

FÓRMULA SAE UNIMET: UN MODELO DE GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EQUIPOS DE ALTO RENDIMIENTO

Fecha de aceptación: 01/07/2024

Siro Tagliaferro

Ingeniero de Producción (2012)
Universidad Metropolitana de Caracas,
MBA (2016)
IESA, Ciencia de Datos (2022) UCV,
profesor de tiempo completo en la
Universidad Metropolitana de Caracas
con más de 5 años de experiencia en
Ingeniería de Producción

Gunther Baumgartner

Ingeniero de Producción (2024)
Universidad Metropolitana de Caracas

Sergio Nunes

Ingeniero de Producción (2024)
Universidad Metropolitana de Caracas

RESUMEN: Fórmula SAE es una competencia donde equipos universitarios diseñan, crean y desarrollan un prototipo para una prueba. Esta investigación propone una metodología de gestión de proyectos para equipos de Fórmula SAE UNIMET. Se realizó una encuesta para comprender su enfoque, identificar problemas del proyecto y determinar el conocimiento de las técnicas de Lean Manufacturing. La metodología incluye planificación, control y seguimiento de proyectos, así como documentos de

soporte y técnicas de gestión de proyectos. También se proponen diversas técnicas de Lean Manufacturing y su aplicación.

PALABRAS CLAVE: Formula SAE, gestión de proyectos, PMBOK, *Systems Engineering*, *Lean Manufacturing*.

SAE UNIMET FORMULA: A PROJECT MANAGEMENT MODEL FOR HIGH-PERFORMING TEAMS

ABSTRACT: Fórmula SAE is a competitive competition where university teams design, create, and develop a prototype for a test. This research proposes a project management methodology for Fórmula SAE UNIMET teams. A survey was conducted to understand their approach, identify project problems, and determine knowledge of Lean Manufacturing techniques. The methodology includes project planning, control, and tracking, as well as support documents and project management techniques. Various Lean Manufacturing techniques and their application are also proposed.

KEYWORDS: SAE formula, project management, PMBOK, *Systems Engineering*, *Lean Manufacturing*.

INTRODUCCIÓN

Las competencias de la serie *Formula SAE* desafían a equipos de estudiantes universitarios a diseñar, fabricar, desarrollar y competir con pequeños vehículos tipo fórmula. Las competencias dan a los equipos la oportunidad de demostrar su creatividad y habilidades ingenieriles frente a equipos de otras universidades de todo el mundo. (SAE international, 2023).

El evento incluye pruebas estáticas y dinámicas para evaluar los conocimientos, procedimientos y razonamientos del equipo en creación de prototipos, gestión de presupuestos y casos de negocios. Fórmula SAE UNIMET, un grupo de estudiantes diseña y construye prototipos desde 2004 para representar a la Universidad Metropolitana. Las consideraciones adicionales incluyen logística, costos de importación, reglas de exportación y reubicación del equipo en Brooklyn, Michigan, lo que requiere una organización administrativa concreta.

Una adecuada administración del proyecto y la aplicación de las técnicas *Lean*, promueve una operación más eficiente y la reducción de “desperdicios”, siendo estos aquellos procesos que utilizan más recursos que los estrictamente necesarios (Hernández et al., 2013, p.6)

A pesar de la trayectoria del equipo de Fórmula SAE UNIMET, no existe registro de una metodología establecida para la organización y gestión del proyecto (comunicación personal con el equipo de Fórmula SAE UNIMET, 2023), por lo que este trabajo presenta la propuesta de la aplicación de técnicas de *Lean Manufacturing* bajo una metodología para la gestión anual del proyecto, considerando las etapas de diseño y manufactura del prototipo, así como los requisitos administrativos, financieros y logísticos que son necesarios para culminar exitosamente la temporada de competencia.

ORGANIZACIÓN ACTUAL DE FSAE UNIMET

La agrupación Fórmula SAE UNIMET está compuesta por una directiva y miembros generales, divididos en dos divisiones principales: administrativa y técnica. La división técnica se encarga del diseño, construcción, pruebas y reparación de sistemas prototipo, mientras que la división administrativa gestiona los recursos, las relaciones con los socios y la universidad, la organización interna y las relaciones públicas.

La agrupación se regula y rige bajo los estatutos establecidos por el propio equipo en el documento titulado “REGLAMENTO INTERNO DEL EQUIPO FÓRMULA SAE UNIMET” constituido de 8 capítulos que constituyen:

CAPÍTULO I -“Del nombre, imagen y domicilio” [Pág.1]

CAPÍTULO II -“De la Misión y Visión” [Pág. 2]

CAPÍTULO III -”De la organización” [Pág. 2]

CAPÍTULO IV -"De los miembros" [Pág. 6]

CAPÍTULO V -"Del sistema de faltas" [Pág. 7]

CAPÍTULO VI -"De las Atribuciones de los Miembros de la Junta Directiva" [Pág. 10]

CAPÍTULO VI -"De las elecciones de la Junta Directiva" [Pág. 14]

CAPÍTULO VII -"Del patrimonio" [Pág. 15]

CAPÍTULO VIII -"Del Reglamento Interno" [Pág. 16]

IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL EQUIPO FSAE UNIMET

Se llevó a cabo una entrevista informal por medio de comunicación personal al equipo de Fórmula SAE de la Universidad Metropolitana para conocer cuáles son los inconvenientes que suelen afectar su metodología, entre los cuáles mencionaron:

- Comunicación entre divisiones de trabajo
- Retrasos ocasionados por servicios de terceros
- Transporte de materiales
- Difusión de conocimientos técnicos
- Planificación de diseño
- Falta de validación de los diseños

Fase 2: Necesidades y objetivos

Base del plan de gestión general

Para comenzar a realizar el planteamiento de una metodología de gestión de proyecto para el caso de Fórmula SAE UNIMET, se toma como referencia principal las directrices expuestas en el PMBOK® (PMI, 2021), la cual indica que para dar inicio al proyecto, se plantea la gestión de integración del proyecto, lo cual abarca la definición de estatutos de funcionamiento, un plan de gestión general, la gestión del trabajo, la gestión del conocimiento, el seguimiento, la integración de cambios y el cierre del proyecto.

El plan de gestión general del equipo se basa en estatutos de funcionamiento, estructura interna, propósito y marco reglamentario. Esta metodología es mutuo acuerdo entre los miembros del equipo y es deseada para ser factible y efectiva, ya que se dirige a un proyecto vocacional y voluntario con fondos restringidos. Factores de temporadas anteriores son consideradas para el desarrollo del plan.

Definición de metas

A pesar de que el proyecto cuenta con una misión clara, que es la participación exitosa en la competencia Formula SAE Michigan, es importante definir las metas específicas del proyecto, en base al alcance esperado, además, existen objetivos que complementan el propósito educativo de la agrupación estudiantil que deben ser tomados en cuenta.

Siguiendo los principios de la agrupación, las metas definidas se deben apegar a la misión y visión del equipo, constando éstas de dos ramas principales:

- Brindar a los estudiantes de la Universidad Metropolitana la oportunidad de la conceptualización, diseño, construcción y competición anual de un prototipo de carreras estilo fórmula.
- Formar parte de la formación integral de profesionales proactivos, versátiles con aptitudes emprendedoras y técnicas.

El equipo debe definir metas en técnicas, integración y capacitación de nuevos miembros, respaldada por referencias de temporadas anteriores y retroalimentación de profesionales de la competencia. Se lleva a cabo ideas para desarrollar nuevos tecnológicos, tratos con patrocinadores, captación y capacitación de nuevos miembros.



Figura 1. Abordaje a la definición de metas

Una característica relevante a la hora de definir metas es intentar que éstas sean cuantificables y medibles.

Identificación de necesidades

Como se expresa en la definición de metas, es necesario considerar los recursos necesarios para cumplirlas. Para la identificación de recursos se debe considerar preliminarmente las acciones necesarias en las diferentes áreas del proyecto, así como las herramientas a utilizar, desde el diseño y construcción, hasta la logística de traslado a nivel nacional e internacional.

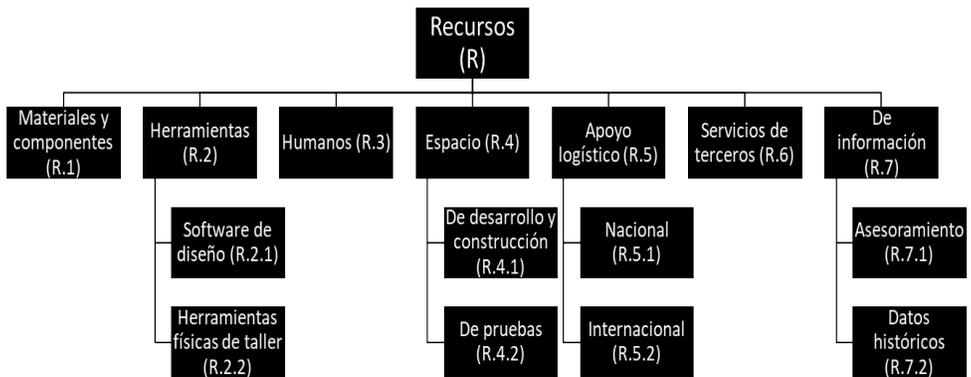


Figura 2. Identificación de recursos

Los recursos no se definen únicamente al inicio de la temporada, sino surge a medida del desglose del trabajo (WBS) y asociaciones a las tareas. Esta identificación es crucial para la planificación de tareas del equipo administrativo, ya que tenga relaciones con empresas y la universidad. Además, considera recursos disponibles en la agrupación.

Estimación de presupuestos

La estimación de presupuestos es uno de los factores principales a la hora de delimitar el alcance del proyecto. Se realiza una estimación inicial del presupuesto requerido, basado en las necesidades identificadas y en referencias de temporadas anteriores. Éste debe cubrir los gastos de cada actividad de desarrollo técnico y construcción del carro, las actividades administrativas y logísticas.

Siguiendo como referencia la metodología del PMBOK® (PMI, 2021), en el caso de FSAE UNIMET, las técnicas recomendadas para construir el presupuesto estimado es la de estimación análoga y estimación ascendente (*bottom-up*). En el primer caso se utilizan como referencia los costos afrontados en temporadas pasadas. Esto presenta una gran aplicabilidad sobre todo en aquellos costos que no varían significativamente entre temporadas, como los gastos de logística o de inscripción en la competencia. En el caso de la estimación ascendente, el presupuesto se construye desde las actividades detalladas, según los diseños pensados en la definición de metas, generando presupuesto inicial para cada división, así como presupuestos para las diferentes líneas de trabajo de la división administrativa (logística, exposición y mercadeo). Los presupuestos estimados de cada actividad y paquete de trabajo se suman, considerando para cada uno un margen de reserva, obteniéndose el presupuesto global estimado del proyecto.

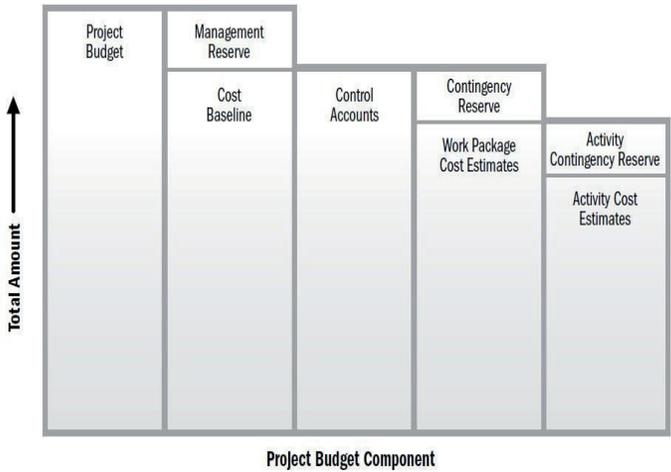


Figura 3. Construcción del presupuesto
 Fuente: *PMBOK® GUIDE*, (p, 255) PMI, 2017.

Por otro lado, se consideran holguras o fondos de contingencia en cada división dependiendo de los costos y riesgos manejados, como se puede observar en la Figura 3, ya que al ser un proyecto estudiantil de investigación y desarrollo suelen fallar en algunas ocasiones los diseños o planteamientos propuestos, trayendo como consecuencia estos gastos inesperados.



Figura 3. Desglose del presupuesto

En el caso de FSAE UNIMET, el presupuesto de gastos logísticos de traslado del prototipo y el equipo a la sede de competencia en Michigan tiene un gran peso, se sabe que puede llegar a abarcar entre el 70% del presupuesto global del proyecto. Mientras que el diseño, construcción y pruebas de la división técnica no manejan costos tan elevados.

Programación de hitos

Los hitos son acontecimientos importantes en la diseño, construcción, adquisición de materiales y eventos relacionados con la competencia, y son la base de la programación de tareas y cronogramas de trabajo.

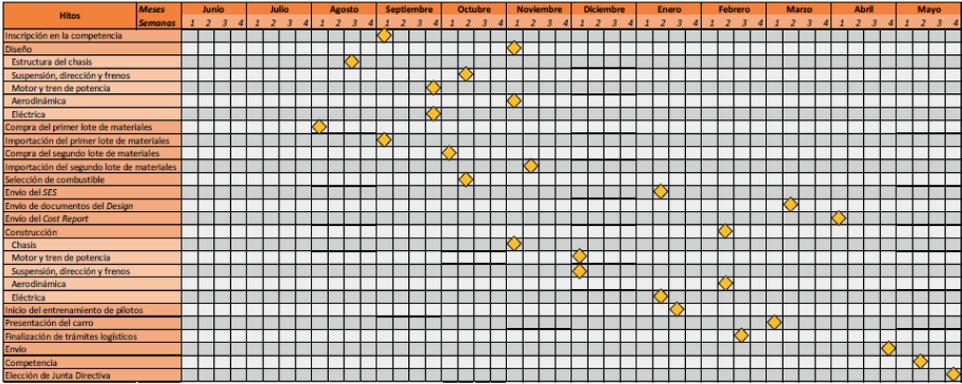


Figura 4. Programación de hitos de la temporada

Asignación de trabajo

Una vez definidas las necesidades, se comienza con la asignación de paquetes de trabajo por división, basado en el organigrama del equipo, para cumplir con la programación de hitos y las metas. Estos paquetes de trabajo serán luego desglosados en actividades específicas, relacionadas entre sí, formando la estructura del desglose del trabajo o *Work Breakdown Structure (WBS)* planteada en la próxima fase.

Los paquetes de trabajo de cada división se plasman a continuación:

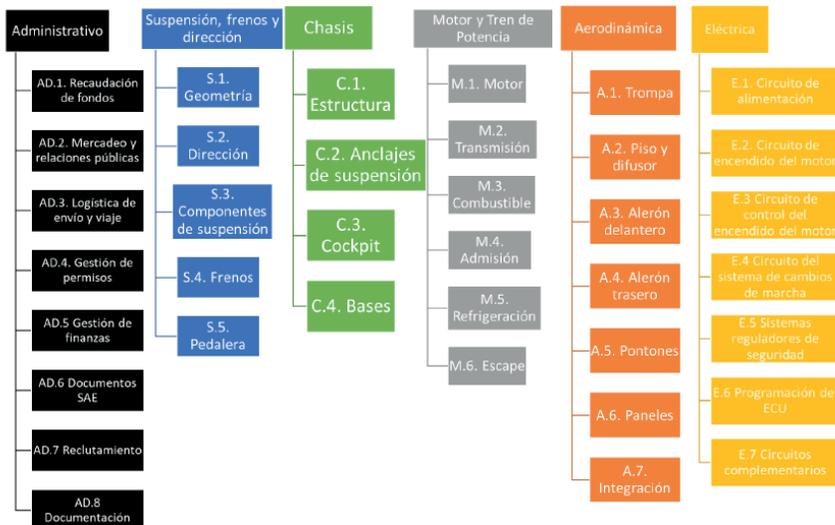


Figura 5. Paquetes de trabajo por división

Los elementos que conforman la propuesta del plan de gestión general no son pasos sucesivos, ya que se encuentran interrelacionados. Por ejemplo, no se puede finalizar la definición de metas si no ha comenzado la estimación de presupuestos, lo cual es algo que debe considerarse durante su planteamiento.

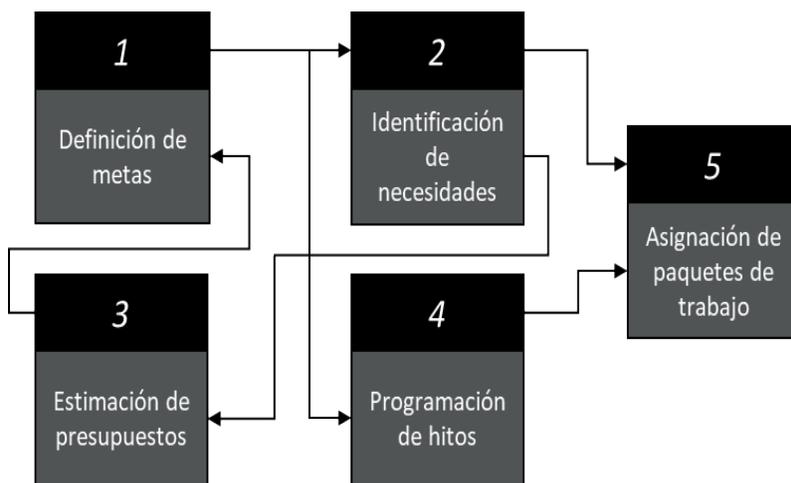


Figura 6. Flujo lógico del planteamiento del plan de gestión general

Control del trabajo y seguimiento

El control del trabajo forma parte crucial de la gestión del proyecto, ya que es la manera de asegurar que las actividades de cada paquete de trabajo se lleven a cabo exitosamente (PMI, 2021).

FSAE UNIMET tiene estatutos en el equipo con estructuras y una “Asamblea General” para discutir avances, tareas, actualizaciones y decisiones, esenciales para control del trabajo y seguimiento de tareas de cada división, propone documentos para fortalecer estructura.

Reportes de trabajo semanales: En este documento se registran semanalmente los avances de las actividades realizadas de cada paquete de trabajo, actividades adicionales, las actividades por realizar e información adicional. Los elementos que debe contener principalmente son: o Fecha o Avance de actividades durante la semana, representan el seguimiento de tareas:

- Actividades
- Estatus
- Comentarios: Pueden incorporarse recursos utilizados o Actividades por realizar la próxima semana:
- Actividades

- Prioridad
- Responsable
- Comentarios: Pueden incorporarse dependencias o recursos necesarios para cumplirlas

Este registro tiene como objetivo mantener los errores y aciertos, con sus motivos, y además se debe hacer para cada fase del proyecto, incluyendo diseño, construcción, pruebas dinámicas, consideraciones de recursos y gestión administrativa. Se centra en la eficiencia en la inversión de tiempo.

Control de finanzas, riesgos y actualización del alcance

El proyecto tiene un gran factor de incertidumbre, existen escasos recursos para predecir contingencias o posibles cursos de acción. El presupuesto, riesgos y participación de los patrocinadores se debe evaluar a medida que avanza el proyecto.

Patrocinadores

La financiación del proyecto depende en gran medida del apoyo de las empresas de apoyo, por lo que la mayor parte del esfuerzo administrativo del equipo debe dedicarse a actividades de recaudación y retención de fondos. Se proponen dos documentos principales: un Plan de Beneficios para Patrocinadores, que se centra en la publicidad y exposición de la marca, y un Nombre de Patrocinadores, que almacena todos los datos y sigue su estatus y aportes. Agentes adicionales, como otras empresas, asesores y contactos interesados, también pueden desempeñar un papel crucial en el desarrollo del proyecto.

Riesgos

La factibilidad del proyecto depende de la identificación oportuna de riesgos, como retrasos, aumento de costos, baja sostenibilidad o fallas del prototipo. Esto puede ser realizado durante la planificación, el desarrollo del proyecto, el seguimiento de tareas semanales, control de gastos, presupuestos y estatus de los patrocinadores, y discusiones y evaluación crítica por la Junta Directiva del equipo.

Técnicas

Como parte de la formulación general de la gestión del proyecto, se proponen diversas técnicas complementarias que varían desde aplicaciones de gestión y toma de decisiones, hasta la integración del abordaje de *SE*, para asegurar una cohesión entre las metas de las divisiones técnicas y administrativas.

Para toma de decisiones

El proyecto propone dos técnicas para la toma de decisiones: votación y matriz de decisión. La votación implica una votación simple con más del 50% de apoyo de la Junta Directiva, mientras que una matriz de decisión evalúa los beneficios y riesgos de diferentes alternativas. A cada criterio se le asigna un peso basado en la consulta de expertos y el contexto contextual. Se presenta un ejemplo de esta matriz para evaluar y adquirir diferentes ideas para un nuevo prototipo.

DFX

Por sus siglas en inglés *Design For X*, se refiere a una serie de lineamientos técnicos para ser aplicados durante las etapas de diseño. Implica que el diseño, en este caso del carro y sus componentes, deben ser diseñados considerando optimizar algunos aspectos específicos (X) (PMI, 2017). Estos lineamientos, adaptados a un proyecto de FSAE pueden estar conformados por los siguientes aspectos:

V model

Se trata de una representación gráfica del ciclo de vida de un proyecto. Relacionado con las metodologías del *SE*, esta técnica es orientada a los requerimientos del sistema y su posterior validación y verificación. El modelo V consta de 2 ramas, el lado izquierdo plasma la descomposición de los requisitos del sistema en requerimientos de conjuntos y subconjuntos. Esta descomposición de requerimientos se repite hasta alcanzar especificaciones precisas a nivel de componentes, de manera que cumplan con los requerimientos del sistema que conforman (Forsberg y Mooz, 1998).

Una vez definidas las especificaciones, diseñados y fabricados los componentes, se aplica el lado derecho del diagrama, que consta de la validación y verificación de componentes, subconjuntos, conjuntos y finalmente del sistema completo. Cada fase del lado derecho del diagrama se correlaciona directamente con su contraparte en el lado izquierdo.

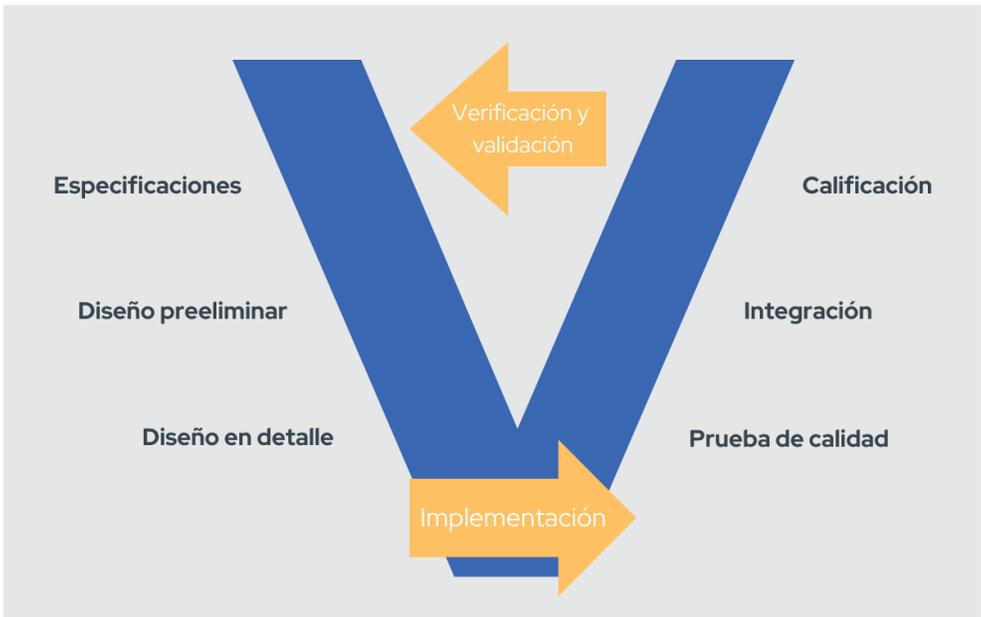


Figura 7. Modelo V aplicado a aplicado al diseño basado en la dinámica de vehículos

Fuente: ComparaSoftware(2024)

Esta técnica resulta de gran utilidad a la hora de definir e integrar los aspectos técnicos de un sistema complejo, en este caso, del prototipo de Fórmula SAE. Como parte de la metodología propuesta, se puede integrar los aspectos del modelo V en el desglose de la estructura del trabajo (*WBS*) de las divisiones técnicas, desde la definición de requerimientos para el vehículo completo, requerimientos por división y finalmente los requerimientos de cada componente diseñado o seleccionado, considerando su integración y correlación entre ellos; y luego la planificación de actividades de validación de cada fase para cada división.

Fase 3: Estructuración de tareas y fechas

La fase 2 sentó las bases de la metodología con el plan general de gestión, en la fase 3 se procede a desarrollar dicho plan con sus líneas de trabajo correspondientes, subdividiéndolas en componentes específicos y considerando sus recursos asociados, responsables, esquemas de tiempo e interrelaciones con otras actividades.

Estructura de desglose del trabajo (WBS)

La estructura de desglose del trabajo consta de tareas más pequeñas, detalladas y manejables que proporcionan resultados identificables y recursos necesarios. La aplicación WBS en el proyecto FSAE permite definir claramente acciones para la correcta aplicación del modelo V. Reconocer las relaciones y dependencias entre diferentes paquetes de trabajo es crucial para la coordinación y las consideraciones. Esto se puede representar gráficamente mediante diagramas de flujo en la programación de actividades.

Cada actividad tiene recursos necesarios para llevar a cabo, ayudando al equipo a analizar el alcance del proyecto y reconsiderar alternativas si recursos no son conseguidos o hay riesgos. Un formato propuesto para desglose de actividades es una tabla con identificadores, nombre de la tarea, descripción, dependencias de inicio y cierre.

| ID | Tareas correspondientes | Descripción y consideraciones | Dependencias De inicio | De cierre | Recursos |
|--------------|--|--|------------------------|--------------|--|
| D | Diseño | | | | |
| D.1 | Diseño conceptual | | | | |
| <i>D.1.1</i> | <i>Lluvia de ideas</i> | Feedback de los jueces de la competencia, lecciones aprendidas | | | R.3, R.4.1, R.7.2 |
| <i>D.1.2</i> | <i>Selección de áreas a desarrollar</i> | Alcance del proyecto, prioridad de ideas | D.1.1 | | R.3, R.4.1, R.7.1, R.7.2 |
| D.2 | Definir objetivos iniciales de diseño | | | | |
| <i>D.2.1</i> | <i>Definir centro de gravedad, masas (suspendida & no suspendida), aceleraciones máximas</i> | Asumir objetivos de masa suspendida y no suspendida, ubicación del centro de gravedad, aceleraciones laterales y longitudinales a las que se someterá el carro. Considerar posición tentativa de todos los componentes | D.1.2 | | R.3, R.4.1, R.2.1 |
| <i>D.2.2</i> | <i>Definir posición de manejo del piloto</i> | Considerar tamaños de pilotos y posición de manejo deseada, cg, ajustabilidad y visibilidad | D.1.2 | D.2.1 | R.3, R.4.1, R.2.1, R.7.1 |
| <i>D.2.3</i> | <i>Definir distancia entre ejes y ancho (ruedas)</i> | Considerar distribución de peso deseada entre ejes y ancho total del carro, diferencias entre eje delantero y trasero para maniobrabilidad y transferencia de carga. Bajo yaw inercia | D.1.2 | D.2.1 | R.3, R.4.1 |
| <i>D.2.4</i> | <i>Análisis de cauchos</i> | Acceder a la data de cauchos del consorcio TTC de FSAE, revisar las opciones de cauchos disponibles en el mercado, manejo de software de análisis de cauchos o creación de herramientas propias. | D.1.2 | | R.3, R.4.1, R.2.1, R.7.1, R.7.2 |
| <i>D.2.5</i> | <i>Selección de cauchos y rines</i> | Considerar tracción, costos, cambios en el diseño de la aerodinámica, peso de la masa no suspendida | D.2.4 | D.2.1 | R.3, R.4.1, R.2.1, R.7.1 |

Tabla 1. WBS para la definición de requerimientos de sistema y diseño (bloque superior del lado izquierdo del modelo V)

Si ciertas tareas propuestas aún presentan cierto grado de abstracción, es posible que sea necesario descomponerlas en subtareas más específicas, con mayor grado de detalle.

En el caso del equipo administrativo, la descomposición de tareas para la estructura de desglose de trabajo no siempre alcanza un nivel tan detallado como para las tareas técnicas, debido a que muchas de las responsabilidades del equipo técnico pueden surgir durante el transcurso de la temporada.

Un abordaje más práctico sería el del *Rolling Wave Planning*, el cual se basa en la planificación detallada para el trabajo a corto plazo, mientras que el trabajo a mediano y largo plazo se planifica de manera más general ya que la información es menos precisa (PMI, 2017). Para la aplicación de esta herramienta para el desglose de trabajo es crucial contar con reportes semanales (apartado III.2.2) detallados y actualizados, ya que permitirán al equipo administrativo plantear constantemente las tareas pendientes, así como los recursos y fechas asociadas.

Independientemente de la naturaleza dinámica del proyecto, existen ciertas responsabilidades dentro del equipo administrativo que suelen mantenerse, por lo que el desglose preliminar se puede representar con los siguientes paquetes de trabajo:

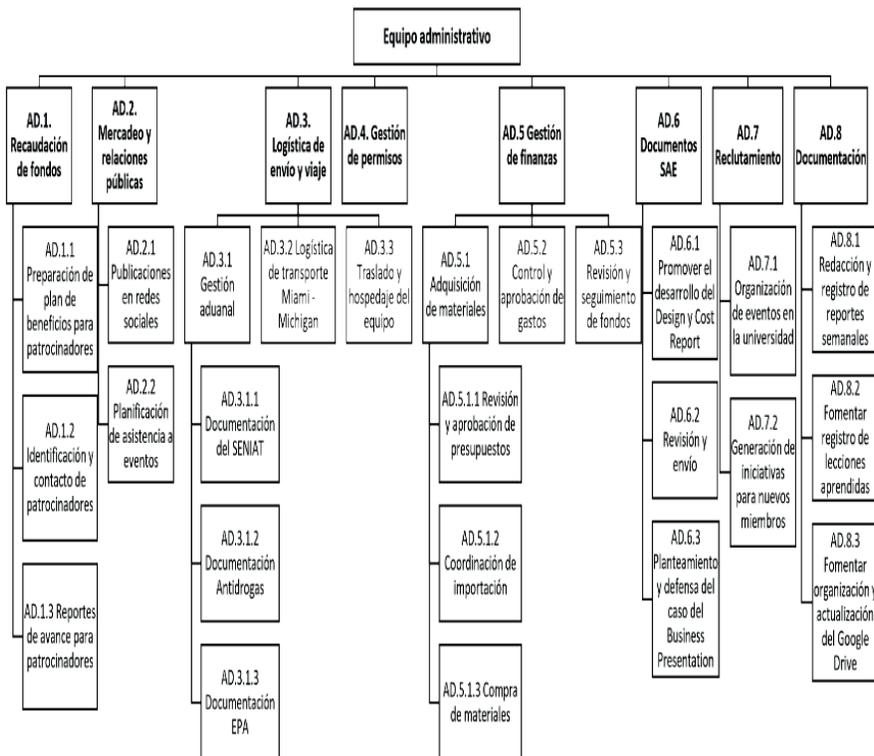


Figura 8. Estructura del desglose del trabajo administrativo

Estos paquetes de trabajo pueden ser definidos con más detalle de manera progresiva mediante el *Rolling Wave Planning*.

Programación de actividades

Una vez definidas las tareas de cada división en la estructura de desglose de trabajo, es importante definir un orden de estas, considerando sus relaciones y dependencias. Para ello se plantea un diagrama de precedencia (*PDM*), utilizando la convención planteada en el PMBOK® (PMI, 2017).

Esta manera de representar el trabajo permite identificar aquellas actividades en las que es crucial que las divisiones mantengan una comunicación constante, asimismo permite visualizar qué tareas tienen un gran número de tareas sucesoras dependientes o cuáles requieren de mayor esfuerzo o recursos para ser completadas. Esto ayuda al equipo a priorizar tareas o a identificar posibles riesgos de retraso entre divisiones.

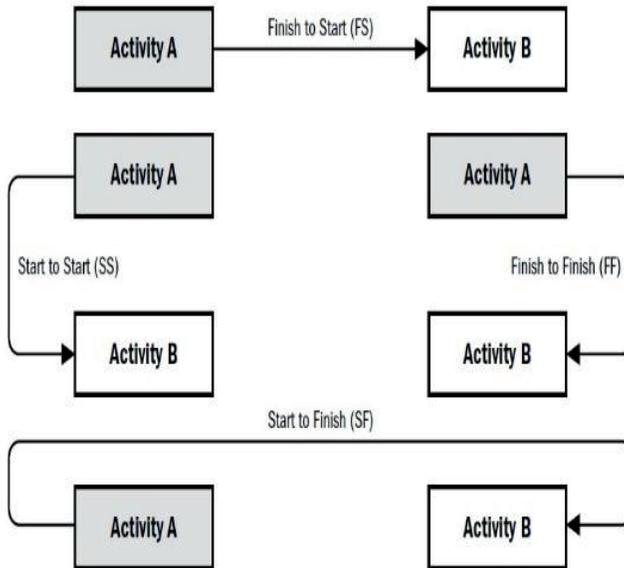


Figura 9. Tipos de relaciones en un diagrama de precedencia (PDM)

Fuente: *PMBOK® GUIDE*, (p, 190) PMI, 2017.

Para planificar el calendario de actividades se debe tener primero una estimación de la duración de las tareas y la programación de los hitos establecidos, ya que marcan la fecha objetivo en la cual se entregan los resultados de la finalización de las tareas. La estimación de las duraciones de las tareas se puede realizar mediante una estimación ascendente, donde se estima la duración de cada una de las tareas del *WBS* y se suman de acuerdo con sus dependencias, para hallar la duración total.

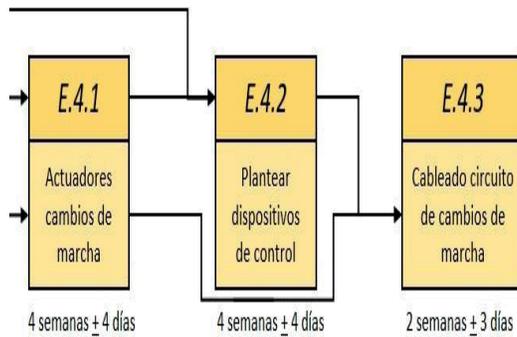


Figura 10. Ejemplo de estimación ascendente de duración de actividades

En la figura 10 se puede observar cómo estimando las tareas desglosadas del WBS para el circuito de cambios de marcha (uno de los paquetes de trabajo de la división de eléctrica), se puede estimar que el diseño del sistema de cambios de marcha puede durar 10 semanas. En ciertos casos se puede aplicar el *Critical Path Method*, que consiste en asignar a cada actividad fechas de inicio y finalización tanto temprana como tardía, y con el apoyo del diagrama de flujo lógico de las tareas, encontrar el camino más largo. Este indicaría cuánto podría ser la duración máxima hasta la finalización de todas las tareas.

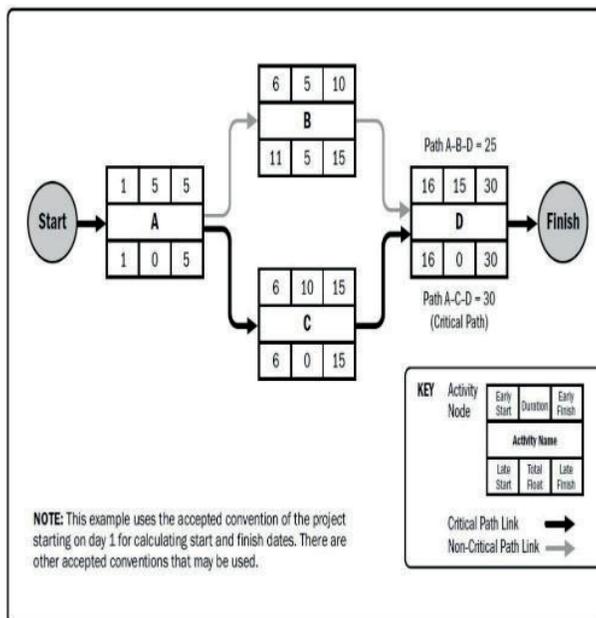


Figura 11. Critical Path Method

Fuente: *PMBOK® GUIDE*, (p, 211) PMI, 2017.

La técnica de optimización para redes complejas e interconectadas puede ser difícil y poco práctica sin un software apropiado. La programación de las tareas debe complementarse con reuniones de equipo para discutir el desarrollo de las tareas y estimar lapsos de tiempo a los hitos establecidos en el plan de gestión general.

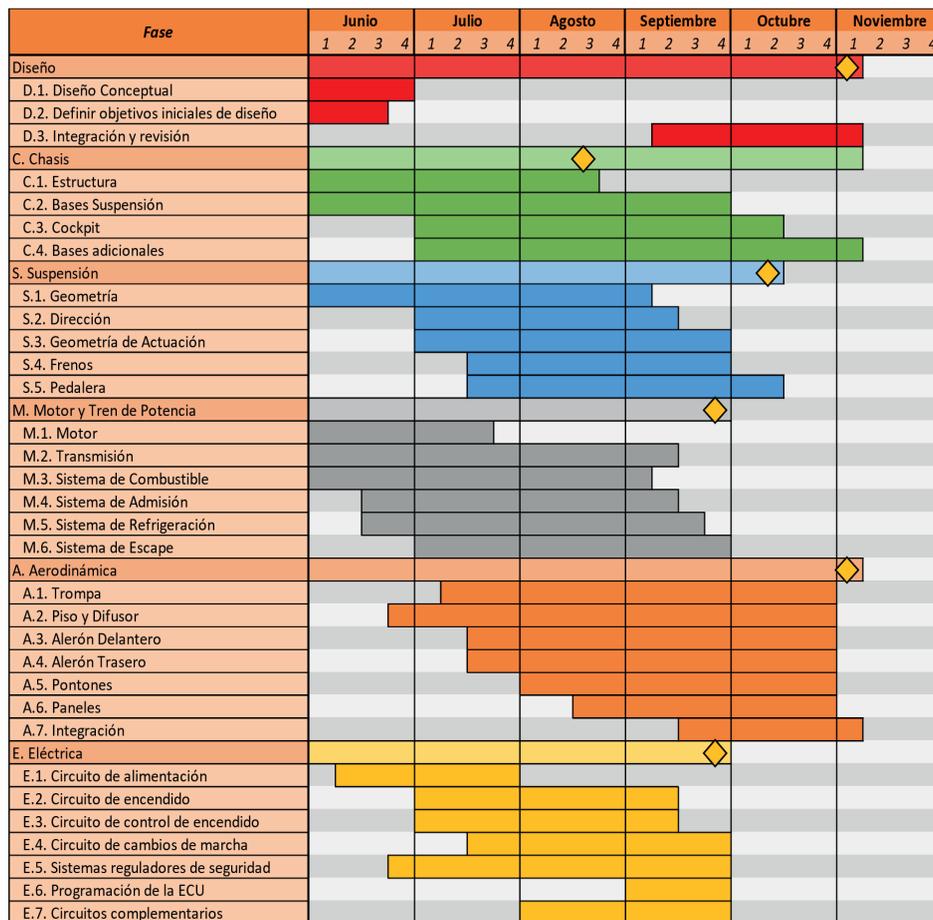


Figura 12. Diagrama de barras para la fase de diseño con hitos correspondientes

Fuente: Elaboración propia

Fase 4: Implementación de técnicas de *Lean Manufacturing*

A continuación, se observan algunas de las técnicas de *Lean Manufacturing* que se consideraron las más factibles para implementar a la metodología de proyecto para equipos de Fórmula SAE, tomando en consideración El factor del aprendizaje voluntario de estudiantes, así como la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y que, en múltiples casos, los recursos podrían ser reducidos.

Las 5s

Técnica utilizada para la mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo. Consiste en la aplicación de los principios mostrados en la siguiente figura 21:



Figura 13. Principios de las 5S

Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación, (p, 41) Hernández, J., Vizán A. 2013.

Los equipos de Fórmula SAE pueden implementar fácilmente esta técnica, a pesar de posibles problemas como acumulación de residuos y desorganización del taller, que podrían impedir los procesos de productividad.

La estandarización

La estandarización de procesos es una técnica útil para el proyecto, enfocada en las divisiones técnicas y administrativas de equipos para reducir errores y mejorarlo. Estandarización se emplea en ensamblar y desensamblar sistemas del prototipo en secuencias específicas. En la Figura 14 se muestra el proceso estándar del equipo

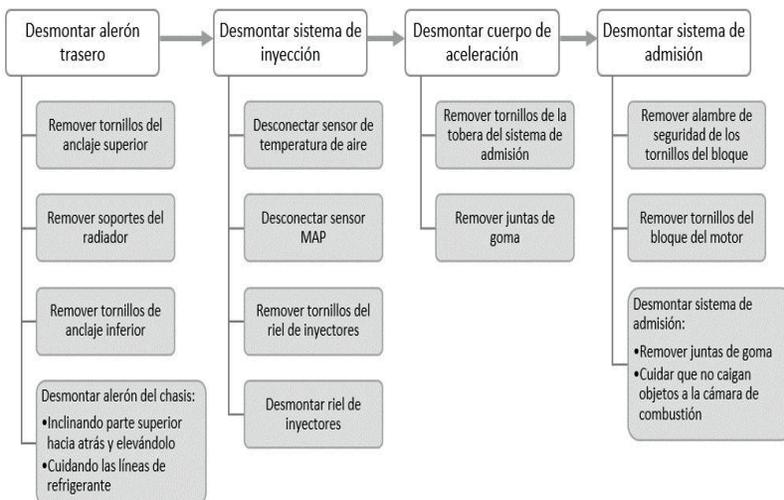


Figura 14. Proceso estándar para el desmontaje del múltiple de admisión

Control visual

El control visual es una señal a nivel de todo el sistema que indica pérdida o mejora del sistema, aplicable a los equipos de Fórmula SAE en varias etapas, incluidas las divisiones de diseño, fabricación y administrativas, permitiendo un uso y desempeño más eficiente del material.

Poka Yoke

Este busca detectar posibles errores y detenerlos antes de que sucedan, como podría ser escoger un mismo código de color para el cableado del prototipo, evitando posibles confusiones a la hora de la fabricación o mantenimiento. Es aplicable en la agrupación en la división técnica, tanto en la fase de diseño como en la fase de manufactura, así como también es aplicable en la división administrativa.

Diagrama de Gantt

Tal como se mencionó anteriormente, es un diagrama en el cual se plantean todas las actividades necesarias para culminar con éxito el proyecto y los tiempos de inicio y fin que se disponen para cada una de estas, con el fin de supervisar los avances en estas actividades y cumplir con los hitos planteados. Esta herramienta fue la más identificada en las encuestas realizadas y se puede referenciar en la Figura 12.

Análisis FODA

La herramienta es utilizada para analizar el estatus actual del proyecto, considerando fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, y ofrece una visión clara para decisiones, evidenciando el inicio de la temporada y el planes de invertir tiempo y dinero.

Kaizen

Es una de las principales técnicas del *Lean Manufacturing*, basado en la mejora continua mediante pequeños cambios, es aplicable a cualquier proceso desarrollado dentro de la agrupación, puesto que siempre se pueden cambiar cosas para ser más eficientes.

Aplicándose en los reportes semanales planteados anteriormente.

Kanban

Esta herramienta es un sistema de control y programación sincronizado mediante tarjetas que indica tareas pendientes, en proceso y culminadas, especialmente en proyectos de humanidad, donde la motivación y la mentoría son cruciales para los participantes.

CONCLUSIONES

Los principales problemas que enfrentan otros equipos de Fórmula SAE incluyen la comunicación, la planificación de la construcción y la difusión de conocimientos técnicos, y se recopiló información sobre su estatus UNIMET para una metodología de gestión.

Se propuso una metodología para la formulación de objetivos, identificación de necesidades y riesgos y determinación del alcance del proyecto, alineada con la misión y visión del equipo de Fórmula SAE UNIMET.

Se desarrolló una propuesta de estructura y programación de trabajo, enfatizando la relación de tareas y la identificación de recursos, utilizando herramientas *Lean Manufacturing* adaptadas a las necesidades del proyecto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al equipo FSAE UNIMET realizar pruebas piloto para identificar puntos de mejora, luego integrar la metodología propuesta en un software para el seguimiento y registro de proyectos, con tutoría y gestión del factor humano para promover la resolución de conflictos, la inteligencia emocional y la motivación del equipo.

REFERENCIAS

Bucanac, C. (1999). The V-Model. University Of Karlskrona/Ronneby.

Bundesrepublik Deutschland. (2004). V-Modell XT.

ComparaSoftware (2024) Modelo V: ¿Sigue siendo útil para tus proyectos?.<https://blog.comparasoftware.com/modelo-v/>

Feier, I., Durkee, A. (2018). Formula SAE as a Capstone Design Course at the U.S. Air Force Academy. U.S. Air Force Academy.

Forsberg, K., Mooz, H. (1998). System Engineering for Faster, Cheaper, Better. Center for Systems Management, Inc.

Hall, David C., (2017). Systems Engineering Guidebook: A Guide for Developing, Implementing, Using and Improving Appropriate, Effective and Efficient Systems Engineering Capabilities.

Heizer, J. Render, B. (2009). Principios de administración de operación (7ma ed.) Pearson Education.

Hernández, J., Vizán A. (2013). Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación.

Fundación EOI (Escuela de organización industrial).

Hernández, R., Fernandez, R., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6th ed.). McGraw Hill. <https://www.uca.ac.cr/wpcontent/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

INCOSE. (2023). Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (Version 2.9).

Kolossvary, T., Dory, T., Feszty, D. (2023). Systems engineering in automotive product development: A guide to initiate organisational transformation. Széchenyi István University.

M. Gadola, D. Chindamo. (2019). Experiential learning in engineering education: The role of student design competitions and a case study. International Journal of Mechanical Engineering Education.

Mendez, E. (2018). PROPUESTA PARA PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN, CHASIS DIRECCIÓN Y FRENOS CON MANUFACTURA ESBELTA REFERENCIADO EN UN VEHÍCULO MONOPLAZA TIPO FORMULA SAE.

Universidad politécnica salesiana sede cuenca.

Project Management Institute. (2017). A guide to the project management body of knowledge (6th edition).

Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (7th edition).

SAE international (2023). About formula SAE Series. <https://www.sae.org/attend/student-events/formula-sae-michigan/about>

SAE international (2023). Student events: <https://www.sae.org/attend/student-events>

