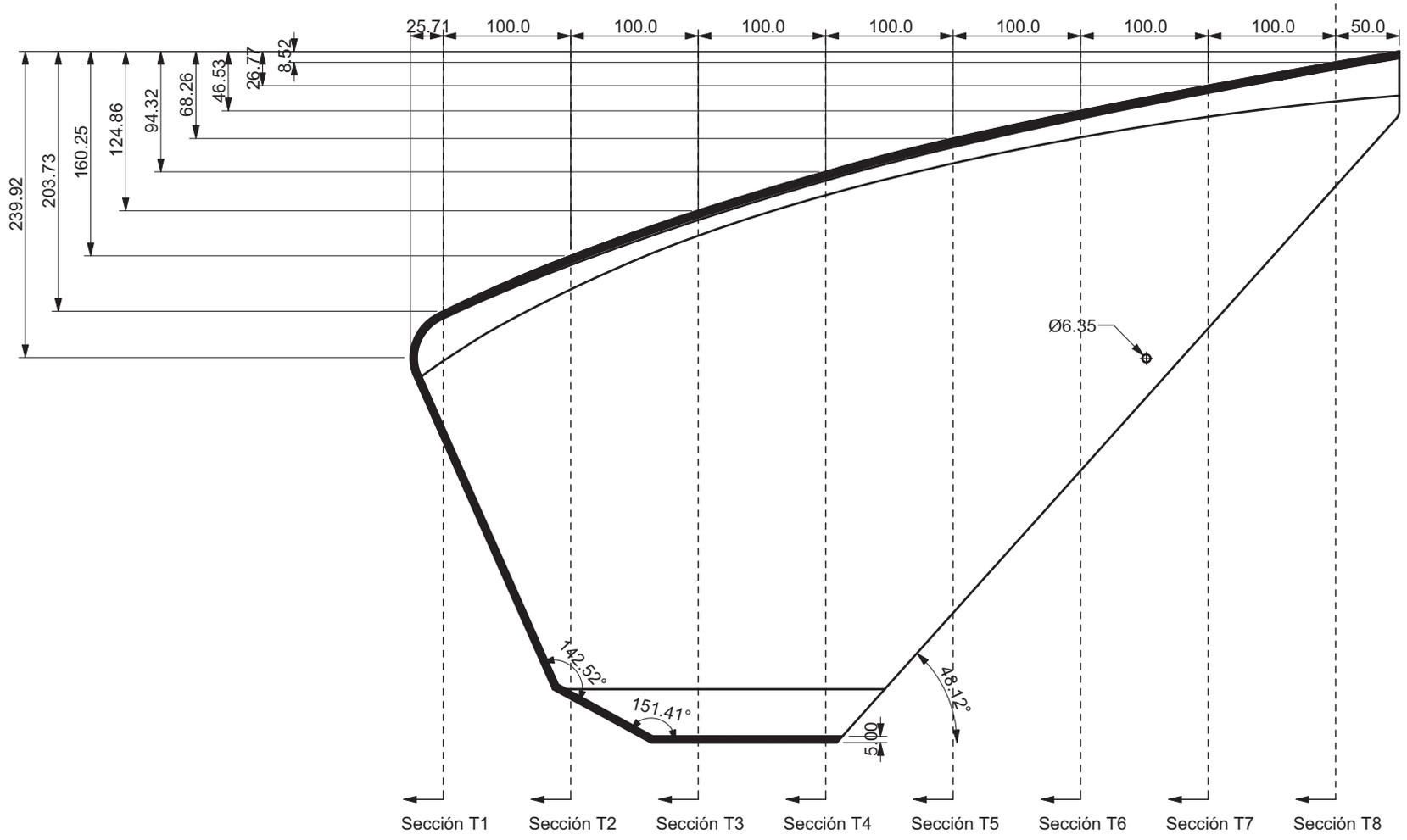
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:5
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Corte A subensamblable C01 Nariz		cotas mm	11/56

D

1

2

3

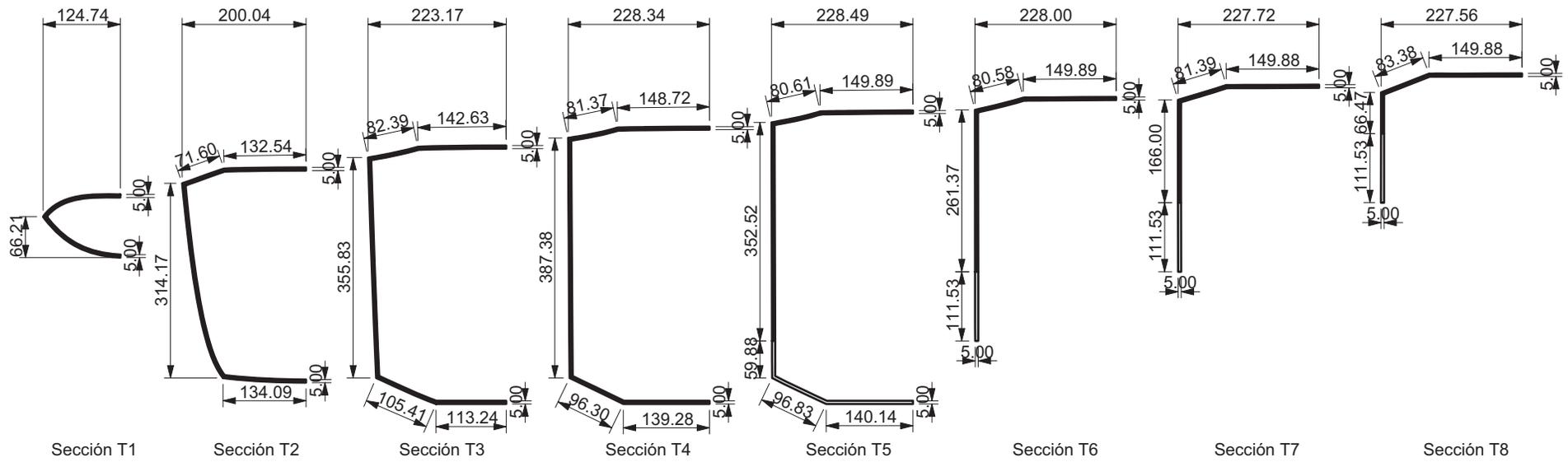
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



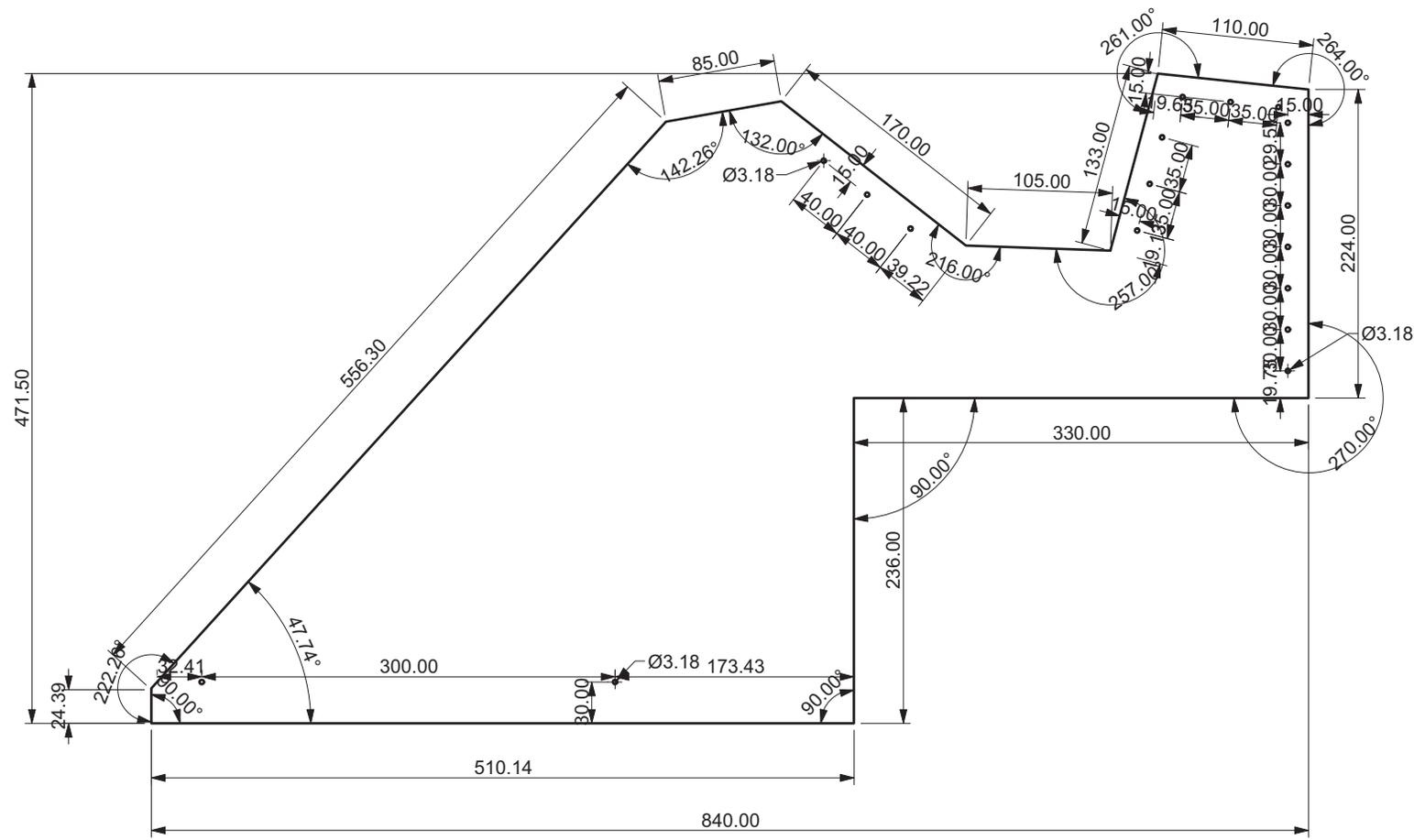
B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:10
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Secciones tranversales Corte A subensamble C01 Nariz		cotas mm	12/56

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:5
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN01 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	13/56

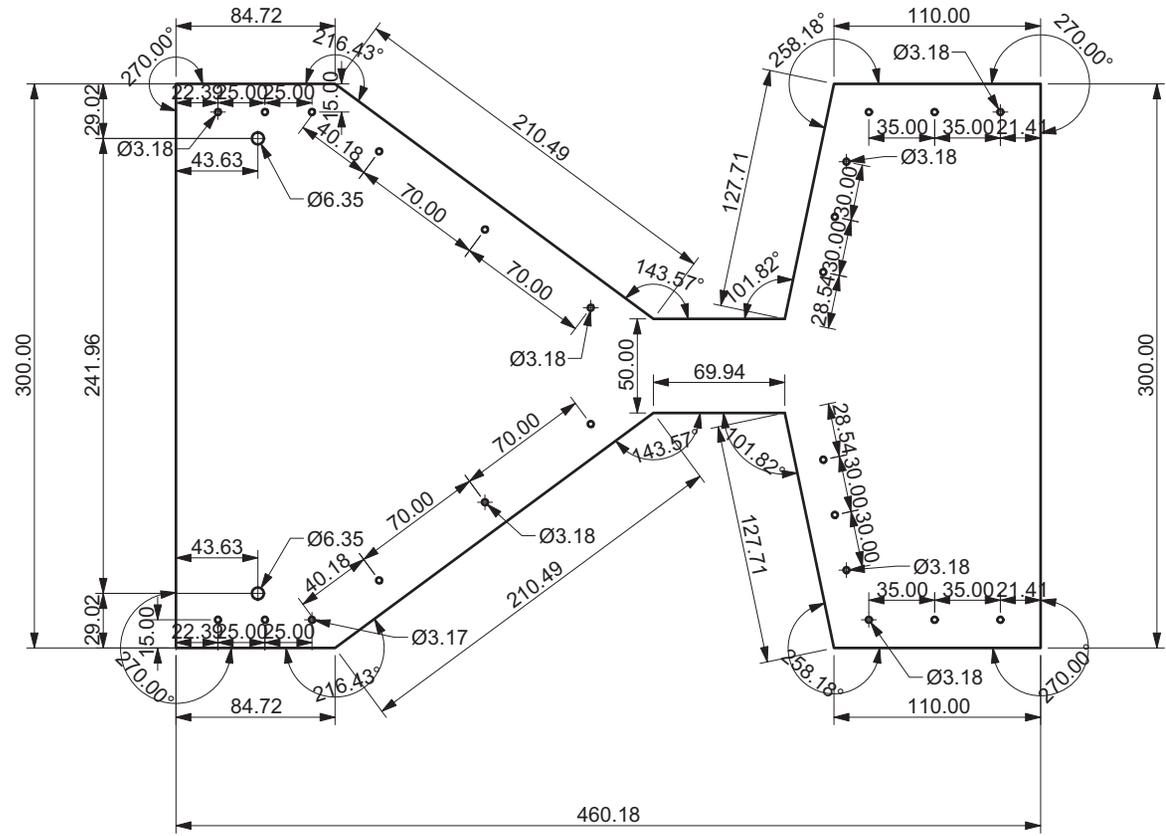
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:4
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN02 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	14/56

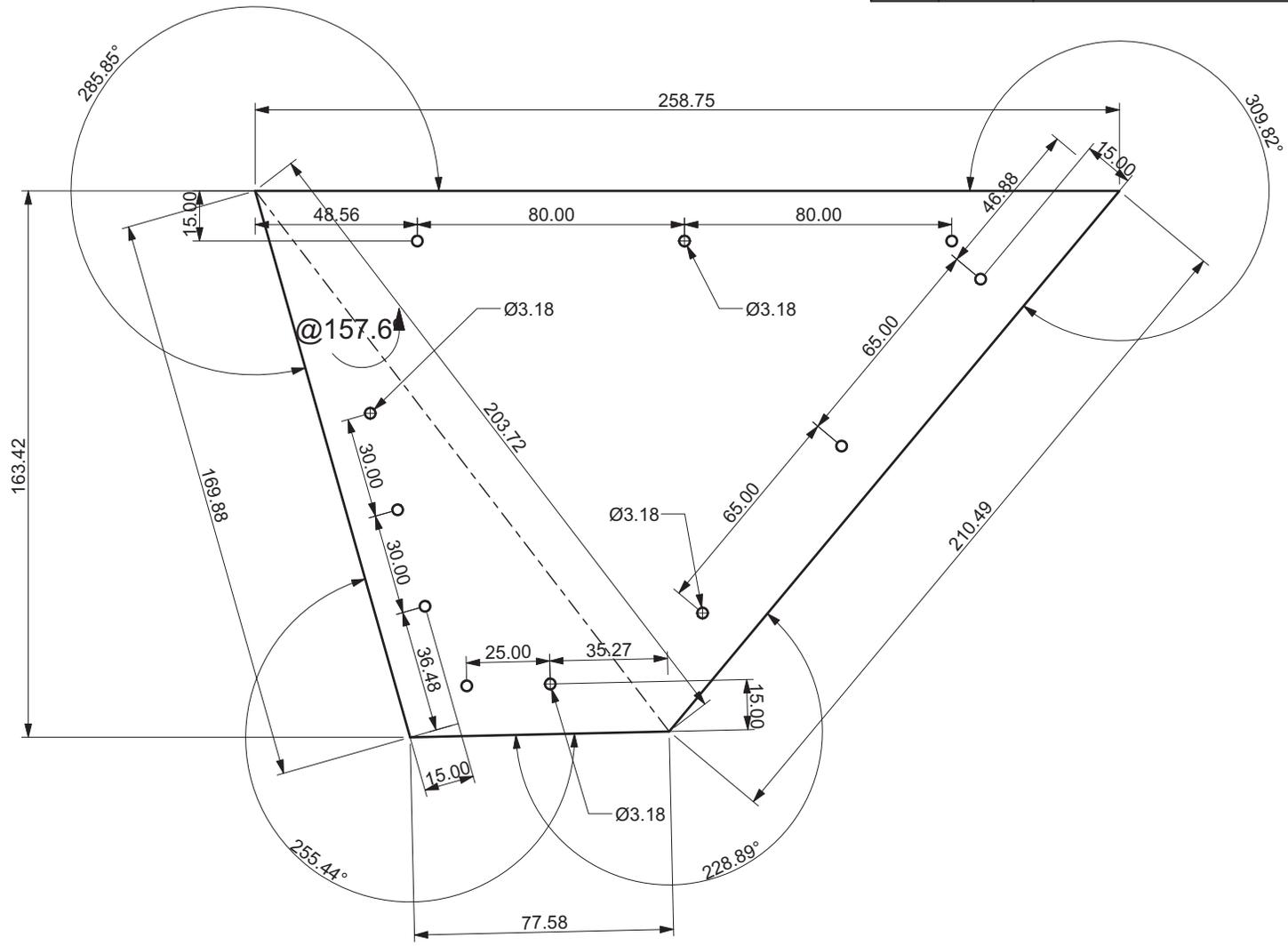
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:2
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN03 subensamblé C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	15/56

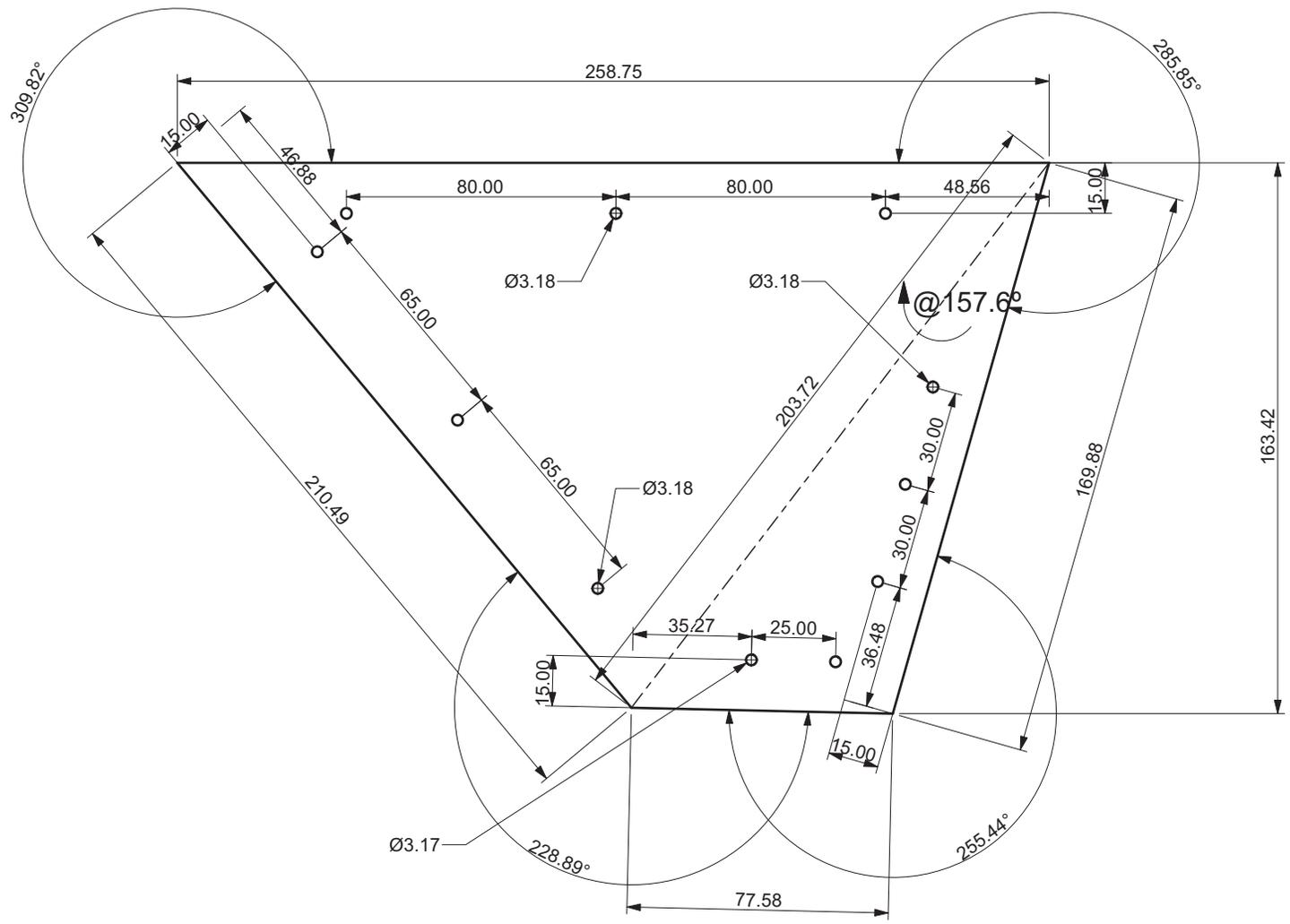
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:2
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN04 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	16/56

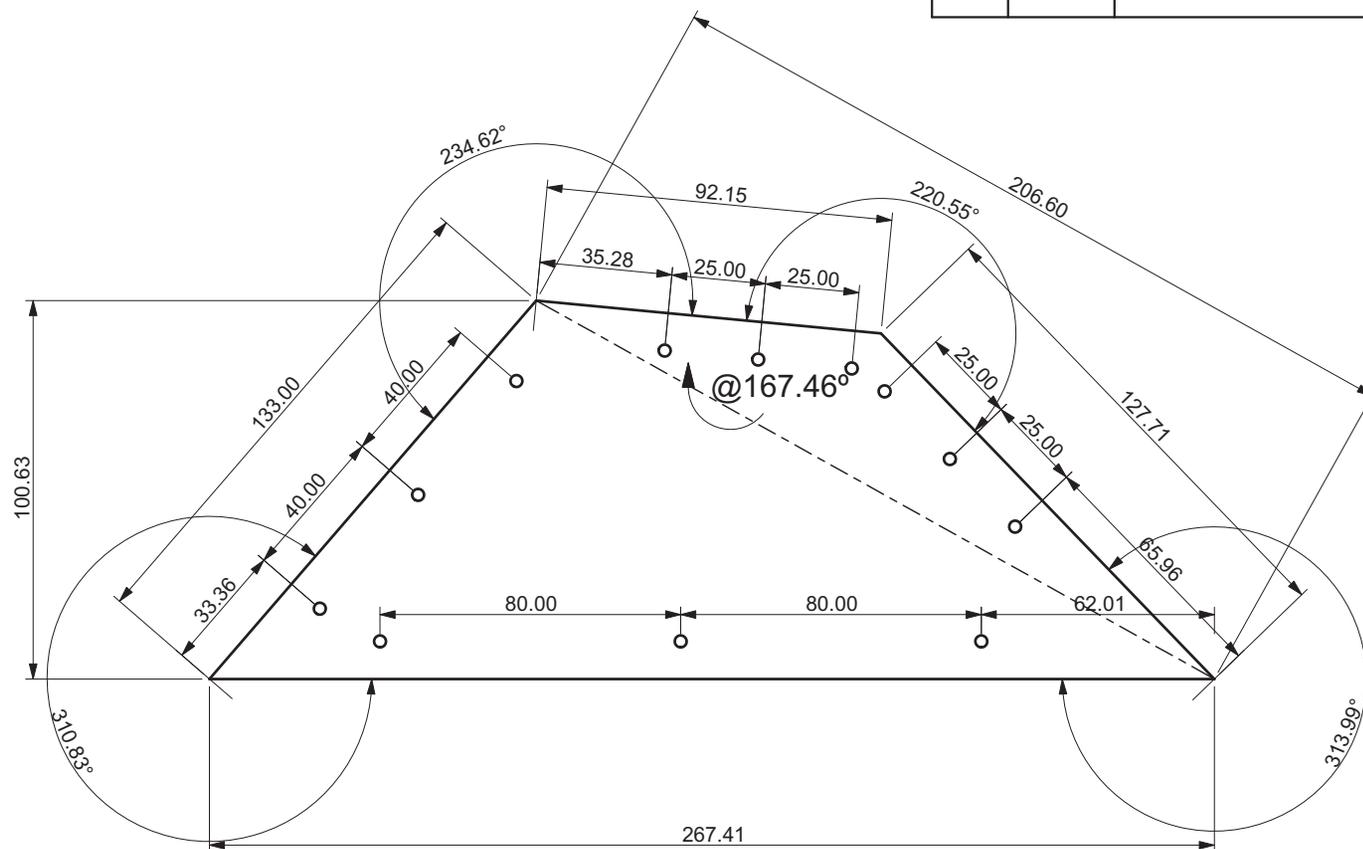
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:2
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN05 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	17/56

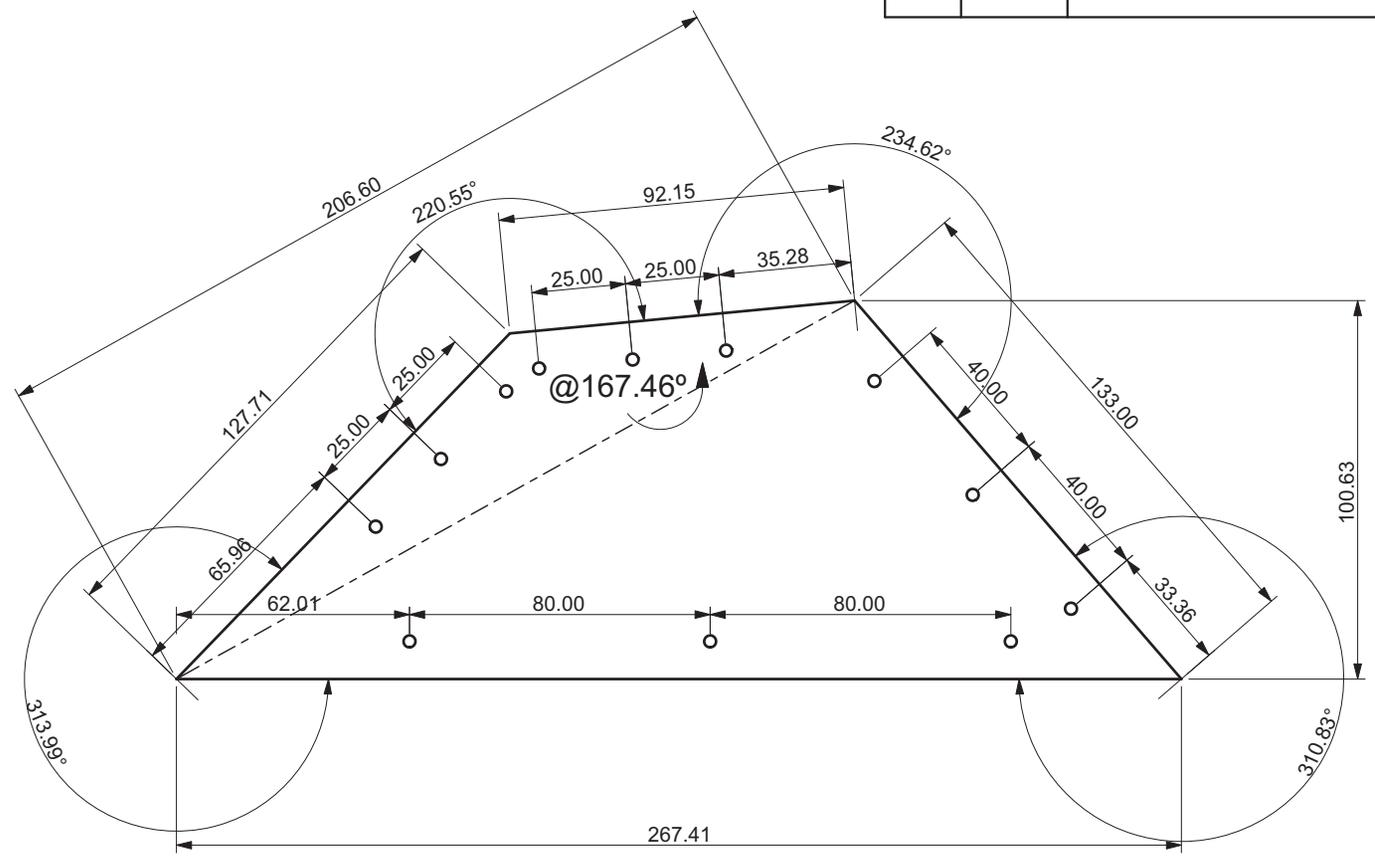
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:2
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN06 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	18/56

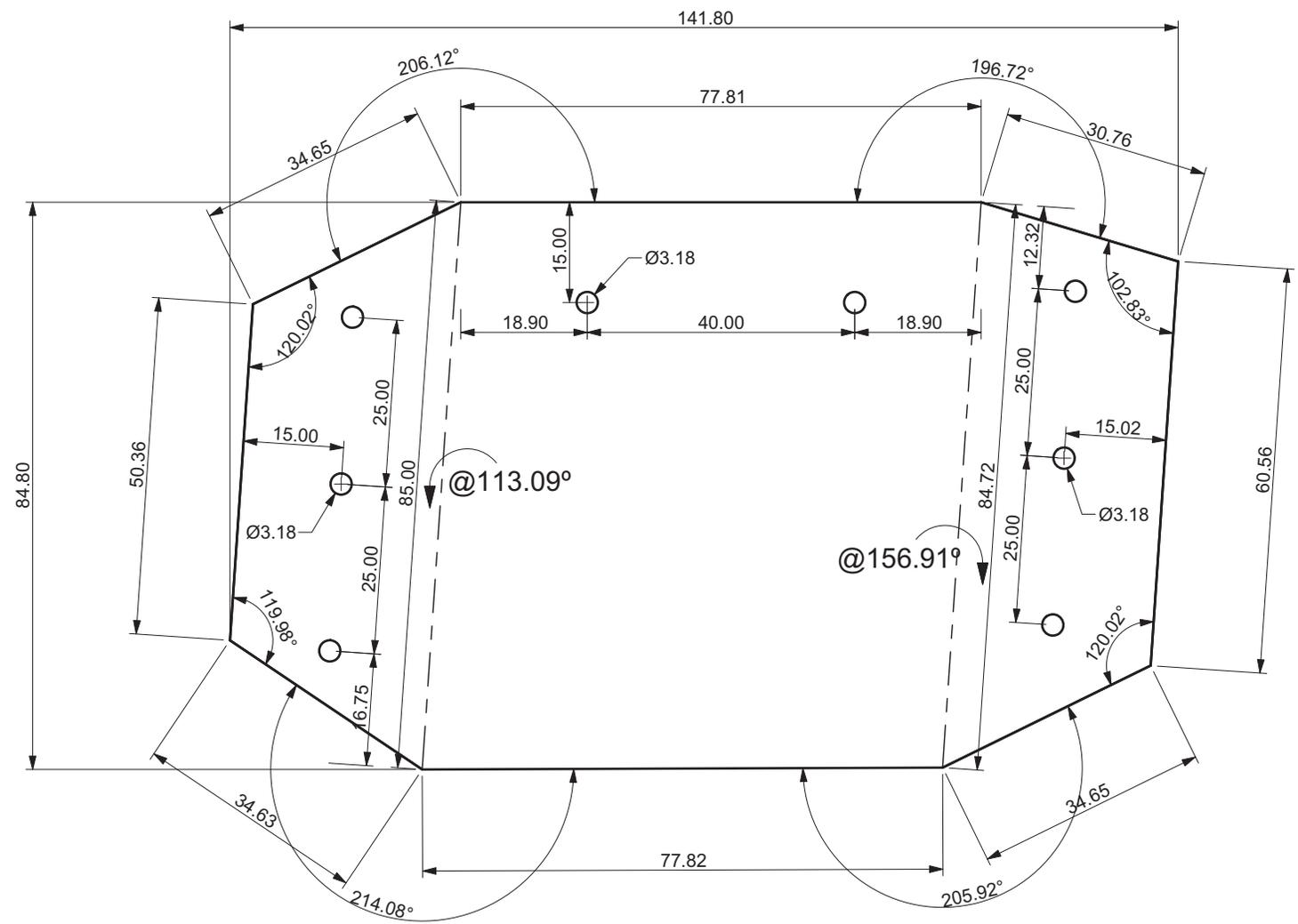
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN07 subensamblé C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	19/56

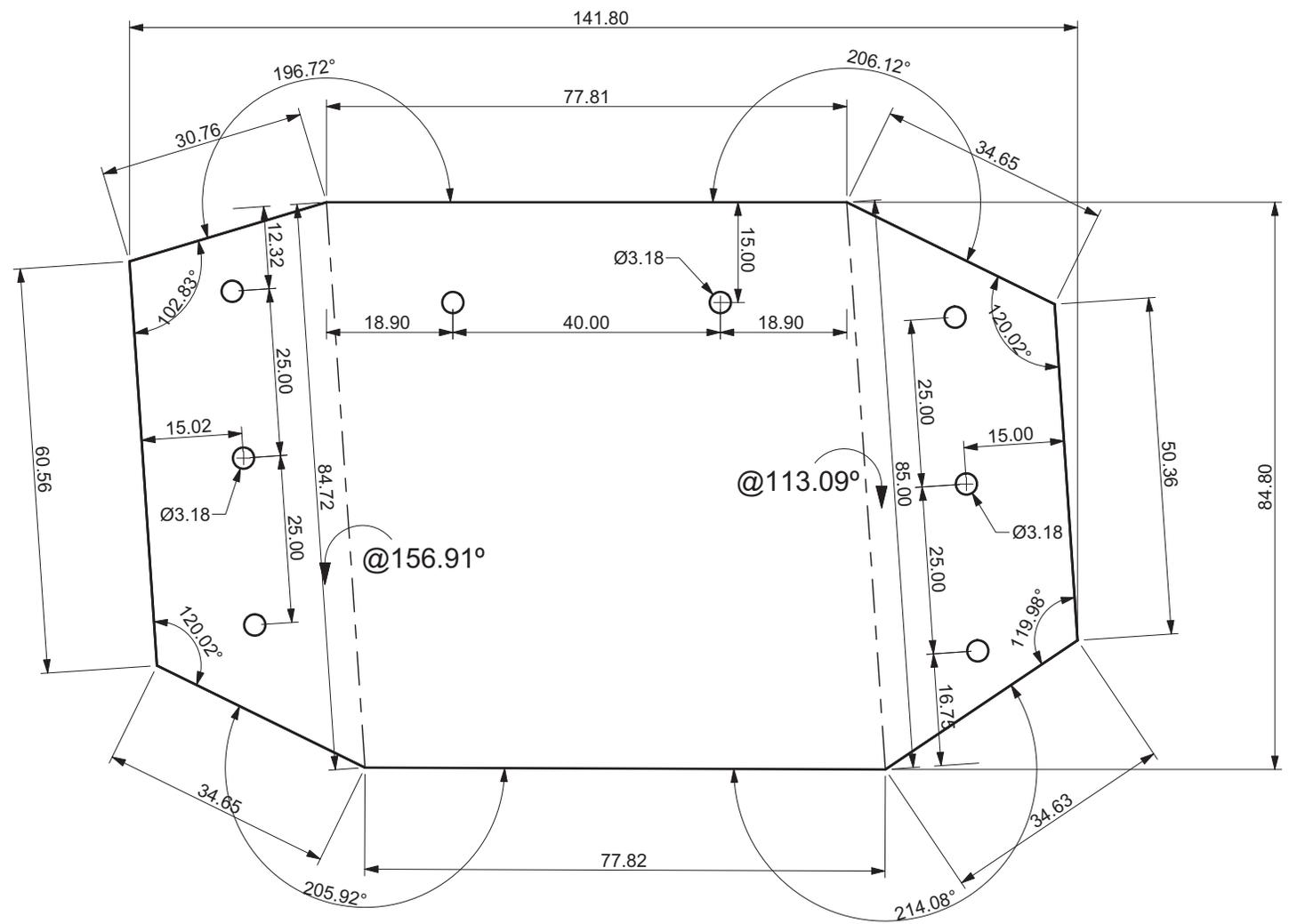
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN08 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	20/56

A

B

C

D

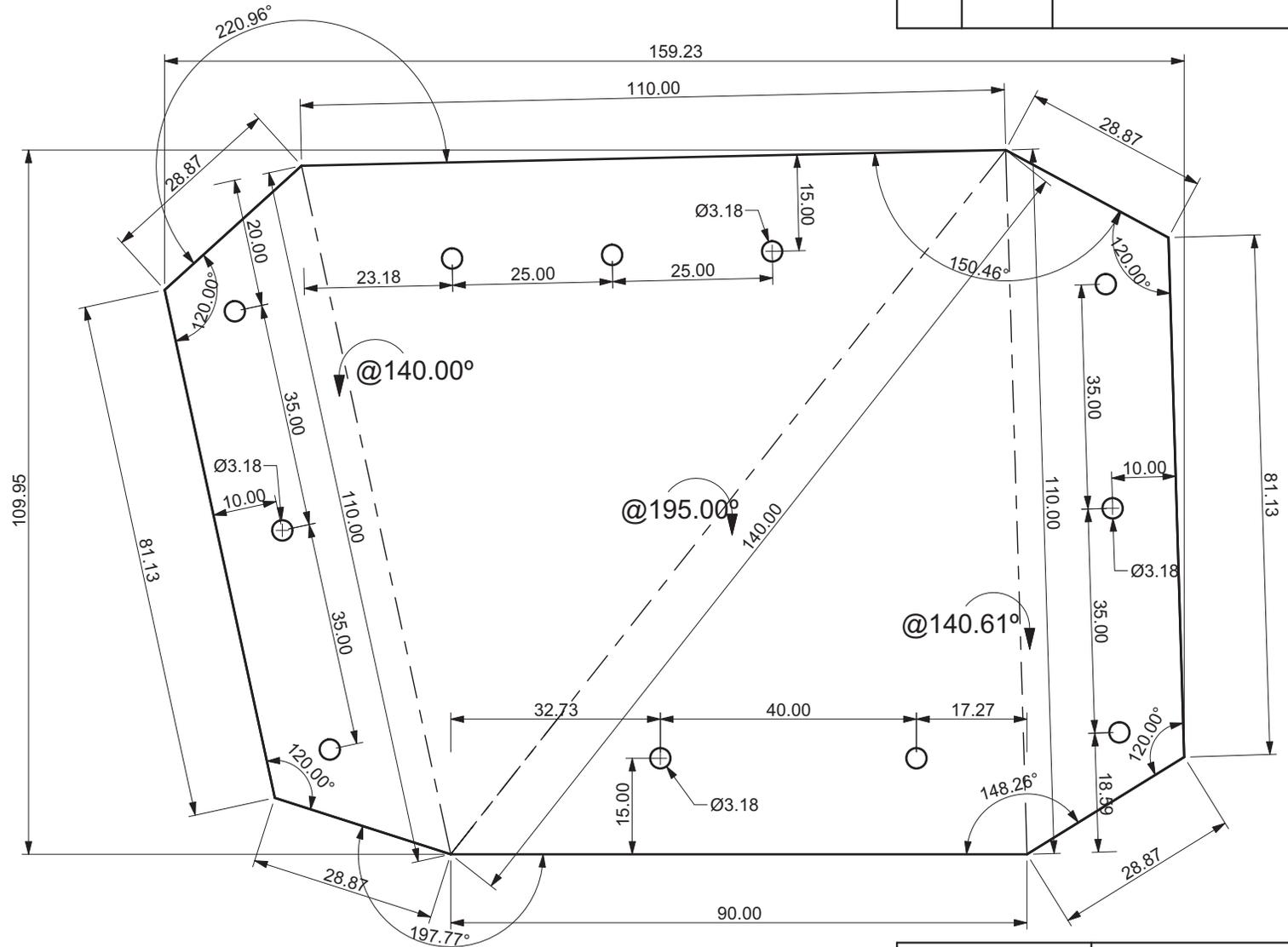
no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B

C

D



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN09 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	21/56

1

2

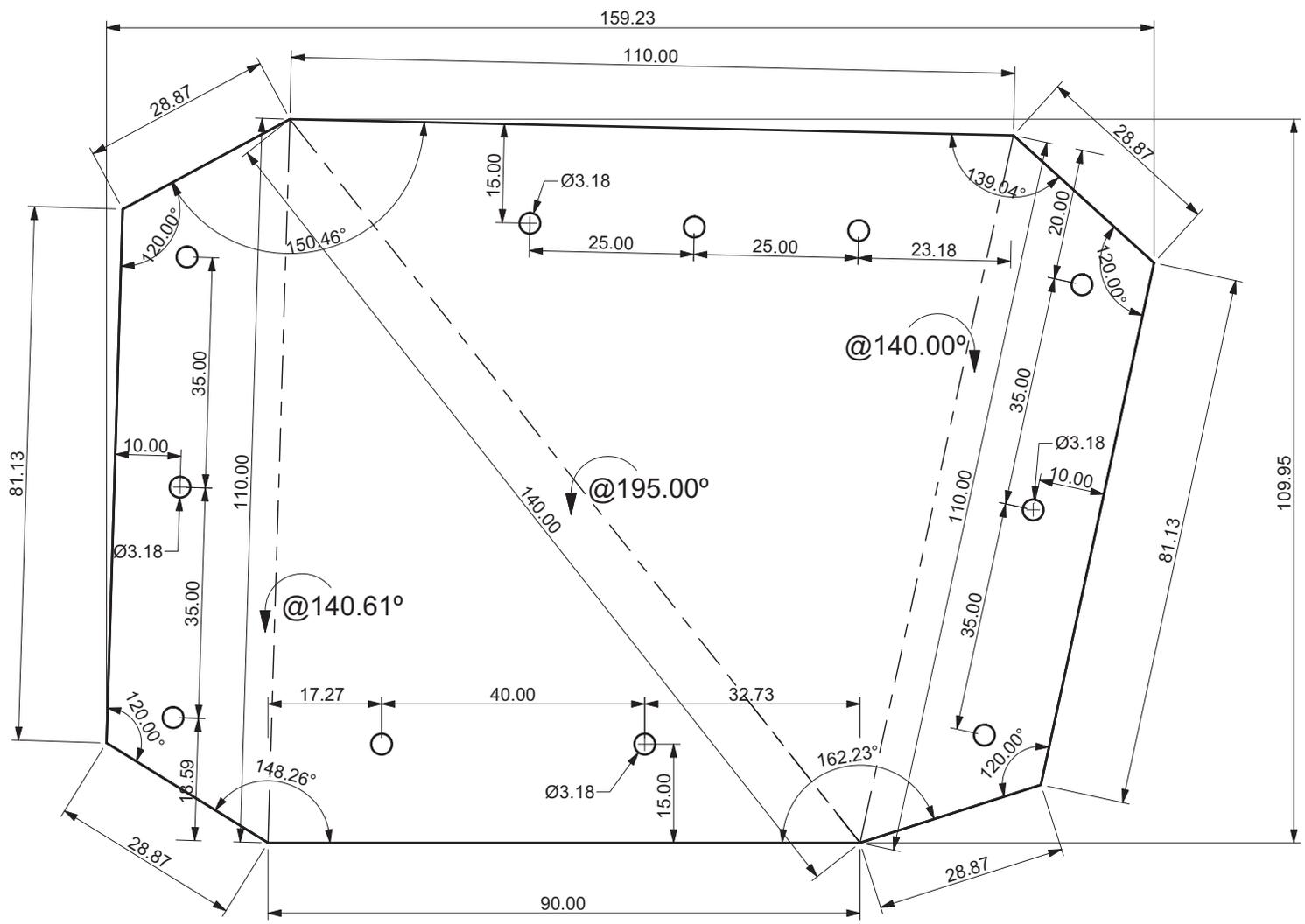
3

4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN10 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	22/56

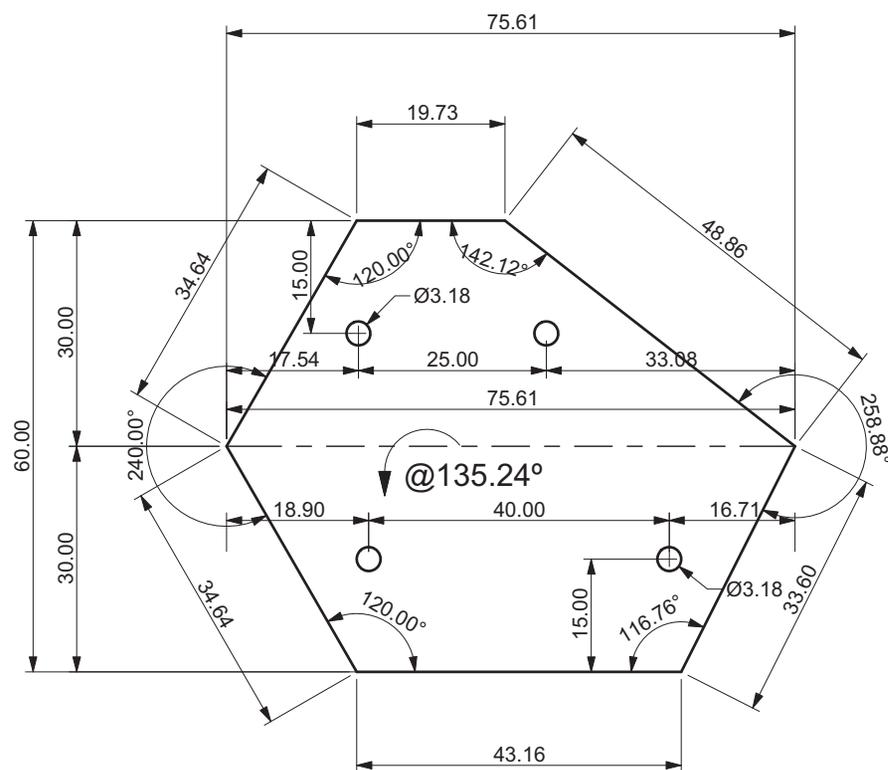
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN11 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	23/56

A

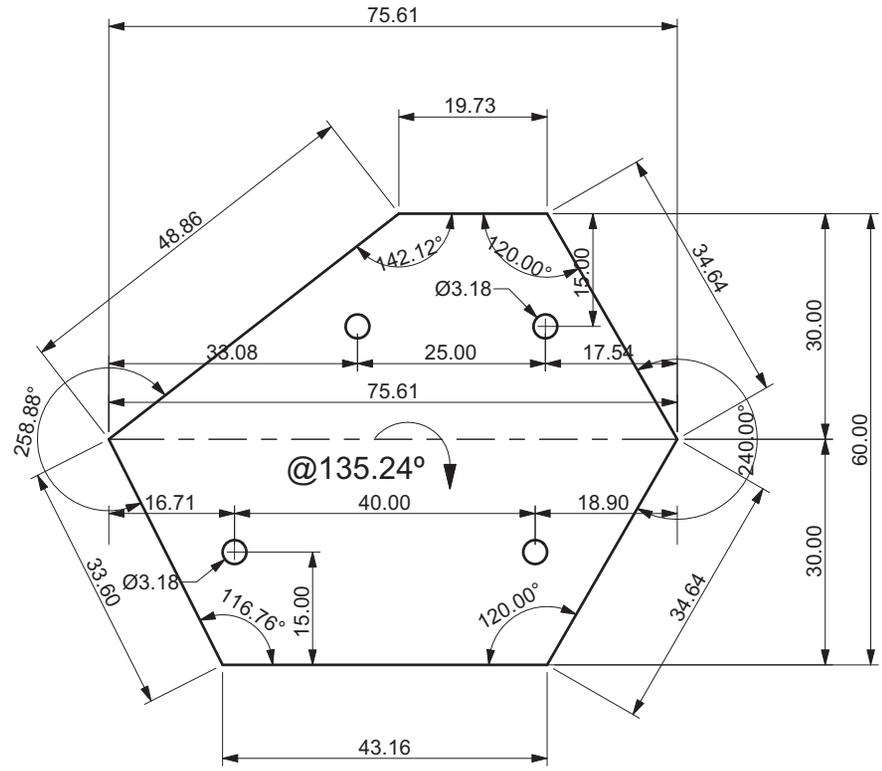
B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN12 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	24/56

D

1

2

3

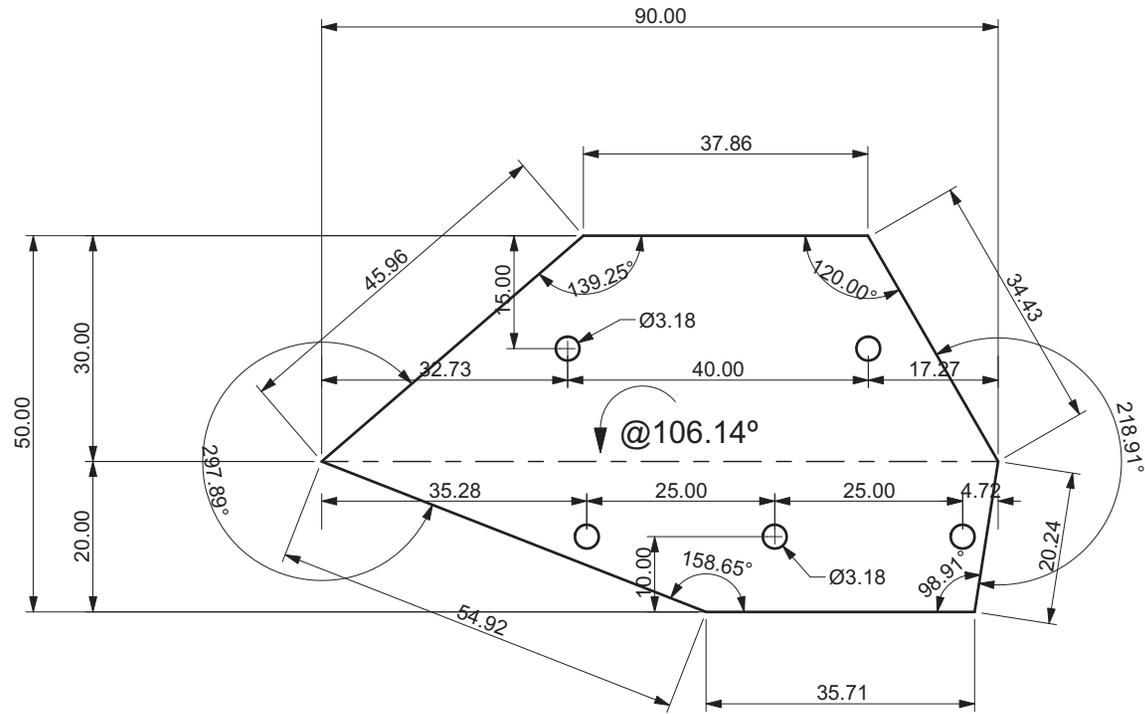
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN13 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	25/56

D

1

2

3

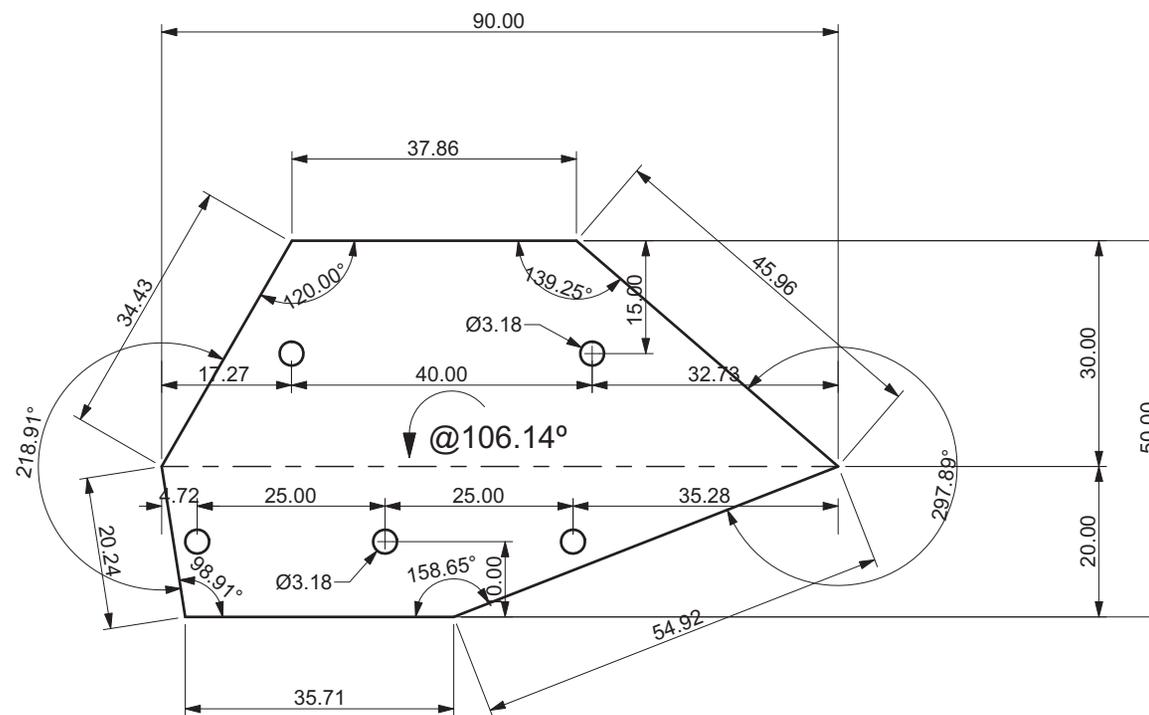
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN14 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	26/56

D

1

2

3

4

5

6

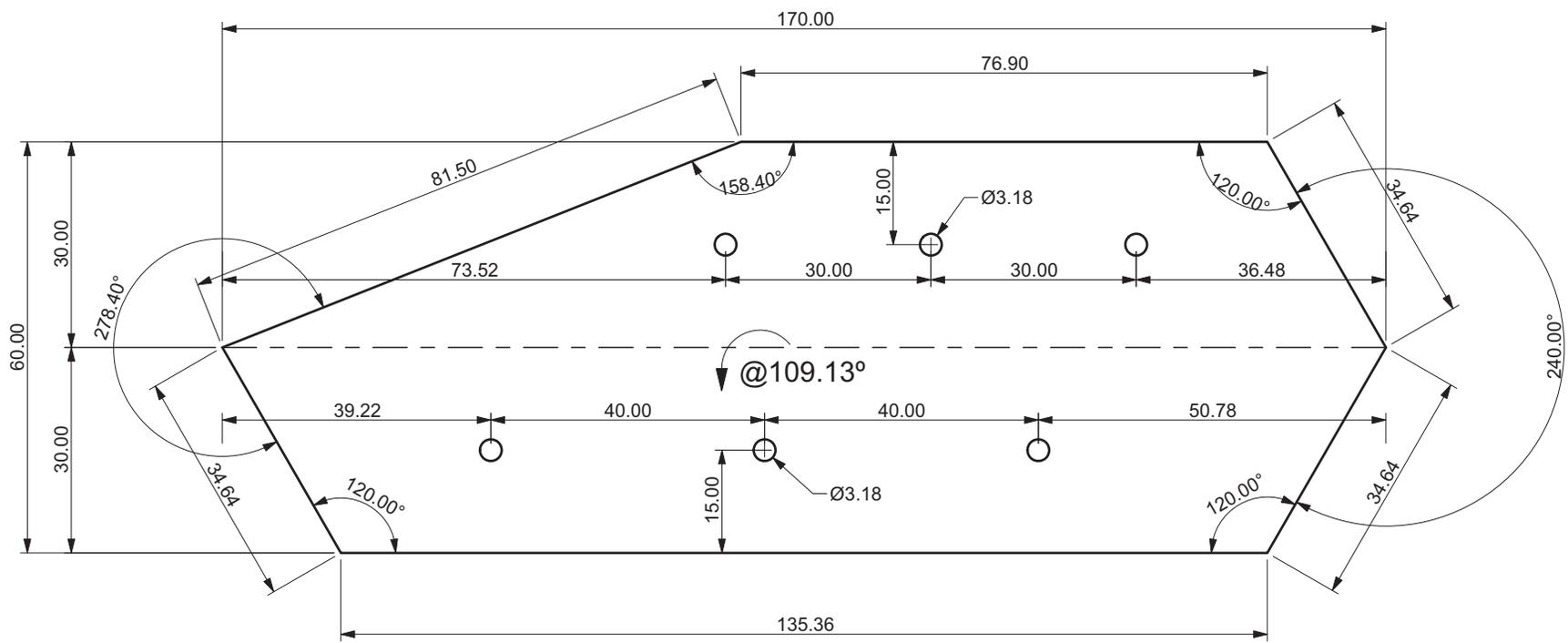
no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B

C

D



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN15 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	27/56

1

2

3

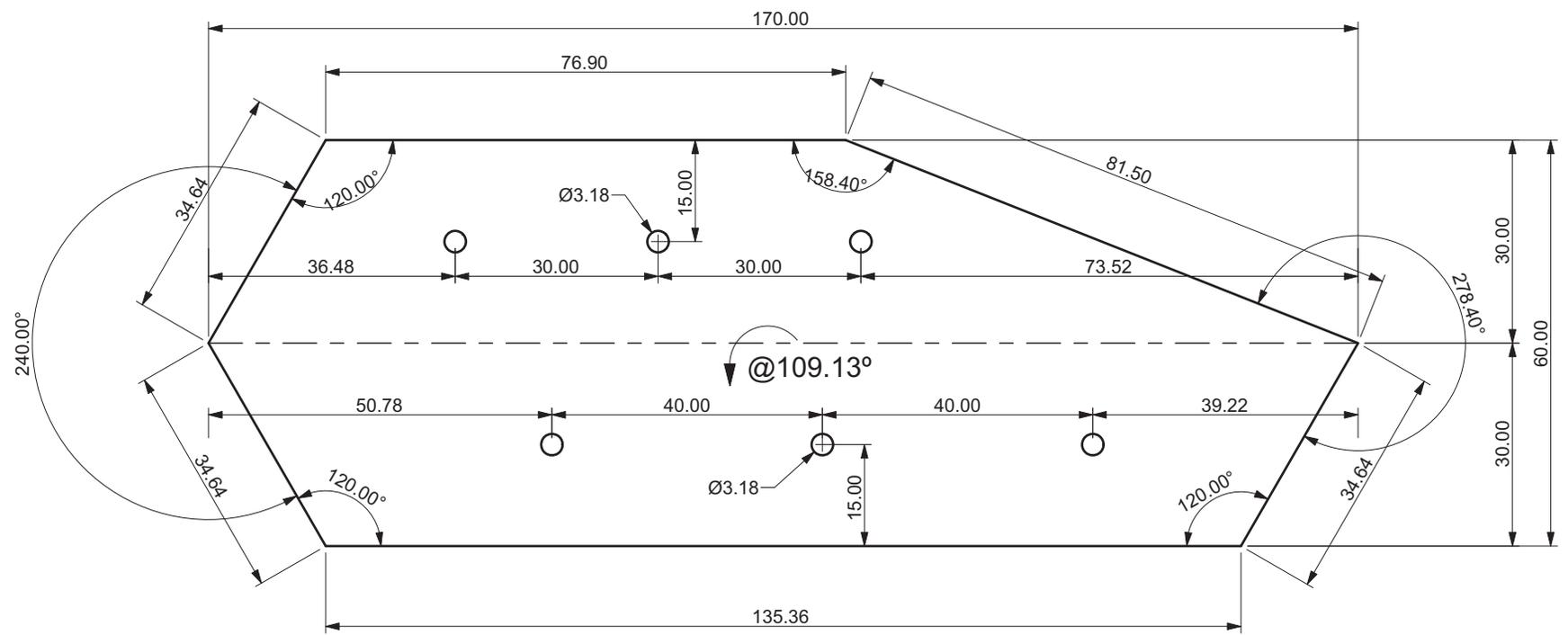
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN16 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	28/56

D

1

2

3

4

5

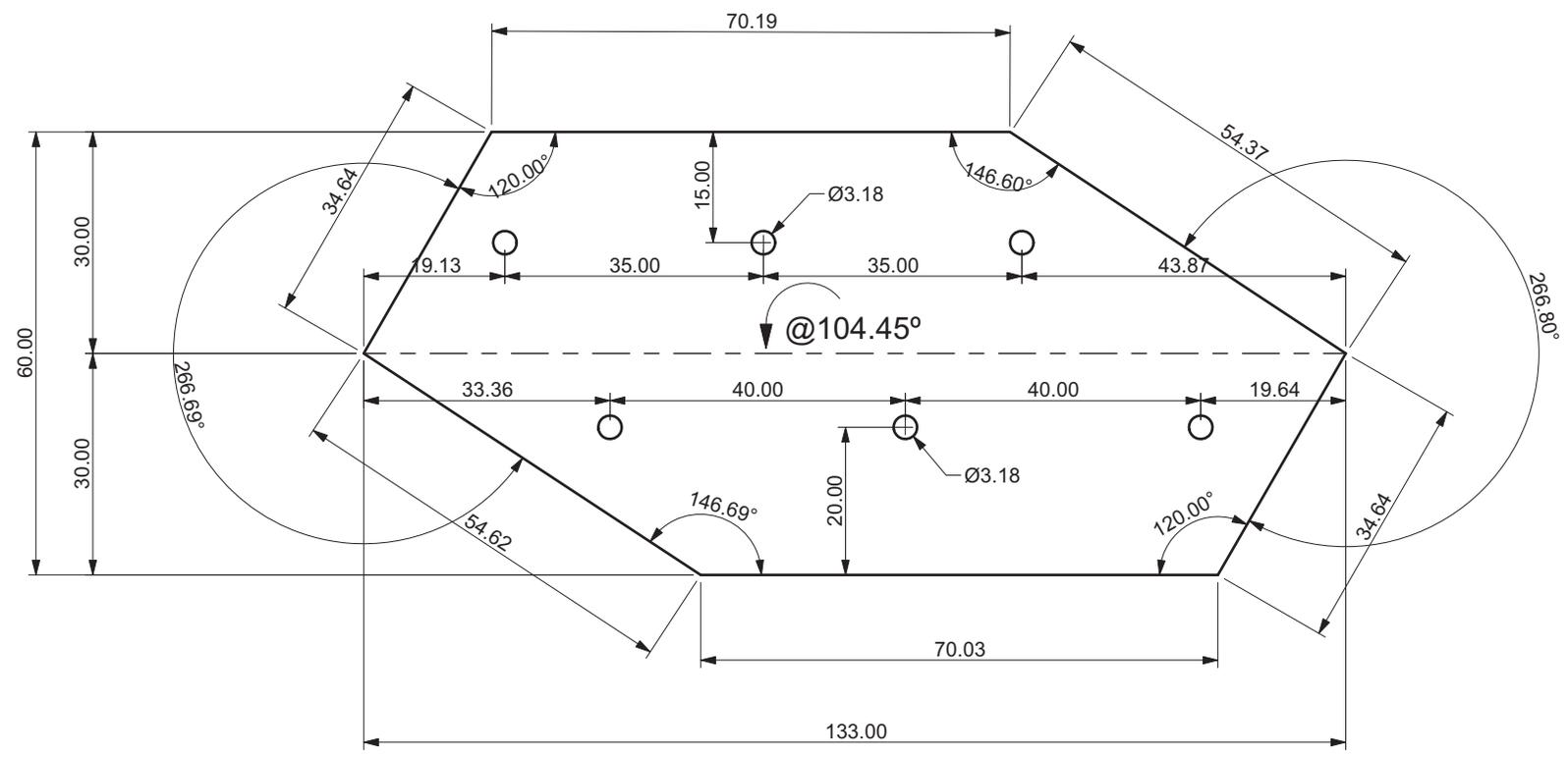
6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B

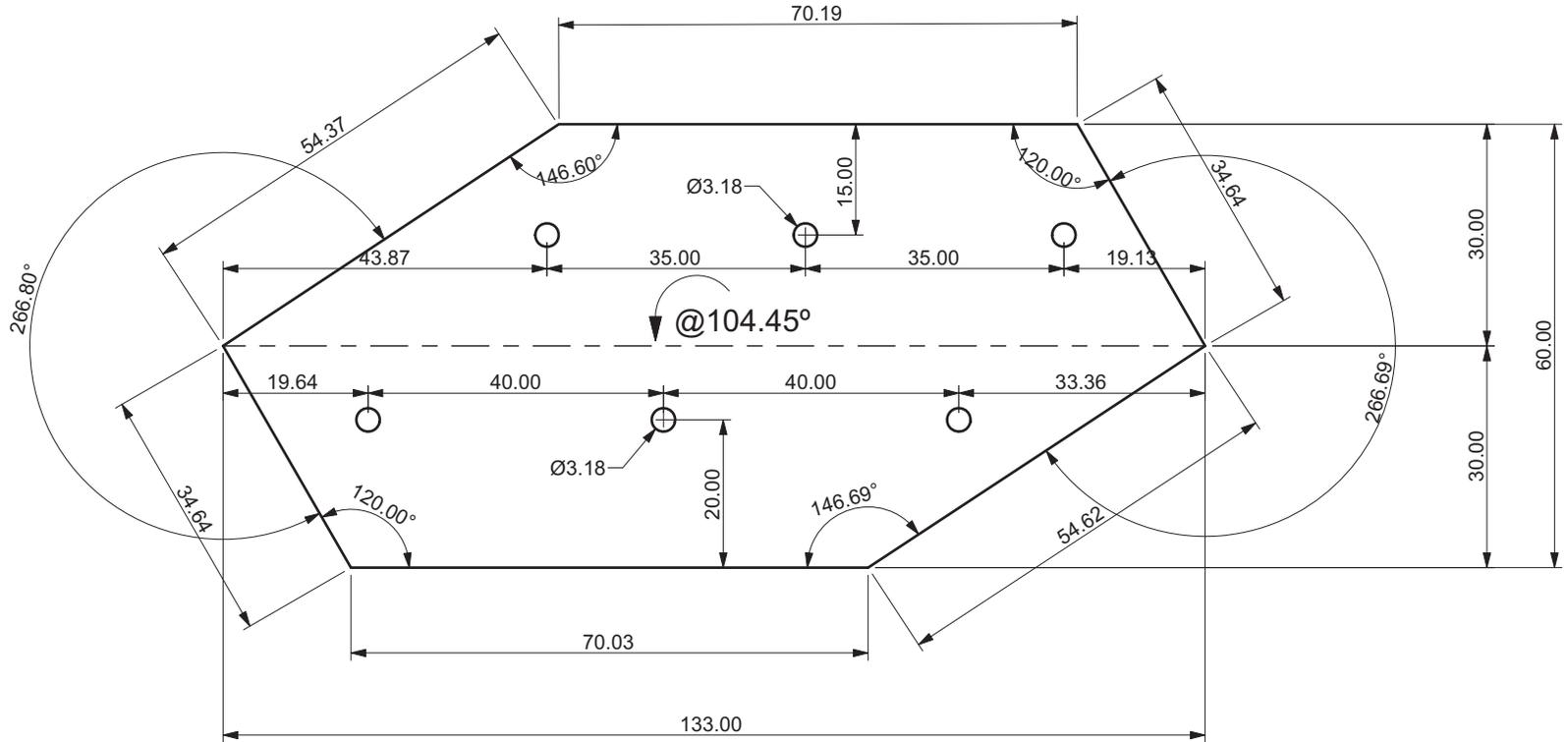
C



D

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN17 subensamblado C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	29/56

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN18 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	30/56

A

B

C

D

1

2

3

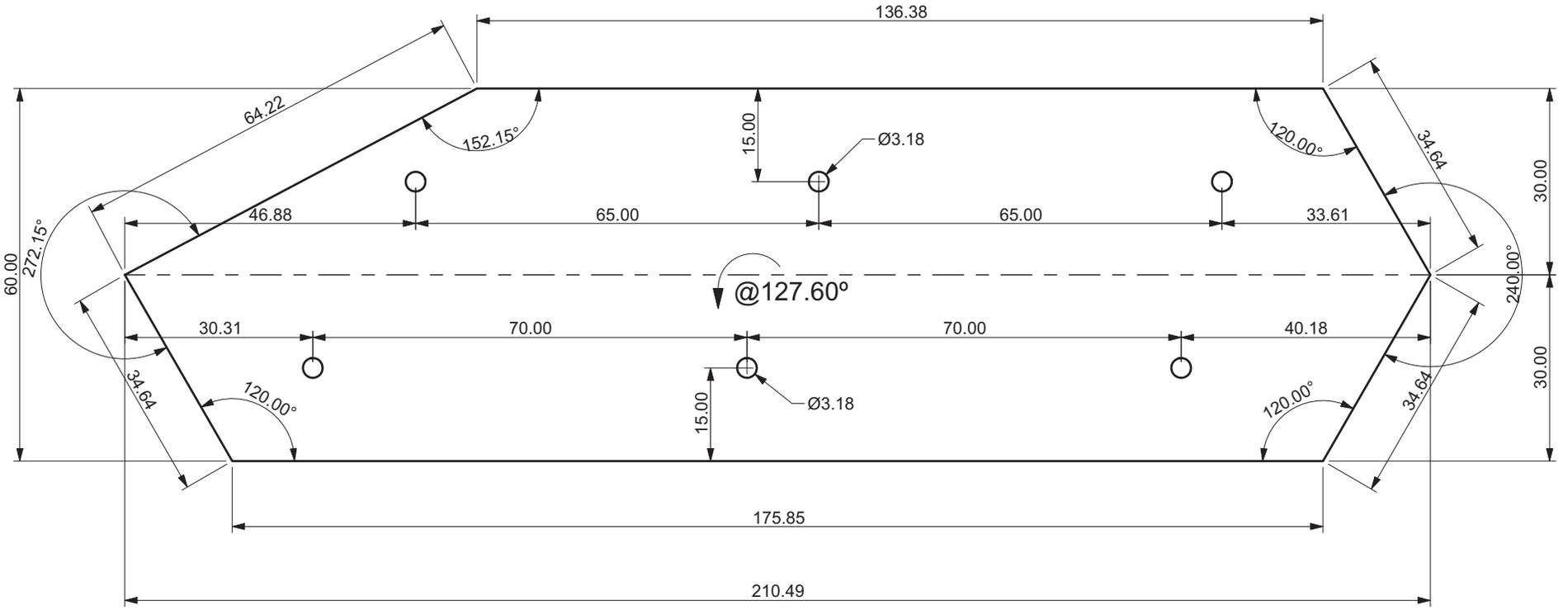
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN19 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	31/56

D

1

2

3

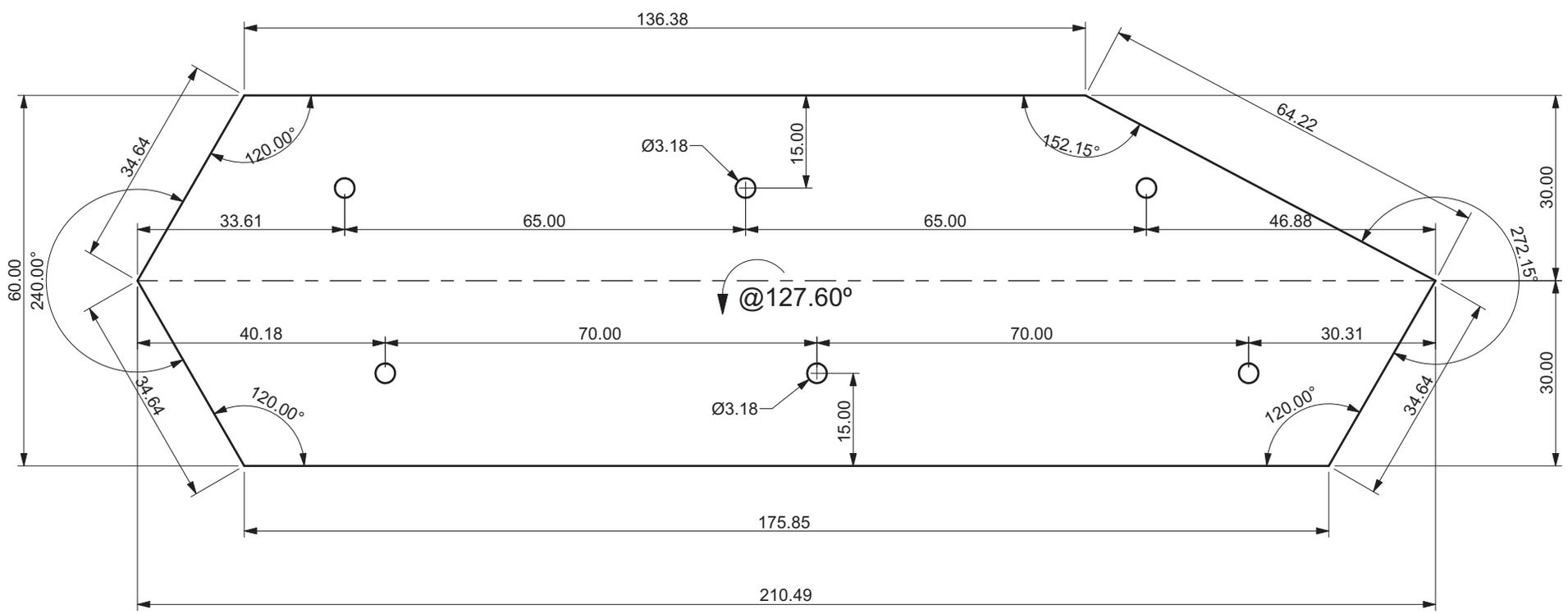
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN20 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	32/56

D

1

2

3

4

5

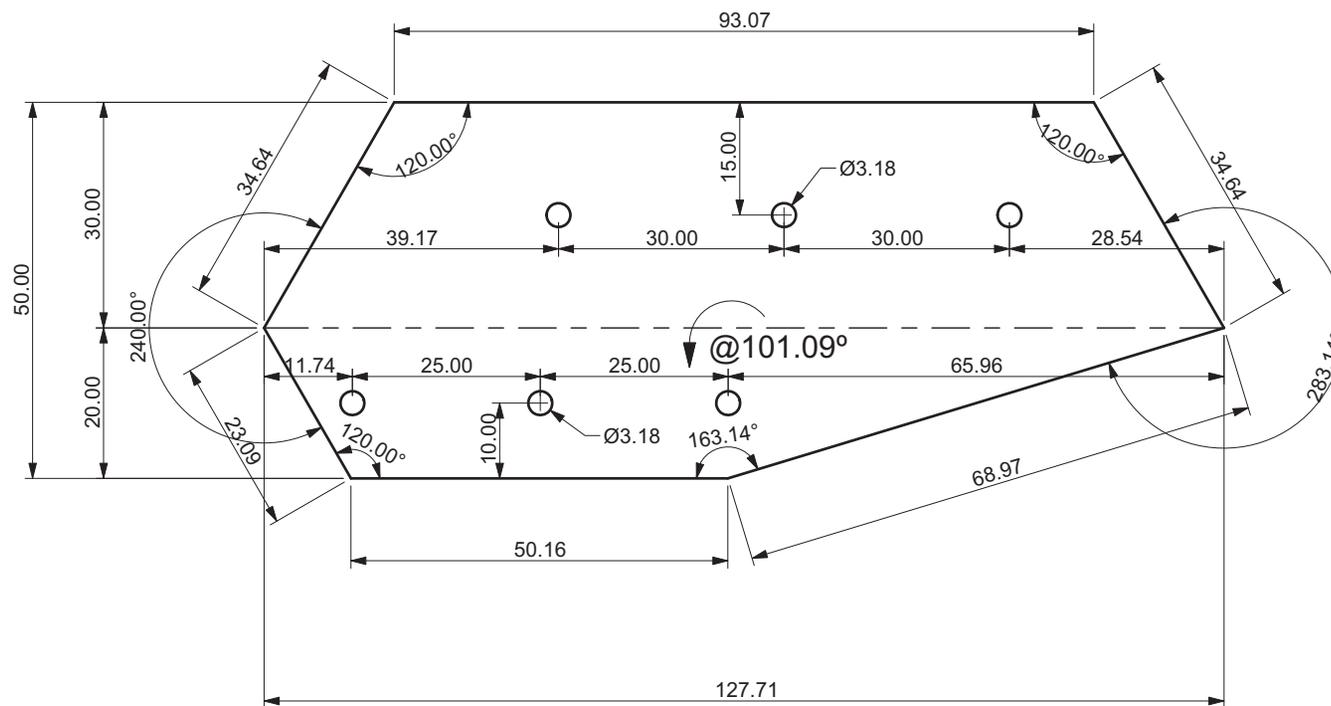
6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B

C



D

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN21 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	33/56

1

2

3

4

5

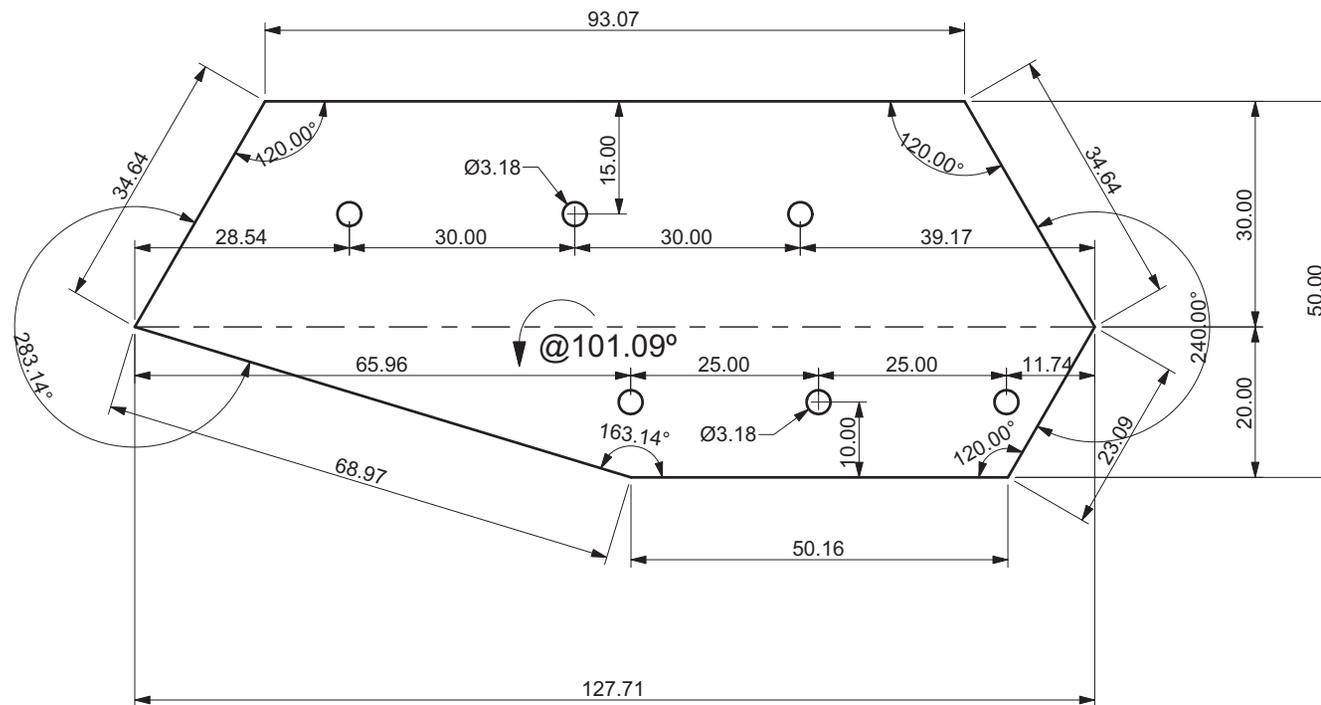
6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B

C



D

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN22 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	34/56

1

2

3

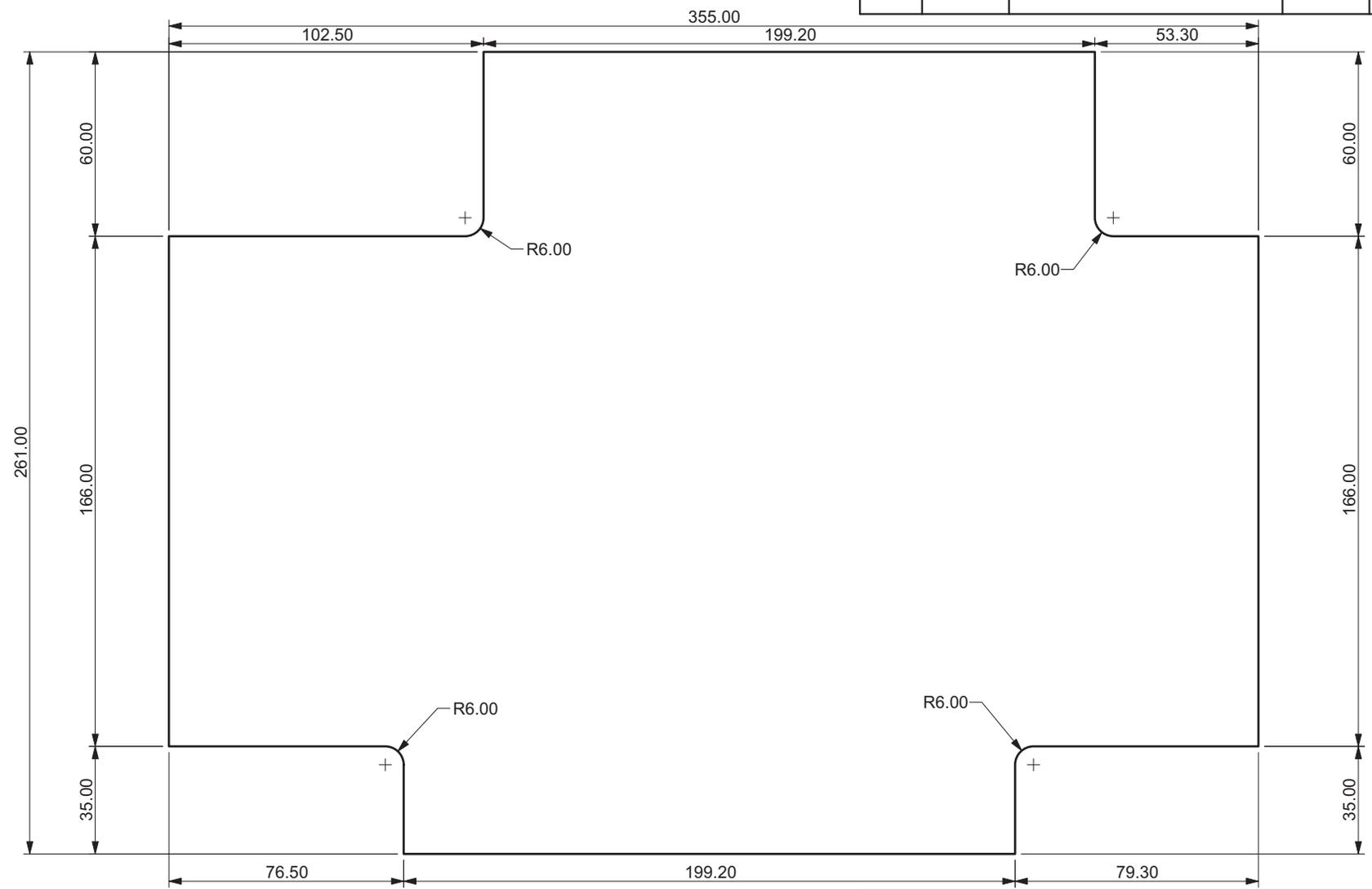
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:2
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza CN23 subensamble C02 Cuerpo de la nariz		cotas mm	35/56

D

1

2

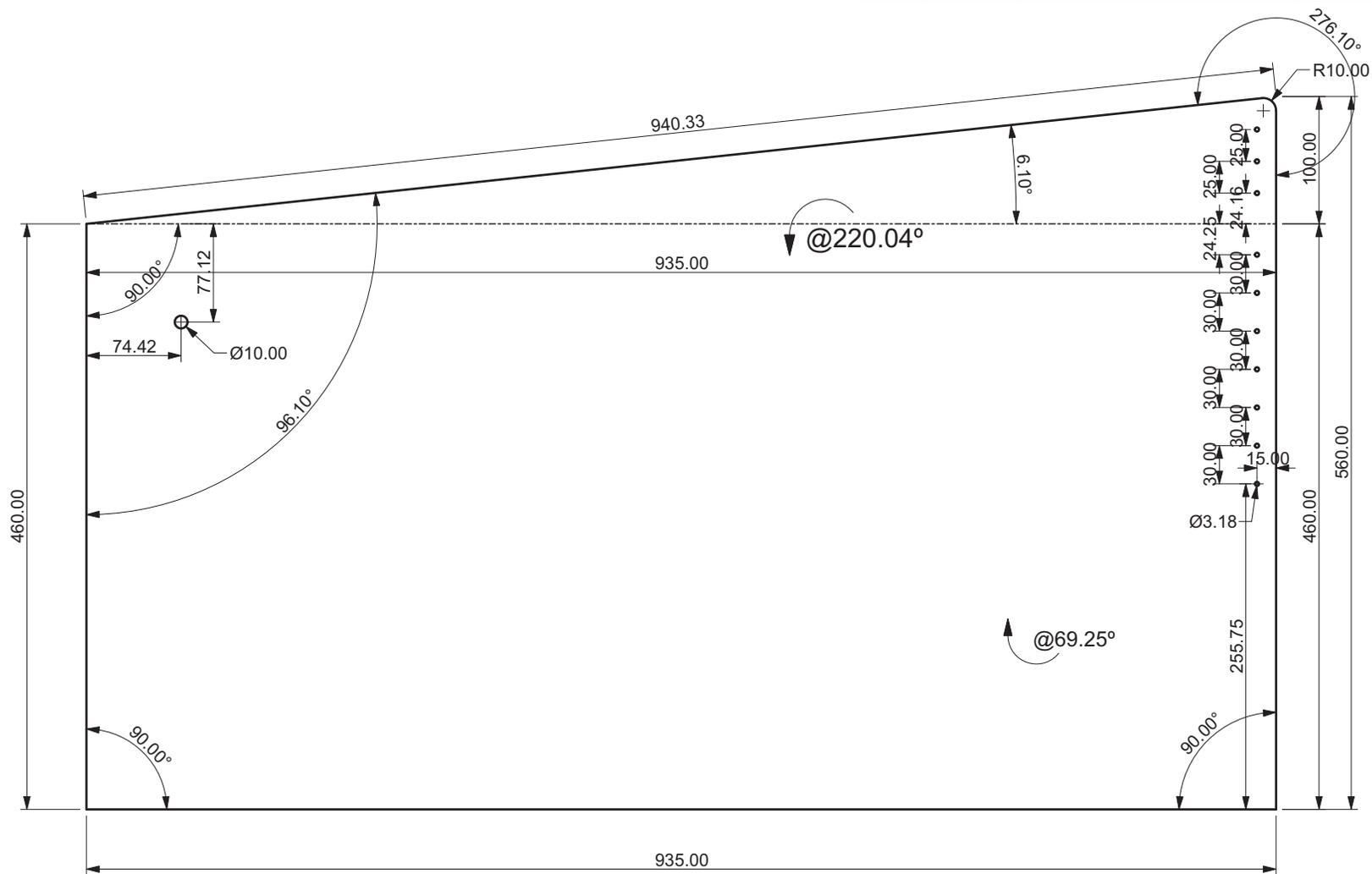
3

4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:5
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza HP01 subensamble C03 Habitáculo del piloto		cotas mm	36/56

A

B

C

D

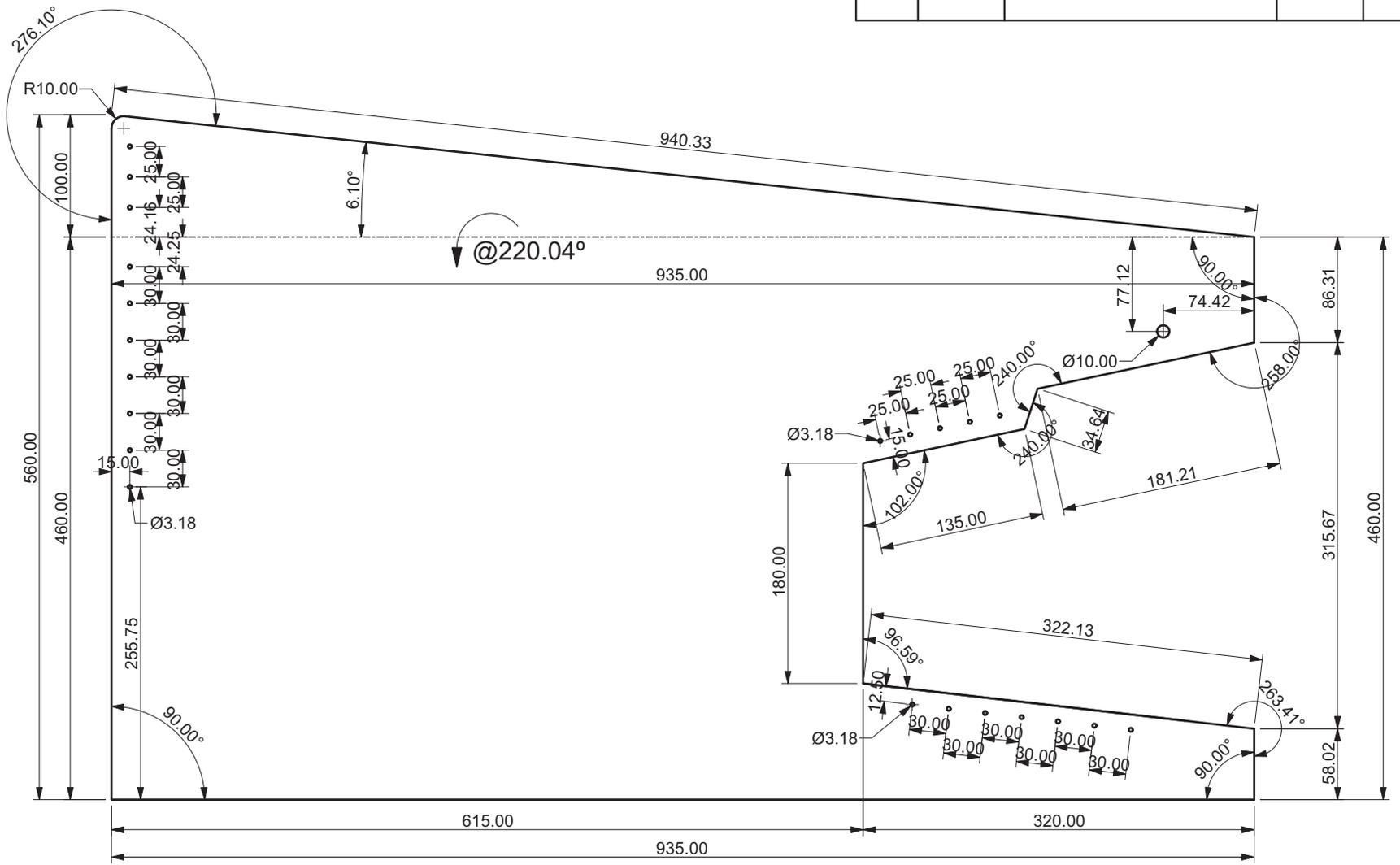
no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B

C

D



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:5
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza HP02 subensamble C03 Habitáculo del piloto		cotas mm	37/56

1

2

3

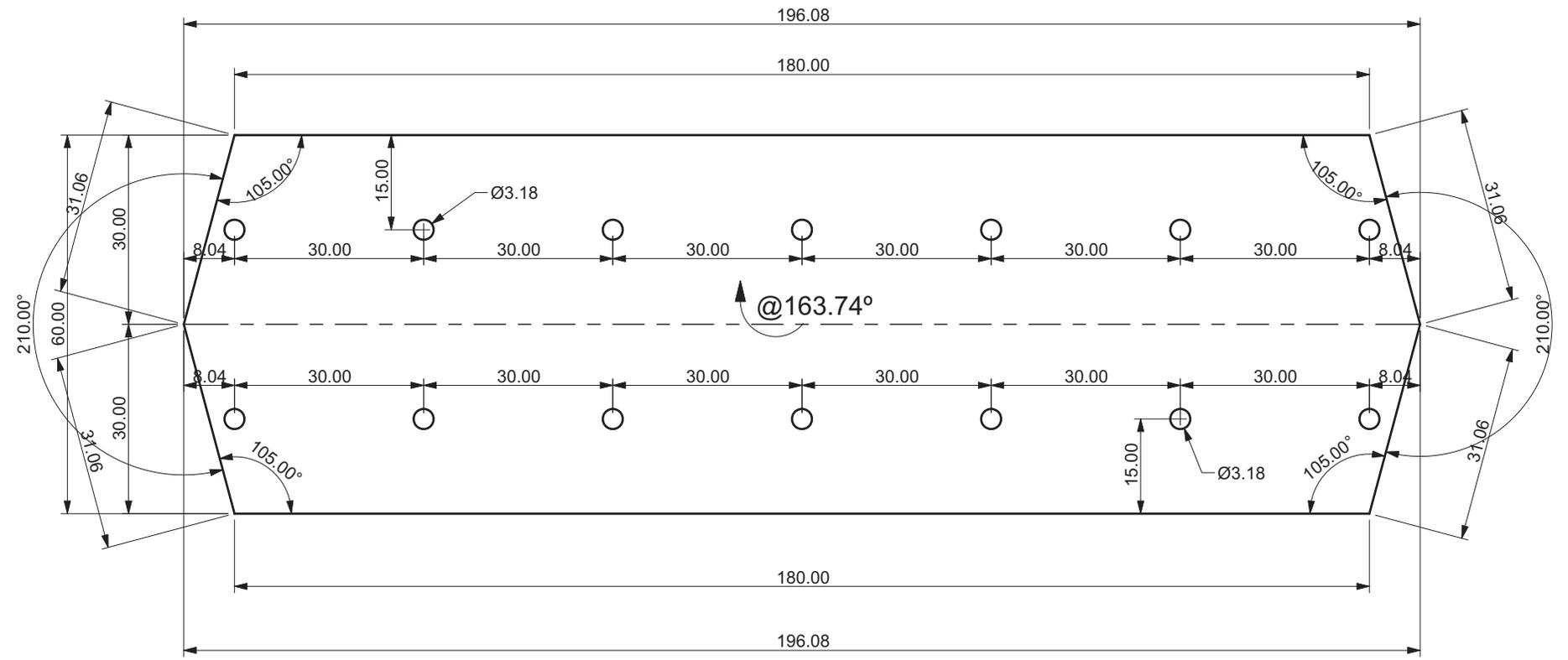
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



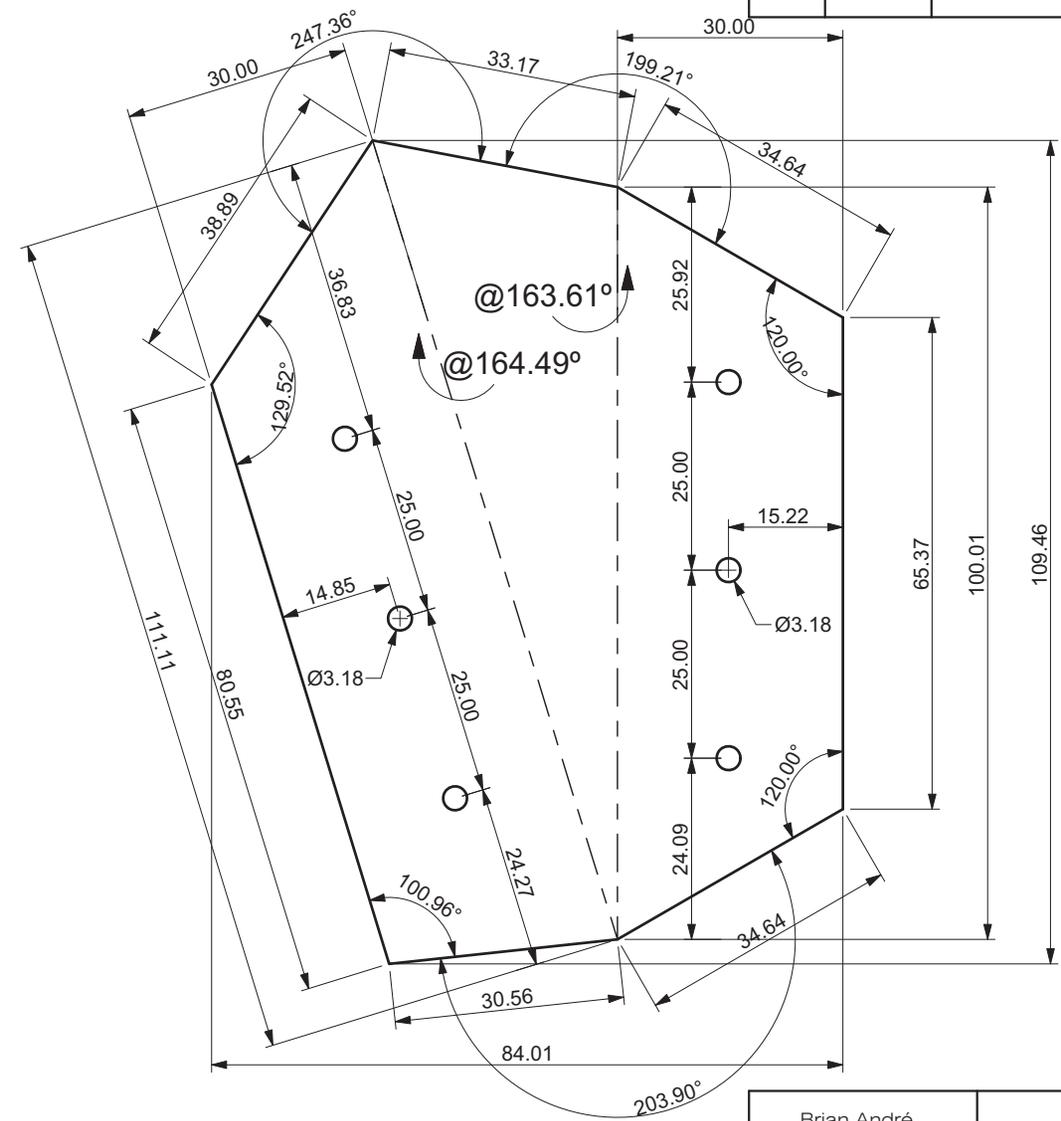
B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza HP03 subensamble C03 Habitáculo del piloto		cotas mm	38/56

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:1
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza HP05 subensamble C03 Habitáculo del piloto		cotas mm	40/56

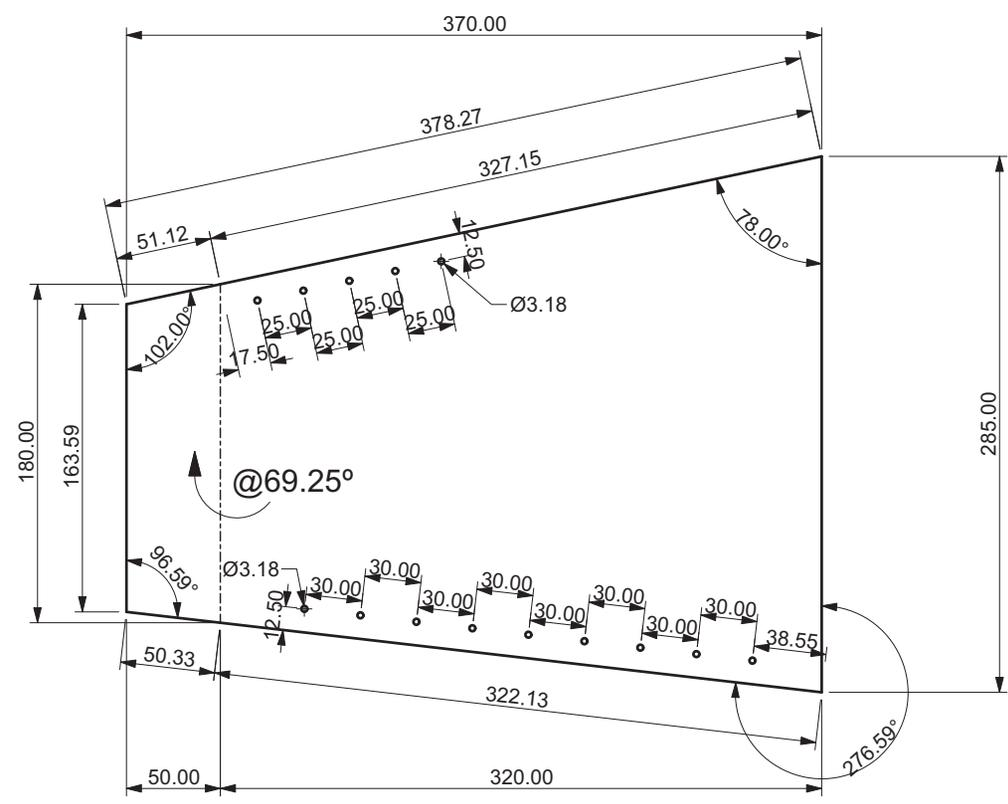
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:4
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza HP06 subensamble C03 Habitáculo del piloto		cotas mm	41/56

A

B

C

D

1

2

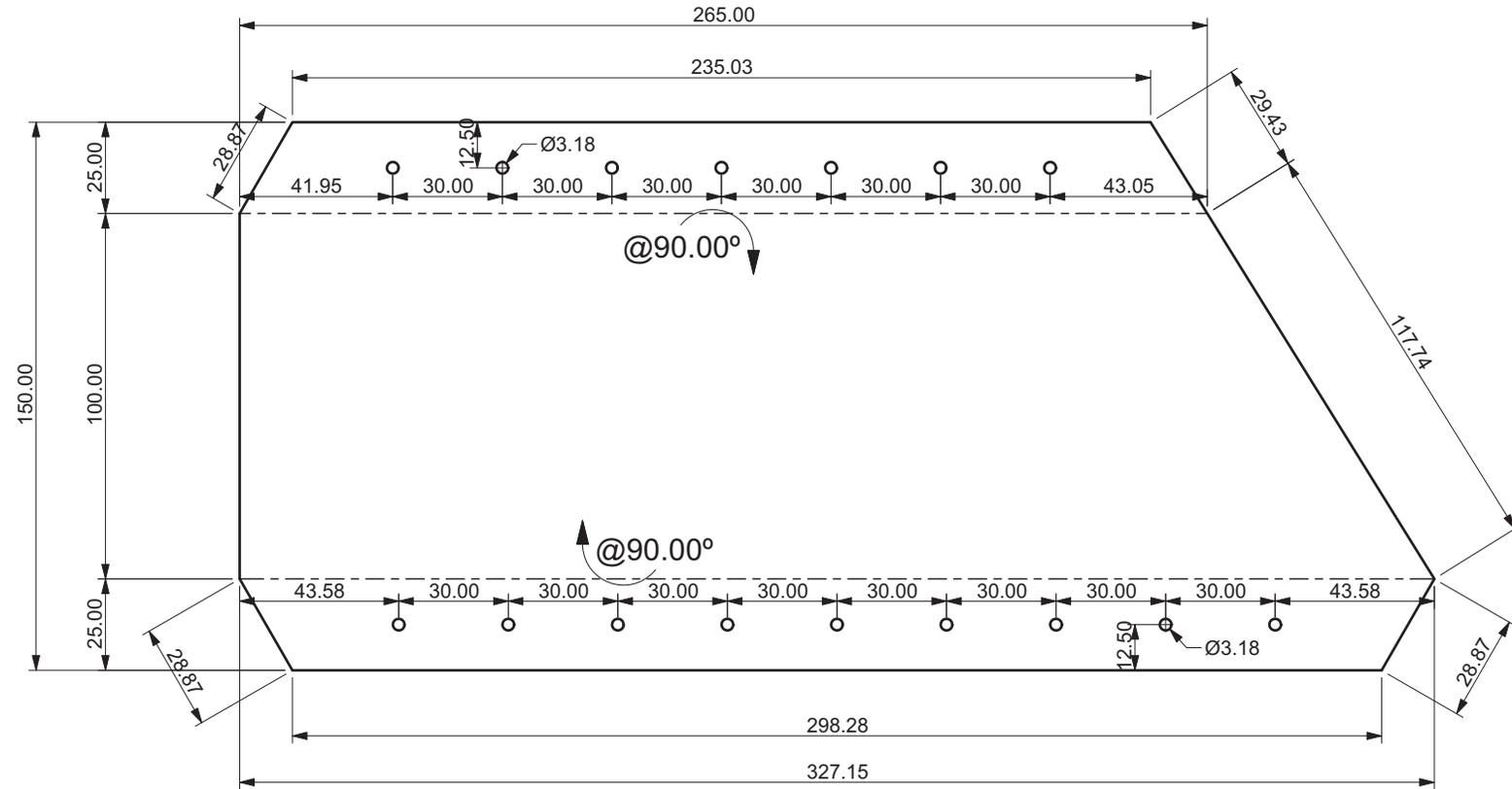
3

4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:2
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza HP08 subensamble C03 Habitáculo del piloto		cotas mm	43/56

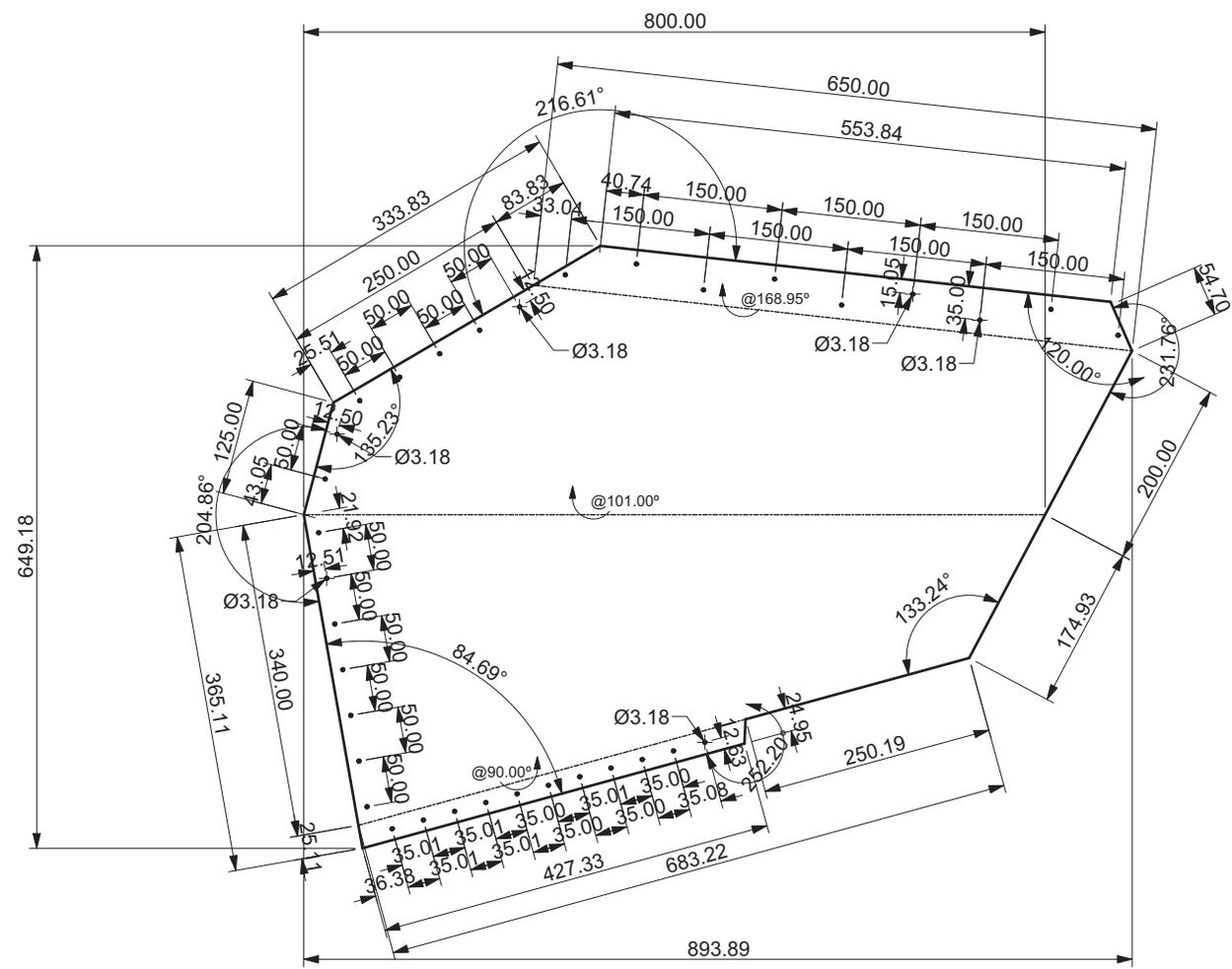
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:8
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza SD01 subensamble C04 Sidepod derecho		cotas mm	44/56

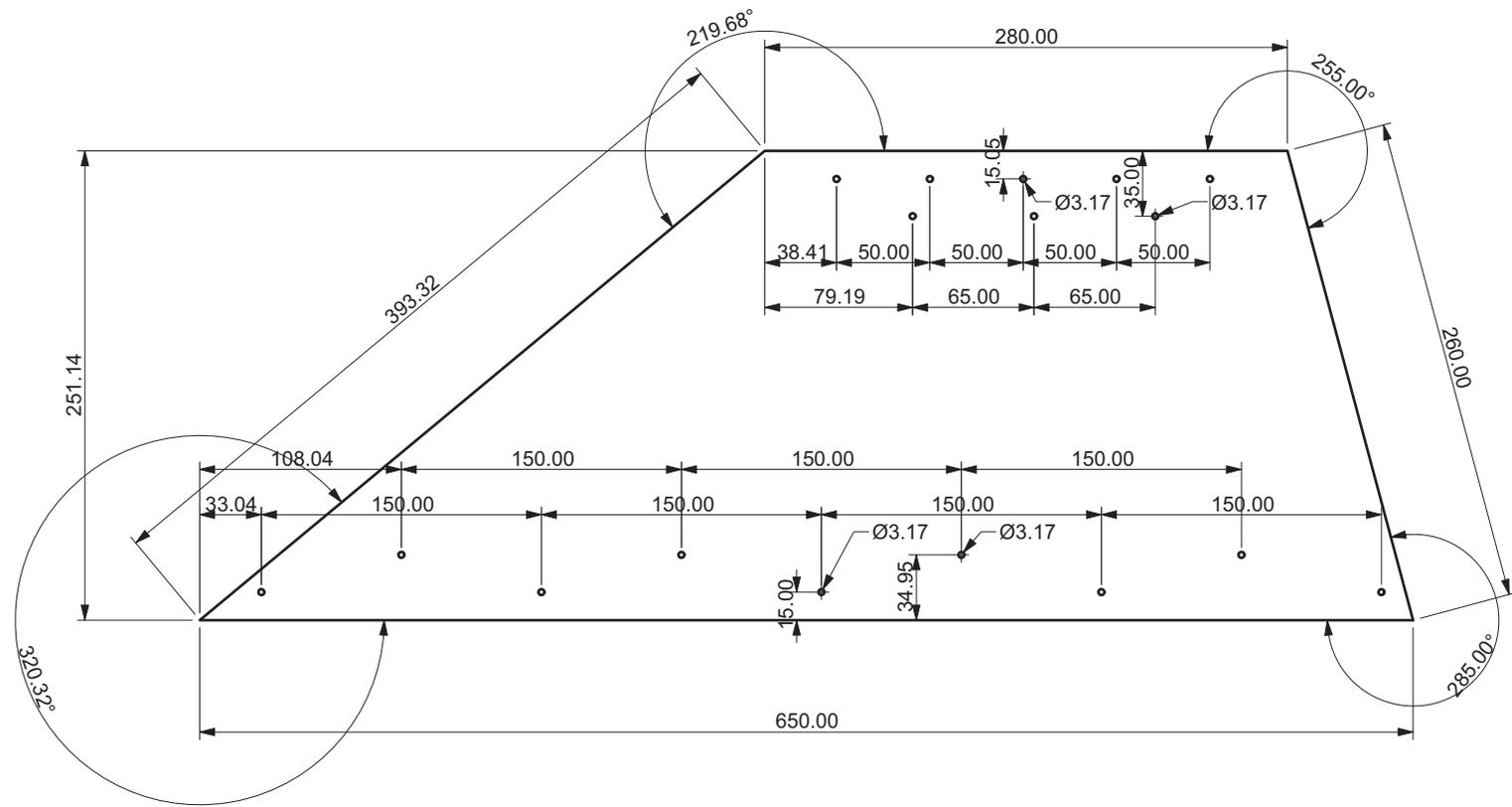
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:4
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza SD02 subensamble C04 Sidepod derecho		cotas mm	45/56

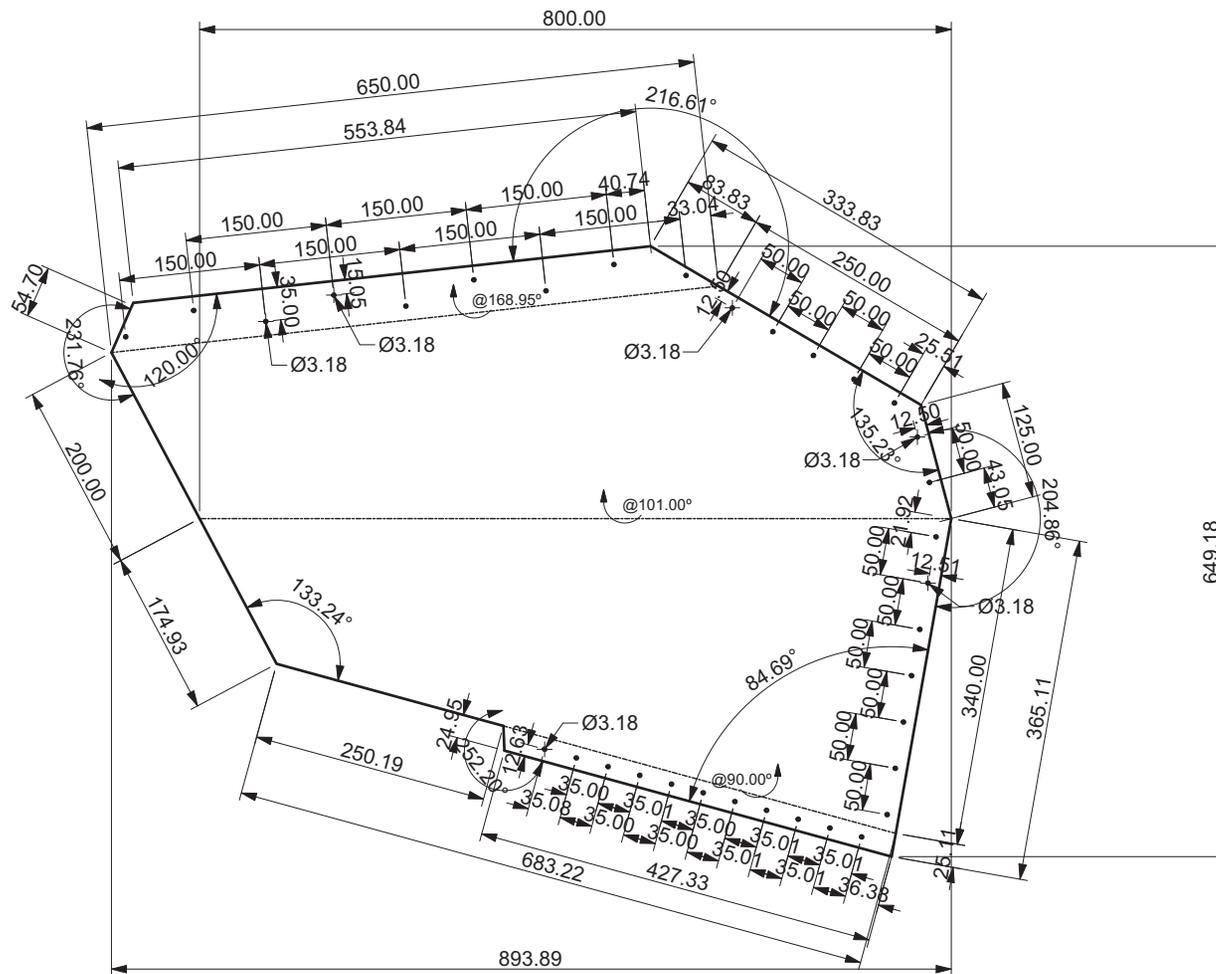
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:8
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza SI01 subensamble C05 Sidepod izquierdo		cotas mm	49/56

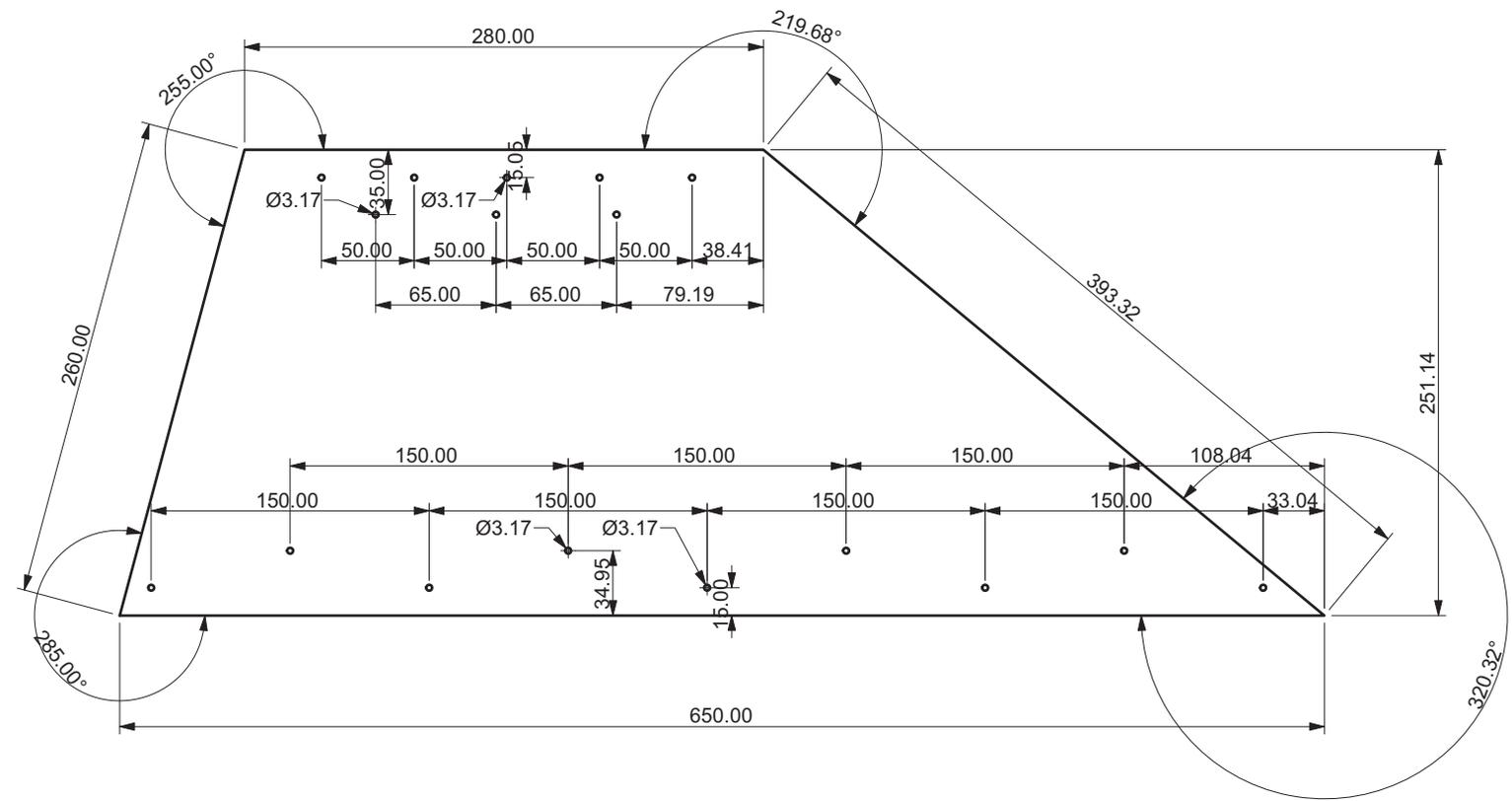
A

B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:4
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza SI02 subensamble C05 Sidepod izquierdo		cotas mm	50/56

A

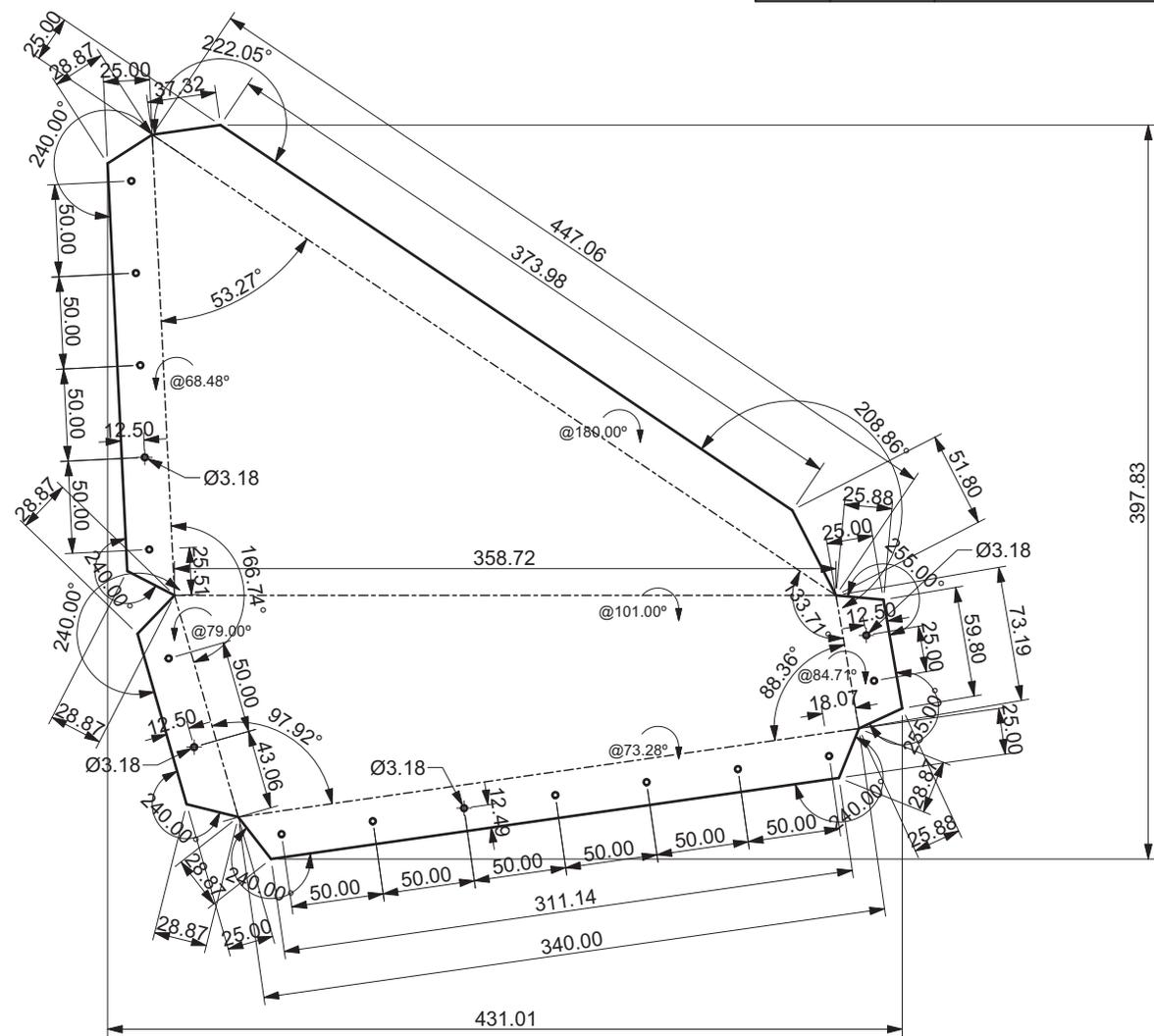
B

C

D

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:4
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza SI03 subensamble C05 Sidepod izquierdo		cotas mm	51/56

D

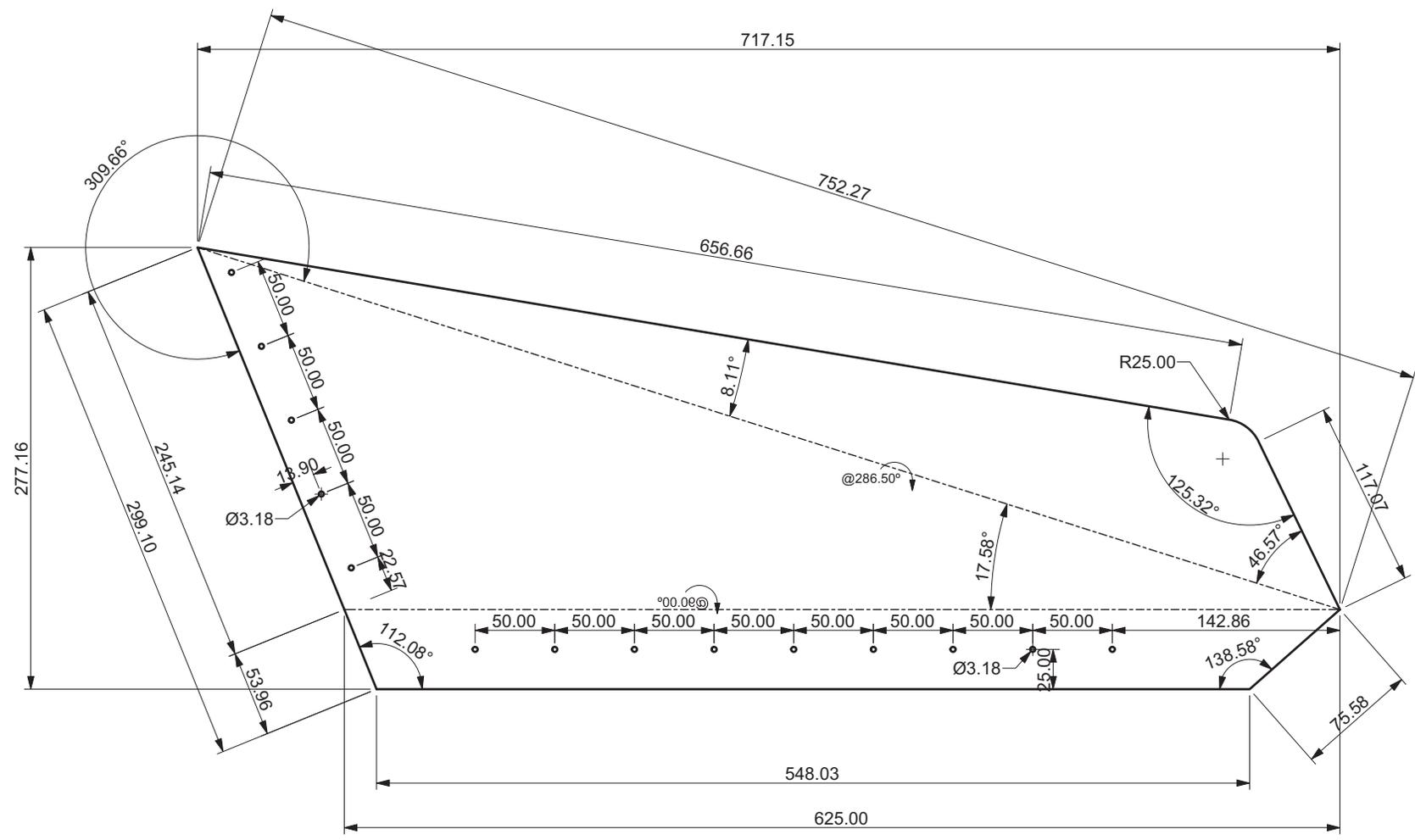
no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B

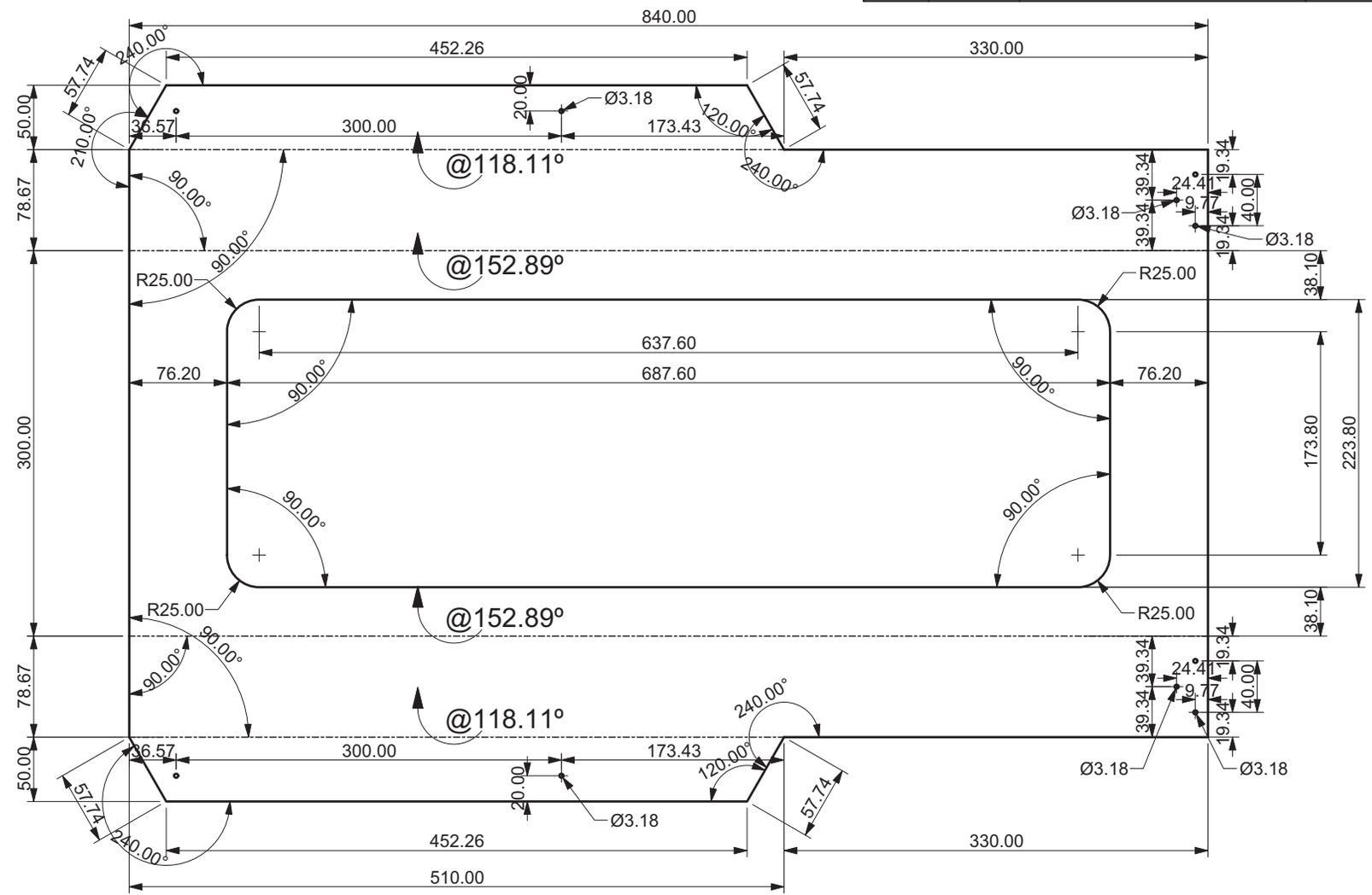
C

D



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:4
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza SI04 subensamble C05 Sidepod izquierdo		cotas mm	52/56

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó



Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:5
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza PE01 subensamble C06 Piso estructural		cotas mm	54/56

A

B

C

D

1

2

3

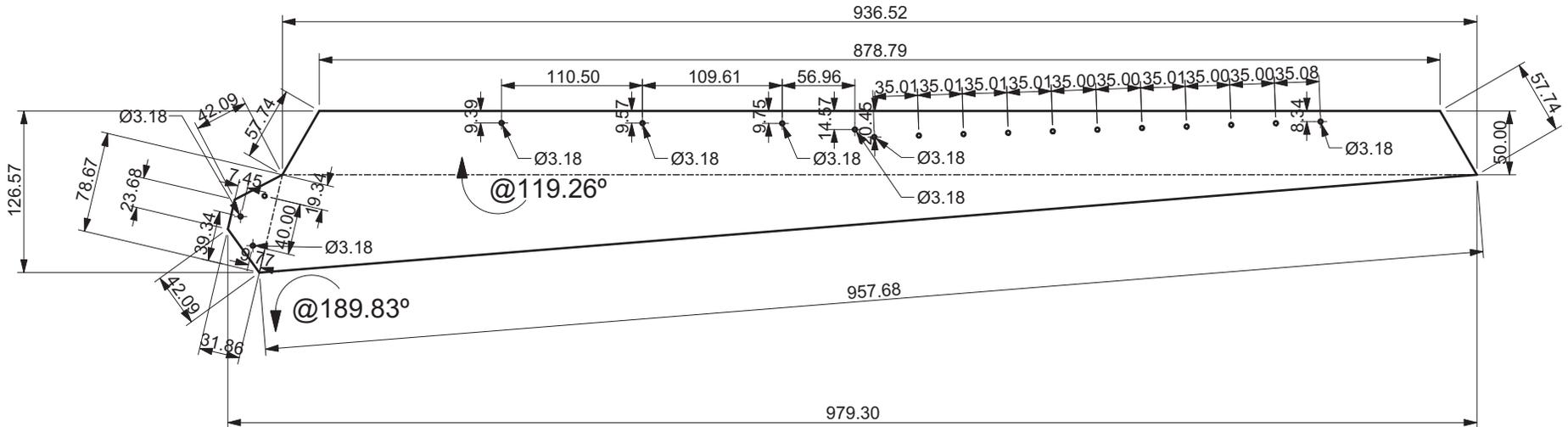
4

5

6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A



B

C

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:5
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza PE02 subensamble C06 Piso estructural		cotas mm	55/56

D

1

2

3

4

5

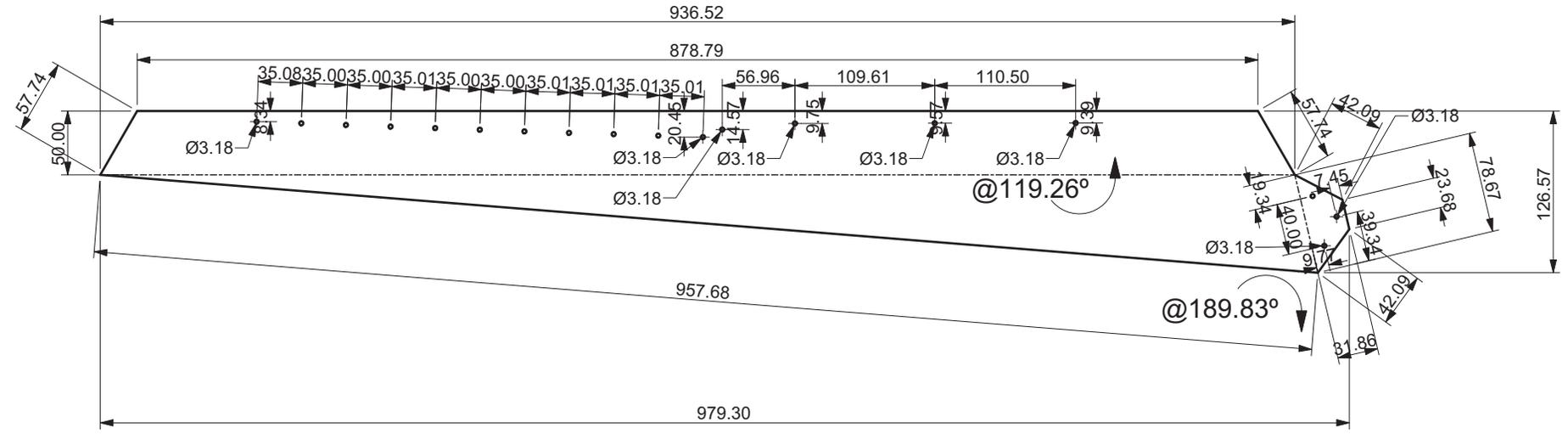
6

no.	coord.	modificaciones	fecha	autorizó

A

B

C



D

Brian André Hollands Torres	UNAM Motorsports	fecha 05 / 2012	esc. 1:5
Carrocería de Competencia Puma FR.010 Stealth Racer, FSAE WEST 2010		carta	
Desarrollo por pieza PE03 subensamble C06 Piso estructural		cotas mm	56/56



*FSAE West 2010
William C. Mitchell
Rookie Award*

