

Universidad Modelo



Ingeniería automotriz

Proyectos VI

Parcial 1

Profesor: Ing. Luis Enrique Salazar Hernández

Nombre del proyecto: BAJA SAE

Mérida, Yucatán

Integrantes del equipo

Luis Fernando Ortiz
Vázquez

Sebastián Canto Gutiérrez

José Abraham Pérez Xool

Alejandro Pérez albor

Brian Alexander Perez
Jiménez

Elena Pinkus Mazariegos

Jose Gerardo Pérez
Dominguez

Hernán Emiliano Velázquez
Orozco

Humberto Ramírez Martínez

Irving Rosas Placencia

Joaquín Sosa Acosta

José Manuel Sansores
Navarrete

Juan Pablo Barenque
Sánchez

Ángel Leonardo Betancourt
Acevedo

Pablo Maximiliano Martín
Alcaraz

Russell Alejandro González
Arcila

Índice

Integrantes del equipo	1
Introducción.....	3
Objetivo general.....	4
Objetivos particulares.....	4
Objetivos específicos	4
Justificación	5
Problemática	5
Alcances.....	6
Limitaciones	6
Antecedentes.....	7
Marco Teórico	8
Chasis.....	11
Geometría del chasis	11
Uniones.....	12
Tornillos y tuercas.	13
Motorización.....	14
Dirección.....	15
Sistema de tracción	15
Cables y “Chicotes”	16
Llantas	16
Metodología.....	18
1. Definir objetivos y especificaciones.....	18
2. Diseño Conceptual	18
3. Diseño detallado.....	18
4. Adquisición de Materiales y Componentes	18
5. Fabricación y Ensamblaje	18
6. Pruebas y optimización	19
7. Preparación para la competencia	19
8. Participación en la competencia	19
.....	20
Resultados esperados	20
Conclusiones.....	22
Referencias	23

Introducción

El proyecto Baja SAE es un desafío que se desarrolla por todo el mundo dirigido por la Asociación de Ingenieros Automotrices para estudiantes de universidad, con el objetivo de que estos desarrollen los conocimientos y habilidades que implican la fabricación de un vehículo todo terreno de tracción integral que sea capaz de competir en pruebas dinámicas que expongan su desempeño y en una carrera de resistencia que pondrá a prueba tanto los límites del auto como los del equipo.

Este proyecto no solo abarca el área de ingeniería de manufactura, sino, que reúne todo el proceso administrativo necesario para poder presentar dicho auto ante un panel de jueces que juzgaran la viabilidad de producir el mismo.

En la Universidad Modelo desde hace ya ocho años se participa en la competencia, a través de un proceso de mejora continua se busca alcanzar un mejor desempeño del vehículo. Mediante el desarrollo de este proyecto, se realiza un análisis sustentado que permita que el proceso de investigación y desarrollo del vehículo sea acertado lo que permitirá al equipo cumplir con los objetivos propuestos.

De igual forma establecer una base con el cual futuras generaciones puedan continuar con este proyecto y cuenten con una estructura sobre la cual poder trabajar; tanto en el diseño como en la fabricación y desarrollar una mejora con cada nueva edición.

Objetivo general

Diseñar y construir un vehículo todo terreno para la competición de BAJA SAE México 2024 en representación de la Universidad Modelo.

Objetivos particulares

- Identificar las problemáticas presentadas en la versión anterior del vehículo.
- Determinar las áreas de oportunidad y áreas de mejora en el diseño del vehículo.
- Examinar los resultados obtenidos anteriormente para conocer aquellas deficiencias en el desempeño del vehículo.
- Ejecutar un estudio benchmarking para conocer las discrepancias entre los mejores equipos de diversas competencias.

Objetivos específicos

- Realizar una planeación detallada para cada área del equipo
- Concebir un modelo de diseño más eficiente reduciendo al mínimo establecido las tolerancias de medidas del chasis.
- Analizar y desarrollar una propuesta de ergonomía para el piloto.
- Desarrollar un nuevo tren motriz que permita al vehículo lograr un equilibrio entre el torque y la velocidad.
- Realizar pruebas físicas para conocer el desempeño real del auto.
- Determinar por medio de las pruebas físicas las áreas de fallo en el diseño y realizar los cambios pertinentes.

Justificación

Este proyecto se realiza debido a los precedentes obtenidos en la edición anterior llevada a cabo el año 2023 y los resultados satisfactorios obtenidos, este proyecto tiene la visión de promover la innovación en los sistemas de suspensión y transmisión para los vehículos de tipo baja para la Universidad Modelo y con esto marcar un prototipo de tren de transmisión que sea la base para futuros equipos y establecer un modelo de tren motriz que pueda ser utilizado por las generaciones siguientes, de igual forma promover un modelo de manejo de proyectos adecuado con un proceso organizado y estructurado para minimizar pérdidas y maximizar la eficiencia.

Problemática

De acuerdo con los resultados obtenidos a lo largo de la competencia se pudieron identificar los problemas o deficiencias las cuales requieren mejora.

Durante la competencia se pudo denotar la diferencia en cuanto a la velocidad final del auto con respecto al resto de competidores, y esto supuso una diferencia abismal en el número de vueltas.

La dirección supuso un tema a tratar debido a que a cierto radio de giro las llantas presentaban un ángulo excesivo y provocaba que el auto subvirara y el piloto perdía control del mismo.

Durante la competencia el sistema de suspensión presentó deficiencias debido a la edad de los componentes y la manera en la que estos funcionaban provocaban que la dirección se comportara de manera errática.

Por otro lado, debido a la altura del auto durante la prueba de obstáculos, se demostró que no era la suficiente distancia al piso y esto produjo que el auto se atorara al final del trayecto

Alcances

- Construcción de un vehículo todo terreno para la competición Baja Sae 2024.
- Competir en la carrera y en las diferentes pruebas de la competición Baja Sae 2024.
- Pruebas y optimización del vehículo una vez ya concluida su fabricación
- Obtención de mejores resultados mediante la implementación y uso de diferentes recursos teniendo como antecedente competiciones pasadas.

Limitaciones

- Dificultad en la obtención de patrocinios y recursos para el proyecto
- El tiempo establecido para cada actividad que quede demasiado corto o no se termine en el plazo establecido.
- Limitaciones de espacio y equipamiento en las instalaciones de la Universidad Modelo debido a la falta de infraestructura y proyectos desarrollados simultáneamente
- Incertidumbre técnica, dada la complejidad del proyecto y los conocimientos adquiridos en la institución

Antecedentes

Tomando como punto de referencia el vehículo utilizado en la edición 2023 como benchmarking, se ha realiza un análisis de los aspectos clave de mejora y las problemáticas que se produjeron durante el proyecto anterior, para poder identificar el punto de partida para el nuevo prototipo y los sistemas que requieren reformarse e incorporarse en el nuevo diseño.

Además, se ha tomado en consideración la experiencia acumulada en competiciones pasadas en las cuales la Universidad Modelo ha participado. Este enfoque permite capitalizar tanto los éxitos como los desafíos encontrados en eventos anteriores, utilizando estos aprendizajes como base para impulsar mejoras significativas en el vehículo actual. Al examinar de cerca tanto los aspectos positivos como os negativos, identificando oportunidades claras para perfeccionar y optimizar el diseño del vehículo, maximizando así su rendimiento y disputar un mejor resultado.

Marco Teórico

Baja SAE consiste en competencias que simulan proyectos de diseño de ingeniería del mundo real y sus desafíos relacionados. Los estudiantes de ingeniería tienen la tarea de diseñar y construir un vehículo todoterreno que sobrevivirá al severo castigo del terreno accidentado. El objetivo de cada equipo es diseñar y construir un vehículo deportivo monoplace, todo terreno, cuya estructura contenga al conductor. El vehículo será un prototipo de vehículo de producción fiable, fácil de mantener, ergonómico y económico que sirva al mercado de usuarios recreativos.

El objetivo es proporcionar a los estudiantes miembros de SAE un proyecto desafiante que involucre las tareas de diseño, planificación y fabricación que se encuentran al introducir un nuevo producto en el mercado industrial de consumo. Los equipos compiten entre sí para que una empresa ficticia acepte su diseño para su fabricación. Los estudiantes deben funcionar como un equipo no sólo para diseñar, construir, probar, promover y competir con un vehículo dentro de los límites de las reglas, sino también para generar apoyo financiero para su proyecto y gestionar sus prioridades educativas.

La competencia Baja SAE tiene sus raíces en la Baja 1000, una famosa carrera de vehículos todoterreno en el desierto de Baja California, Estados Unidos. Desde entonces, ha evolucionado para convertirse en una serie de competiciones estudiantiles a nivel mundial, incluyendo la versión adaptada a México. Esta adaptación permite a los estudiantes mexicanos participar en un entorno más cercano y accesible, fomentando la participación y el desarrollo de la ingeniería en el país.

Figura 1: Vehículo de la escudería Kabah Racing de unas ediciones pasadas



Nota: Visualización de uno de los vehículos que ha ido a competir a Baja SAE

El evento inaugural de Mini Baja se llevó a cabo en 1976 y fue organizado por la Universidad de Carolina del Sur. Esta fue la primera competencia de lo que se convertiría en la Collegiate Design Series de SAE.

En 1978 la Mini Baja se dividió en tres competencias: Mini Baja Este, Mini Baja Medio Oeste y Mini Baja Oeste. El nombre de la serie se cambió a Baja SAE a partir de las competencias de 2006. Las tres competencias se diferencian agregando el nombre de la institución sede, ciudad o estado. En 2015 México se convirtió en el cuarto evento internacional en Norteamérica.

Estandarización en la carrera

Todos los vehículos funcionan con un motor Intek Modelo 19 de diez caballos de fuerza donado por Briggs & Stratton Corporation. Durante más de cuarenta años, la generosidad de Briggs & Stratton ha permitido a SAE proporcionar a cada equipo un motor confiable de forma gratuita. El uso del mismo motor por parte de todos los equipos crea una prueba de diseño de ingeniería más desafiante.

Figura 2: Carrera Baja SAE



Nota: Carrera de resistencia de Baja SAE 2021

En resumen, la competencia Baja SAE México se erige como un escenario singular donde los estudiantes de ingeniería no solo tienen la oportunidad de adentrarse en el mundo práctico de su disciplina, sino también de forjar y perfeccionar habilidades fundamentales para su desarrollo profesional. Más allá de ser un evento académico, esta competición ejerce una influencia trascendental en el panorama económico y tecnológico del país. Su impacto no se limita al ámbito educativo, sino que se extiende como un catalizador del progreso industrial, impulsando la innovación y la excelencia en el sector automotriz mexicano. Además, al servir como puente entre el mundo estudiantil y empresarial, facilita la transferencia de conocimientos y fomenta la colaboración entre las universidades y las empresas del sector, generando sinergias que alimentan el crecimiento y la competitividad de la industria. En este sentido, la competencia Baja SAE México no solo nutre el talento emergente en ingeniería, sino que también contribuye de manera significativa al desarrollo socioeconómico del país, proyectando una visión de futuro marcada por la innovación, la excelencia y el liderazgo en el ámbito automotriz. (Baja SAE, 2024)

Chasis

El chasis es la estructura que formará el vehículo todoterreno, que sostiene y aporta rigidez, por lo tanto, de este se deriva la estabilidad, el dinamismo y el comportamiento final del vehículo en funcionamiento. Es una de las partes más importantes del vehículo, ya que todo el diseño del modelo está basado a partir del diseño de la estructura principal de éste; toda la elección de equipamiento del vehículo al igual que el posicionamiento de los componentes estarán condicionados por el chasis.

Figura 3: Ejemplo de chasis tubular tipo “Baja”



Nota. Ejemplificación de un chasis tubular utilizado en un vehículo de tipo baja.

Adaptado de SAE UC, por universidad de Carabobo, 2014,

Geometría del chasis

Esta, determina en gran parte la resistencia final de la estructura ya que mediante dobleces el metal adquiere curvas que funcionan como áreas de resistencia, debido a que una curva distribuye las cargas ejercidas en el material a lo largo de su superficie; igualmente permite dirigir las cargas hacia los apoyos más resistentes de la jaula y así

conseguir una distribución uniforme de los esfuerzos en todo el chasis. (Arqhys Arquitectura, 2012)

Para el desarrollo de la geometría se tomó en cuenta diseños anteriores de vehículos utilizados para la competencia baja SAE que utilizan una pieza principal en forma de un hexágono curvado que funciona como el nervio principal, a partir del cual se construyen los demás componentes de la estructura.

La geometría del chasis consta de dos piezas estructurales principales colocadas de manera transversal, unidas mediante la soldadura, son los principales nervios estructurales en el modelo y brindan rigidez a la vez que permiten que las fuerzas se transmitan a lo largo del chasis y así evitar rupturas evitando la concentración de esfuerzos en un solo punto. (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, (s.f.))

Uniones

Para la construcción del chasis se utilizaron dos métodos de unión principalmente, la soldadura (unión física), y los tornillos o tuercas (unión mecánica).

Soldadura. es un método de unión que utiliza un arco eléctrico generado por un maquina inversora que eleva la temperatura de un material de aporte que generalmente es algún metal; para la soldadura existen diversos tipos, en este caso se utilizó la soldadura de gas inerte mediante electrodo manual que utiliza varillas de acero graduadas con un recubrimiento que al derretirse genera un gas inerte que crea una atmosfera alrededor de la soldadura y forma un resultado uniforme.

Para conseguir el mejor acabado y resistencia posibles se requiere realizar embocaduras o empalmes en los extremos de las tuberías para que la superficie a unir con la soldadura sea uniforme y no necesite de material de relleno excesivo.

Figura 4: Representación gráfica de la soldadura de gas inerte por electrodo manual



Nota: Adatado del proceso de soldadura. Adaptado de PROCESO DE SOLDADURA MMA, Jet Arco España,

Tornillos y tuercas.

Es un método del tipo mecánico que se utiliza generalmente en piezas que se consideran de desgaste, ya que permite un fácil desmontaje de dichas piezas, pero asegura una unión estable y segura; los tornillos generan una unión entrelazando dos capas de material entre sí generando presión con la rosca que poseen y en caso de las tuercas se utilizan para asegurar dicha unión.

Motorización

Conforma la unidad de potencia del vehículo y es el conjunto de piezas mecánicas que producen la fuerza que se transmite hacia los neumáticos para que sea posible el movimiento de la unidad.

Para lograr una relación adecuada entre el consumo de combustible, la producción de fuerza y la emisión de contaminantes, el motor designado para el uso en la competencia por reglamentación es el Kohler Command Pro CH440.

Figura 5. Motor Kohler CH440



Nota. Motor a gasolina de 4 tiempos, 329cc y 14hp; por Power Equipment Direct.

El motor de combustión interna consta de cilindros, pistones, sistema de suministro de combustible y bujías; en el caso del motor reglamentario, el sistema de combustible es el carburador que debido a su simplicidad y componentes sencillos hace que el sistema sea fácilmente manipulable y confiable. Combinados, estos componentes queman combustible y dejan salir los gases de escape de los cilindros. Al repetir el proceso, crea energía que impulsa el automóvil.

Debido a que el proyecto se encuentra en la fase de desarrollo las áreas de suspensión, transmisión, dirección se integraran conforme se obtenga el avance.

Dirección

El sistema de dirección es el encargado de brindar el sentido al que el vehículo podrá dirigirse; este caso se utilizará un sistema de tipo cremallera; que es un dispositivo mecánico con dos engranajes, denominados «piñón» y «cremallera», que convierte un movimiento de rotación en un movimiento rectilíneo o viceversa. Utiliza el sistema de engranajes para mover una varilla que a su vez permita la rotación de las ruedas y con esto logra el giro del auto. (MOOG, 2022)

Sistema de tracción

El eje de transmisión es el principal sistema, el cual tiene varias funciones como transmitir la máxima potencia al piso y agarre al vehículo. Para el sistema de transmisión del vehículo se optó por un sistema de cadena que transmite la energía producida por el motor hasta un eje situado en la parte trasera de la unidad y que por medio de una rueda dentada o sprock montada en el eje traduce ese movimiento en una moción circular en las ruedas traseras para conseguir la propulsión adecuada.

Cables y “Chicotes”

Un “chicote” (conocido comúnmente en Latinoamérica) es un cable metálico, generalmente de acero que no funciona mediante electricidad sino mediante movimiento, como se observa en la Figura 12. Es decir, este cable no lleva energía de ningún tipo a través del metal, sino que se encuentra acoplado en ambos extremos a otros elementos del auto, por ejemplo, de un pedal a un componente del motor o de una palanca a una compuerta, para activarlos mecánicamente cuando el conductor así lo requiera. Estos cables y cañerías son usados para los diferentes sistemas en la construcción del vehículo, así como son el acelerador y los frenos. El accionamiento debe ser de fácil y rápida acción ya que si se encuentra resistencia excesiva o tienen un desgaste descomunal no cumplen con sus objetivos. (Ortega, 2020)

Llantas

Los neumáticos necesarios para este tipo de transporte son los denominados “off-road” (en inglés fuera del camino) estos neumáticos presentan un diseño de dibujo entrelazado que proporciona la durabilidad necesaria para conquistar superficies de tierra, de arena y de hierba. El patrón es profundo y permite obtener tracción en terrenos los cuales el suelo es suave en exceso y así poder continuar con el trayecto. Estos se pueden clasificar en distintas categorías dependiendo de que tan especializados sean, que tan profundo sea el dibujo de la superficie e incluso para el tipo del terreno para el que están diseñados, ya que existen algunos tipos que no son aptos para su uso en calles citadinas debido a la poca superficie de contacto. (Continental España, 2021)

Los cuatro tiempos de un motor de combustión interna son los siguientes:

Admisión. Se inicia cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior (punto más alto) y termina cuando llega al punto muerto inferior (punto más bajo). La válvula de admisión está abierta y la de escape cerrada. El movimiento descendente crea un efecto de succión que hace que la mezcla entre en la cámara de combustión. El cigüeñal ha girado 180 grados y el árbol de levas 90 grados.

Compresión. Al llegar al punto muerto inferior, la válvula de admisión también se cierra, ascendiendo el pistón y reduciendo el volumen de la cámara de combustión. Ello comprime la mezcla. El cigüeñal ya ha dado una vuelta completa, mientras que el árbol de levas ha completado un giro de 180 grados. 21

Explosión. Al comprimirse por completo la mezcla y permanecer las válvulas de admisión y escape cerradas, la bujía crea una chispa que quema la mezcla. La explosión generada empuja el pistón hacia abajo. El cigüeñal ha completado un giro total de 540 grados, mientras que el árbol de levas ha rotado 270 grados.

Escape. Cuando el pistón vuelve al punto muerto inferior, la válvula de escape se abre, propiciando que este vuelva a ascender y expulse los gases resultantes de la explosión. A continuación, se repite el ciclo. El cigüeñal ha recorrido dos vueltas completas y el árbol de levas una (Martin, 2019).

Metodología

1. Definir objetivos y especificaciones

- Establecer el propósito: define el propósito del vehículo (por ejemplo, la velocidad, tracción, resistencia etc.) y las especificaciones básicas (tamaño, peso, tipo de terreno, reglas de la competencia entre otras)

2. Diseño Conceptual

- Investigación y benchmarking: Analizar vehículos similares y las estrategias utilizadas por otros equipos en competencias anteriores
- Brainstorm: Se reúne al equipo de diseño para generar ideas, considerando la eficiencia y los objetivos a los que se quiere llegar con el vehículo

3. Diseño detallado

- Modelado y planificación: Se utiliza un software de modelado 3D para diseñar el vehículo, en este caso SolidWorks, incluyendo todo lo que es chasis, suspensión, transmisión entre otros
- Análisis de factibilidad: Realización de análisis de factibilidad para asegurarse que el diseño cumple con todas las especificaciones y reglas de la competencia

4. Adquisición de Materiales y Componentes

- Lista de Materiales: Prepara una lista detallada de todos los materiales y componentes necesarios.
- Proveedores: Identifica y adquiere los materiales y componentes necesarios, considerando calidad, costo y tiempo de entrega.

5. Fabricación y Ensamblaje

- Prototipado: Comienza con la fabricación de prototipos para probar y ajustar el diseño.

- Ensamblaje: Construye el vehículo siguiendo el diseño finalizado, asegurándote de realizar pruebas regulares durante el proceso para resolver problemas de diseño o fabricación.

6. Pruebas y optimización

- Pruebas iniciales: Realizar pruebas preliminares para identificar áreas de mejora
- Optimización: Ajuste y mejora del diseño, la configuración y los componentes del vehículo en función de los resultados de las pruebas

7. Preparación para la competencia

- Entrenamientos: Se familiariza al equipo y al piloto con el vehículo y se realizan simulacros de como puede ser la competencia
- Ajustes finales: Se realizan los ajustes finales basados en las pruebas y su retroalimentación

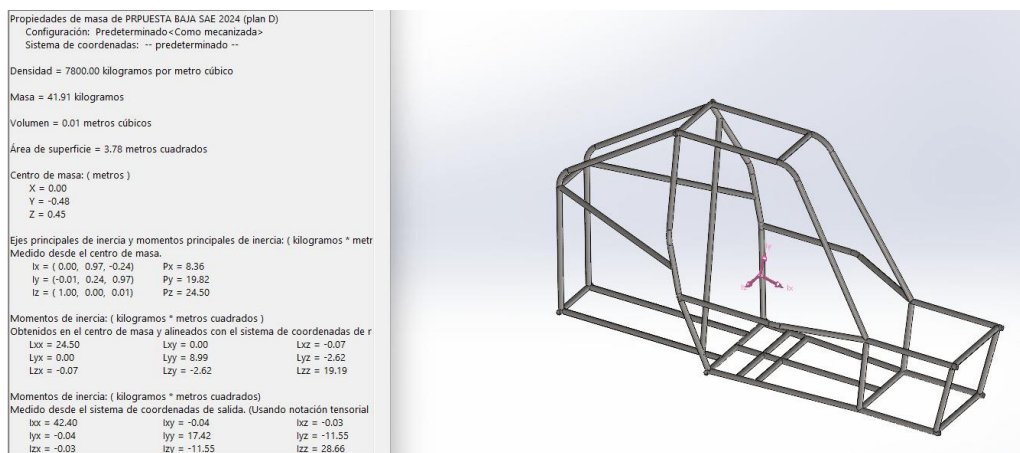
8. Participación en la competencia

- Logística: Prepara todo lo necesario para el transporte y participación en la competencia.
- Estrategia: Desarrollar un plan de carrera basado en todo el diseño y las capacidades del vehículo construido

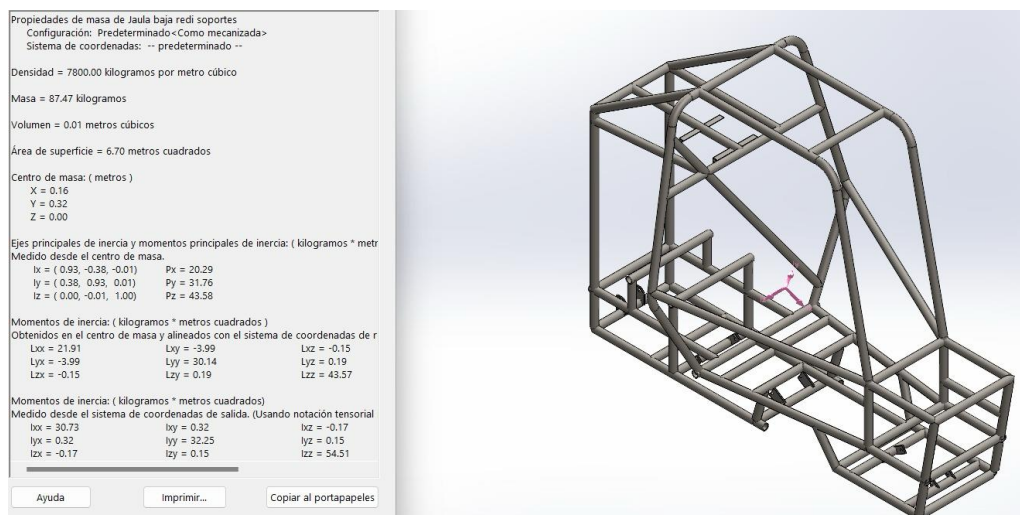
Resultados esperados

El resultado principal de este proyecto se verá reflejado a largo plazo, pues es un proyecto que se fabrica en el lapso de un año, en donde con esta información se espera cimentar las bases para tener un vehículo funcional que cumpla con las especificaciones establecidas por la competición de Baja Sae.

Se espera que el vehículo diseñado y construido por el equipo demuestre un rendimiento mejorado en comparación con el año pasado



Nota: jaula del vehículo del año anterior con un peso de 87.47 kg



Nota: jaula nueva simulada en SolidWorks con un peso de 41.91 kg

Gracias a que, con el cambio de material para la jaula, que es lo que se tiene asegurado se contempla una reducción significativa del peso del vehículo que ayudará a la maniobrabilidad de este, que junto con los demás componentes que se están por designar sea un impulso para mejorar el vehículo.

El vehículo deberá cumplir con todas las reglas y regularizaciones establecidas tanto en términos de diseño como seguridad, así como también la documentación completa y entallada del diseño, construcción, que incluyen informes técnicos, planos, cálculos de ingeniería y otros documentos relevantes.

Así como también el equipo aspira a participar y a obtener resultados destacados en términos de clasificación general, pruebas de diseño, negocios y presentaciones técnicas, permitiendo que el equipo progrese de la competición anterior a esta adquiriendo más experiencia práctica y técnica en todo lo que puede abarcar este proyecto.

Nota: Tabla de clasificación de la competición 2023 del equipo Kabah racing

De manera personal dando al equipo experiencia práctica en ingeniería, gestión de proyectos, trabajo en equipo, comunicación técnica y otras habilidades relevantes para la formación académica y profesional, así como también la oportunidad de establecer contacto con profesionales de la industria que pueda llevar a oportunidades o colaboraciones futuras en proyectos de ingeniería.

Conclusiones

Durante la elaboración del proyecto la fase más importante de este caso y en la mayoría de los proyectos, la fase de diseño fue crucial mediante el benchmarking realizado en la fase de desarrollo el diseño nuevo del prototipo resulto en un avance significativo ya que de acuerdo a los análisis realizados se cumplió el objetivo de reducir peso en la estructura principal del chasis, con una reducción del 36% de la masa del chasis anterior.

En el departamento de manufactura se logró mejorar la eficacia y eficiencia de los procesos cambiando ciertos aspectos de fabricación y simplificando los procesos en lo mayor posible, sin comprometer la integridad de la estructura, así como implementar un plan de trabajo ordenado por etapas el cual permite avanzar con mayor velocidad y reducir los errores.

Para el área del tren motriz en un inicio se tenía planeado utilizar un sistema de transmisión compuesto por una caja de transmisión integrada al diferencial trasero pero por problemas de entrega el equipo optó por mantener el sistema anterior pero utilizando componentes nuevos para evitar averías y reducir en lo mayor posible los alojamientos de cada componente.

En términos generales el prototipo cumplió con las expectativas y objetivos establecidos y se espera que el desempeño en competencia continúe de la misma forma.

Para concluir el proyecto Baja SAE es una experiencia formativa valiosa para los jóvenes integrantes del equipo, este proyecto permite a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos y prácticos obtenidos en el desarrollo de su vida académica a un proyecto retador y que se puede transferir a las aspiraciones futuras de cada estudiante y de esta forma perfeccionar las habilidades y competencias para aplicarlas en la vida profesional.

Referencias

- *Kohler Command Pro CH440 429cc 14 Gross HP Electric Start Horizontal Engine, 1" x 3.49" Crankshaft, Tapped 3/8" -24 / Kohler Engines PA-CH440-3041.* (s. f.). Power Equipment Direct. <https://www.powerequipmentdirect.com/Kohler-Engines-PA-CH440-3041/p68799.html>
- Plaza, D. (2024, 24 abril). ¿Qué es el ciclo Otto? Motores de dos y cuatro tiempos. *Motor.es*. <https://www.motor.es/que-es/ciclo-otto>
- *BAJA SAE México / saemx.* (s. f.). Saemx. <https://www.saemx.org/bajasaemexico>
- Arindam Pal, S. S. (25 de junio de 2013). Optimized Suspension Design of an Off-Road Vehicle. Tamil Nadu, Velore.