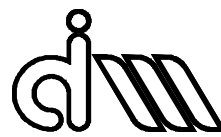


UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales



Trabajo Fin de Máster en Ingeniería Mecánica

“Implementación de un sistema PDM/PLM en el diseño y fabricación de una
motocicleta”

Presentado por: D. Francisco Manuel López Esteve

Dirigido por: Dr. D. Miguel Jorge Reig Pérez

Dr. D. Santiago Ferrándiz Bou

Valencia, Septiembre de 2016

Resumen en castellano (y hasta quince palabras clave).

En este trabajo se implementa un sistema PDM/PLM basado en la metodología actual de diseño y desarrollo de productos industriales compuesta por cinco fases esenciales; planteamiento estratégico, diseño conceptual, diseño preliminar, diseño detallado y fabricación del prototipo. En cada una de las fases se incorpora y genera información referente al diseño del nuevo producto, y se plantea un sistema para la gestión adecuada de la misma, siendo accesible a los integrantes del equipo y se encuentre actualizada para todas las fases del proyecto del diseño y fabricación de un prototipo de motocicleta en la competición MotoStudent. En el desarrollo del proyecto se ha de cumplir una serie de hitos marcados por la organización de la competición, y se hacen coincidir con los hitos de cada una de las fases de diseño y desarrollo planteadas. Estos hitos son consecuencia de la evolución y creación de la información en el proyecto, y se materializa como una serie de documentos y archivos CAD que contienen intrínsecamente esta información.

Palabras clave: ingeniería concurrente, CAD, PDM, PLM, motocicleta

Resumen en valenciano (y hasta quince palabras clave).

En aquest treball se implementa un sistema PDM/PLM basat en la metodologia actual de disseny i desenvolupament de productes industrials composta per cinc fases essencials: plantejament estratègic, disseny conceptual, disseny preliminar, disseny detallat, i fabricació del prototip. En cada una de les fases se incorpora i genera informació referent al disseny del nou producte, i se planteja un sistema per a la gestió adequada d'aquesta, seguint accessible a tots el integrants del equip i es trobe actualitzada per a totes les fases del projecte de disseny i fabricació de un prototip de motocicleta en la competició MotoStudent. En el desenvolupament del projecte se ha de complir una sèrie de fites fixades per la organització de la competició, i es fan coincidir amb les fites de cada una de les fases de disseny i desenvolupament plantejades. Aquestes fites son consecuencia de la evolució i creació de la informació en el projecte i es materialitza com una serie de documents i arxius CAD que conté intrínsecament aquesta informació.

Paraules clau: ingeniería concurrent, CAD, PDM, PLM, motocicleta

Resumen en inglés (y hasta quince palabras clave).

In this work introduce a PDM/PLM system based in current design and development methodologies for industrial products consisting of five essential phases; strategic planning, concept design, preliminary design, detailed design, and prototyping. In each phases, knowledge is added and produced of new product design, and It is proposed a system to manage it properly, being accessible and keeping updated for all members of work group and all phases in the project of design and prototyping a race motorbike

in MotoStudent competition. At the project development it's mandatory to achieve several milestones fixed by competition organization, and they run into the gates of each design and development phases. These milestones are result of development and creation of new design information like documents and CAD files, that including the information inherently.

Keywords: concurrent engineering, CAD, PDM, PLM, Motorbike

Índice.

1. Introducción.....	7
2. Motivación y antecedentes	8
3. Breve revisión del estado del arte en sistemas PDM/PLM en el sector de la automoción	10
4. Definición de las fases y planificación del proyecto	21
5. Definición estrategia.....	21
5.1. Organización del equipo.....	21
5.2. Colaboración con empresas y patrocinios.....	23
5.3. Presupuesto de ejecución y financiación.....	23
5.4. Análisis DAFO/CAME.....	25
6. Diseño Conceptual.....	26
6.1. Dimensiones	26
6.2. Peso	28
6.3. Ergonomía.....	28
6.4. Chasis.....	29
6.5. Sistema de suspensión.....	30
6.6. Resto de componentes básicos de la motocicleta.....	30
6.7. Consideraciones geométricas y dinámicas en la motocicleta	31
6.8. Criterios estructurales	35
6.9. Criterios en la selección de los materiales y los procesos de fabricación.....	38
6.9.1.Acero	38
6.9.2.Aluminio	39
6.10. Gestión de la información y del conocimiento en la fase de diseño conceptual	41
7. Diseño preliminar	44
7.1. Estructura del diseño.....	45
7.2. Captura de la propuesta de diseño y gestión de las relaciones entre componentes.....	47
7.3. Realización de las propuestas de diseño y definición del ensamblaje	51
7.4. Gestión de los datos de producto en el diseño preliminar.....	54
8. Diseño detallado del prototipo.....	57
8.1. Diseño basado en la fabricación y selección de los procesos.....	57
8.2. Gestión del diseño detallado con herramientas PDM/PLM	61
8.2.1 Funcionalidad de Windchill como herramienta PDM/PLM.....	61
8.2.2 Implementación de Windchill.....	63
8.2.3.Procedimiento de trabajo con archivos CAD en Windchill.....	66
8.2.4.Gestión y control de cambios en Windchill.....	68
9. Fabricación del prototipo	70
9.1. Fabricación del chasis.....	70

9.2. Gestión de la información y documentación de fabricación en la herramienta PDM/PLM	75
10. ANEXOS.....	78
10.1. Anexo A. Características técnicas motor Honda CBR 250R	78
10.2. ANEXO B. Características del diseño conceptual del prototipo.....	79
10.3. ANEXO C. Plano diseño preliminar del prototipo	81
11. Bibliografía.....	82

1. Introducción

Actualmente en el diseño y desarrollo de nuevos productos son varias las áreas dentro de una empresa que trabajan simultáneamente. Desde el punto de vista de la Ingeniería, un mismo producto puede incluir diversas tecnologías que van más allá del simple diseño, selección de materiales y procesos de fabricación. Los equipos de diseño y desarrollo de productos son multidisciplinarios y muchas veces se encuentran deslocalizados por lo que la información referente al nuevo producto debe de estar accesible y actualizada para todos ellos. Bajo este enfoque de desarrollo colaborativo de nuevos productos, existe la necesidad de compartir la información del diseño en todas sus fases desde la idea hasta, la retirada del producto en servicio, y que principalmente está compuesta por documentación técnica, archivos CAD, planos y manuales. Añadido a esta necesidad, muchos sectores tienen una innovación constante del producto, llegando a ser prácticamente anual, por lo que los plazos de tiempo de lanzamiento de producto se reducen considerablemente y los equipos de diseño y desarrollo han de trabajar de la forma más eficiente posible.

El compartir la información del diseño, que sea accesible y esté actualizada es fundamental para conseguir estos objetivos, y con el avance de las tecnologías TIC en un mundo globalizado, cada vez se está haciendo más accesible las aplicaciones que sirven para gestionar esta información relativa al diseño de producto, la fabricación y su posterior vida en servicio. Son conocidas en su terminología anglosajona como “Product Data Management” (PDM) y “Product Lifecycle Management”

El empleo de estas tecnologías y herramientas no es únicamente un simple proceso de diseño, sino se engloba en la filosofía de la Ingeniería Concurrente. Por lo que requiere un cambio en el planteamiento y organización de la estrategia de las empresas. En este trabajo se ha llevado a cabo su implementación en un proyecto académico basado en el diseño y fabricación de un prototipo de motocicleta, planteando nuevas metodologías en el diseño y desarrollo de productos, como así nuevas metodologías de aprendizaje basado en proyectos

2. Motivación y antecedentes

Este trabajo final del Master en Ingeniería Mecánica y de Materiales de la Universidad Politécnica de Valencia surge de la participación de un grupo de alumnos del Campus de Alcoi en la competición MotoStudent. Como docente responsable del proyecto extra-académico, en la figura del profesor asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica de la misma universidad, las funciones que desempeñaba era la tutorización y asesoramiento a los alumnos en la ejecución del proyecto.

La Competición MotoStudent es un desafío universitario que consiste en diseñar y desarrollar un prototipo de moto de competición que será evaluado en un Evento Final que tendrá lugar en las instalaciones de Motor Land Aragón. La Competición en sí misma representa un desafío para los estudiantes, donde tendrán que poner a prueba su creatividad y sus habilidades para innovar, aplicando directamente sus capacidades como futuros ingenieros o técnicos especializados contra otros equipos de todo el mundo durante un periodo de tres semestres.

MotoStudent permite a los equipos la máxima flexibilidad para diseñar, con muy pocas restricciones en la “toma de decisión” del diseño general de la moto, por lo que los vehículos o proyectos que participan en la Competición deberán cumplir con un mínimo de requerimientos de seguridad y dimensiones en las áreas designadas. El desafío para los equipos es desarrollar una moto que sea capaz de pasar con éxito todos los tests y pruebas a lo largo de la Competición MotoStudent.

En sí mismo, el proyecto da a los equipos la oportunidad de poner a prueba y demostrar sus aptitudes en ingeniería, creatividad y habilidades empresariales en competición contra otras universidades del mundo.

Cada equipo debe de estar integrado por un mínimo de 7 alumnos, los cuales tienen que trabajar en equipo de manera coordinada para alcanzar el objetivo en el plazo determinado por la organización. El planteamiento de implementar un sistema PDM/PLM en el diseño y fabricación de la motocicleta tiene dos motivaciones principales:

- Facilitar en un entorno colaborativo para el diseño y fabricación del prototipo
- Aprendizaje en el uso de herramientas PDM y PLM disponibles tanto en el ámbito académico como empresarial

Al mismo tiempo, como docente de varias asignaturas del Grado de Ingeniería Mecánica en el Campus de Alcoi, relacionadas con la ingeniería concurrente y procesos de fabricación de ensamblajes, se ha pretendido complementar los temarios incorporando el uso de estas herramientas a las de diseño CAD. Hasta el momento, se impartían los conceptos teóricos y metodologías de diseño y fabricación de nuevos productos, llevándolo a la práctica mediante ejercicios no relacionados entre ellos.

El uso de las herramientas PDM y PLM tiene su sentido y aplicación en la ejecución de proyectos, ya que a parte de la propia gestión de la información del diseño controlan el flujo de trabajo en equipo en las distintas fases en el desarrollo de nuevos productos. Es por ello, que la metodología de aprendizaje en base a proyectos es idónea para el entendimiento y formación en el uso y la aplicación de estas tecnologías y la metodología adecuada de diseño desarrollo de productos.

3. Breve revisión del estado del arte en sistemas PDM/PLM en el sector de la automoción

Bodein propone una hoja de ruta para la implementación de sistemas PDM/PLM en las industrias de automoción [1], definiendo fases claves con el objetivo general de plantear una estrategia eficaz en la utilización de CAD paramétrico. Esta hoja de ruta está compuesta por las siguientes fases claves:

- Estandarización
- Metodología avanzada
- Modelado genérico; diseño basado en el conocimiento (KBE)
- Reglas de diseño
- Automatización

Phase	Name	Aims
1	Standardization phase	Define a common CAD environment and practices for all designers
		Define CAD data quality minimum criteria
		Ensure the compatibility of CAD data structure with the PLM system (CAD integration capability)
2	Advanced methodology	Optimize modeling practices based on each component's characteristics
		Improve interoperability and exchange between other tools from the design chain and PLM environment (i.e. simulation tools)
3	Knowledge-based design	Integrate knowledge inside CAD models
		Create generic 3D features embedding know-how
		Create generative design models/product expert models
4	Expert rules checks	Check design rules, companies' expert rules and data quality on the product
		Ensure compliance of the design with standards and norms
A	Automation	Accelerate low value added tasks/automate repetitive tasks/create new functions

De su propuesta fundamentada en casos prácticos destaca la metodología de 2 esqueletos en las fases iniciales del diseño para establecer la relación entre los archivos CAD y el PLM, y permitir la propagación de las modificaciones del componente en todos los productos donde es empleado. Un primer esqueleto con el enfoque top-down (definición del conjunto) y el otro con el enfoque bottom-up (definición del componente).

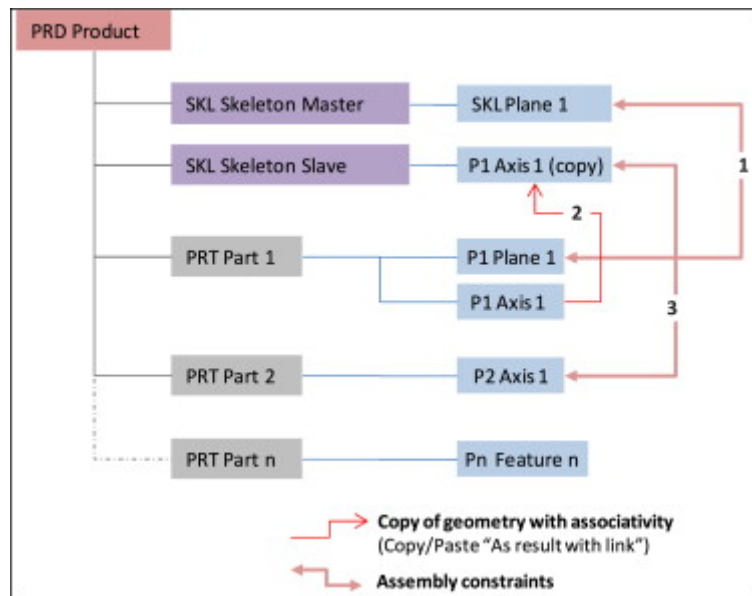


Ilustración 1 Diseño "top-down" con relaciones

Por su parte, Wasmer A. [2] presenta un protocolo en la gestión de la información en los cambios en Ingeniería (ECM), basados en estándares de la industria de la automoción, y otros sectores afines, para facilitar la comunicación entre empresas OEM, proveedores e ingenierías, tanto a nivel interno como externo, sin afectar los procesos internos de ECM de cada empresa. Está centrado en la definición de puntos necesarios de sincronización durante el proceso y la comunicación requerida de la información.

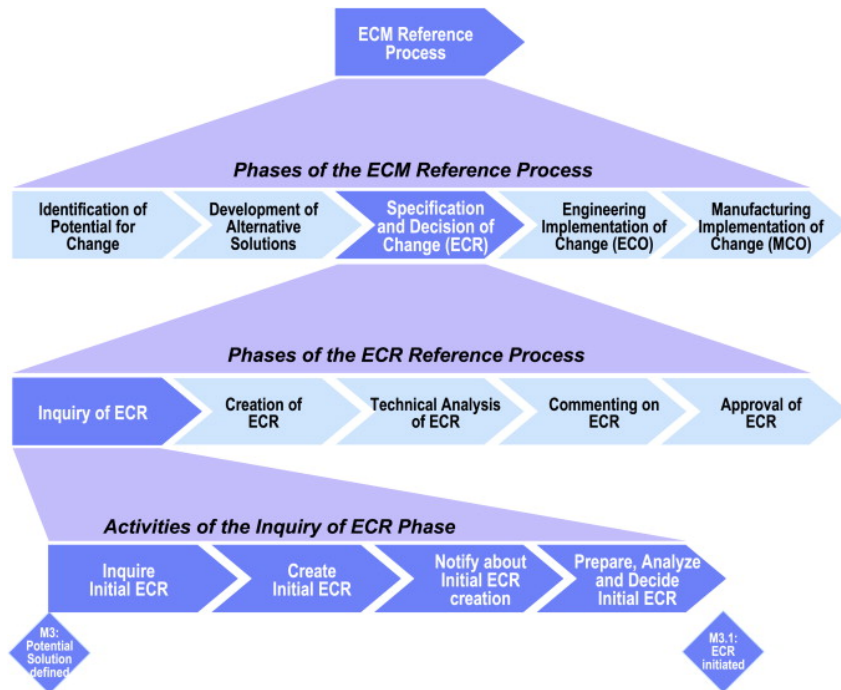


Ilustración 2 Illustration of the ECM reference process breakdown (synchronization points are not shown).

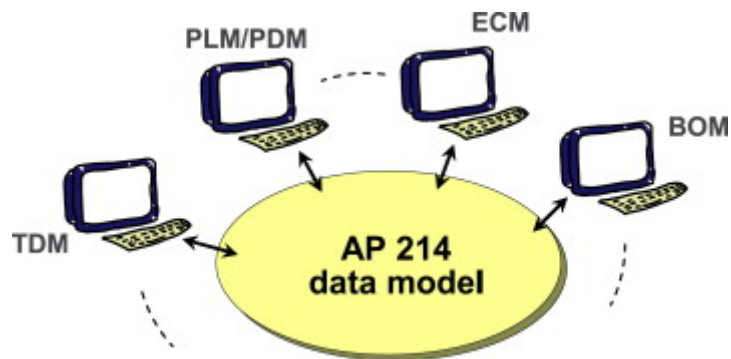


Ilustración 3 AP214 as the integration model for the typical engineering back end applications in the automotive industry.

Estos cambios en ingeniería pueden venir dados por el fallo de piezas en servicios. Para ello Madenas [3], propone una arquitectura web para gestionar la información del servicio postventa desde el cliente final hasta la ingeniería de desarrollo del producto, basado en un enfoque DFMEA, e integrarla con el los sistemas PDM y PLM

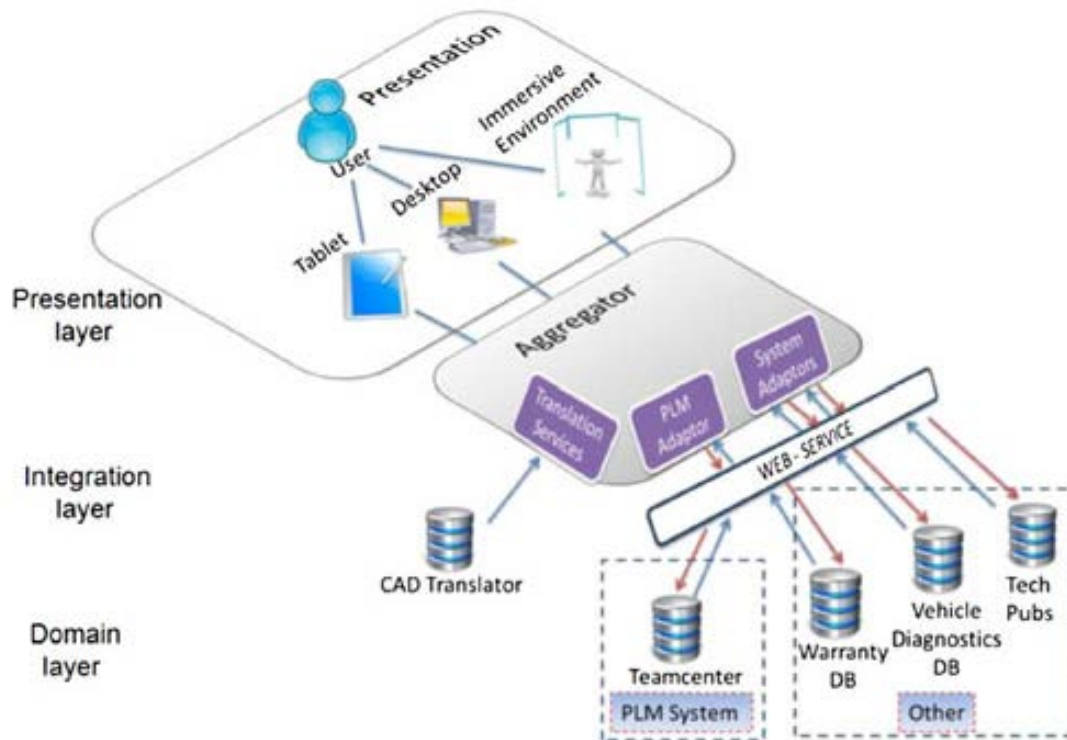


Ilustración 4 - Arquitectura del sistema de gestión de la información técnica en servicio

- Definición de las fases y planificación del proyecto
- Definición de la estrategia PLM y el diagrama de generación y flujo de información de producto
- Definición de la estructura de producto basado en el enfoque Top-Down
- Gestión y control de archivos CAD y documentación técnica
- Generación de lista de materiales de ingeniería (eBOM) y lista de materiales para fabricación (BOM)

Por su parte, Belkadi propone e implementa una metodología para la definición gestión de los parámetros funcionales en el diseño [4], haciendo especial atención a las tolerancias dimensionales a partir de la “gestión del conocimiento” (KM) y posterior incorporándolo a los sistemas PLM.

En su trabajo, realiza la implementación en un caso práctico en el diseño de un pistón de un motor de combustión, partiendo de una plantilla de diseño original e integrándolo con el software comercial CAD y PLM de Dassault System (Enovia y Catia V6).

Category	Functional Module	Functionalities
KM	Ontology of Domain	Library of standards
		Library of methods and practices
		Library of machines' capabilities
		Library of standards Pairs / Interfaces
Edition	Project Traceability	Manufacturing constraints and customer Decisions' justification
		Data / Documents versioning
		Creation / Modification
PLM	Tolerancing Data Management	Search / Reuse
		Technical Functions / Functional Conditions
		Tolerances
		Kinematic Pairs (KP)
		Physical interfaces
		Relations TF – FC – Cotes
		Relations 2D – 3D references / CAD models
	Relations TF – KP – Interfaces	
	Collaborative Support	Changes notification
		Validation of tolerance process
Collaborative viewer for tolerance		

Ilustración 5 - Sistema para la implementación de la gestión de parámetros funcionales en el PLM

Al igual que Bodein, emplea de esqueletos con geometría de referencia[1] que sirve para generar la estructura del producto y situar los componentes, a la que además le atribuye las características de pares cinemáticos con los parámetros funcionales.

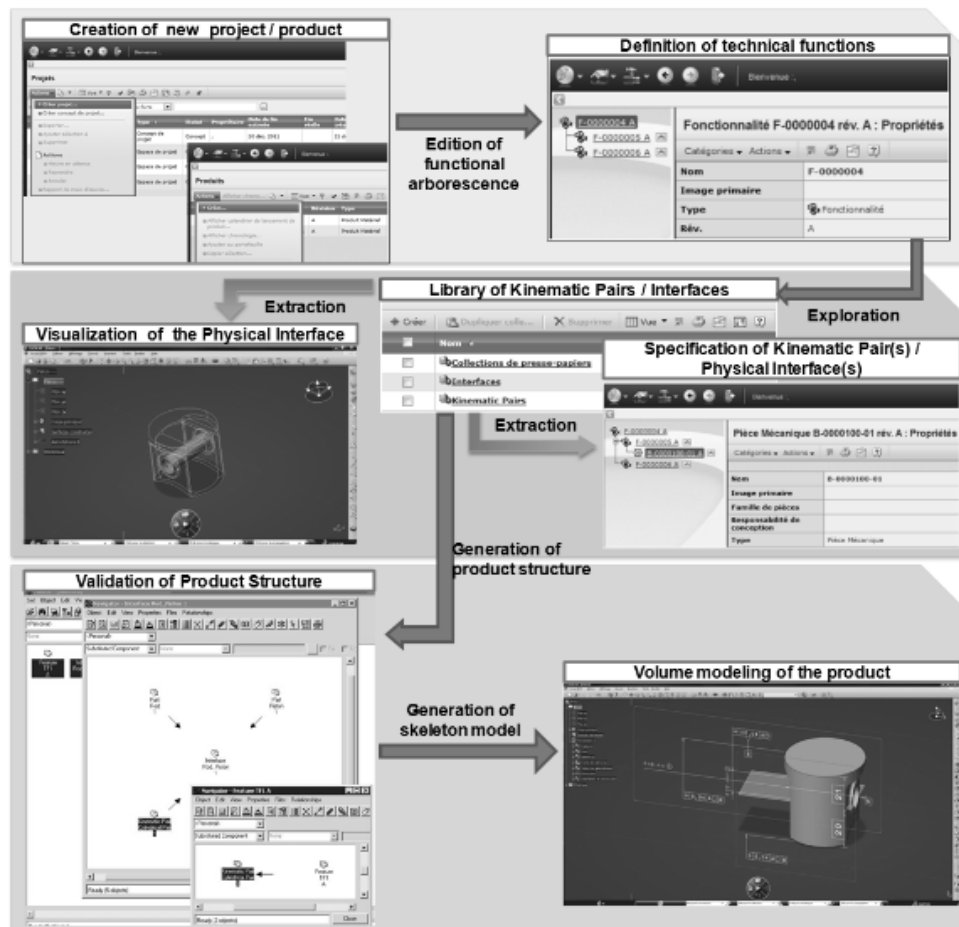


Ilustración 6 - Implementación de la gestión de parámetros funcionales en PLM

Otros autores también ponen en relevancia la definición de la tolerancias y parámetros funcionales desde el mismo modelo 3D conocido como la definición diseño basado en el modelo (MBD), y gestionado esta información y mediante sistemas PDM/PLM, siendo el modelo y archivo CAD la fuente de información en el diseño y fabricación. Así Alemanni [5], compara en su estudio los requerimientos claves en tres escenarios donde el MBD, requiere de una estructura de datos correcta, la simplificación e incluso eliminación de planos y documentación de fabricación.

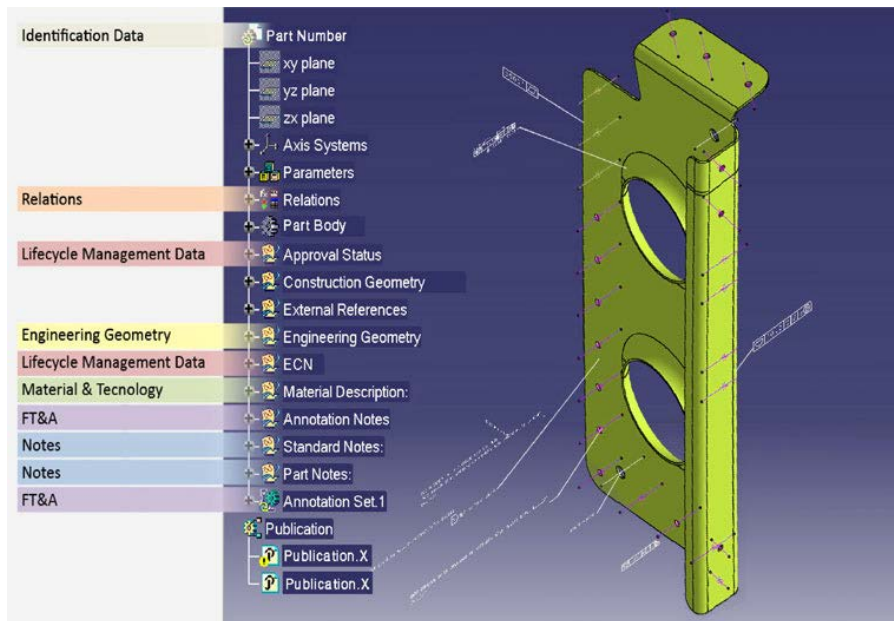


Ilustración 7 Ejemplo de definición de parámetros y tolerancias funcionales basado en MDB en un sistema PLM

La estructuración correcta de la información ligada directamente a los modelos CAD, demanda de tener una estructura del producto inicial. En este sentido, Bruun [6] propone un metodología basado en una arquitectura visual del producto en módulos, donde los modulo son subsistemas funcionales de conjuntos de piezas o componentes individuales, entre los cuales se establece la relación mediante interfaces definidas.

Los criterios subdivisión pueden ser varios y con distintos enfoques, que se clasifican en aquellos con una arquitectura muy visual con poca información de los requisitos funcionales, y de lo que no presentan una estructura visual tan detallada pero recopilan mucha información en cuanto a los requisitos funcionales de los subsistemas o módulos.

		Interface diagram													
		Product architecture model	Describes product variety	Models product families	Identify product platforms	Support modularisation	Architecture lifecycle support	Product design tool	Interface management	System integration	Lifecycle considerations	Visual modeling	Communication tool	Monitoring performance	Basis for data model
Contribution	Functional structures	■						■							
	PFMP- Product family master plan		■									■			
	DSM - Design structure matrix								■						
	MFD - Modular function deployment									■					
	Generic-bill-of-material														■
	Decision tree														■

Legend: ■ Fully, ■ Not at all

Ilustración 8 - Estado del arte de métodos de modularitzacion en relación a requisitos funcionales. Fuente: [6]

Una vez establecido el criterio de división, la arquitectura modular se representa con diagrama de bloques llamado IFD (Interface diagram), donde cada bloque representa un modelo y sus características, los conectores a las relaciones entre ellos; que bien pueden ser relaciones de posición, conexiones físicas, proceso de ensamblado... Esta estructura se traspasa al sistema PDM/PLM para centralizar y gestionar la documentación e información; CAD, materiales, planos, costes...

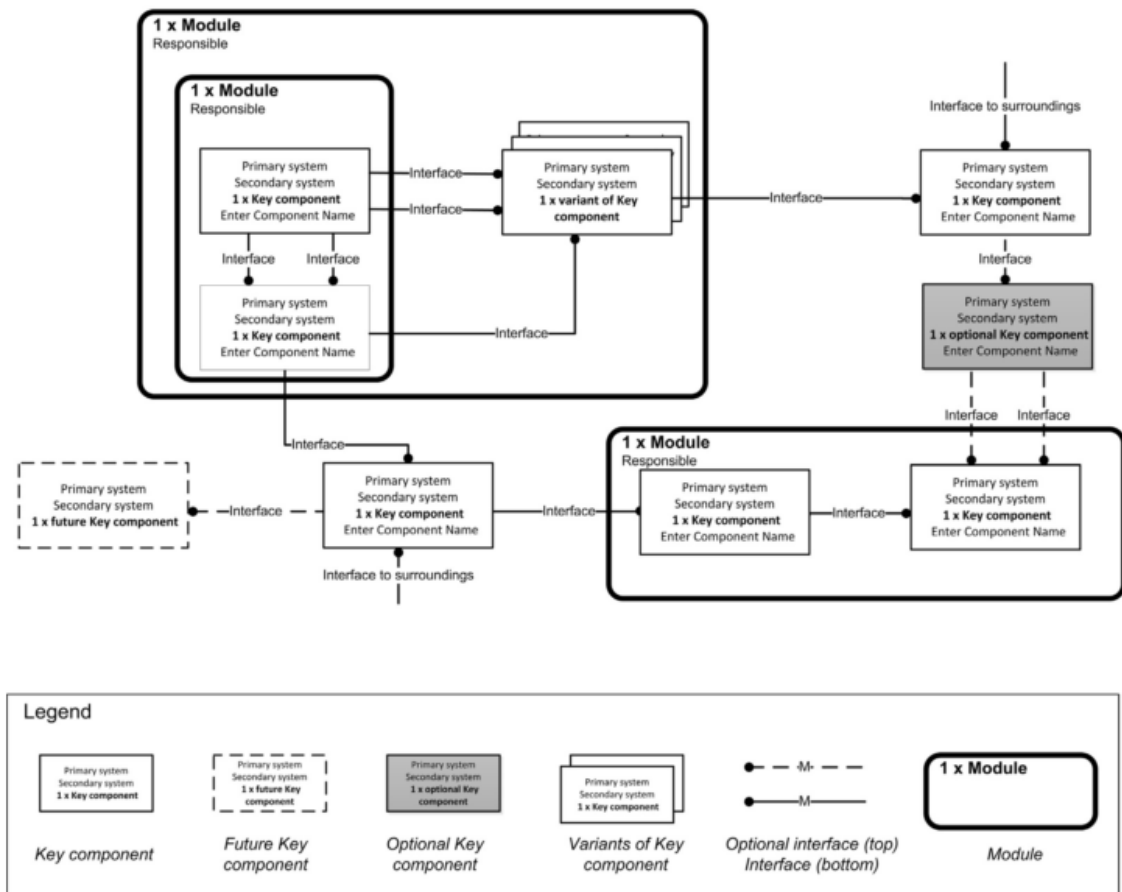


Ilustración 9 - Representación simbólica de la estructura genérica del IFD. Fuente [7]

El mismo Buurn, desarrolla y valida esta metodología pero desde el enfoque de la implementación en sistemas PDM/PLM comerciales en el desarrollo de producto [7]. Los pasos propuestos en la integración de la metodología de la arquitectura modular se muestran en la siguiente imagen

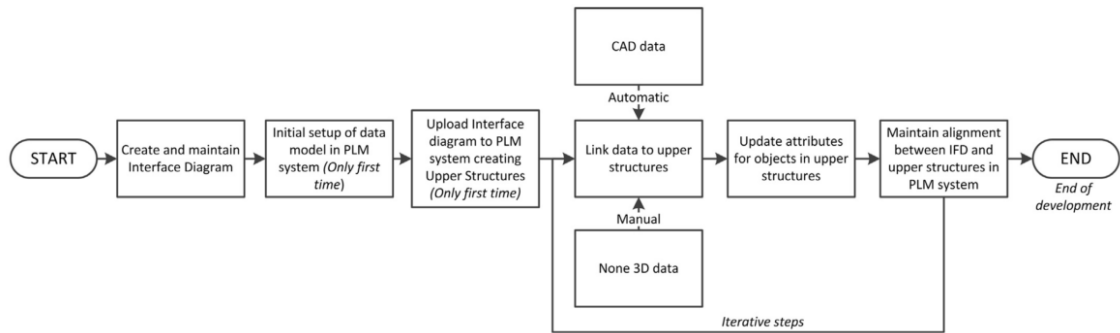


Ilustración 10 - Proceso de integración de IFD en PLM en el desarrollo de producto. Fuente [7]

Dumolin [8] realiza un estudio teórico y mucho más detallado en la definición y cuantificación de la interface entre componentes, basados en la representación mereotológica y descripción ontológica de los ensamblajes, con el fin de modelizar la relación entre componentes, y posteriormente ser implementada a los sistemas PLM

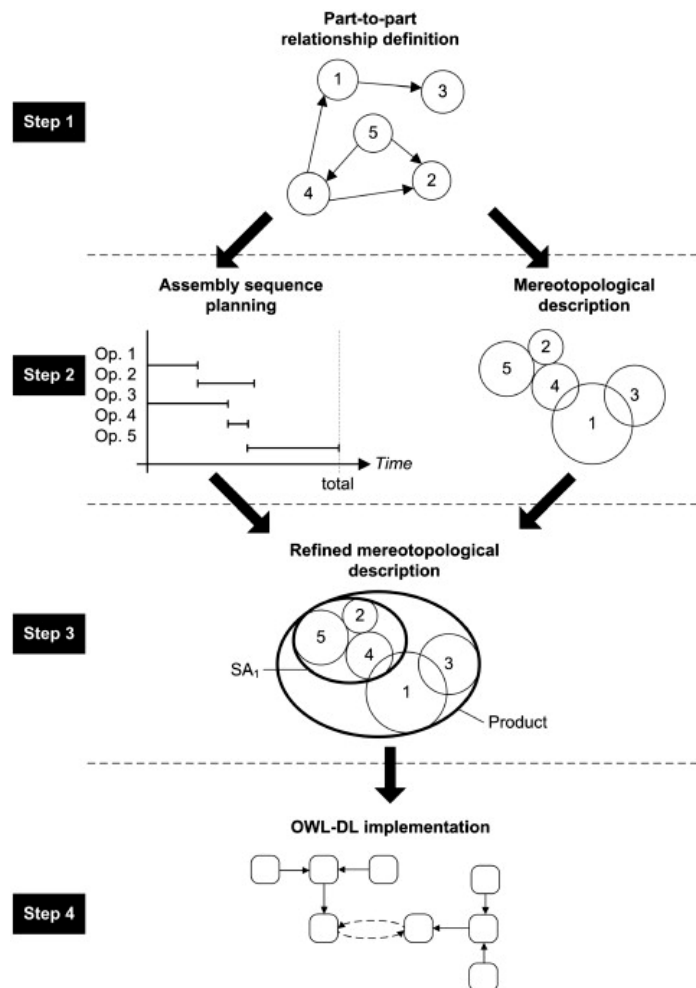


Ilustración 11 - Procedimiento para la implementación de la representación mereotológica y ontológica en sistemas PLM. Fuente [8]

La integración del PDM/PLM en el desarrollo de nuevos productos necesitan de una metodología y estrategia en la gestión de la información. Bajo el enfoque de la gestión de la vida del producto (PLM), contemplando las fases de diseño, desarrollo, fabricación y la vida en servicio del producto, Carlos Vila y Juan Carlos Albiñana[9], definiendo la misión, visión y objetivos de la estrategia PLM.

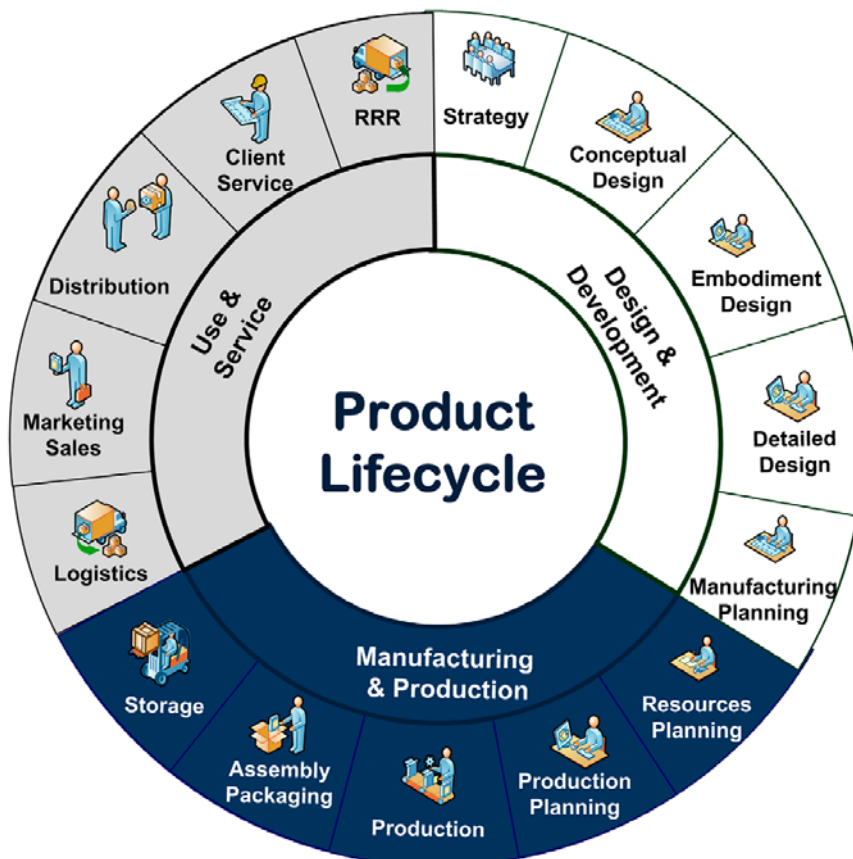


Ilustración 12 Enfoque PLM en el desarrollo de nuevos productos (Fuente [9])

Con el fin de facilitar la consecución de los objetivos, Vila y Albiñana proponen una metodología estructurada en el desarrollo de nuevos productos en cinco fases; estrategia, diseño conceptual, diseño preliminar, diseño detallado y planificación de la producción, con hitos establecidos para pasar de una a la siguiente fase en el proceso de desarrollo de producto

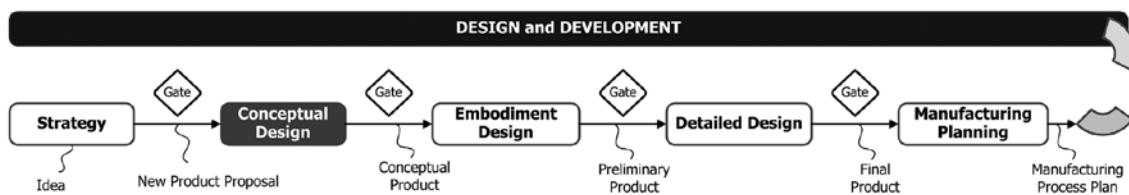


Ilustración 13 Proceso de desarrollo de nuevos productos según Vila y Albiñana[9]

Para cada una de las fases define los recursos, áreas implicadas, las fuentes de información, y la documentación generada, integrándolo en un sistema PDM/PLM y comparando con propuestas de otros autores.

En cuanto al beneficio en la colaboración de los distintos equipos de trabajo y las áreas implicadas en el desarrollo de nuevos productos implementando un sistema PDM/PLM, tanto Vila [10, 11], como Federic Segonds y Nicolas Maranzana[12, 13], realizan varios estudios experimentales en el ámbito de la educación superior, empleando diferente software comercial específico (PTC Winchill, Smarteam...) y software libre para compartir información genérica (Dropbox, e-mail, Skype...).

4. Definición de las fases y planificación del proyecto

Atendiendo a las nuevos procesos en el desarrollo de productos, se plantean cinco fases con hitos marcados y plazos de tiempo estipulados para su consecución; definición de la estrategia, diseño conceptual, diseño preliminar, diseño detallado y fabricación del prototipo

Al ser el proyecto participe en la IV Edición de la Competición Internacional MotoStudent se desarrolla durante el período 2015-2016. A lo largo de la Competición, la Organización de MotoStudent establece una serie de hitos que todos los equipos participantes deben cumplir con objeto de complementar la evaluación final de sus proyectos. (Reglamento de la Competición: Art. A.6.1)[14].

Estos hitos cumplen una doble función:

- Guiar a los equipos a lo largo del desarrollo de la Competición, ayudándoles a estructurar sus plazos de trabajo, de forma que puedan presentar en el Evento Final en Octubre de 2016 un prototipo y un proyecto aptos y de calidad.
- Permitir que la Organización realice un seguimiento continuo del trabajo de los equipos, para poder realizar las observaciones oportunas con la anterioridad necesaria que permita su corrección por parte de los equipos.

El proyecto se inicia una vez registrado e inscrito el equipo perteneciente al Campus de Alcoi de la Universidad Politécnica de Valencia, en el mes de Octubre del 2015, la fecha final del proyecto es justamente antes de la celebración del evento a principios de Octubre del 2016. Por lo tanto, la planificación de las distintas fases del proyecto se realiza en base al cumplimiento de estos hitos, que se muestran a continuación en la siguiente tabla

5. Definición estrategia

En esta fase se determina la estructuración y organización de los alumnos que integran el equipo de trabajo según sus capacidades y conocimientos, así de los recursos materiales, tecnológicos y financieros que se disponen para llevar a cabo el proyecto.

5.1. Organización del equipo

El equipo se estructura, partiendo del asesor docente, en 4 departamentos de desarrollo del chasis, suspensiones, motor y sus sistemas auxiliares y de aerodinámica, styling y diseño gráfico, todo ello supervisado por el alumno delegado, que delega parte de las responsabilidades en un responsable adjunto. De forma paralela al desarrollo de las funciones técnicas, existe un órgano de gestión administrativa y económica del proyecto.

Los integrantes del equipo son alumnos principalmente del Grado de Ingeniería Mecánica y del Grado de Ingeniería Industrial y Desarrollo de Productos, y de diversos cursos. Los alumnos de último curso llevan a cabo su Trabajo Final de Grado sobre temas relacionados en el diseño y la fabricación de la motocicleta.

En el siguiente organigrama se muestra la estructuración del equipo así como las funciones de cada uno de sus integrantes.

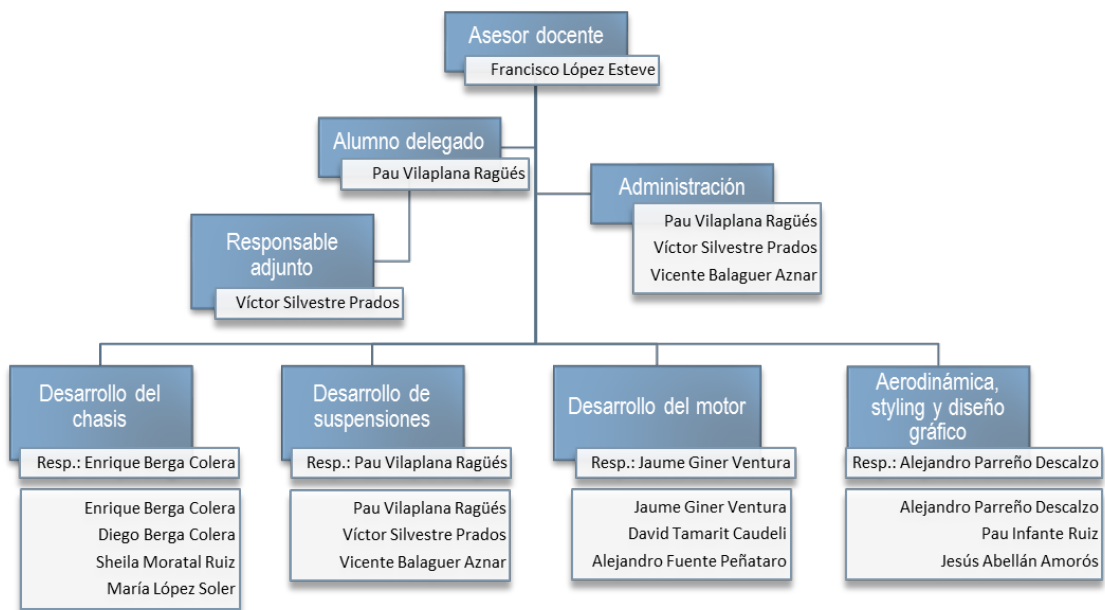


Ilustración 14 Organigrama del equipo del proyecto Motostudent en el Campus de Alcoi de la UPV

- Francisco Manuel López Esteve: Asesor docente.
- Pau Vilaplana Ragüés: Alumno delegado y responsable del diseño y fabricación de las suspensiones el integrante del órgano de administración.
- Víctor Silvestre Prados: Responsable adjunto e integrante del departamento de desarrollo de las suspensiones, así como del órgano de administración.
- Alejandro Parreño Descalzo: Responsable del departamento de aerodinámica, styling y diseño gráfico.
- Pau Infante Ruiz: Integrante del departamento de aerodinámica, styling y diseño gráfico.
- Diego Berga Colera: Integrante del departamento de desarrollo del chasis.
- Alejandro Fuente Peñataro: Integrante del departamento de desarrollo del motor y sus sistemas auxiliares.
- David Tamarit Caudeli: Integrante del departamento de desarrollo del motor y sus sistemas auxiliares.
- Vicente Balaguer Aznar: Integrante del departamento de desarrollo de suspensiones, así como del órgano de administración.
- Enrique Berga Colera: Responsable del departamento de desarrollo del chasis.

- Jaume Giner Ventura: Responsable del departamento de desarrollo del motor y sus sistemas auxiliares.
- Sheila Moratal Ruiz: Integrante del departamento de desarrollo del chasis.
- María López Soler: Integrante del departamento de desarrollo del chasis.
- Jesús Abellán Amorós: Integrante del departamento de aerodinámica, styling y diseño gráfico

5.2. Colaboración con empresas y patrocinios

Hasta la actualidad se tiene el patrocinio de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy, universidad a la que representa en la competición y que apoya económicamente el proyecto, además de facilitar parte de las instalaciones y equipos para el diseño y la fabricación del prototipo.

Por otra parte, varias empresas externas colaboran sin ánimo de lucro en el proyecto mediante patrocinios o financiación parcial del proyecto.

La empresa Import Export Bike, S.L., dedicada a la venta on-line de componentes y accesorios de motocicletas, la aporta financiación en la compra de componentes.

La empresa Bicitech Service Center, S.L., dedicada a la comercialización de componentes y recambios de bicicleta, además de ser servicio técnico en suspensiones, también recibimos ayuda en material y servicios de ingeniería

Por su parte la organización de Motostudent, a través de un acuerdo de patrocinio del evento con PTC, facilita licencias a las versiones académicas de software de CAD y CAE Creo 3.0, MathCad Prime 3.0, además de espacio en sus servidores para la gestión PDM y PLM mediante Winchill.

5.3. Presupuesto de ejecución y financiación

La inscripción en la competición da derecho a la participación en el evento, al mismo tiempo como aporta varios componentes: motor, frenos, llantas y neumáticos. El resto componentes y materiales han de ser adquiridos o fabricados, por lo que el presupuesto para la fabricación del prototipo se resumen a continuación, teniendo en cuenta además otras gastos derivados de la propia ejecución del proyecto.

Tabla 1 Presupuesto estimado de la ejecución del proyecto

COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Materiales			275,00 €
Consumibles			541,72 €
Componentes y recambios			5.003,13 €
Equipamiento y mobiliario			984,51 €
Gastos competición Motostudent 2016			1.250,00 €
Inscripciones			5.384,50 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN:			12.454,35 €
GASTOS ADICIONALES:			- €
IMPREVISTOS FABRICACIÓN (15%):	1	1.868,15 €	1.868,15 €
TOTAL PRESUPUESTO:			14.322,50 €

Así mismo, los recursos financieros que se necesitan se especifican en la siguiente tabla

Tabla 2 Estudio económico del proyecto

DETALLE DE INGRESOS PREVISTOS	CANTIDAD
Recursos propios	500,00 €
Recursos ajenos	
Ayuda a proyectos academicos Campus de Alcoi-UPV 2014	1.875,00 €
Ayuda a proyectos academicos Campus de Alcoi-UPV 2015	1.930,00 €
Ayuda a proyectos academicos Campus de Alcoi-UPV 2016	1.772,00 €
Ayuda Generación Espontanea - Vicerectorado de Alumnado de la UPV	1.496,00 €
Aportaciones materiales y colaboraciones	1.250,00 €
Patrocinios y sponsorizacion	3.000,00 €
Micromecenazgo - Lanzamos Crowdfunding	2.500,00 €
TOTAL	14.323,00 €

5.4. Análisis DAFO/CAME

A fin de tener una visión general de la situación inicial para en el diseño y fabricación del prototipo de una motocicleta y la implementación de un sistema PDM/PLM, se muestra el análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades, teniendo cuenta de los recursos que se disponen y de las capacidades de los integrantes del equipo.

Fortalezas	Debilidades
Equipo de estudiantes joven y motivado Instalaciones y equipos disponibles Asesoramiento y formación técnica	Formación profesional de los integrantes del equipo Conocimientos y experiencia software CAD de PTC Conocimiento en sistema PDM y PLM
Oportunidades	Amenazas
Innovación tecnológica Desarrollo profesional muy especializado Desarrollo de habilidades sociales y profesionales (liderazgo, trabajo en equipo, gestión y dirección de proyectos...)	Recursos y capacidad económica escasa Dedicación al proyecto

Las acciones a llevar a cabo, derivadas del análisis interior mediante el análisis CAME (corregir, afrontar, mantener y explotar), tienen los siguientes propósitos:

Mantener las fortalezas	Corregir las debilidades
Mantener la motivación del equipo mediante la consecución de los hitos, empleando los recursos académicos disponibles	Formación complementaria mediante diversos recursos didácticos (tutoriales, ejemplos) y el autoaprendizaje en sistemas PDM y PLM
Explotar las oportunidades	Afrontar las amenazas
Acceder a diversas fuentes de información en I+D+i, que permitan la incorporación de nuevas tecnologías. Trabajar en un entorno multidisciplinar y colaborativo	Búsqueda de recursos financieros y apoyo institucional mediante la promoción y difusión del proyecto

6. Diseño Conceptual

El reglamento de la competición Motostudent [14] establece los requisitos de diseño y de obligado cumplimiento (Artículo 2. Requisitos generales de diseño), donde se establece las dimensiones mínimas, el peso y ergonomía

6.1. Dimensiones

En esta fase inicial del diseño conceptual nos van determinar principalmente la posición de los componentes y su tamaño. El resto de las dimensiones de la motocicleta son libres exceptuando los requisitos básicos expuestos a continuación.

- La anchura mínima entre los extremos de los semimanillares debe ser de 450mm.
- El ángulo mínimo de inclinación lateral de la motocicleta sin que ningún elemento de la misma (exceptuando los neumáticos) toque el pavimento debe ser 50°.

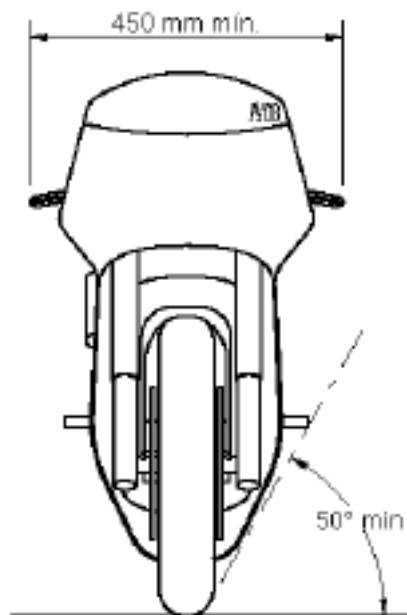


Ilustración 15 Dimensiones límite desde la vista frontal

- La distancia libre al pavimento con la motocicleta en posición vertical ha de ser de un mínimo de 100mm en cualquier situación de compresión de suspensiones o reglajes de geometrías.
- Límite frontal: Ningún elemento de la motocicleta podrá sobrepasar la vertical frontal trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático delantero.

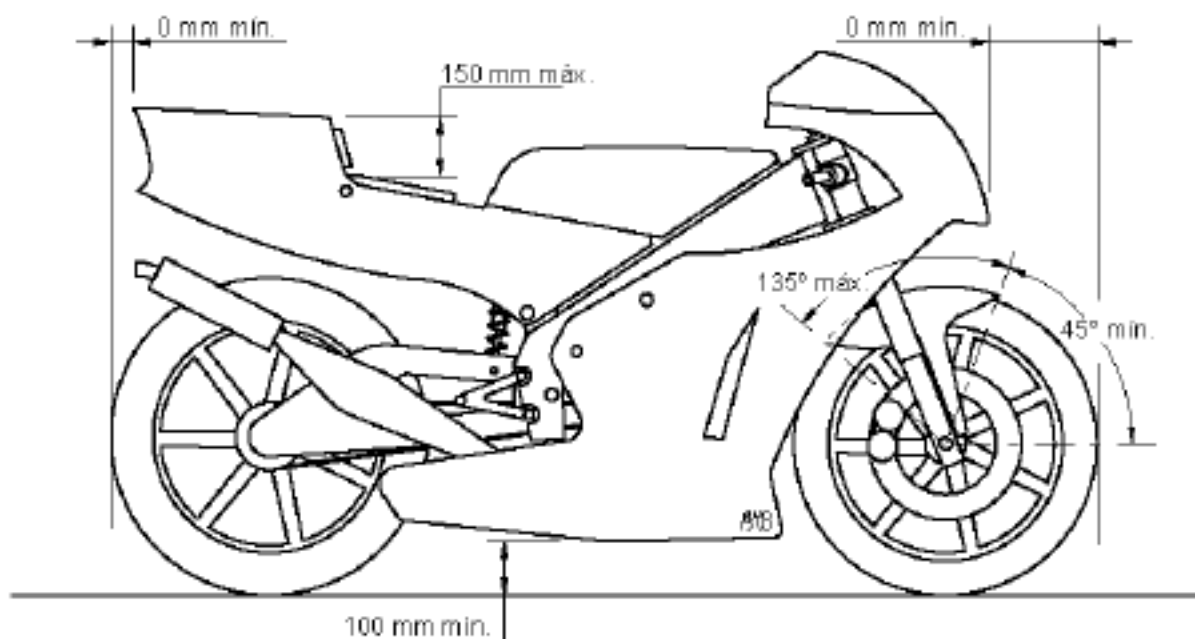


Ilustración 16 Dimensiones límite de la vista lateral de la motocicleta

- Límite posterior: Ningún elemento de la motocicleta podrá rebasar la línea tangente vertical trazada a la circunferencia exterior del neumático trasero.
- Los neumáticos deberán tener una distancia mínima de 15mm a cualquier elemento de la motocicleta, exceptuando las llantas, en toda posición de la misma y para cualquier reglaje de geometría.
- La anchura máxima del asiento no debe rebasar los 450mm. No podrá sobresalir de esa anchura ningún otro elemento de la motocicleta del asiento hacia detrás, excepto el sistema de escape.
- La anchura máxima del carenado será de 600mm.
- Entre la altura del asiento y la parte más elevada del colín la cota máxima será de 150mm.

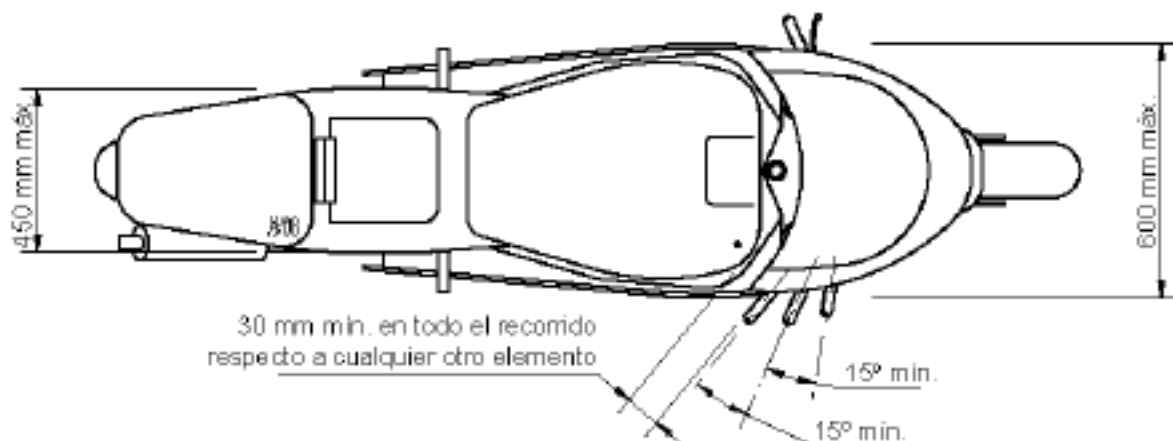


Ilustración 17 Anchura límite de la motocicleta

6.2. *Peso*

El peso inicialmente es imposible de determinar, debido que no están los componentes no están dimensionados ni definidos y por tanto no conocer el peso del conjunto. La normativa en el apartado B.2.2.1[14], establece que el peso mínimo total de la motocicleta sin piloto será de 95 Kg, incluyendo todos los líquidos que pudieran ser necesarios para el funcionamiento de la moto. Esto condiciona la selección de materiales muy ligeros con un elevada resistencia como compuesto de fibra de carbono, titanio o sus aleaciones, que están expresamente prohibidos para la fabricación del chasis (apartado B.3.2).

En caso de no alcanzar el peso mínimo en el prototipo finalizado es posible lastrarlo para cumplir con los requisitos y las verificaciones que establece la organización

6.3. *Ergonomía*

El diseño de la moto deberá estar dentro de unos límites de ergonomía que correspondan a un piloto de estatura y peso medios. Tomando el percentil de tallas P95 (Que comprende al 95% de la población), la posición de pilotaje de una motocicleta deportiva estándar, en posición normal de conducción (No en posición de máxima velocidad), está comprendida por los siguientes ángulos:

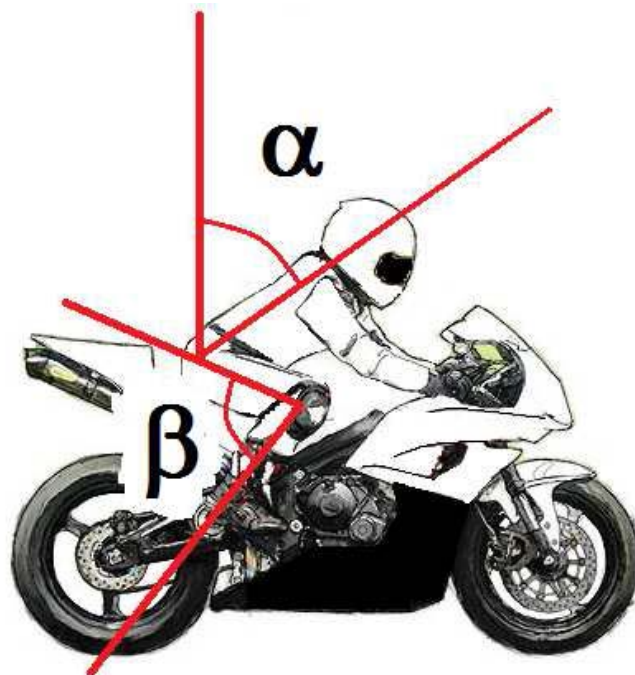


Ilustración 18 Posición de conducción en la motocicleta

Dónde:

- α : Ángulo de la espalda con la vertical. Para una motocicleta deportiva se recomiendan ángulos entre 19° y 40°.
- β : Ángulo de flexión de rodillas. Para una motocicleta deportiva se recomiendan ángulos entre 65° y 77°.

Por la amplitud de los valores, sobre todo en el ángulo alfa, no es un requisito muy limitante a la hora de plantear el diseño conceptual

6.4. Chasis

Tal y como se indica en el apartado B.3.1 de la normativa de Motostudent [14], no está permite el uso de un chasis comercial ni tan siquiera una unidad modificada, a diferencia del resto de componentes básicos de la motocicleta (suspensiones, carenado, deposito)

Deberá tratarse de un chasis prototipo novedoso de diseño y fabricación propia, por lo que el proyecto se centra en el desarrollo del chasis y los componentes accesorios que sirvan para conectar el resto de componentes básicos.

Se engloba en este artículo el chasis principal, el subchasis y el basculante. El diseño de la conexión del basculante con el chasis principal definirá el sistema de suspensión trasero, así como sus características cinemáticas y dinámicas

En la fabricación del chasis está permitida la soldadura de elementos estructurales por cualquier medio, pero deberá resultar una estructura consistente. Por lo que en las estructuras de tipo celosía se deberá buscar la correcta triangulación en los nodos de la estructura.

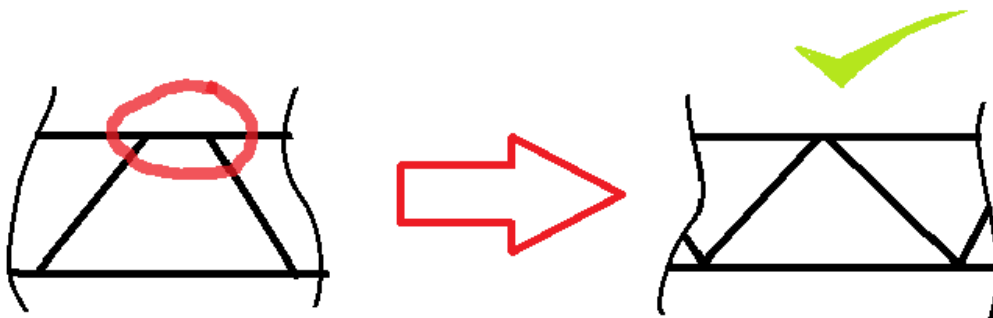


Ilustración 19 Detalle diseño de estructura de celosía en el chasis

6.5. Sistema de suspensión

El sistema de suspensión tanto para el tren delantero como para el trasero es libre, y ha de cumplir con lo indicado en el artículo 7 de la normativa de Motostudent[14].

En este punto, concerniente a los criterios de diseño, se opta por sistemas convencionales de suspensión delantera con una horquilla telescópica de eje pivotante, y un sistema de suspensión trasero por un basculante oscilante de doble brazo.

En fases posteriores, una vez definidas las dimensiones detalladas de todos los componentes (longitud amortiguador, longitud basculante, eje del basculante) y tras realizar los análisis cinemáticos, se definirán las características de los elementos de amortiguación

6.6. Resto de componentes básicos de la motocicleta

El resto de componentes básicos de la motocicleta, unos son aportados por la organización, y otros libres de elección. Estos últimos, pueden ser componentes comerciales y de fabricación propia, pero para ambas opciones deben cumplir con detalle lo indica el normativa del evento.

Los componentes aportados por la organización son los siguientes:

- Motor de combustión interna Honda CBR 250R (Las características técnicas se encuentran en el ANEXO A)



Ilustración 20 Motor Honda CBR 250R suministrado por la organización

- Bombas y pinza de frenos de disco delantero y trasero

- Pinza delantera radial J.Juan Modelo ID0007-13 FCRH1
- -Pinza Trasera J.Juan Modelo ID0006-14 FC1
- -Bomba delantera de mano J.Juan Modelo ID0003-11 HMC1
- -Bomba trasera de pie J.Juan Modelo OT0009-10 FMC1
- Llantas marca Marchesini modelo M10RS KOMPE Moto3 con las siguientes medidas:
 - Llanta delantera: 2,5"x17"
 - Llanta trasera: 3,5"x17"
- Neumáticos Dunlop delantero y trasero con las siguientes medidas
 - KR149 M medida: 95/70R17
 - KR133 C medida: 115/70R17

6.7. Consideraciones geométricas y dinámicas en la motocicleta

En esta subfase del diseño conceptual del desarrollo de la motocicleta, se ha basado en la bibliografía existente de Tony Foale[15], como fuente de información principal a la hora de establecer los criterios de diseño.

En su publicación "Motorcycle handling and chassis design, the art and science", Tony Foale hace una extensa comparativa de distintas características dinámicas de bastantes modelos de motocicletas. En si es un estudio de mercado a nivel técnico donde caracteriza el comportamiento de las principales acciones dinámicas que se producen en la conducción habitual y deportiva de este tipo de vehículos.

Las principales geometrías que definen el reparto de pesos respecto al centro de gravedad y la maniobrabilidad de una motocicleta son:

- Angulo de dirección
- Avance
- Distancia entre ejes

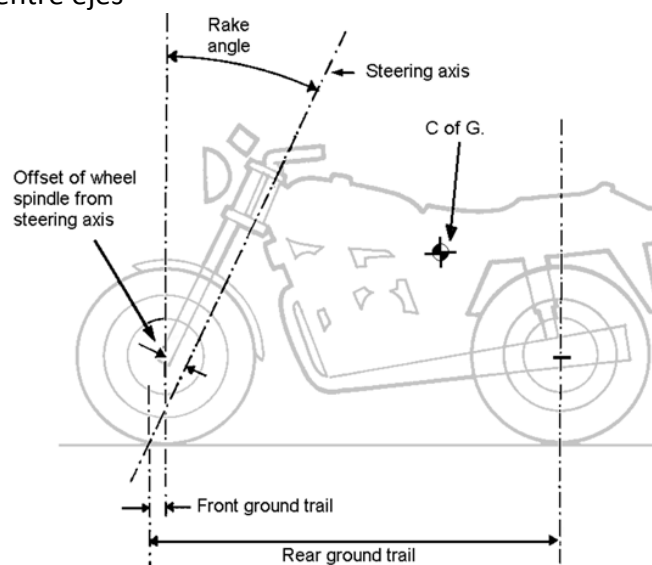


Ilustración 21 Principales geometrías de una motocicleta

Por otra parte, el sistema de transmisión secundaria está determinado por la salida del eje del motor. Esto implica que sea mediante cadena, piñón y corona, en la transmisión de potencia y par a la rueda trasera.

Tanto Tony Foale, como Paul Thede [16], coinciden en un método gráfico para contrarrestar el efecto de la aceleración en la transferencia de cargas por la inercia de la masa del conjunto (piloto y motocicleta), con el mismo empuje del motor la tensión de la cadena, conocido como “anti-squat”

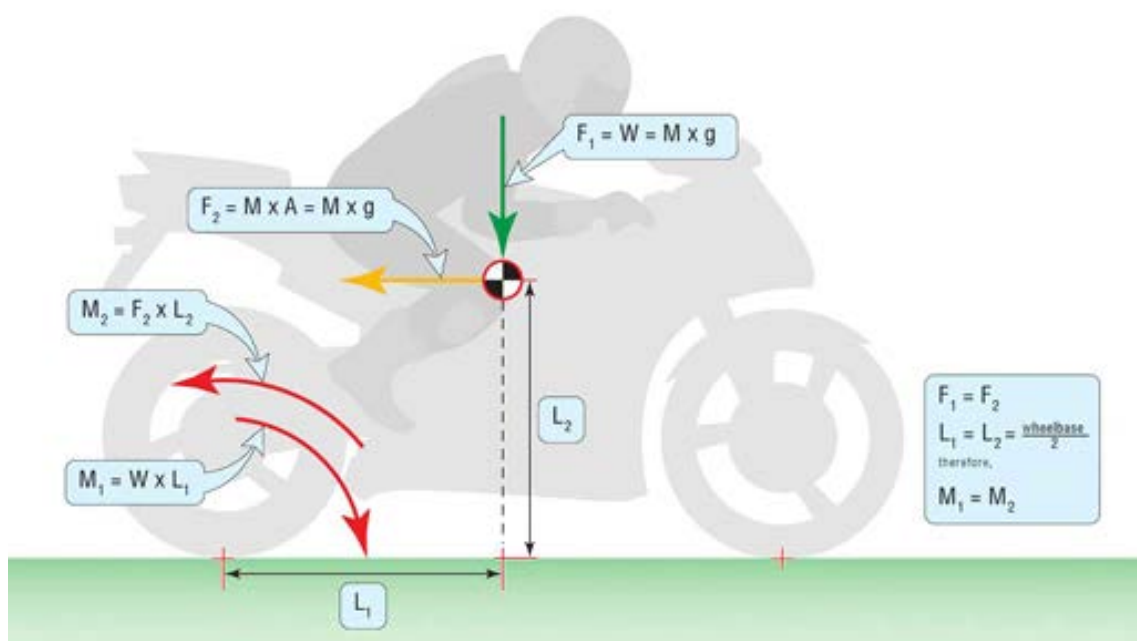


Ilustración 25 Estudio dinámico de la motocicleta durante la aceleración

En esta fase de diseño la posición del centro de gravedad se sitúa aproximadamente basándose en comparativas de modelos de similares características. El peso del conjunto también es desconocido, pero la distancia entre ejes si es un variable de diseño que tiene valores límite. Con estos datos es posible y asumiendo que el la posición del centro de gravedad del conjunto se encuentra aproximadamente a la mitad de la longitud de la distancia entre ejes y a la misma altura, nos permite situar el eje de salida del motor, buscando que el efecto “anti-squat” iguale las fuerzas impulsoras con las de inercia. Es decir el efecto “anti-squat” es del 100%

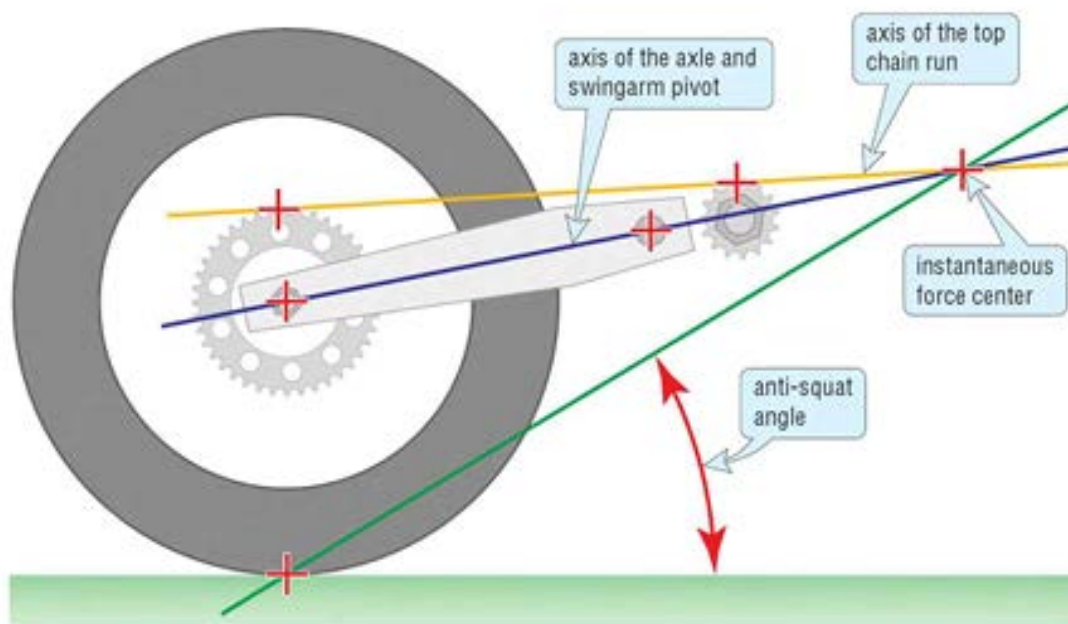


Ilustración 26 Método gráfico para determinar el efecto "anti-squat"

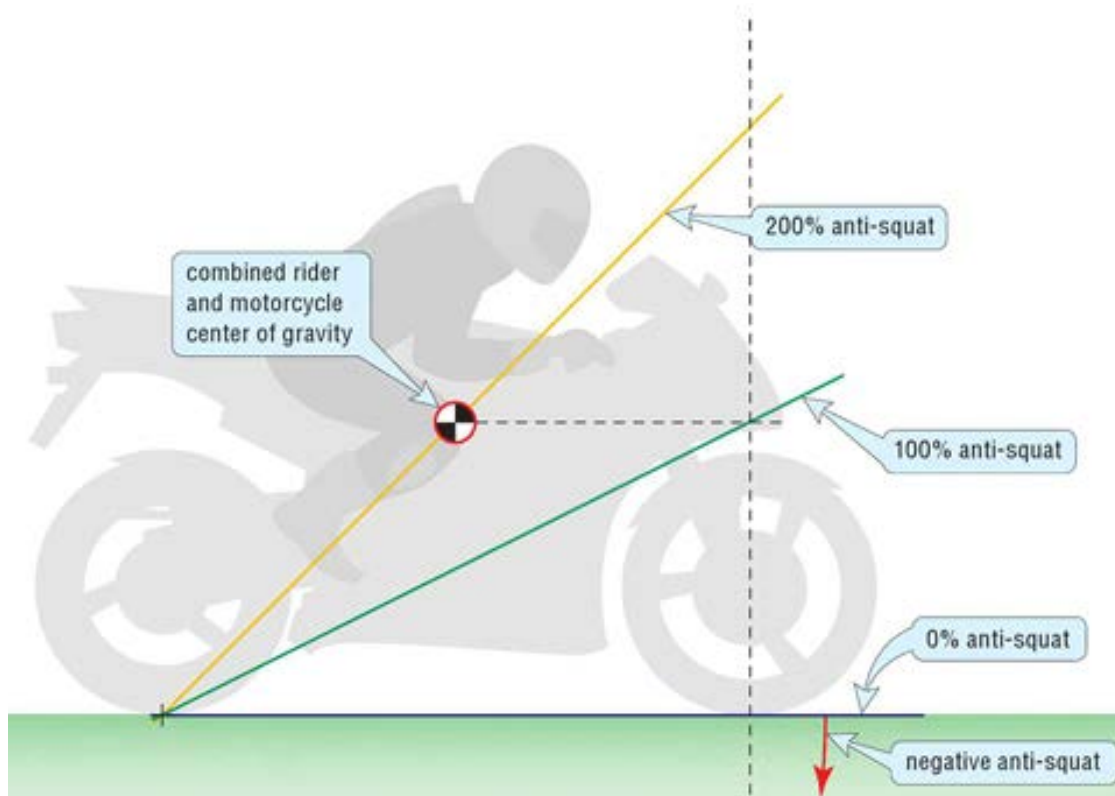


Ilustración 27 Efecto "anti-squat"

Al mismo tiempo se determina la inclinación del basculante respecto a la horizontal y de manera aproximada el punto de unión.

6.8. Criterios estructurales

Una motocicleta es un ensamblaje de distintos componentes como las ruedas, frenos, suspensiones, motor, depósito de combustible, carenado, etc. De que todo esto esté unido y sea un conjunto se encarga el chasis.

El chasis es el elemento principal de la motocicleta, estructuralmente hablando, que aporta rigidez y resistencia a la misma, manteniendo la geometría y el reparto de pesos, con una rigidez adecuada ya que las fuerzas de torsión generadas por la entrega de potencia, frenadas, baches, etc., deben ser soportadas por este elemento.

Sus funciones son:

- Soporte estructural de la motocicleta, soportando las diferentes cargas a las que la misma se encuentra sometida, comportándose con una determinada rigidez estructural, permitiendo cierto grado de deformaciones y siempre dentro de los límites elásticos de sus componentes.
- Posicionamiento de los diferentes elementos. El chasis sirve de alojamiento para los diferentes elementos de la motocicleta y debe aportar puntos de apoyo fijos para el sistema de suspensión y basculante, la horquilla delantera, el motor y todos sus componentes, depósito y carenado. Es por este motivo que el entramado estructural debe tener una forma tal que permita dar cabida a la gran cantidad de elementos que se fijan al propio chasis, al mismo tiempo que adopta un compromiso entre espacio y peso.
- Proporcionar una adecuada interacción del piloto con la pista. Es fundamental que una buena geometría permita absorber cargas que actúan en la motocicleta, pero también debe conseguir que el piloto reciba sensaciones de la carretera para completar su conocimiento de la misma. Asimismo, el chasis debe favorecer una correcta distribución de pesos, evitando la pérdida de adherencia de alguna de las ruedas y permitiendo un correcto manejo del conjunto, mediante una adecuada localización del centro de gravedad.

Si el criterio de diseño es aportar la suficiente rigidez, la resistencia no suele ser un problema, ya que las deformaciones generalmente quedan por debajo del límite elástico del material. Al mismo tiempo, lo que se busca es ligereza en el conjunto, a fin de minimizar la masa y en consecuencia las fuerzas de inercia generadas en aceleraciones, deceleraciones y cambios de dirección.

Por lo que un parámetro de eficiencia estructural del chasis, es la relación de rigidez/peso. No obstante, en la producción en masa y en la fabricación del prototipo, debido al tener como criterio de diseño el coste, es más adecuado que el parámetro de eficiencia estructural sea la relación entre rigidez/coste.

En cuanto al propio diseño del chasis, sin entrar de momento a discutir el material a emplear; los diseños de elementos estructurales con una relación rigidez/peso óptimas, y rigidez/coste asumible, hay básicamente dos opciones:

- estructuras de perfiles rigidizadas por triangulación, tipo celosías

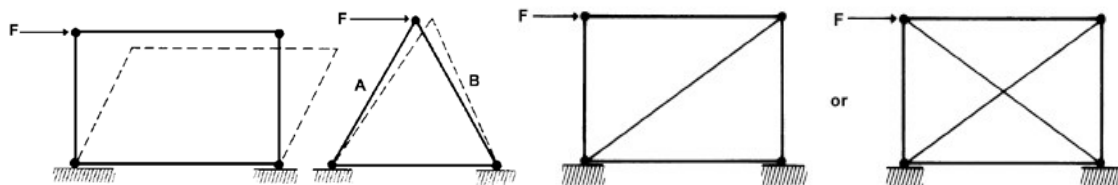


Ilustración 28 Rigidez estructural mediante triangulación

- perfiles con una sección bastante grande para incrementar su momento de inercia a flexión y a torsión, e inherentemente su rigidez

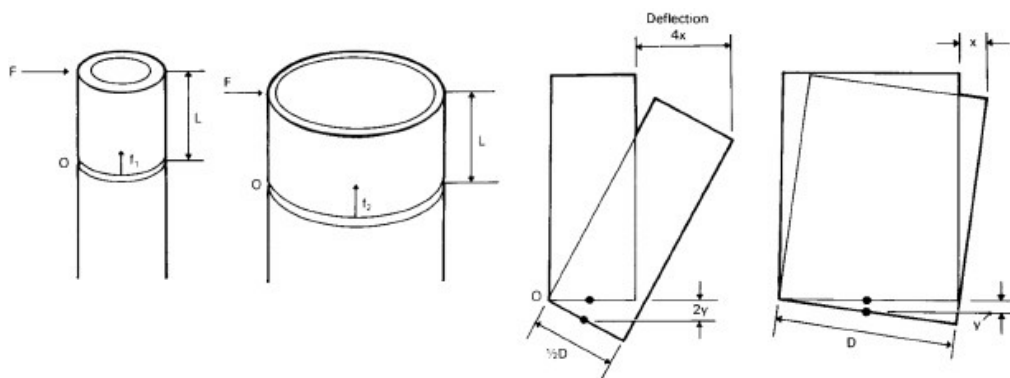


Ilustración 29 Rigidez estructural con el incremento de la sección

En la siguiente tabla extraída de la bibliografía de Tony Foale[15], se compara la rigidez a flexión y a torsión de dos diseños básicos de chasis de motocicleta. El primero corresponde a una estructura de perfiles rigidizada por triangulación y el segundo a el empleo de un único perfil con mayor sección.

Type of structure and size of tube	Normalized lateral stiffness %	Normalized torsional stiffness %
Circular backbone – 100 mm. diam. x 1.0 mm. wall.	100	100
Circular backbone – 75 mm. diam. x 1.34 mm. wall.	56	56
Triangulated – 18.75 mm. x 1.5 mm. -- pinned.	411	36
Triangulated – 18.75 mm. x 1.5 mm. -- welded.	413	39
Triangulated – 28 mm. x 0.91 mm. -- pinned.	393	37
Triangulated – 28 mm. x 0.91 mm. -- welded.	399	42

Tabla 3 Comparativa de la rigidez lateral y a torsión del diseño de chasis tubulares

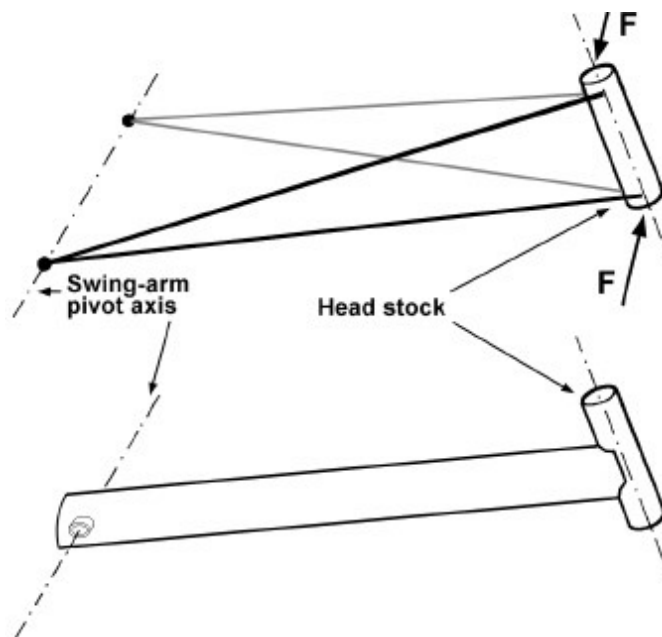


Ilustración 30 Diseños básicos de chasis tubulares

Teniendo en cuenta estas características, es posible combinarlas con un diseño de estructura tubular con triangulación, con el fin de obtener una mayor rigidez posible, con un peso contenido.

Este tipo de chasis está basado en la unión mediante perfiles tubulares de la pipa de dirección con el soporte del motor y el basculante, bien por soldadura o unión con pegamentos de alta resistencia, de tubos de acero o aluminio que forman una red de largueros y travesaños alrededor del motor de la moto.

Las ventajas de este chasis son, una extraordinaria rigidez con un bajo índice de peso en función del material que empleemos ya sea acero al cromo molibdeno o aluminio. Dependiendo de la cantidad de tubos que partan de la pipa hacia el motor, existen varios diseños de chasis tubulares.

A pesar de que este tipo de chasis puede conseguir una eficiencia estructural muy elevada, no es apenas utilizado por los fabricantes de mayor relevancia, probablemente debido a la forma y el tamaño de los motores con más difusión, que requieren una estructura ancha y compleja. Sin embargo, hay algunos ejemplos de marcas, como Ducati, que muestran una devoción histórica por este tipo de chasis.

El uso de tubos largos de pequeño diámetro puede suponer un problema, ya que el motor los puede hacer entrar en resonancia, la solución a esto suele ser hacer los tubos más cortos, o aumentar su diámetro, elevando de esa manera la frecuencia natural de los tubos.

6.9. Criterios en la selección de los materiales y los procesos de fabricación

A la hora de decidir con que material fabricar el chasis de una motocicleta hay que tener en cuenta una serie de características tales como: rigidez, densidad, resistencia, vida de fatiga, costes del material, y procesos o métodos de unión disponibles. Basándonos en los criterios del punto anterior, los materiales habituales para la fabricación del chasis tubular son el acero y las aleaciones de aluminio.

6.9.1. Acero

La fabricación de tubos de acero de gran calidad es relativamente barata, por lo que su precio siempre resulta contenido. Es un material que, nominalmente, posee una rigidez elevada y gran resistencia a la rotura, lo que permite emplear tuberías de pequeños diámetros y paredes finas. En cuanto a la resistencia a fatiga, es posible dimensionar la estructura para alcanzar estados tensionales por debajo del límite a fatiga, por lo que teóricamente pueden tener vida infinita. Sólo tiene dos enemigos claros: el peso y la vulnerabilidad ante la corrosión.

Los procesos de soldadura de los aceros son bien conocidos y desarrollados, y pueden realizarse con diversas técnicas y equipos industriales comunes; MIG, TIG, oxido acetilénica, electrodo revestido...

El fabricante de tubería Reynolds, con su nombre comercial 531, comercializa tubería redonda de aleación de acero de Manganeso y Molibdeno, con características mecánicas superiores a las aleaciones de Cromo y Molibdeno. Este material es tradicionalmente empleado en la fabricación de chasis para motocicletas.

Los principales elementos de aleación en este acero Reynolds 531 son los siguientes:

Carbon	0.23 to 0.29 per cent
Silicon	0.15 to 0.35 per cent
Manganese	1.25 to 1.45 per cent
Molybdenum	0.15 to 0.25 per cent
Sulphur	0.45 per cent maximum
Phosphorous	0.45 per cent maximum

Tabla 4 Elementos de aleación del acero Reynolds 531

Las características resistentes, debido a su Buena soldabilidad no se ven prácticamente afectadas

	Yield stress	Ultimate stress
As drawn	71 kgf/mm ² .	79 kgf/mm ² .
After brazing	63 kgf/mm ² .	71 kgf/mm ² .

Tabla 5 Valores de resistencia del acero Reynolds 531

6.9.2. Aluminio

El aluminio se empleaba hace décadas para construir prototipos y motocicletas de carreras, tanto chasis monocasco como de espina central de gran sección, Ossa o Kawasaki inicialmente.

Su ligereza es patente (menos del 50% que el acero) pero su resistencia a la deformación, a la fatiga y, especialmente, a la rotura, aconsejan la utilización de tubos de mayores dimensiones, con lo que se eleva su peso de forma notable (sin llegar en ningún caso a los valores del acero). El aluminio apenas se ve afectado por el fenómeno de la corrosión por lo que la pintura pasa a ser un elemento decorativo. El coeficiente de “amortiguación” del aluminio es de hasta 5 veces (dependiendo del tratamiento térmico) superior al del acero, mostrando al usuario una marcha más cómoda y relajada.

Los chasis tubulares comenzaron a aparecer motocicletas de competición, con Yamaha tomando iniciativa. Esta tendencia fue adoptada con cautela, cuando sólo el basculante estaba fabricado en aleación ligera, antes de extenderse a el chasis completo. En el desarrollo de los chasis de aluminio, sin embargo, es interesante observar que los tamaños de tubos aumentaron rápidamente para compensar el bajo módulo de Young, como se explicó el apartado anterior. Un gran ayuda en este contexto sería la propagación de la triangulación correcta. En las carreras de GP ahora, el uso de las aleaciones de aluminio en los chasis es universal, y es también ampliamente destacado en los modelos para la calle de alta gama.

Se debe recordar que las características de fatiga del aluminio son tales que el fallo es inevitable con el tiempo en componentes sometidos a la variación de los esfuerzos. La vida en servicio del chasis, por tanto, debe ser limitada. En el caso de prototipos o motocicletas de competición, su rápida obsolescencia natural hace que esto no sea un condicionante ha tener en cuenta.

La soldabilidad de las aleaciones del aluminio varía de unas a otras, siendo las que mejor soldabilidad manteniendo unas características resistentes elevadas las de la serie 6000. Básicamente son aleaciones de aluminio con magnesio y silicio.

Composición Química										
%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros	Al
Min.Max	0,30 0,60	0,10 0,30	0,10	0,30	0,40 0,60	0,05	0,15	0,20	0,15	Resto

Equivalencias Internacionales								
USA	ESPAÑA	FRANCIA	ALEMANIA	G.B	SUECIA	SUIZA	CANADA	ITALIA
A.A.	U.N.E.	AFNOR	DIN(1712-1725)	B.S.	S.I.S.	VSM	ALCAN	UNI
6063	L-3441 38.337	A-GS	AlMg4Si0,5 3.3206	H9	4103	Extrudal	50 S	3569

Propiedades Mecánicas						
ESTADO	Carga de rotura Rm N/mm2	Límite elástico Rp 0.2 N/mm2	Alargamiento 5,65 V So	Resistencia de la Cizalladura N/mm2	Dureza	
					Brinell(HB)	Vickers
T4	150	90	22	-	42	-
T5	220	170	14	140	65	-

Propiedades Físicas						
Módulo elástico N/mm2	Peso específico gms/cm3	Temperatura de fusión °C	Coefficiente de dilatac. lineal (20°-100°) 10-6/°C	Conductividad térmica w/m °C	Resistencia eléctrica Micro Ohm cm.	Conduct. eléctrica % IACS
69.000	2,70	580-650	23,5	170	3,6	-

Radios De Plegado								
Estado	Coef	0'4-0'8 m/m	0'8-1'6 m/m	1'6-3'2 m/m	3'2-4'8 m/m	4'8-6 m/m	6-10 m/m	10-12 m/m
T4	K	-	-	-	-	-	-	-
T5	K	-	-	-	-	-	-	-
-	K	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 6 Características de la aleación de aluminio Al 6063

Las aleaciones de la serie 7000, aleadas principalmente con Zinc, tienen una resistencia y límite elástico mayor. No obstante, su soldabilidad no es muy buena y requiere de técnicas y procesos de soldadura más especializados.

Composición Química										
%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros	Al
Min.Max	0,40	0,50	1,20 2,00	0,30	2,10 2,90	0,18 0,28	5,10 6,10	0,20	Zr + Ti 0,25	0,15 Resto

Equivalencias Internacionales								
USA	ESPAÑA	FRANCIA	ALEMANIA	G.B	SUECIA	SUIZA	CANADA	ITALIA
A.A.	U.N.E.	AFNOR	DIN(1712-1725)	B.S.	S.I.S.	VSM	ALCAN	UNI
7075	L-3710 38.371	A-Z5 GU	AlZnMgCu1,5 3.4365	L160	-	Perunal	75 S	3735

Propiedades Mecánicas						
ESTADO	Carga de rotura Rm N/mm2	Límite elástico Rp 0.2 N/mm2	Alargamiento 5,65 V So	Resistencia de la Cizalladura N/mm2	Dureza	
					Brinell(HB)	Vickers
0	280	150	10	-	-	-
T6	540	480	11	330	145	157

Propiedades Físicas							
Módulo elástico N/mm2	Peso específico gms/cm3	Temperatura de fusión °C	Coefficiente de dilatac. lineal (20°-100°) 10-6/°C	Conductividad térmica w/m °C	Resistencia eléctrica Micro Ohm cm.	Conduct. eléctrica % IACS	Potencial de disolución V.
72.000	2,80	475-630	23,5	130	5,2	34	0,81

Radios De Plegado								
Estado	Coef	0'4-0'8 m/m	0'8-1'6 m/m	1'6-3'2 m/m	3'2-4'8 m/m	4'8-6 m/m	6-10 m/m	10-12 m/m
0	K	0	1	1	1,5	2,5	3,5	-
T6	K	4,5	5,5	6,5	7	8	-	-
-	K	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 7 Características de la aleación de aluminio Al 7075

6.10. Gestión de la información y del conocimiento en la fase de diseño conceptual

Durante esta fase es donde se generan la mayor parte de las ideas, las búsquedas de información, y finalmente la toma de decisiones sobre lo que será el diseño preliminar de la motocicleta.

En estos procesos intervienen todos los integrantes del equipo mediante diversas técnicas y medios:

- Brainstorming
- Seminarios
- Búsqueda generales en internet
- Análisis de mercado
- Búsqueda en bases de datos de proyectos y publicaciones técnicas (Riunet)

Los resultados de cada uno de estas fuentes de información y conocimiento son filtrados y seleccionados en función de los criterios y restricciones de diseño anteriormente mencionados.

La gestión y almacenamiento documental se realiza en la nube con acceso a todos los usuarios empleando varias aplicaciones de recursos compartidos como son Dropbox y Google Drive. Se realiza una estructuración de la documentación para clasificarla y ordenarla. Esta metodología coincide con la de las experiencias académicas llevadas a cabo por Vila[10, 11], Segonds[12] y Maranzana[13], en la formación en PDM y PLM.

En cuanto a generación de archivos CAD, es muy baja durante esta fase. Siendo algunos los modelos tridimensionales y planos de los componentes entregados por la organización; motor, llanta y frenos. Únicamente se genera un esbozo (figura 30) con las dimensiones básicas de la motocicleta, y el posicionamiento del eje de salida del motor empleando el método analítico indicado en el punto 2.2.6.

Al igual que Bodein [1] y Belkadi [4], este esbozo se trata como el esqueleto inicial donde queda definido las dimensiones principales y la posición de algunos componentes como son el motor, basculante, pivote de dirección, ruedas y transmisión. Cualquier cambio de estas dimensiones o de la posición de los componentes por la iteración en desarrollo del diseño en fases posteriores, permitirá la rápida modificación y propagación de los cambios, ya que estarán gobernadas por este.

A modo de resumen, y en cumplimiento del hito marcado de por la organización se presenta un documento indicando:

- Peso y dimensiones estimadas de la motocicleta
- Tipo y material del chasis principal

- Tipo y material del basculante
- Sistema de suspensión delantero
- Sistema de suspensión trasero
- Sistema de frenado
- Dimensiones y material del carenado
- Sistema auxiliares del motor (depósito, escape, ECU...)

El documento completo se encuentra en el ANEXO B.

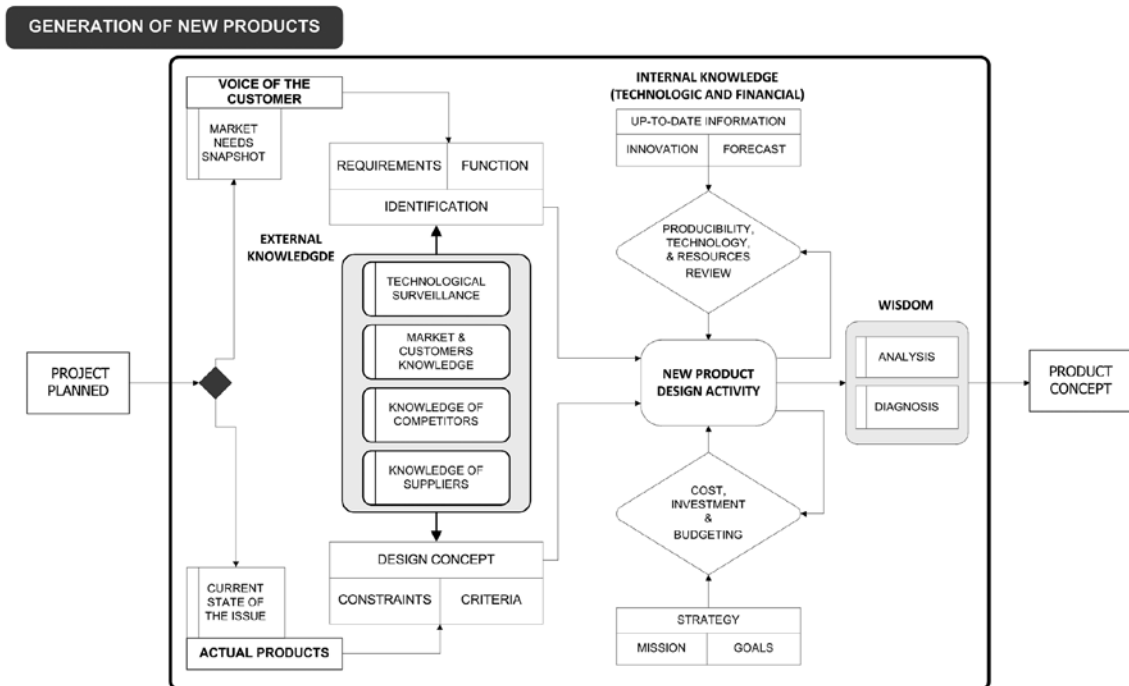


Ilustración 31 Diagrama de gestión del conocimiento y la información propuesta por Vila[9] en la fase de diseño conceptual

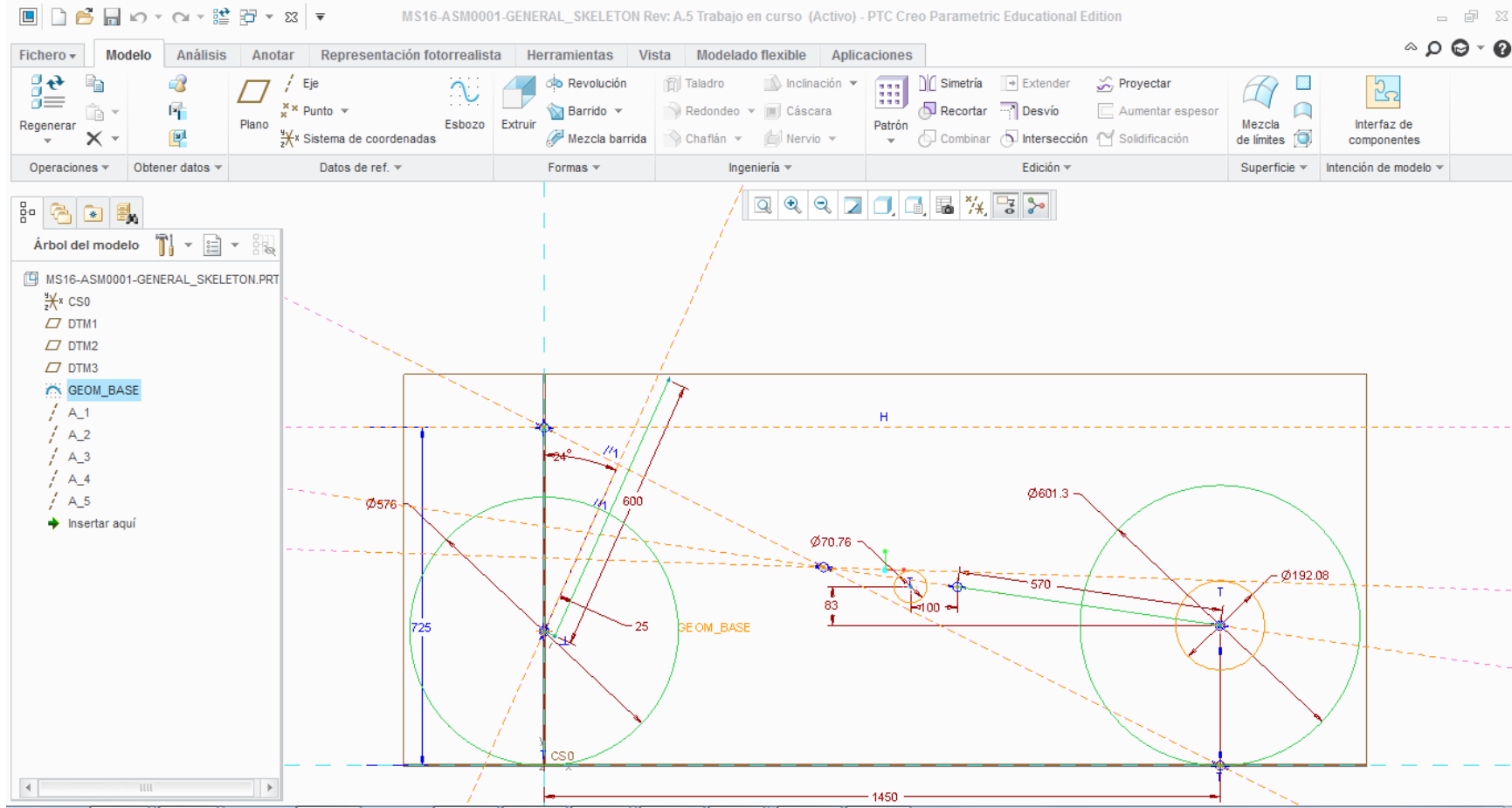


Ilustración 32 Esqueleto principal en el diseño conceptual con la geometría básica de la motocicleta

7. Diseño preliminar

En esta fase del desarrollo del producto se define la forma aproximada de los componentes principales, su ubicación y relación entre ellos. Para ello es necesario una correcta organización de los mismos y que la información, los requisitos y criterios de diseño se mantengan durante todo el proceso de diseño.

El modelado de los componentes en caso de realizar diseños propios, puede tener diversos enfoques o metodologías como el DFA o el DFM[17], bajo la filosofía de la Ingeniería Concurrente y el aprovechamiento de las herramientas actuales en CAD, CAM, CAE, integrándolos en sistemas PDM y PLM

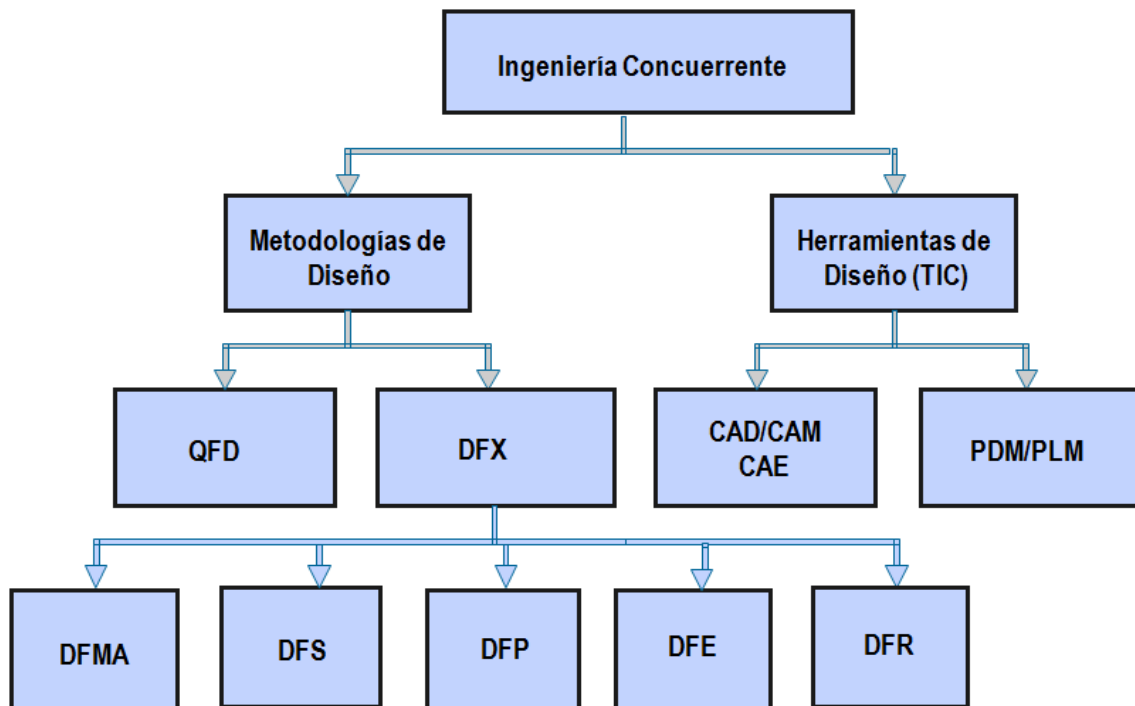


Ilustración 33 Ingeniería Concurrente en el desarrollo de nuevos productos

En el proyecto, el proceso de diseño preliminar que se ha seguido ha sido el siguiente:

- Estructura de producto preliminar
 - o Arbol de modelo CAD
- Captura de la propuesta de diseño
 - o Esbozos, esqueletos, representaciones simplificadas...
- Gestionar las relaciones entre componentes
 - o Parámetros; dimensiones, posición, tolerancias
- Realización de la propuesta de diseño
 - o Geometrías, superficies, uniones
- Definición del ensamblaje
 - o Interfaz de componentes y restricciones de posición

7.1. Estructura del diseño

La estructura del producto en módulos sirve en primer lugar para organizar y repartir a los integrantes del equipo las tareas propias de diseño y modelizado de los componentes. De esta manera, cada módulo es desarrollado por un número menor de personas que se dedica exclusivamente a ello. Esto permite, que varios módulos sean desarrollados al mismo tiempo.

En segundo lugar, la estructuración del diseño en módulos siguiendo una estructura "top-down", clasifica y ordena jerárquicamente los componentes en conjuntos, subconjuntos y piezas independientes. Esto facilita el control de cambios en el diseño CAD sin afectar los componentes de jerarquía inferior en el árbol del modelo.

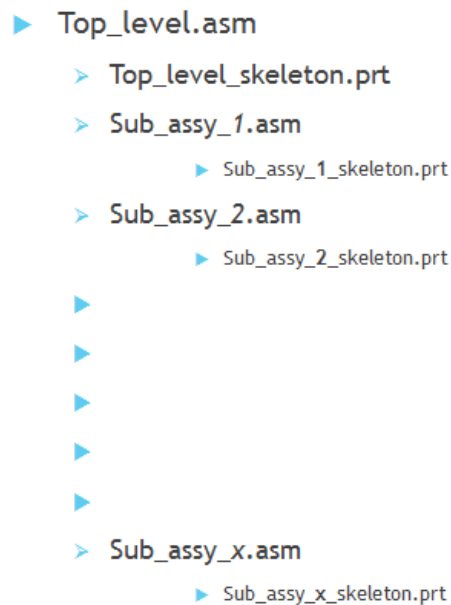


Ilustración 34 Estructuración modular "top-down"

La estructuración del producto se ha basado en la información y los criterios funcionales de diseño, resultado de la fase previa. Esta información y las propuestas de diseño se transfieren a los niveles inferiores de la estructura de producto, siendo la única fuente de información común para todos los niveles y todos los participantes en el desarrollo. Prácticamente la totalidad de las referencias consultadas coinciden en la división en módulos y correcta organización del diseño del producto en estructura "top-down"[1, 3, 5-7]

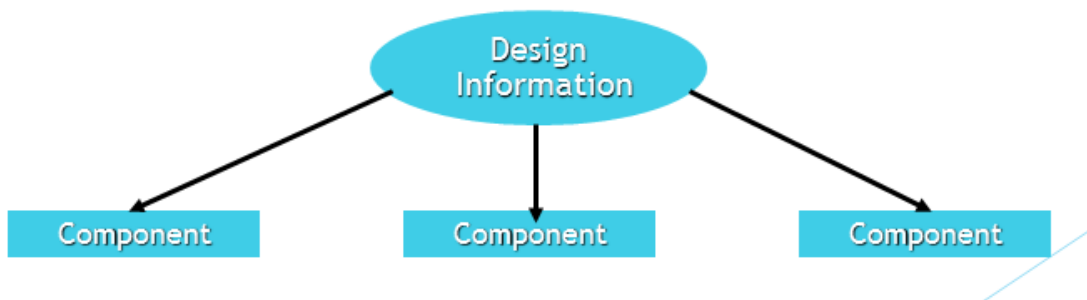


Ilustración 35 Flujo de información en el diseño "top-down"

Una vez definida la estructura de los componentes en el árbol del modelo CAD, se traslada la misma estructura al sistema PDM/PLM, lo que posteriormente simplificará tareas como la exportación de una LDM para obtener un presupuesto de un proveedor o transferir información a un sistema ERP

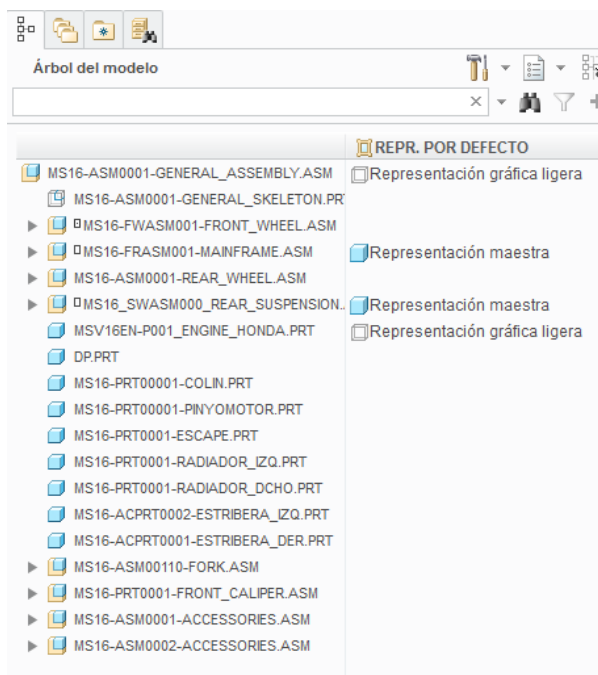


Ilustración 36 Estructura del árbol del modelo CAD

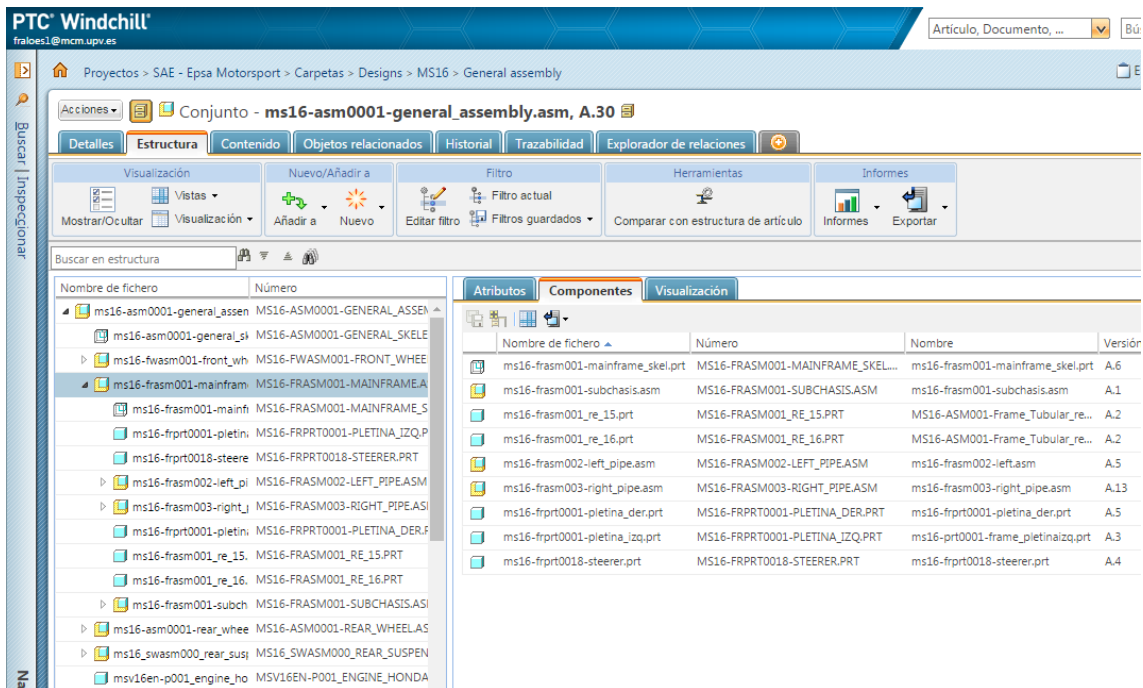


Ilustración 37 Estructura del producto en el sistema PDM/PLM

7.2. Captura de la propuesta de diseño y gestión de las relaciones entre componentes

Hay distintas formas de capturar la propuesta de diseño, dependiendo de si el componente es funcional, o debe de ocupar un espacio y una posición determinada relativa al resto de componentes.

La captura de diseño se lleva a cabo mediante:

- la creación de los esqueletos funcionales
- esbozos de representaciones simplificadas
- importación de componentes CAD

La organización aporta el CAD 3D de diversos componentes, como es el motor, bombas y pinzas de frenos; y planos con vistas detalladas de los cubos de las llantas.

En el caso del motor, es un archivo proveniente de un escáner 3D con una resolución aceptable pero con una nube de puntos bastante densa que requiere altas prestaciones del hardware de los equipos informáticos de diseño. Para su incorporación al ensamblaje del conjunto general es necesario, ubicar distintas referencias para posicionarlo correctamente, y coincidente con la referencia de posición establecida en el esqueleto principal que se había definido en la fase previa. Un vez incorporado al conjunto general y posicionado, se ha de cambiar su estilo de representación a una meramente geométrica para reducir las necesidades de recursos

del equipo informático. Esto no supone ningún problema ya que sobre el modelo CAD del motos no se han de realizar más operaciones de diseño, y solo sirve reclamar el espacio que ocupa y los puntos de anclaje con el chasis y los elementos auxiliares del motor (escape, transmisión, filtro de aire...)

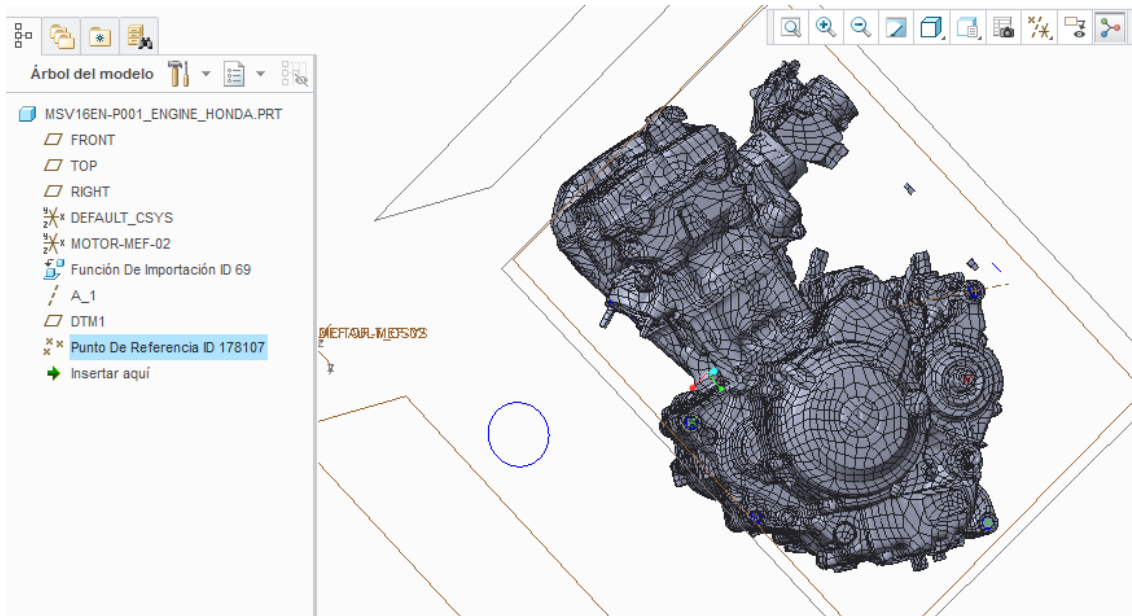


Ilustración 38 Modelo CAD del motor con las referencias de posición

El modelado de las ruedas se realiza combinando la importación de los planos en detalle de los cubos y la garganta de la rueda como imágenes al esbozo, ajustando la escala, sobredibujando las entidades (líneas y curvas) y acotando las nuevas entidades con las dimensiones indicado en los planos. Directamente se obtiene un diseño detallado de la llanta. El resto de la rueda y los neumáticos se modelan de forma aproximada realizando las mediciones necesarias del componente físico.

El resto de componentes que no se han de diseñar y serán adquiridos bien se modelan de forma aproximada tomando como las dimensiones básicas, o si la geometría es bastante completa como es el caso del depósito y de los carenados se emplea el escaneado 3D para tener una reproducción virtual precisa. En las siguientes imágenes se puede apreciar el proceso de escaneado resultado obtenido.



Ilustración 41 Proceso de escaneado 3D del carenado

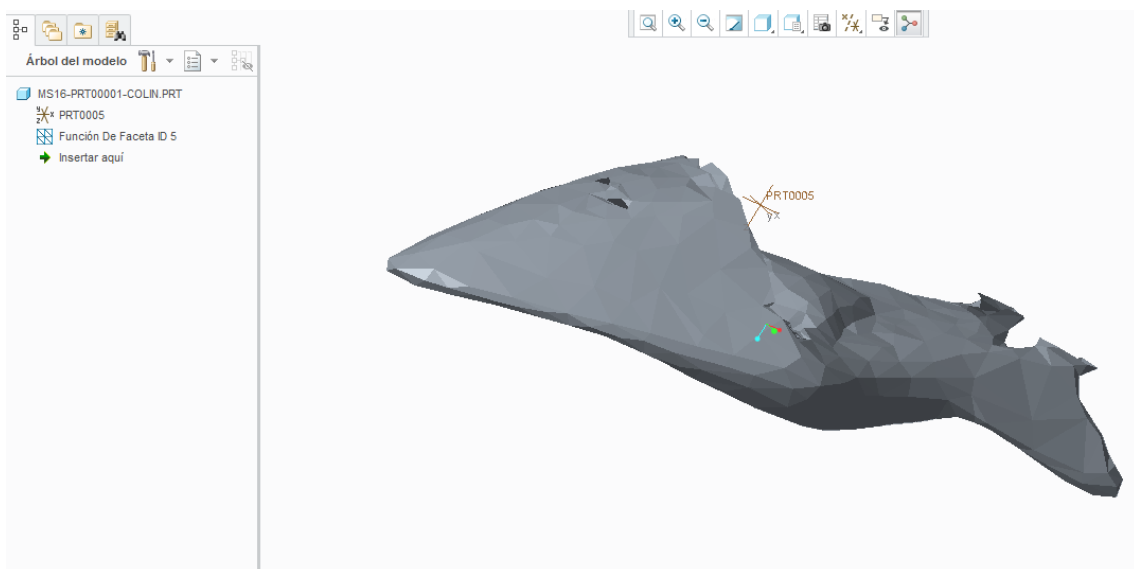


Ilustración 42 Modelo 3D del carenado

7.3. Realización de las propuestas de diseño y definición del ensamblaje

En los componentes a diseñar, como es el chasis principal y el basculante, se realiza inicialmente el esqueleto con las referencias de posición y las relaciones con el resto de componentes.

En el chasis principal al ser una estructura de perfiles se esbozan en diferentes planos los ejes de los mismos y los puntos de conexión. Ello da lugar a representación simplificada de la estructura del chasis tubular, con las dimensiones de los perfiles y su posición determinada.

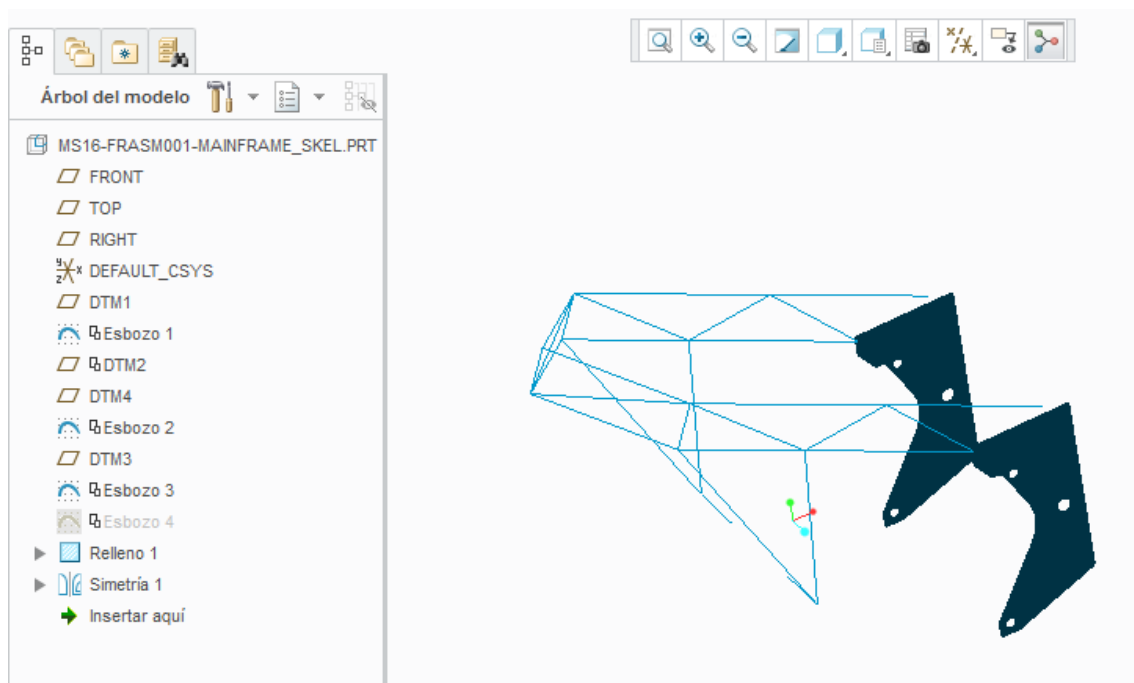


Ilustración 43 Esqueleto del chasis principal

Las pletinas que soportaran el motor y conectan la estructura tubular con el basculante, también se realiza en el mismo esqueleto de manera simplificada con un superficie bidimensional. Esto permite ubicar y referenciar las conexiones entre estos componentes.

El basculante es el sistema principal del sistema de suspensión trasero, por lo que a diferencia del chasis que es una estructura con todos sus componentes fijos, el basculante, las bieletas y el balancín del sistema de suspensión son elementos móviles. El esqueleto del basculante y del sistema de suspensión es posible realizarlo definiendo los pares cinemáticos las conexiones.

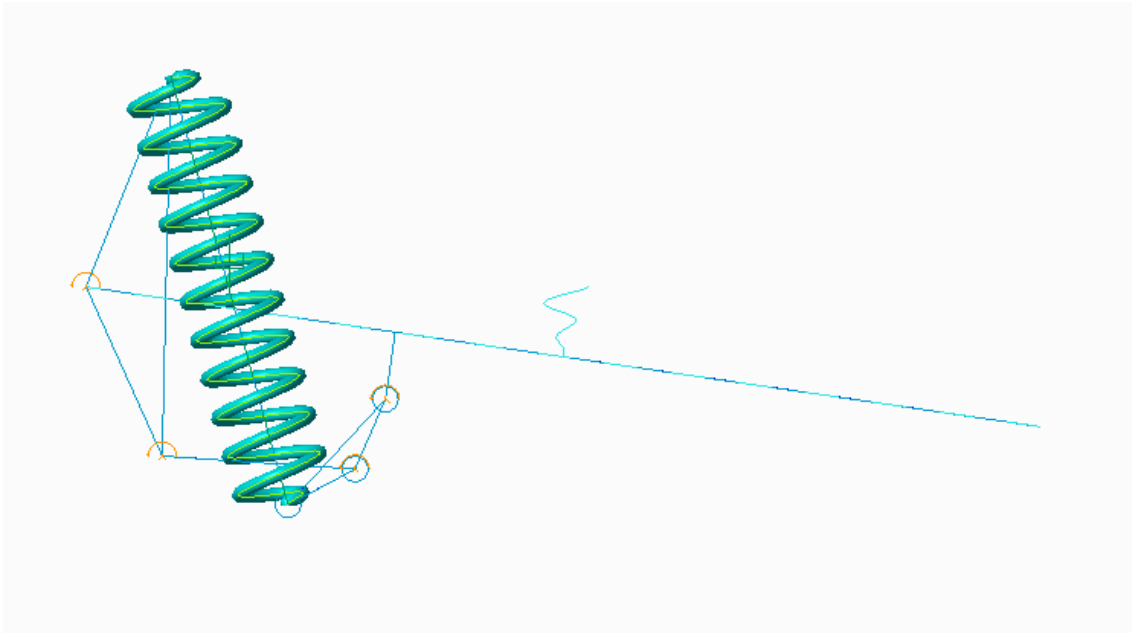


Ilustración 44 Esqueleto del mecanismo del sistema de suspensión trasero

Al estar relacionadas las posiciones de los esqueletos de chasis y del basculante con el esqueleto del conjunto general, el ensamblaje de todos los componentes se actualiza automáticamente, y cualquier cambio o modificación en los estos se propagaran al conjunto general. Podemos ver en la siguiente imagen la ubicación de los componentes modelados en CAD previamente, ocupando su espacio en el ensamblaje.

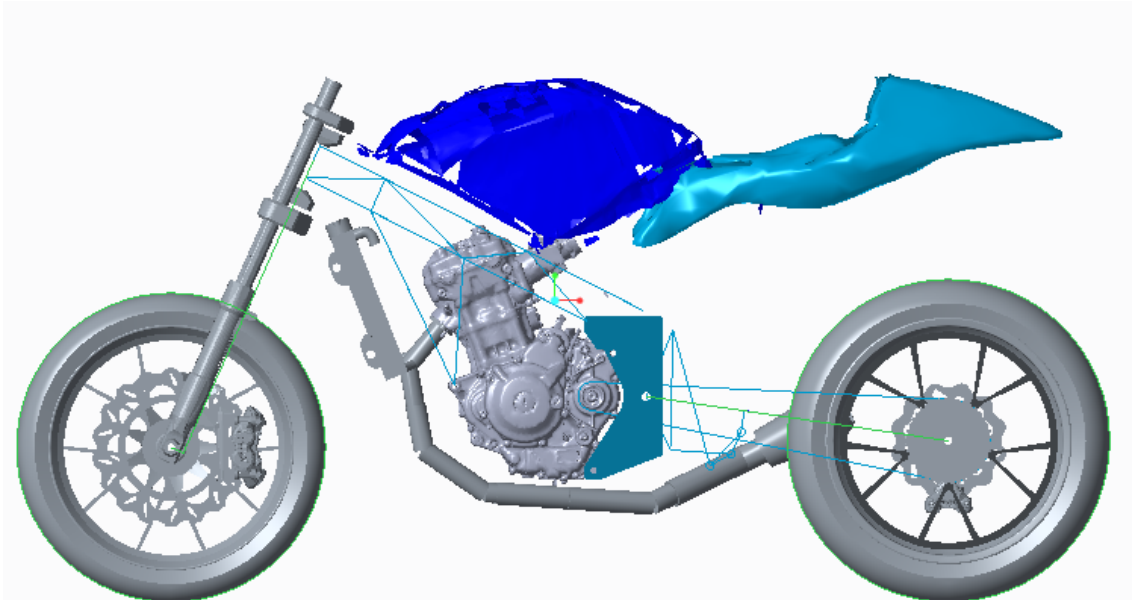


Ilustración 45 Modelo CAD de la motocicleta con la ubicación de los distintos componentes y los esqueletos del chasis principal y del basculante

Seguidamente es posible realizar el modelado de los perfiles mediante funciones de extrusión sobre el esqueleto con la sección elegida del perfil. Cualquier modificación

de las entidades del esqueleto, se trasladara directamente al modelo 3D de los perfiles ya que las relaciones entre las entidades y el ensamblaje están relacionadas.

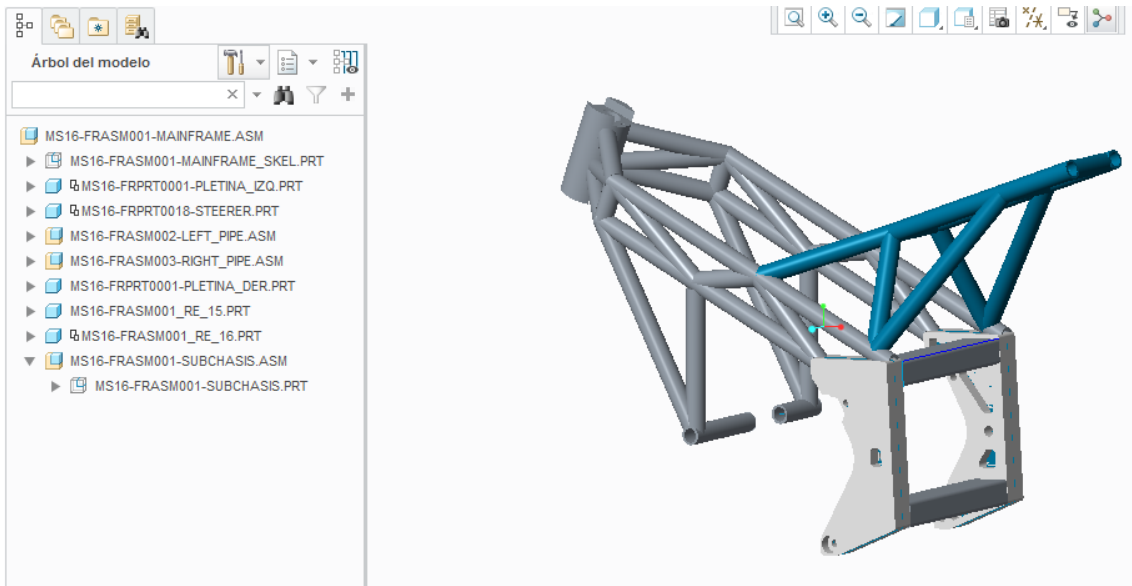


Ilustración 46 Modelo 3D del chasis principal con el subchasis diseñados a partir de sus esqueletos

Los componentes del sistema de suspensión trasero, también se modelan a partir del esqueleto del mecanismo y estos mantienen tanto las dimensiones de las entidades del esqueleto y las conexiones de mecanismo que se han establecido.

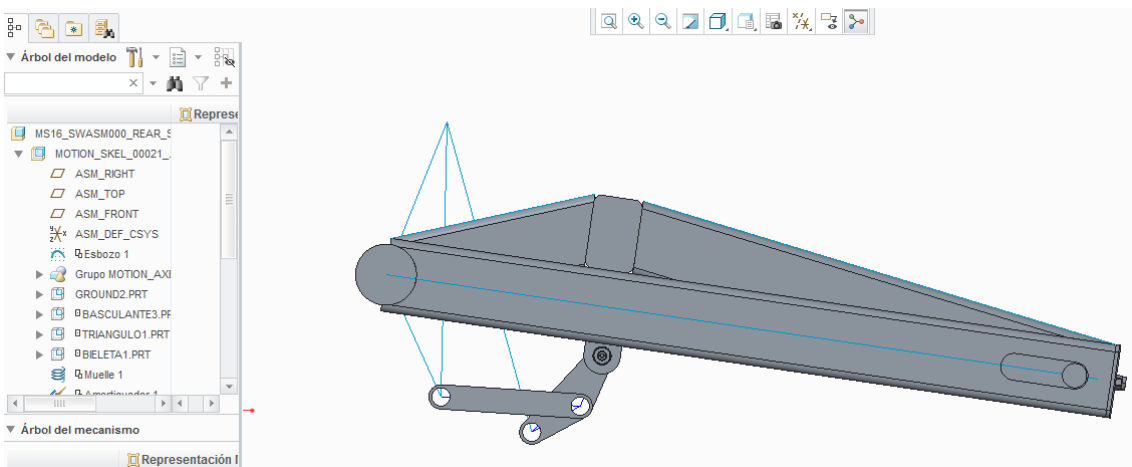


Ilustración 47 Modelo CAD del sistema de suspensión trasero a partir del esqueleto del mecanismo

7.4. Gestión de los datos de producto en el diseño preliminar

La gestión de los datos del producto en el inicio de la fase del diseño preliminar se realizaba sin implementar una herramienta PDM. El modelado de los componentes era realizado de manera independiente y estos se archivaban en un directorio compartido de Google Drive. Así se llevaba a cabo con el modelado de las ruedas, carenado, suspensión delantera, radiadores, y escape.

Debido a la gran cantidad de archivos CAD que podía generarse simultáneamente por los distintos integrantes del equipo de diseño, se crearon distintos directorios para cada módulo de la estructura y se estableció una codificación a la hora de nombrar los archivos con el propósito de evitar coincidencias en los nombres que supusieran un conflicto en el momento de realizar el ensamblado.

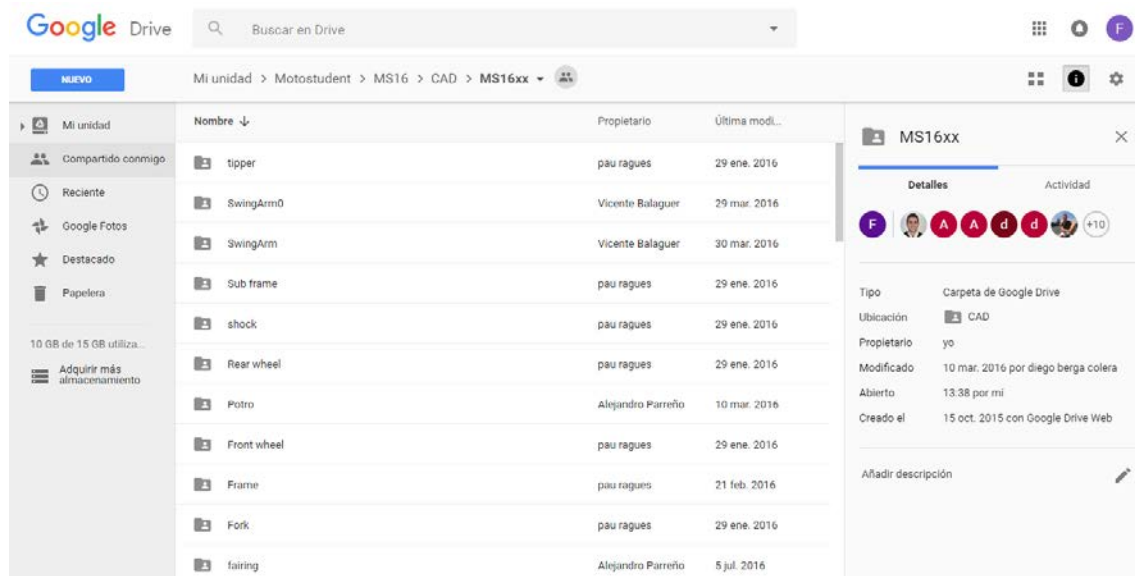


Ilustración 48 Directorio compartido de archivos CAD en Google Drive

Al mismo tiempo se realizaba el diseño de la estructura de producto en un archivo de ensamblaje general con el esqueleto principal, y se iban incorporando los componentes estableciendo relaciones de referencias entre el componente y el ensamblaje. De esta forma, cualquier modificación en el modelo del componente se veía reflejada en el ensamblaje y su posición estaba gobernada por el esqueleto principal.

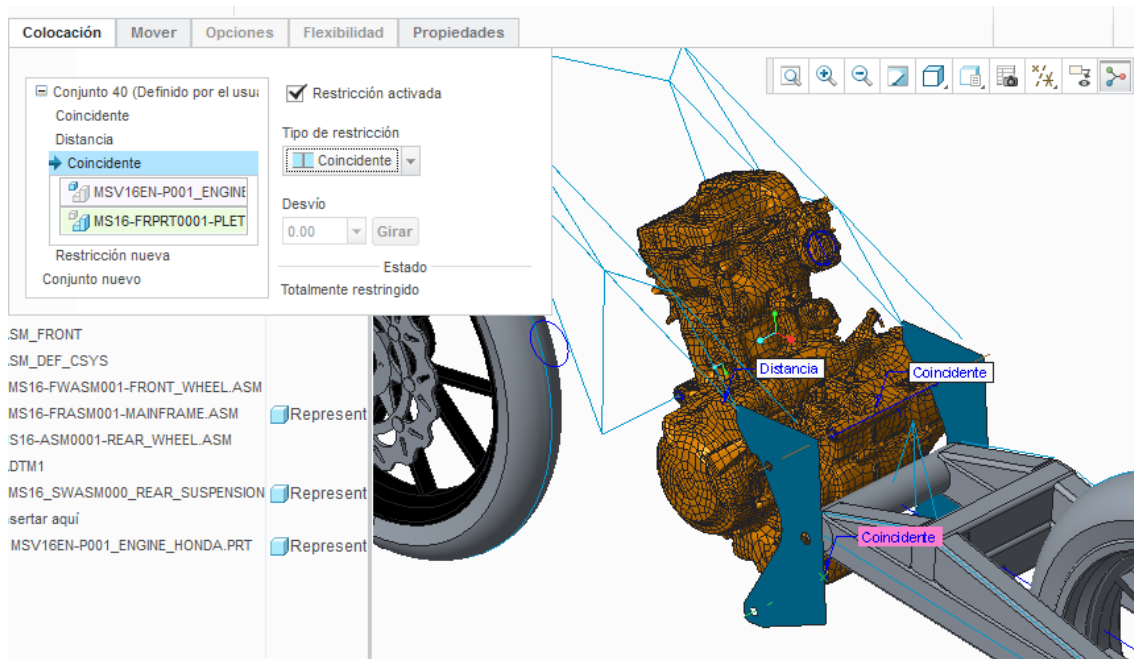


Ilustración 49 Incorporación de los modelos CAD de los componentes al ensamblaje general

No obstante, surgían dos problemas al trabajar de manera colaborativa y simultánea con el sistema de directorio compartido en la nube de Google Drive:

- La utilización de los archivos no los bloqueaba para un único usuario, por lo que cuando un integrante abría cualquier componente este podía ser abierto por otro integrante. La asincronía del sistema también impedía la actualización del archivo, y se regía por la fecha y hora de la última sincronización del archivo local, sin tener en cuenta las versiones guardadas previamente
- Debido a la organización de diferentes directorios para cada modulo de la estructura de producto, en el ensamblaje general los componentes no se cargaban y cada vez había que indicar la ruta del directorio de cada uno de los componentes ensamblados, y que para cada usuario era distinta al acceder desde su propio equipo y con su cuenta

La gestión de control de cambios era dificultosa, aun así se concluyó el diseño preliminar antes de implementar una solución PDM más eficaz, con el cumplimiento del hito marcado por la organización Motostudent. Este hito consistía en la entrega del diseño preliminar con las dimensiones generales del prototipo en cumplimiento con los requisitos de diseño de la organización y los criterios indicados en el hito anterior. En el anexo C se acompaña el plano completo.

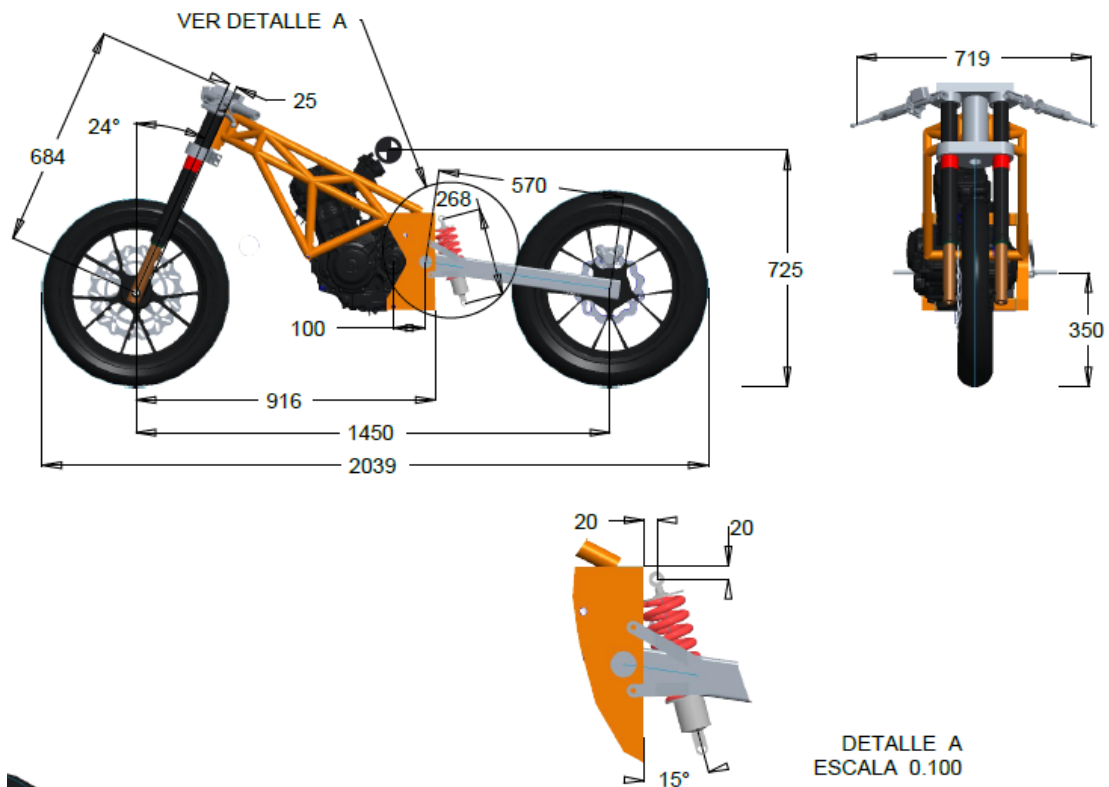


Ilustración 50 Dimensiones generales del diseño preliminar del prototipo

Con el fin de favorecer la colaboración entre los distintos integrantes del equipo de diseño y en espera de un mayor número de interacciones y cambios en el diseño de la motocicleta, se implementa la plataforma de PDM y PLM aportada por la organización y perteneciente a la empresa PTC; Windchill 11. PTC en su programa de soporte académico a proyectos de estudiante universitarios. Se habilitó un repositorio en sus servidores dando acceso a todos los participante de Motostudent.

Para el desarrollo de la siguiente fase, se conservó la misma estructura del directorio de Google Drive para los archivos de CAD para la gestión PDM del proyecto. También se generó un directorio de fichero para organizar la generación de los artículos del sistema PLM. Estos artículos son un metarchivo que relaciona la toda la documentación técnica de cualquier componente virtual; como son los mismos archivos CAD, documentos de texto, hojas de cálculo, planos, imágenes digitalizadas, incluidos direcciones web.

8. Diseño detallado del prototipo

Una vez definido la ubicación, posición y relación de los componentes principales en el ensamblaje general de la motocicleta; el desarrollo del mismo y de cada uno de los componentes requiere de numerosas modificaciones hasta definir en detalle la geometría de las piezas diseñadas.

8.1. Diseño basado en la fabricación y selección de los procesos

El diseño detallado de cada pieza se realiza bajo el enfoque “DFM” (Design for Manufacturing) [17, 18], teniendo en cuenta los procesos de fabricación disponibles y accesibles para la fabricación del chasis prototipo. En el diseño preliminar se distingue claramente la forma básica de las piezas, pudiendo clasificarlas como geometría cilíndrica y no cilíndrica. Esto nos determina los procesos de fabricación a emplear y en consecuencia las distintas operaciones de mecanizado y ensamblado:

- Mecanizado con torno manual
- Mecanizado con fresa manual de tres ejes
- Taladrado vertical
- Equipo de soldadura MIG/MAG

De forma general, el diseño detallado del prototipo se intenta emplear componentes estandarizados tanto como sea posible, que no requieran mecanizado o el mínimo posible. Se realiza búsquedas en distintos catálogos digitales de componentes normalizados como son:

- Arandelas
- Muelles
- Cojinetes de fricción y rodamientos
- Tornillos y tuercas

Por otra parte, en los materiales de partida el diseño detallado se busca minimizar el número de operaciones que son obtenidos mediante extrusión como son los perfiles. En este sentido se mantiene la sección de los perfiles y se diseña la forma de la unión con el resto los componentes. El diseño de cada pieza se realiza pensando en emplear las mínimas herramienta y que las superficies de agarre sean superficies acabadas, además las zonas de agarre y los útiles no interfieran en el proceso de mecanizado.

Tomando estas premisas se realiza el diseño de las uniones soldadas de la estructura del chasis principal. Los perfiles mantienen su sección en bruto, la disposición en el ensamblaje se intenta que sea paralelos, perpendiculares o con ángulos exactos. De esta manera en el diseño de la unión se realiza el corte conforme a la intersección que tiene con los otros perfiles a los que se une.

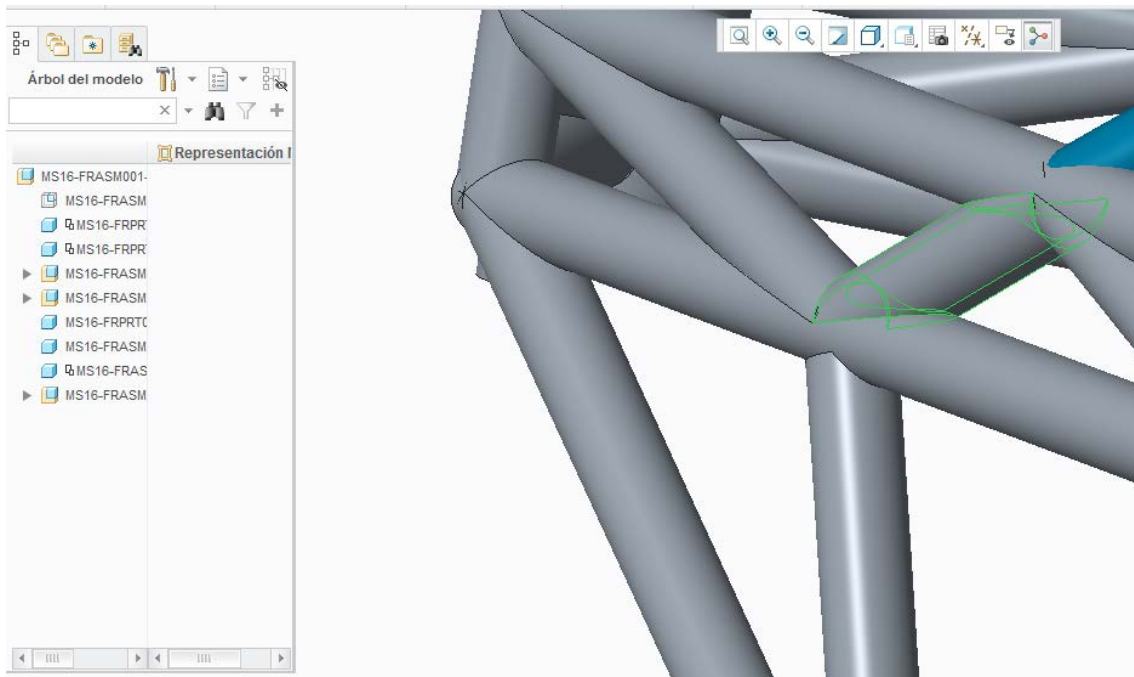


Ilustración 51 Diseño de las uniones de la estructura del chasis principal

En el diseño de los orificios se realizan agujeros cilíndricos con diámetro y profundidad que pueda realizarse con herramientas convencionales. La dirección de los agujeros se procura que sea paralela o normal a los ejes de mecanizado, y una disposición regular. En el caso de agujeros ciegos con punta cónica, con suficiente profundidad para el roscado con macho.

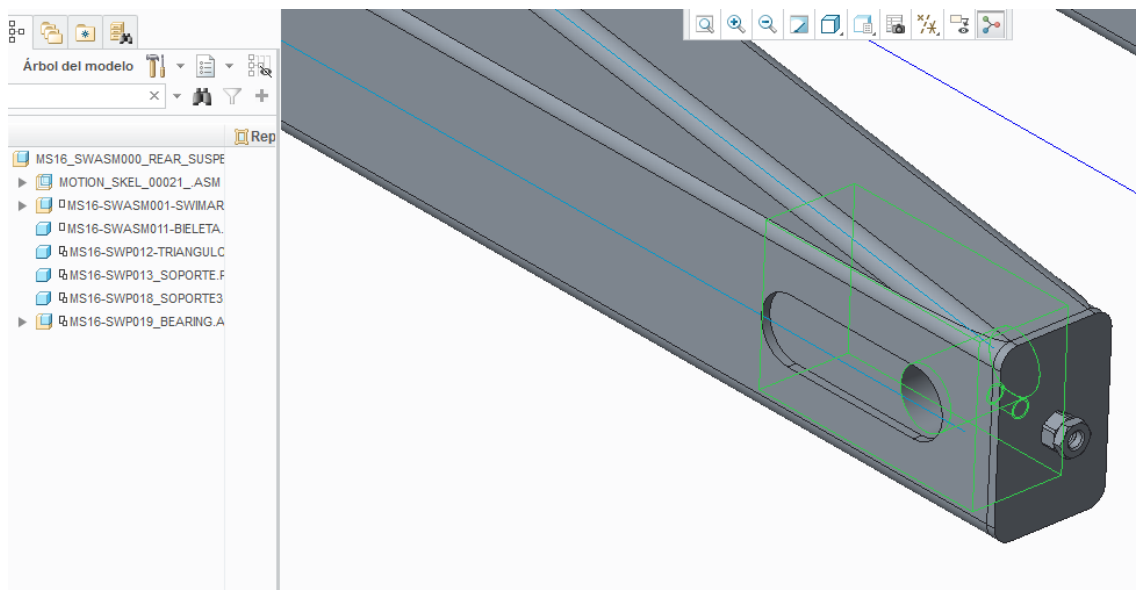


Ilustración 52 Diseño detallado del tensor de la cadena del prototipo, con orificios en direcciones perpendiculares y tuercas normalizadas

En el diseño de piezas cilíndricas, las nuevas superficies cilíndricas son concéntricas y las superficies planas normales al eje de revolución. Los diámetros exteriores aumentan desde el extremo de la pieza hacia el agarre, y los diámetros interiores se reducen desde el extremo de la pieza hacia su agarre. Los radios de acuerdo igual al radio de la herramienta de corte. Se intenta evitar figuras interiores en piezas de gran longitud y componentes con una relación L/D muy grande (>3) o muy pequeña (<0.5)

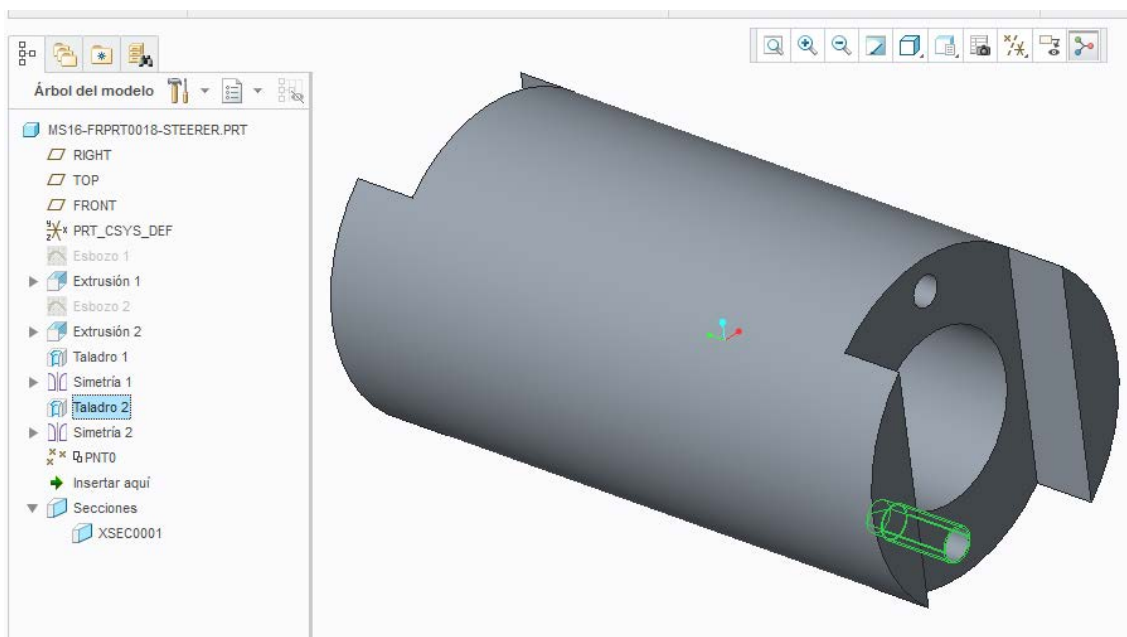


Ilustración 53 Diseño de la pipa de dirección con orificios ciegos y trayectorias de mecanizado paralelas y perpendiculares a los ejes principales

En las piezas no cilíndricas, en el diseño se aporta ya una superficie de agarre y de referencia. Las superficies a mecanizar son paralelas y normales a la base y las equinas interiores con radios mayores o iguales a la herramienta. Las ranuras se intentan disponer paralelas a los ejes de mecanizado principal y en superficies coplanarias

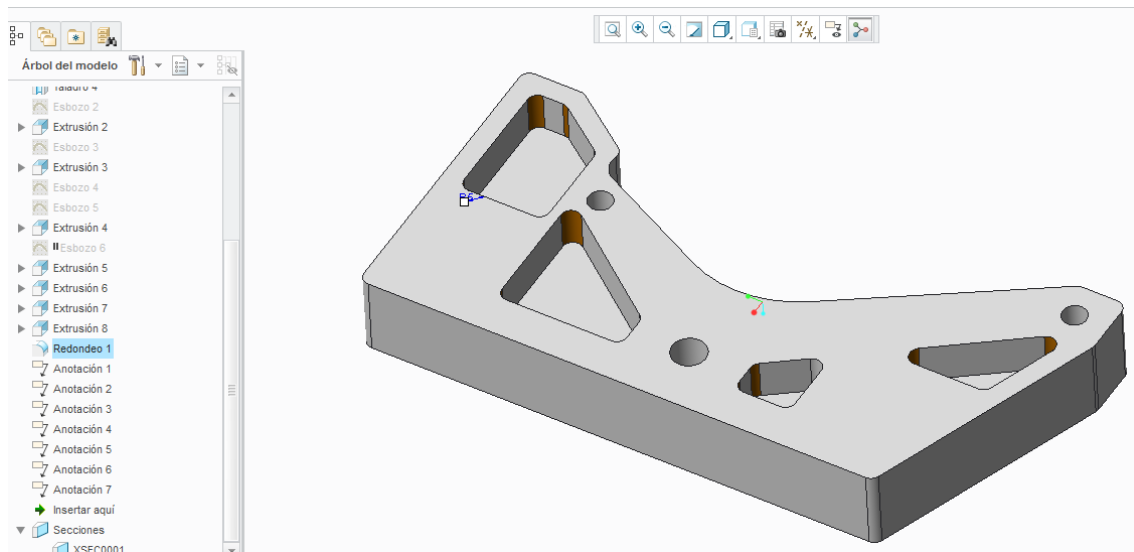


Ilustración 54 Diseño detallado de la pletina del chasis con mismos radios de acuerdo

Se evita el diseño con superficies planas muy largas ($A/B > 3$) empleando pletinas con superficies acabadas

Se evita en la medida de lo posible agujeros cilíndricos en piezas con mucha altura y los orificios se disponen en dirección perpendiculares a la base y de diámetro decreciente

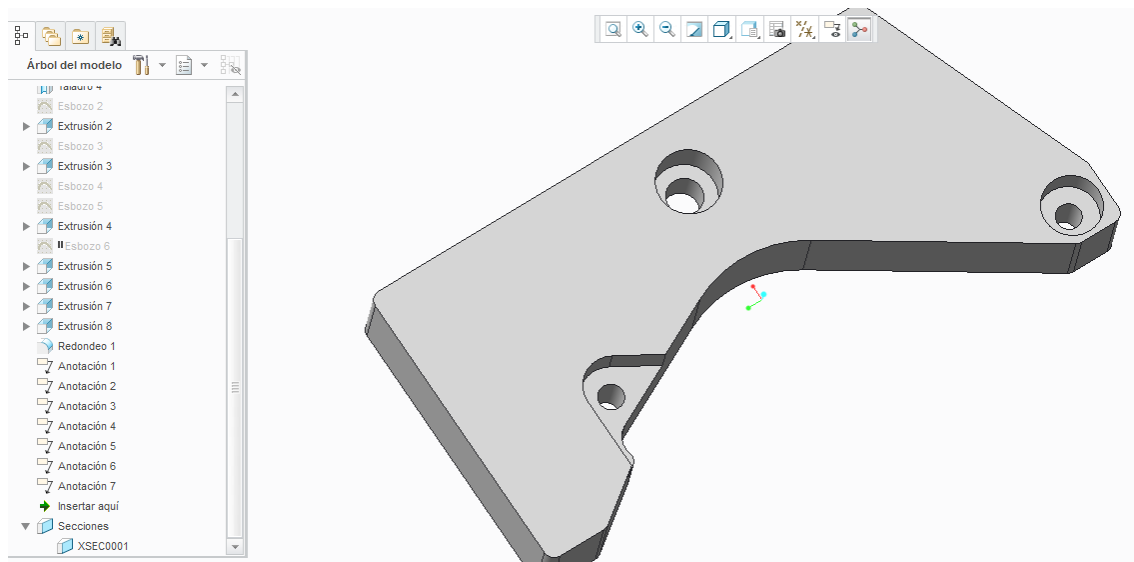


Ilustración 55 Diseño de orificios para el anclaje del motor en la pletina

En cuanto al acabado superficial y tolerancias se determinan teniendo en cuenta el acabado superficial del proceso, que permite el ensamblaje y que se realiza únicamente con las superficies en contacto entre piezas. Así mismo, los chaflanes y redondeos en las esquinas exteriores mantienen la relación a los radios de acuerdo de esquinas interiores. Las tolerancias geométricas y dimensionales más ajustadas que se

definen son solo aquellas que sirven para asegurar el montaje con otro componentes, como son la disposición de los orificios de anclaje del motor.

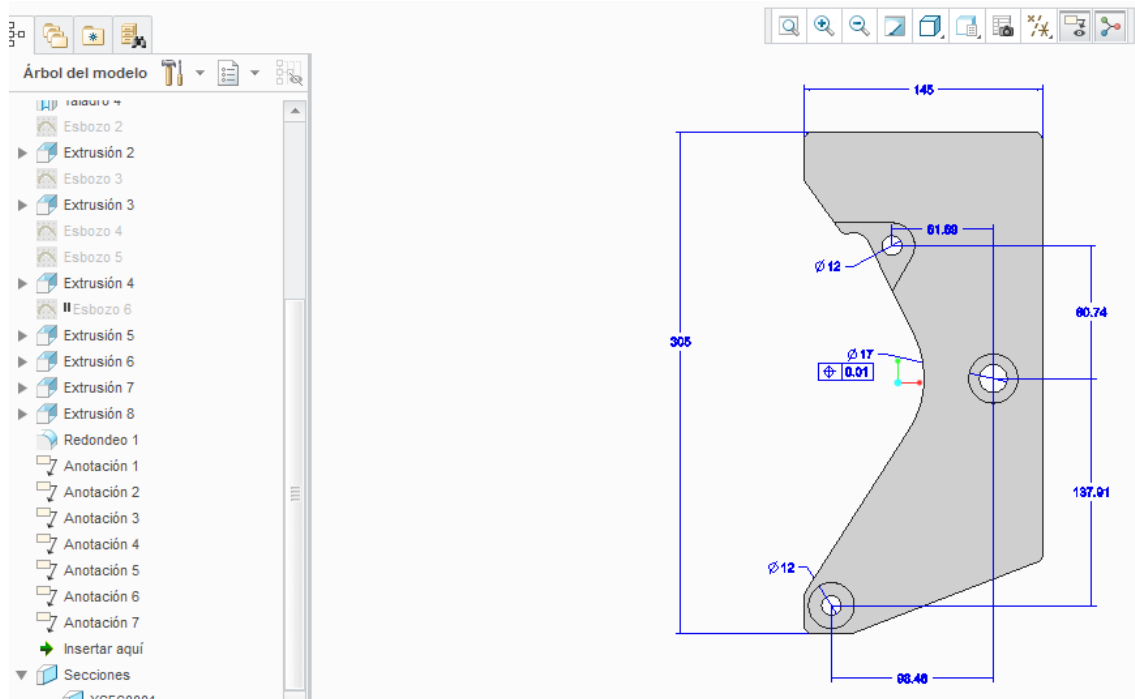


Ilustración 56 Tolerancias de la disposición de los orificios de la pletina

8.2. Gestión del diseño detallado con herramientas PDM/PLM

Como hemos indicado en el punto 5.4, se tiene disponible el acceso al software Windchill PDMlink 11 de la empresa PTC, y está integrado directamente en el software CAD de la misma empresa; Creo 3.0. Windchill permite la gestión avanzada de documentos y archivos relacionados con el desarrollo de producto de manera colaborativa.

8.2.1. Funcionalidad de Windchill como herramienta PDM/PLM

Una de las funciones específicas de Windchill es la gestión de los archivos de CAD para facilitar el control de la información y el proceso de desarrollo de producto. No obstante, además está habilitado para gestionar archivos CAD y de diferentes sistemas, lo que permite llevar a cabo los principios de la Ingeniería Concurrente desde el diseño conceptual hasta la retirada del producto, propiciando el acceso y trazabilidad de la información del producto en todas las fases de la vida del producto. Es por ello que esta herramienta pueda expandirse como herramienta PLM.

Los archivos de CAD, aparte de contener la información gráfica del propio diseño, almacenan la siguiente información:

- Autoridad y accesibilidad
- Histórico de versiones
- Información de la estructura del producto
- Información adjunta (documento de texto, hojas de cálculo, direcciones web...)

La funcionalidad adicional de la herramienta PLM se alcanza mediante la generación de los artículos (nombrados como “WTParts”) a partir de los archivos CAD o inversamente, desde los artículos de Windchill. En general, un artículo de Windchill representa un conjunto de metadatos (atributos y otra información relacionada), que puede ser representado por un documento CAD, tal y como una pieza o un ensamblaje. Así mismo, los artículos pueden considerarse como la fuente de información del producto y puede ser transmitida a otras áreas mediante archivos CAD, documentos de texto, páginas web o cualquier otro archivo digital.

Las características de los artículos en Windchill son:

- Pueden ser creados manualmente sin la necesidad de un documento CAD asociado. Esto es útil para artículos de un producto que no requieren diseño CAD (líquidos, adhesivos, embalajes...)
- Los artículos pueden asociarse con diferentes representaciones. Por ejemplo pueden tener representaciones de vistas explosionadas diferentes para diseño, fabricación o servicio postventa, basándose en el mismo archivo de CAD
- Distintas versiones de un artículos (productos configurables), están relacionados con un único archivo de CAD, por lo que elimina la redundancia
- Sobre los artículos pueden gestionarse las incidencias, asignaciones de funciones, números de serie o codificaciones.

Por estas razones, es una buena práctica la gestión de la información del CAD empleando artículos. No obstante, la mayoría de estas funcionalidades no son necesarias para el objetivo de este proyecto que es el diseño y fabricación de un prototipo, por lo que el desarrollo del mismo se lleva a cabo desde el contenido de la información del diseño en el mismo archivo de CAD.

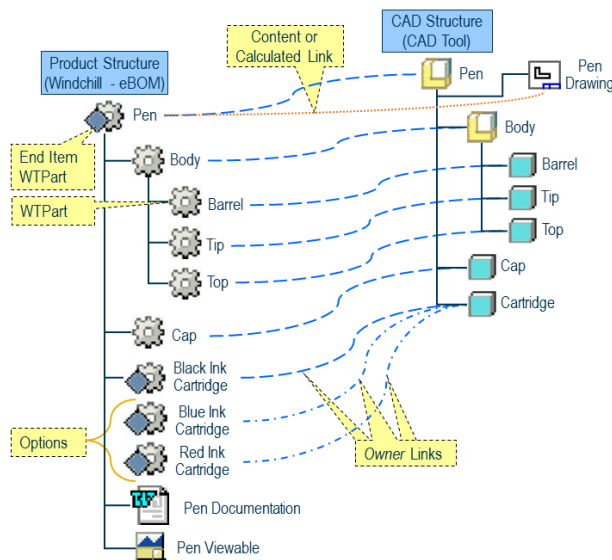


Ilustración 57 Relación entre artículos y archivos CAD, con la misma estructura del producto

8.2.2. Implementación de Windchill

El almacenamiento de los archivos CAD se realiza en un servidor propio de PTC y el acceso de los integrantes del equipo es directamente a través de cualquier explorador. Únicamente se ha de configurar en el equipo informático localmente con la dirección del servidor y acceder bajo registro de nombre de usuario y contraseña, previamente autorizado.

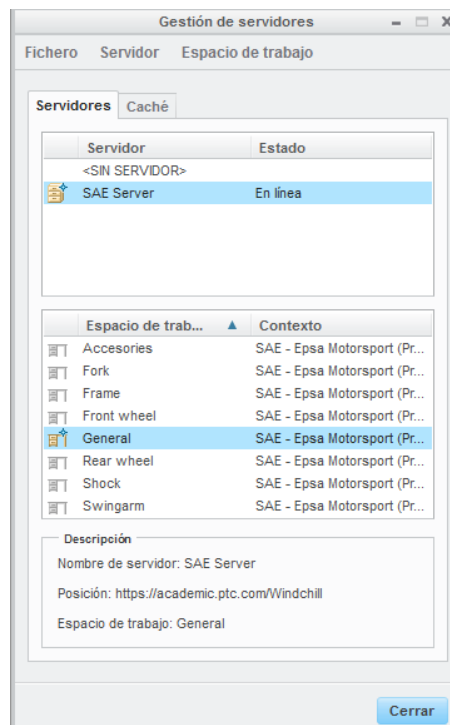


Ilustración 58 Registro del servidor de Windchill en Creo 3.0

Tras el registro y activación del servidor de Windchill, en el software CAD de Creo 3.0 se habilitan una serie de utilidades para integrar las funcionalidades del PDM y el trabajo colaborativo. Directamente, se asigna un “Espacio de trabajo” por defecto que es asimilable al “Directorio de trabajo”, que es donde se almacenaran temporalmente los archivos CAD.

El “Espacio de trabajo” permite la sincronía de los archivos CAD con los que el usuario está trabajando, por lo que estos se encuentran en memoria cache tanto del equipo local como en el servidor. Cada usuario tiene su espacio de trabajo propio, al cual tiene acceso y control único. Al “Espacio de trabajo” es accesible a través del propio menú de “Abrir” de Creo o del explorador integrado, donde puede verse el estado en el que se encuentra.

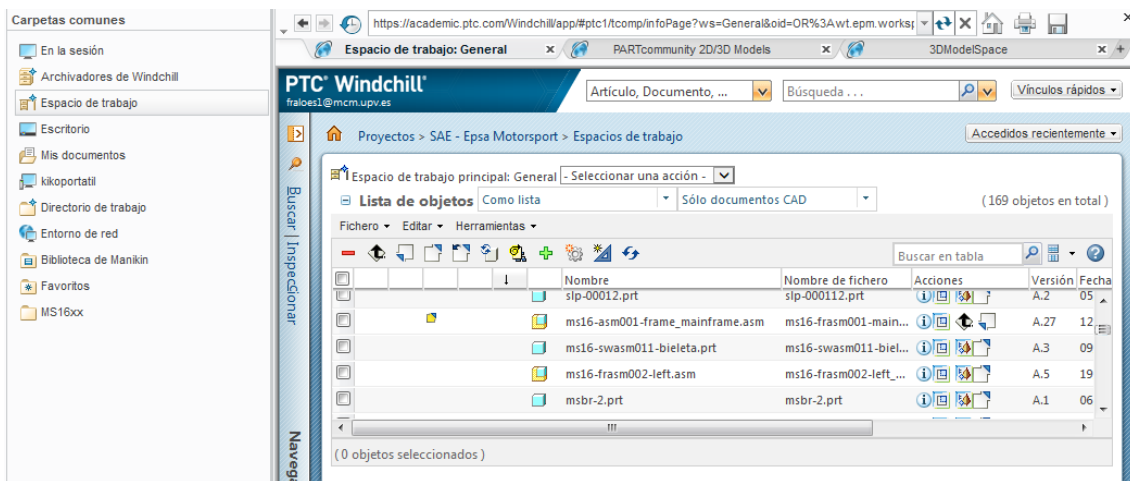


Ilustración 59 Visualización de los archivos CAD del "Espacio de trabajo" desde Creo

Es importante entender que los archivos en el espacio de trabajo son copias de los archivos almacenados en el servidor de Windchill, por lo que necesitan sincronizarse con el espacio común del servidor para reflejar las modificaciones realizadas tanto por el propio usuario, como por el resto de integrantes del equipo.

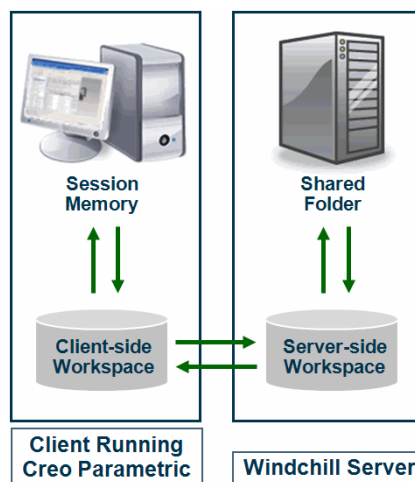


Ilustración 60 Sincronización del espacio de trabajo local con el espacio común

Este espacio común es un almacenamiento de nivel superior en el servidor que es accesible a todos los usuarios. En este espacio común se definió la misma estructura de directorios que en Google Drive para mantener la misma organización y clasificación en módulos.

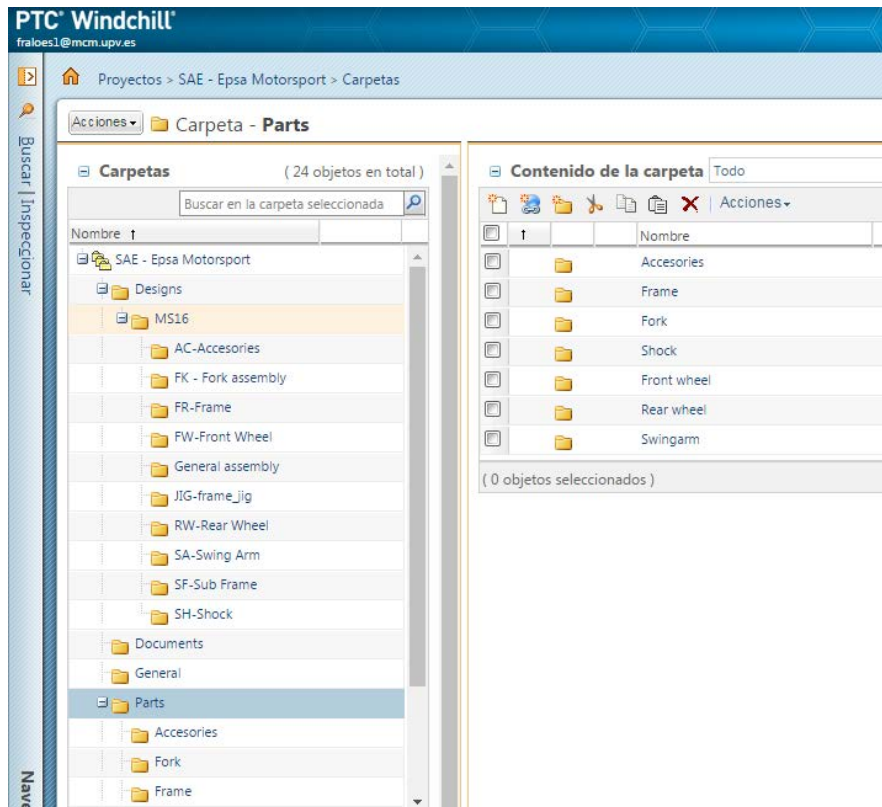


Ilustración 61 Estructura de los archivos CAD y de los artículos en el sistema PDM/PLM

Ello implica que cada integrante del equipo que tiene unas tareas asignadas en el diseño de un módulo, tenga que configurar el almacenamiento de su espacio de trabajo con la carpeta correcta del espacio común. Al mismo tiempo se define la carpeta de almacenamiento de los artículos para una futura gestión de los mismos.

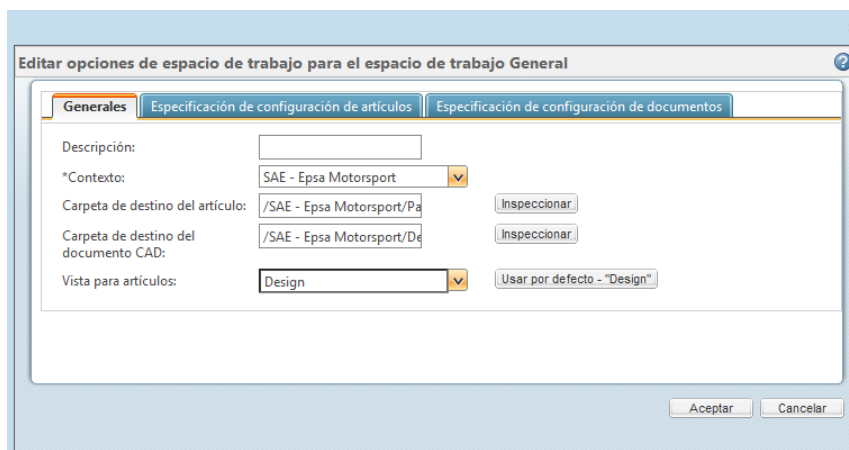


Ilustración 62 Configuración del directorio de almacenamiento del espacio de trabajo

Hay cuatro formas de salvar la información y los cambios en los diseños realizados con Creo cuando se trabaja en entorno colaborativo con Windchill, que se explican a continuación:

- Guardar, se graba el archivo en la memoria cache local
- Cargar, se graba el archivo en la memoria caché del servidor a partir de la memoria caché local
- Guardar y Cargar, realiza las anteriores acciones al mismo tiempo y actualiza los archivos que allí se encuentran sin tener registro de las versiones
- Archivar, graba el archivo en el espacio común desde la memoria cache del servidor y genera una nueva versión del archivo

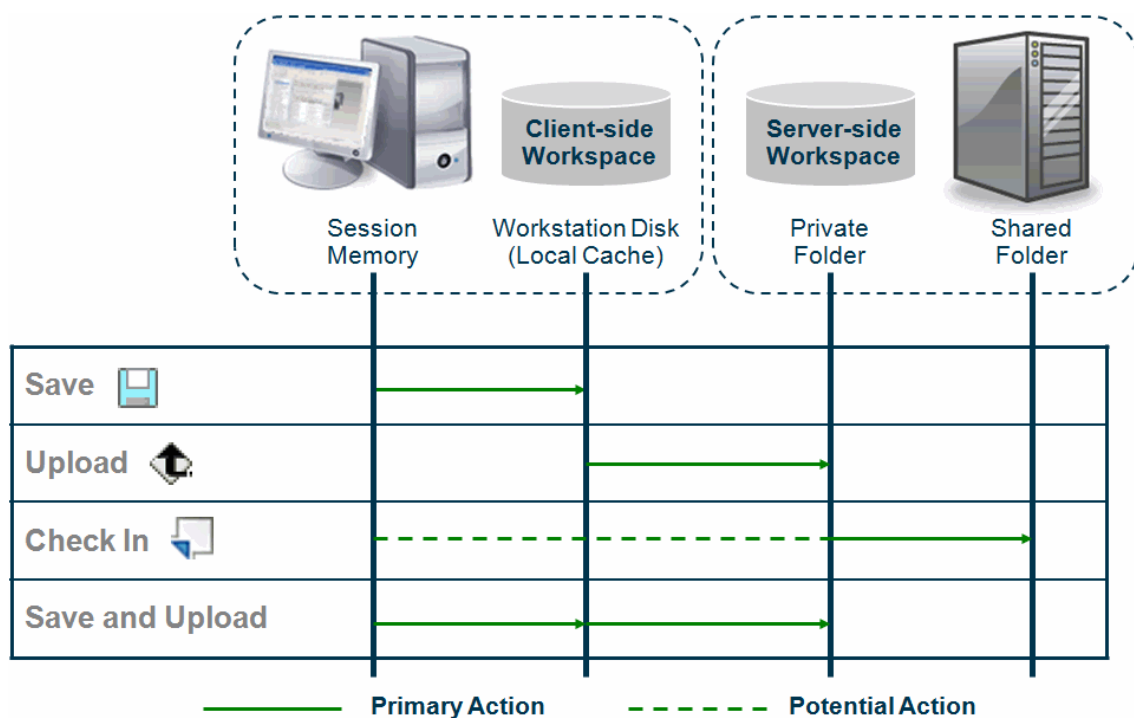


Ilustración 63 Formas de grabar la información de diseño CAD en Windchill a partir de Creo

8.2.3. Procedimiento de trabajo con archivos CAD en Windchill

De forma general, el objetivo del PDM es habilitar la creación y gestión de archivos CAD en un entorno de trabajo colaborativo y en equipo, por lo que en la implementación de estas herramientas, el diseñador es el primer responsable de seguir el siguiente proceso para la correcta funcionalidad. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Activar el espacio de trabajo correspondiente. En caso de crear un nuevo espacio de trabajo se tiene que configurar el directorio de los archivos CAD y de los artículos donde se almacenaran en el servidor
- Se actualiza el espacio de trabajo reflejar las modificaciones realizadas por otros usuarios

- Los modelos CAD son creados o importados al espacio de trabajo
- En caso de nuevos modelos de CAD, se definen los atributos (nombre del archivo, nombre común, autoridad, parámetros,...)
- Para modificar un archivo existente, previamente se ha de “Extraer”. Esta acción bloquea el archivo para que otros usuarios no puede realizar modificaciones al mismo tiempo.
- Una vez finalizado el trabajo se procede a “Archivar”, en caso de aparecer conflictos con la denominación, relación con otros componentes o la actualización de versiones se han de resolver
- El archivo CAD una vez “archivado”, genera una iteración en el diseño con una nueva versión, se desbloquea y está disponible para que otros usuarios pueden realizar modificaciones, mientras el archivo solo esta visible en su última versión archivada

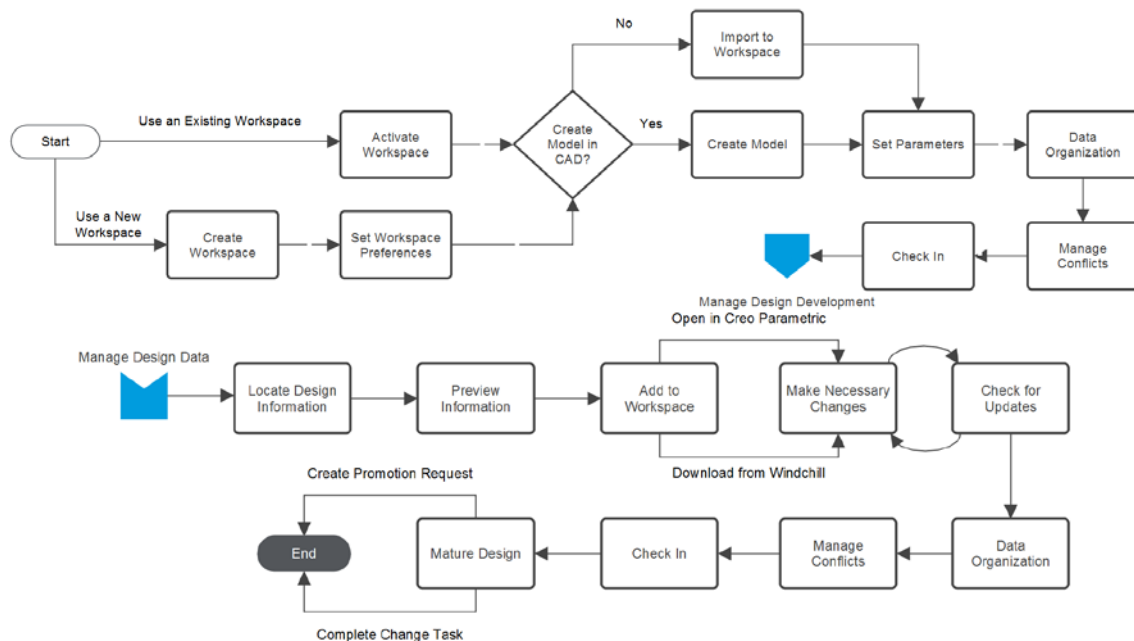


Ilustración 64 Procedimiento general de creación y modificación de archivos CAD en Windchill

Los conflictos más comunes en el PDM son derivados de la importación de archivos CAD de fuentes externas o la falta de sincronización de los archivos por realizar modificaciones sin conexión. Los errores típicos suelen ser debidos a:

- Objetos incompleto al no encontrar la ubicación del archivo CAD del componente
- Nombres duplicados
- Imposibilidad de “Extraer” un archivo por estar en uso

Si los archivos CAD son generados con Creo, en conexión con el servidor de Windchill, estos conflictos se minimizan ya que ambos previenen las posibles causas. Así mismo, el empleo de esta herramienta y siguiendo el procedimiento de trabajo planteado se

solucionan los problemas que aparecían en la fase anterior, con los archivos CAD era gestionada y compartida a través de Google Drive.

- La ubicación de los archivos CAD es la misma para todos los usuarios al encontrarse almacenadas en el servidor
- No se permite la modificación de los archivos por más un usuario a la vez

8.2.4. Gestión y control de cambios en Windchill

Como hemos indicado anteriormente, mientras un archivo CAD se está modificando este aparece como “Extraído” y solo está disponible como solo lectura para el resto de los usuarios. Una vez finalizada las modificaciones este debe de volver a “Archivar”, generando un a una nueva versión del archivo CAD en el servidor los cambios queden accesibles y actualizados al resto.

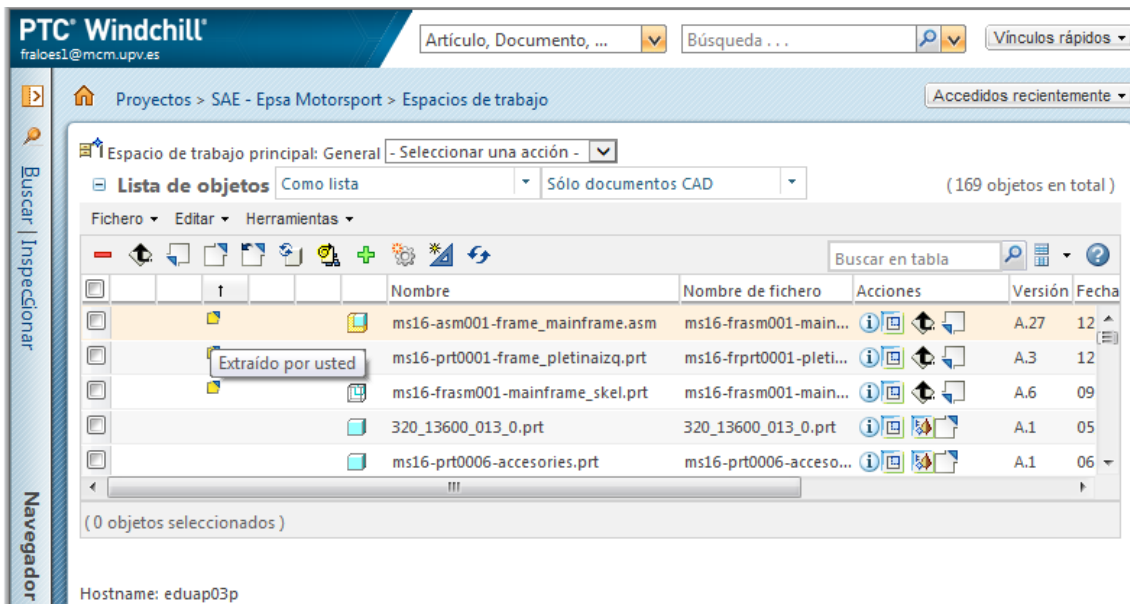


Ilustración 65 Estado de los archivos CAD mientras se encuentran "Extraído"

Cada versión de un archivo aparece en la información del mismo y se denota con una letra y un número incremental. Tras realizar revisiones en el diseño o cambios de estado en el según las fases de desarrollo de producto, la letra correspondiente a la versión pueden modificarse para diferenciarse con fases anteriores. En nuestro caso, únicamente hemos estado implementando esta herramienta durante la fase de diseño detallado por lo que solo se modifica el valor numérico de la versión de forma automática cada vez que se “Archiva”.

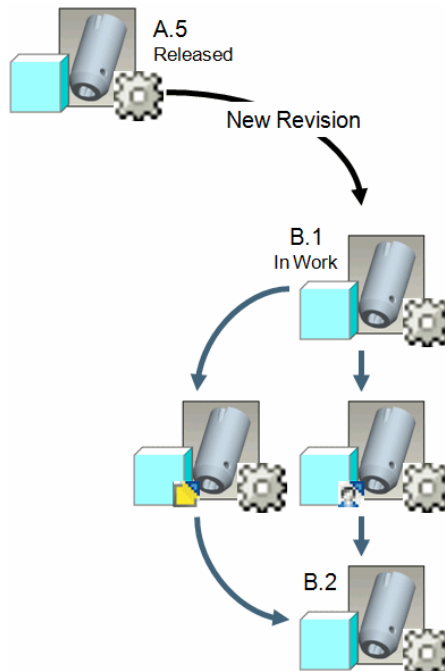


Ilustración 66 Designación de las versiones

La información de los cambios puede verse sobre cada uno de los archivos de CAD, al mismo tiempo que es posible abrir versiones previas. En panel del historial nos aparece de forma cronología y en una escala de tiempo las iteraciones realizadas, la autoría y la fecha, así como cualquier comentario sobre las modificaciones realizadas.

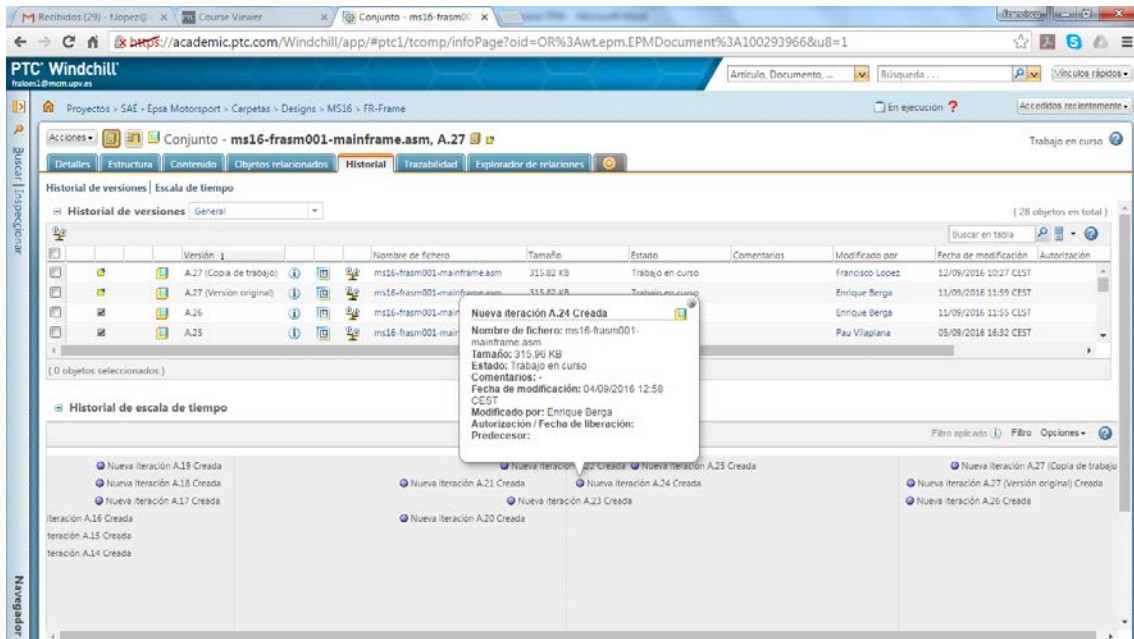


Ilustración 67 Historial de iteraciones el diseño detallado del chasis principal

9. Fabricación del prototipo

Esta última fase en el desarrollo del prototipo de la motocicleta, consiste en la fabricación mediante los procesos anteriormente señalados el chasis de la motocicleta y el ensamblado del resto de los componentes, que bien han sido aportados por la organización, o adquiridos a diversos proveedores, o fabricados por empresas externas.

Para llevar a cabo la fabricación, se ha de definir la información necesaria como son las cotas, tolerancias, anotaciones del proceso... Ya que esta información puede estar contenida el modelo CAD, no es imprescindible la generación de los planos detallado de cada pieza, salvo que el proceso de fabricación se realice de forma manual y sin maquinas herramientas de control numérico.

9.1. Fabricación del chasis

En cuanto a la fabricación del chasis principal, ha sido necesario de diseñar y fabricar una estructura para la correcta ubicación y sujeción de los perfiles, las pletinas y el motor. El proceso de fabricación del chasis se realiza mediante el corte de los perfiles de aluminio y unidos con soldadura MAG. Debido a las características del material y del proceso de unión, la temperatura generada puede provocar la distorsión del chasis mientras se ensambla por el elevado coeficiente de dilatación térmica del aluminio. Ello provocaría que la geometría del chasis variara con respecto al diseño y se produciría una desalineación de los ejes que afectaría a las prestaciones y comportamiento de la motocicleta.

Para evitar este problema, la estructura del soporte debe tener la suficiente rigidez y no deformarse ni por las tensiones generadas durante la soldadura o por la misma dilatación térmica. Así pues, se ha diseñado la estructura de soporte con perfiles normalizados de acero de construcción UPN 80, que también serán unidos por soldadura MIG.

El diseño de este útil de fabricación se ha tratado como un módulo más en durante el desarrollo del producto, pero sin incorporarlo a la estructura ni del modelo CAD ni de los artículos, con el fin de excluir directamente de la lista de materiales del mismo ya que el mismo útil de fabricación servirá para fabricar más unidades, y no una por cada motocicleta que se fabricara.

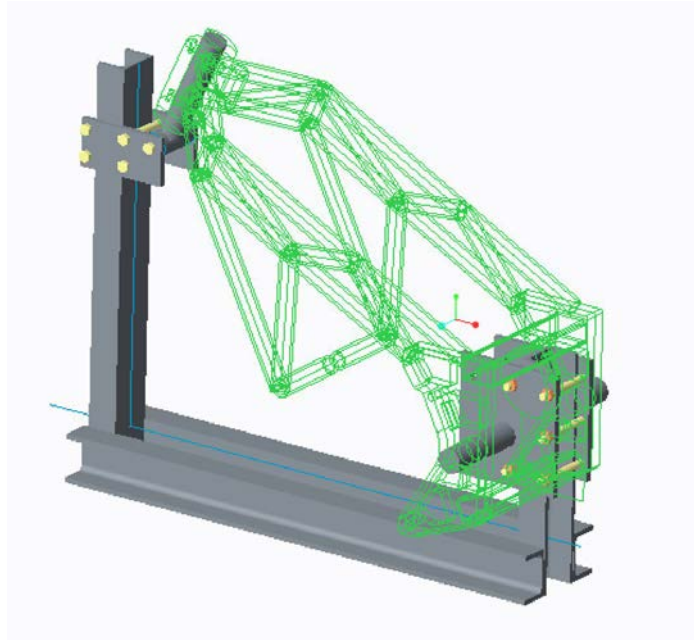


Ilustración 68 Diseño de la estructura de soporte con referencias relacionadas al esqueleto del chasis

En el diseño también se ha tenido en cuenta la precisión en el posicionamiento de las superficies de referencia del modelo CAD del chasis. Estas son la base de la dirección y el eje de pivote del basculante. Al indicar estas referencias de relación con el diseño del chasis principal mediante el esqueleto, cualquier modificación en la geometría del mismo se propagaría al diseño del útil y por tanto completamente actualizada.

El proceso de fabricación de la estructura de soporte mediante soldadura MIG, no asegura la suficiente precisión de la posición y alineamiento de estas superficies, por lo que se han diseñado dos subconjuntos que se colocaran posteriormente “in-situ” empleando diversos equipos de medición y se sujetaría por uniones atornilladas en su posición correcta, fijándose por ultimo con puntos de soldadura.



Ilustración 69 Union de los perfiles mediante soldadura MIG/MAG por los alumnos del Campus de Alcoi de la UPV



Ilustración 70 Fabricación de la estructura de soporte del chasis por los alumnos del Campus del Alcoi-UPV

En cuanto la fabricación de los perfiles, es necesario la elaboración de planos detallados de cada perfil que compone la estructura se realiza por proceso manual previamente con sierra de cinta y posteriormente con mecanizado del extremo para dar la forma exacta de la unión.

En el modelo CAD del perfil se definen las referencias de los ejes y los planos de corte para realizar las acotaciones de fabricación de dimensiones y ángulos. Esto directamente su visualización de los planos y cualquier variación en el diseño por mínimo que sea quedaría reflejada, al estar asociado el plano con el modelo CAD tridimensional.

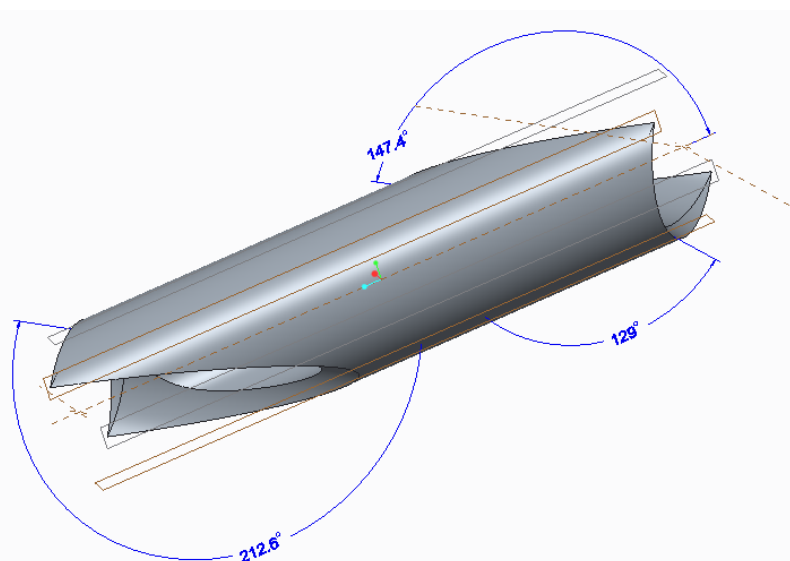


Ilustración 71 Anotaciones en modelo CAD de los perfiles para cotas de fabricación

La fabricación de las pletinas se realiza por empresas externas con centros de mecanizado debido a su complejidad para realizarlo con fresadora manual. Para ello se exporta la geometría del archivo CAD nativo en formato STEP o IGES que permita el intercambio de la información geométrica de la pieza. Adicionalmente se genera un documento PDF 3D que permite la visualización tridimensional de la pieza con las anotaciones de las tolerancias de fabricación.

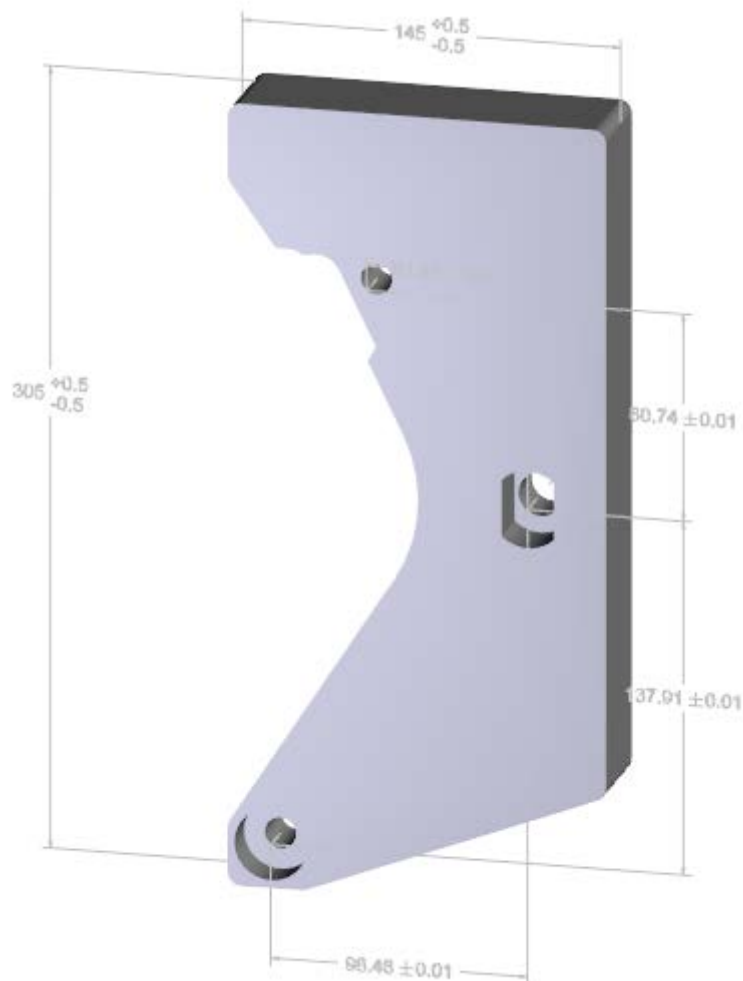


Ilustración 72 Imagen tridimensional del archivo PDF 3D del modelo CAD de la pletina izquierda del chasis

El resto de piezas con geometría más sencilla son fabricadas por torno o fresadora manual por los mismos alumnos, y únicamente se realizan los planos con las cotas de fabricación necesarias. Este es el caso en la fabricación completa del basculante. Los perfiles como el eje son mecanizados en el laboratorio del taller de fabricación, el cual dispone de varias máquinas herramientas manuales. La imposibilidad de disponer de estos equipos por control numérico imposibilita que la fabricación se lleve a cabo por de forma automatizada con CAD/CAM.



Ilustración 73 Mecanizado de los brazos del basculante por fresado manual

En la unión de los perfiles del basculante, también se realiza con soldadura MAG pero al tratarse de perfiles rectangulares y ser una estructura más liviana y menos voluminosa no es necesario realizar una estructura de soporte, un correcto posicionamiento y sujeción con sargentos de apriete bastan para asegurar la alineación de los ejes durante el proceso de soldadura.

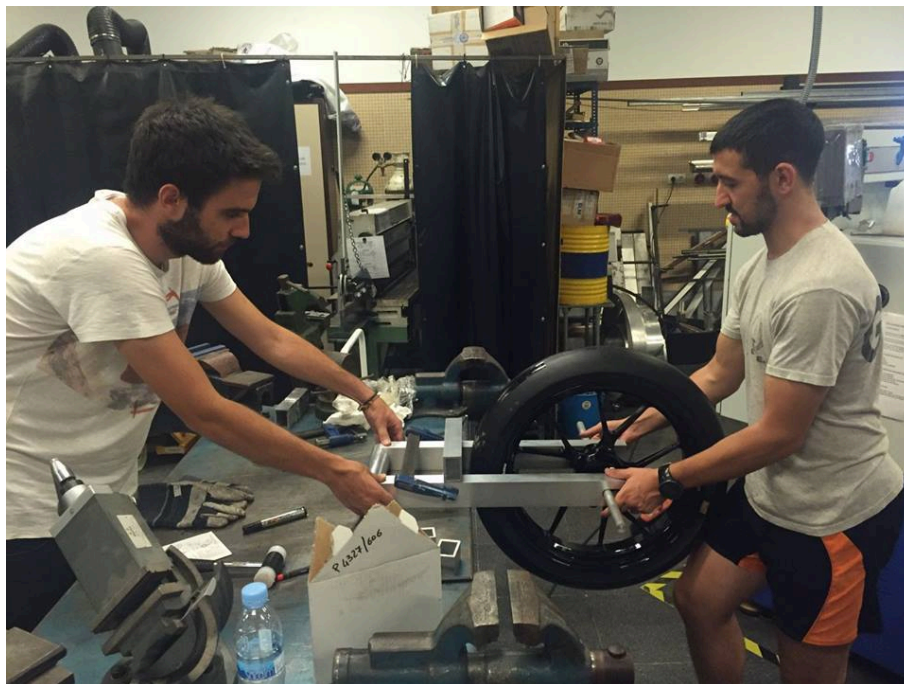


Ilustración 74 Colocación y sujeción de los perfiles previo a la unión por soldadura

9.2. Gestión de la información y documentación de fabricación en la herramienta PDM/PLM

En esta fase la asociación de los archivos CAD con los planos ya está integrada en el propio software de CAD, y al igual que en la fase anterior la ejecución en el desarrollo de la fase de fabricación se hace por módulos y por los integrantes del equipo asignado. Así los planos generados son creados y guardados en los espacios de trabajos individuales y al “Archivar” se graban en el directorio correspondiente del espacio común.

Durante el proceso de modelado, Creo establece las relaciones y dependencias entre los archivos de CAD y los archivos de los planos. Es crítico en un sistema PDM interpretar correctamente estas relaciones y actualizar estas dependencias. El empleo del mismo espacio de trabajo directamente se relacionan los archivos CAD, y en consecuencia los archivos de los planos, con los artículos de Windchill (WTParts), manteniendo la trazabilidad del diseño y las fuentes de información

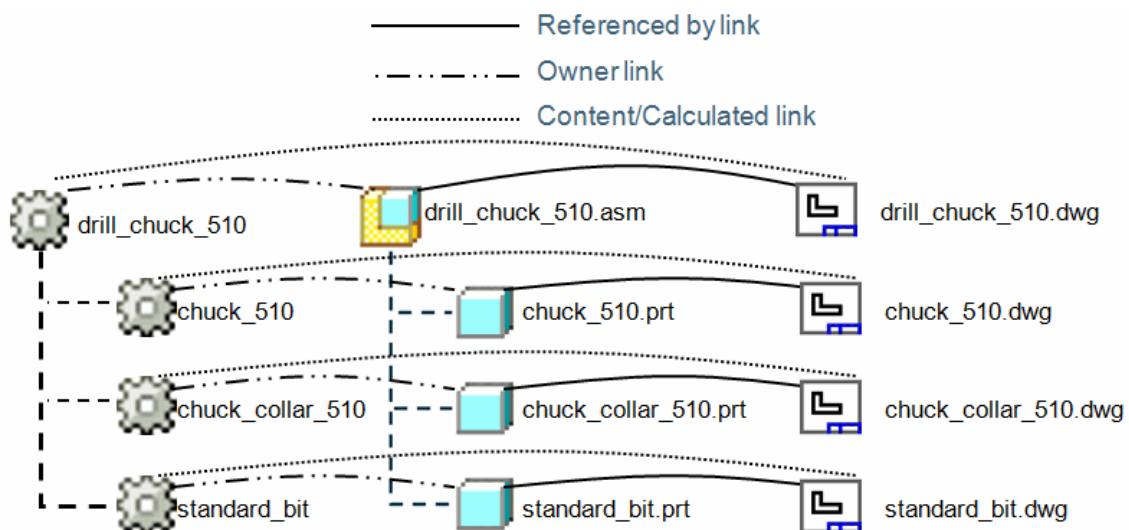


Ilustración 75 Relaciones entre los archivos CAD, planos y artículos de Windchill

El proceso creación, modificación y gestión es básicamente el mismo que para los archivos CAD de piezas y ensamblajes, salvo que la información que muestra se encuentra en estos archivos CAD y no el archivo del plano. Únicamente, la información propia son los atributos y parámetros específicos de la representación del plano como estándares de representación (ISO, DIN, ASME...) y escala.

Desde Windchill es fácil visualizar las relaciones de los planos con los archivos CAD y con otros objetos como son las plantillas de representación, o adicionalmente documentos no generados en Creo ni información CAD, como instrucciones de fabricación o montaje

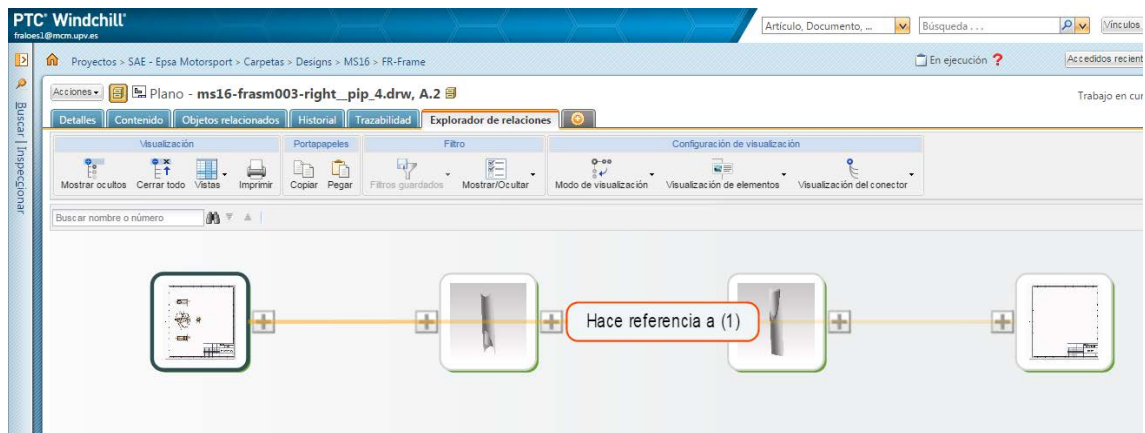
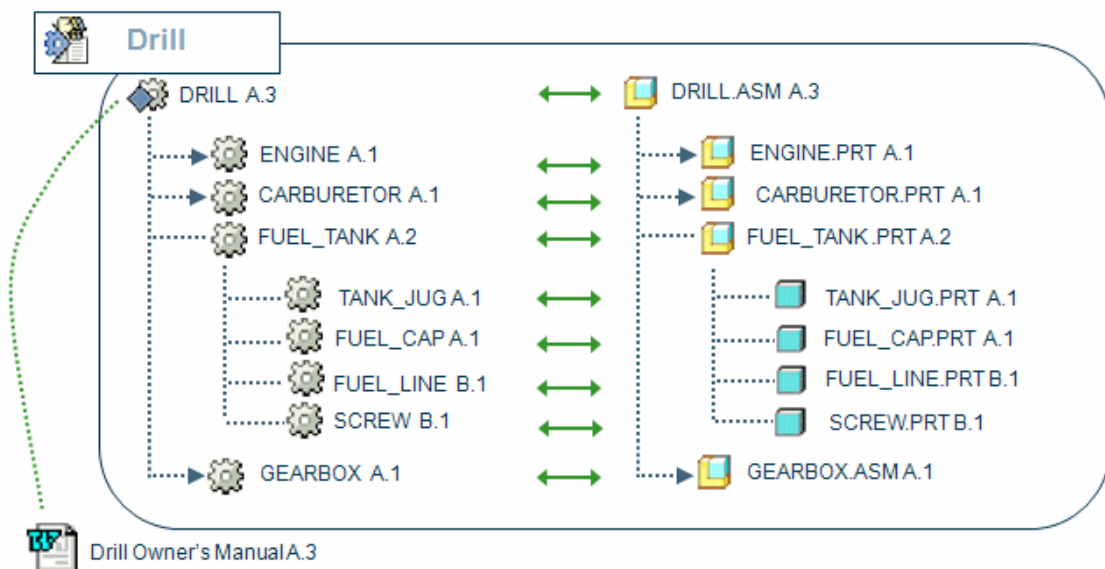


Ilustración 76 Relaciones de un plano de fabricación con el archivo de CAD y la plantilla del plano

La generación de la lista de materiales de ingeniería está basada en los artículos Windchill y puede realizarse directamente desde la estructura del modelo CAD. Esto relaciona directamente los archivos CAD con los artículos transfiriendo toda la información referente al diseño del producto, además de añadir documentación adicional o artículos que no tienen modelo CAD





Al ser la fabricación del prototipo, no es necesario generar esta lista de materiales ya que es una sola unidad. En el caso de la producción masiva serviría para poder determinar la cantidad de cada uno de los componentes que se deben de fabricar o adquirir a proveedores, manteniendo la información del diseño actualizada con las últimas revisiones y cambios. También serviría para generar las lista de materiales de productos configurables con misma lista, que contemplaría las instancias que se han de fabricar con las variaciones en el diseño de forma automática.

10.ANEXOS

10.1. Anexo A. Características técnicas motor Honda CBR 250R

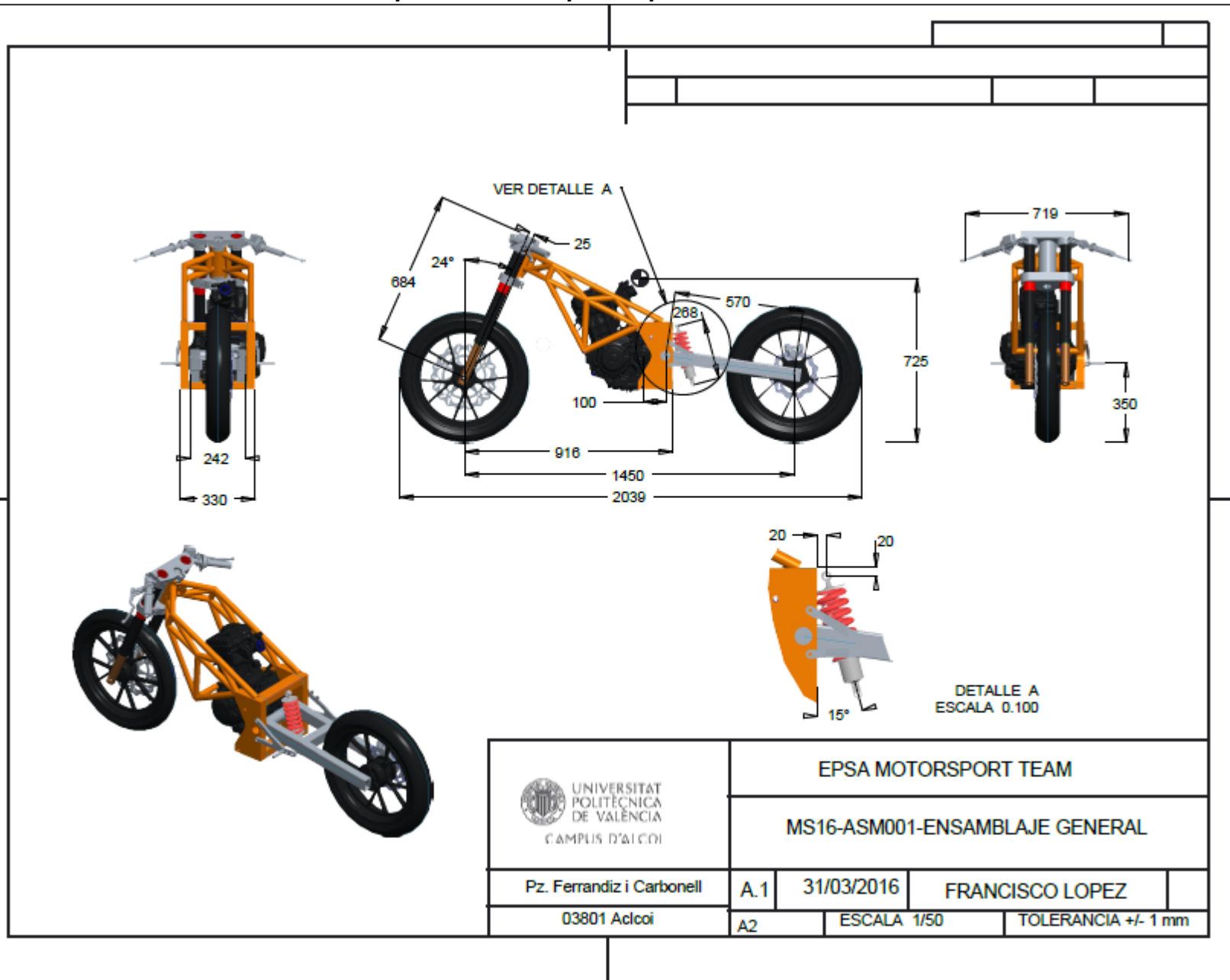
MOTOR HONDA CBR250R: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Tipo	4 tiempos Monocilíndrico de refrigeración líquida
Disposición óptima del cilindro	20 ° de inclinación con respecto a la vertical
Cilindrada	249.6 CC
Diámetro/ Carrera	76/55mm
Relación de compresión	10.7 :1
Distribución	4 válvulas, DOHC, mando por cadena con balancín
Apert. válvula admisión 1 mm	20 ° APMS
Cierre válvula admisión 1 mm	35 ° DPMI
Apertura válvula escape 1 mm	40 ° APMI
Cierre válvula escape 1 mm	0 ° PMS
Peso del motor	35,4 kg
Lubricación	Presión forzada (bomba trocoidal) y cárter húmedo
Aceite de motor recomendado	1,8 litros SAE 10W-30
Transmisión	Toma constante, 6 velocidades
Reducción primaria	2,808 (73/26)
1	3,333 (40/12)
2	2,118 (36/17)
3	1,571 (33/21)
4	1,304 (30/23)
5	1,115 (29/26)
6	0,963 (26/27)
Embrague	Multidisco, húmedo, comandado por cable
Sistema de arranque	Arranque eléctrico
Sistema de encendido	Transistorizado digital controlado / avance eléctrico
Alimentación de combustible	Sistema PGM-FI – Mariposa d.38 mm

10.2. ANEXO B. Características del diseño conceptual del prototipo

		PROTOTYPE DESIGN SPECS			
Team	EPSA Motorsport Team	Bike number	27		
University					
General specs					
Total weight (estimated kg)*	110	Total length (mm)*	2070		
Total height (mm)*	1200	Total width (mm)*	720		
Frame					
Frame type	Tubular 30x4 mm				
Frame material	Aluminio 6063-T4	Frame weight (estimated kg)	14		
Swingarm					
Swingarm type	Brazo oscilante doble				
Swingarm material	Aluminio 6063-T4	Swingarm weight (estimated kg)	3,5		
Front suspension system					
Front suspension type	Horquilla telescopica invertida 40 mm				
Front suspension stroke (mm)	100 mm				
Commercial parts (brand/model)	SLOPES				
Available settings	Precarga muelle, extension y compresion				
Rear suspension system					
Rear suspension type	Monopivote con bieletas al amortiguador				
Rear shock stroke (mm)	54				
Commercial parts (brand/model)	OEM Yamaha YZF 125R				
Available settings	ninguno				
Steering system					
Steering system type	Eje pivotante en pipa de dirección				
Fork bridges material	Aluminio 7075-T5	Steering damper (YES/NO)	Si		

Brake system			
Front disc brand/model	Galfer DF027CW	Front disc Diameter (mm)	296
Rear disc brand/model	Galfer DF365W	Rear disc Diameter (mm)	220
Fairing			
Commercial or own-design?	Comercial, NSF 250R	Maximun width (mm)	520
Fairing material	Poliester reforzado con fibra de vidrio		
Engine auxiliar systems			
Fuel tank material	Chapa de acero	Commercial or own-design?	Honda CBR 125 R
ECU brand / model	Honda CBR 250 R, kit MotoStudent		
Electric wiring (brand/own-design)	Honda CBR 250 R, kit MotoStudent		
Engine Start system	Motor de arranque		
Comments and details			
* Considering the bike ready-to-race (with fairing, liquids, etc.). Do not include rider.			

10.3. ANEXO C. Plano diseño preliminar del prototipo



11. Bibliografia

1. Bodein, Y., B. Rose, and E. Caillaud, *A roadmap for parametric CAD efficiency in the automotive industry*. Computer-Aided Design, 2013. **45**(10): p. 1198-1214.
2. Wasmer, A., G. Staub, and R.W. Vroom, *An industry approach to shared, cross-organisational engineering change handling - The road towards standards for product data processing*. Computer-Aided Design, 2011. **43**(5): p. 533-545.
3. Madenas, N., et al., *Improving root cause analysis through the integration of PLM systems with cross supply chain maintenance data*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016. **84**(5-8): p. 1679-1695.
4. Belkadi, F., et al., *Functional Architecture and Specifications for Tolerancing Data and Knowledge Management*, in *Product Lifecycle Management: Towards Knowledge-Rich Enterprises*, L. Rivest, A. Bouras, and B. Louhichi, Editors. 2012. p. 35-45.
5. Alemanni, M., F. Destefanis, and E. Vezzetti, *Model-based definition design in the product lifecycle management scenario*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011. **52**(1-4): p. 1-14.
6. Bruun, H.P.L. and N.H. Mortensen, *Visual Product Architecture Modelling for Structuring Data in a PLM System*, in *Product Lifecycle Management: Towards Knowledge-Rich Enterprises*, L. Rivest, A. Bouras, and B. Louhichi, Editors. 2012. p. 598-611.
7. Bruun, H.P.L., et al., *PLM system support for modular product development*. Computers in Industry, 2015. **67**: p. 97-111.
8. Demoly, F., et al., *Mereotopological Description of Product-Process Information and Knowledge for PLM*, in *Product Lifecycle Management: Towards Knowledge-Rich Enterprises*, L. Rivest, A. Bouras, and B. Louhichi, Editors. 2012. p. 70-84.
9. Vila, C. and J.C. Albinana, *An approach to conceptual and embodiment design within a new product development lifecycle framework*. International Journal of Production Research, 2016. **54**(10): p. 2856-2874.
10. Vila, C., et al., *Collaborative Product Development Experience in a Senior Integrated Manufacturing Course*. International Journal of Engineering Education, 2009. **25**(5): p. 886-899.
11. Vila, C., et al., *Project-Based Collaborative Engineering Design and Manufacturing Learning with PLM Tools*, in *Cooperative Design, Visualization, and Engineering, Proceedings*, Y. Luo, Editor. 2009. p. 367-371.
12. Segonds, F., et al., *Collaborative Reverse Engineering Design Experiment Using PLM Solutions*. International Journal of Engineering Education, 2011. **27**(5): p. 1037-1045.
13. Maranzana, N., et al., *Collaborative Design Tools: A Comparison between Free Software and PLM Solutions in Engineering Education*, in *Product Lifecycle Management: Towards Knowledge-Rich Enterprises*, L. Rivest, A. Bouras, and B. Louhichi, Editors. 2012. p. 547-558.
14. Foundation, M.E., *Reglamento IV Edicion de la competicion internacion Motostudent 2015-2016*.
15. Foale, T., *Motorcycle handling and chassis design, the art and science*. 2002.
16. Paul Thede, L.P., *Motorcycle suspension bible*. 2010.
17. Geoffrey Boothroyd, P.D., Winston Knight, *Product Design for Manufacture an Assembly*. 2002.
18. Poli, C., *Design for Manufacturing: A structured Approach*. 2001.