



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**ELABORACIÓN DE BIBLIOTECAS DE
COMPONENTES ESTÁNDAR CON AUTODESK
INVENTOR PARA EL DESARROLLO DE
PROYECTOS.**

Autor:

Sánchez Diez, Ramón

Tutor:

**Delgado Urrecho, Javier
CMIM-EGI-IM-ICGMIPF/INGENIERÍA
DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN**

Valladolid, abril 2023.

Resumen

El presente trabajo de fin de grado se basa en realizar una guía de usuario para el desarrollo de una biblioteca de componentes estándar, elementos normalizados (tornillos, tuercas, arandelas ...), y como diseñarles con las herramientas que proporciona el software de diseño asistido por ordenador Autodesk Inventor Professional 2023.

Aunque Inventor ya tiene instalada una biblioteca propia de elementos normalizados, en ella no existen todos los estándares que serán necesarios para utilizar, por ello con este trabajo se solventará la necesidad de completar el proyecto con los componentes estándar no disponibles en la biblioteca del software.

La realización de dichos estándares es necesaria para cualquier proyecto previamente diseñado en ordenador, ya que es necesario incluir los elementos de unión entre los diferentes componentes para formar la geometría estructural completa, la realización de los planos de fabricación y montaje, y para los cálculos dinámicos o estáticos, debido a que la masa de estos elementos tiene una importante repercusión en dichos cálculos.

Palabras Clave

INVENTORCAD, ESTANDAR, BIBLIOTECA, NORMATIVA, TORNILLO.

Abstract

This final degree project is based on creating a user guide for the development of a library of standard components, standardised elements (screws, nuts, washers, etc.), and how to design them with the tools provided by the Autodesk Inventor Professional 2023 computer-aided design software.

Although Inventor already has its own library of standardised elements installed, it does not contain all the standards that will be necessary to use, so this work will solve the need to complete the project with the standard components not available in the software library.

The creation of these standards is necessary for any project previously designed on the computer, as it is necessary to include the connecting elements between the different components to form the complete structural geometry, the creation of the manufacturing and assembly drawings, and for the dynamic or static calculations, as the mass of these elements has an important repercussion on these calculations.

Keywords

INVENTORCAD, STANDARD, LIBRARY, REGULATION, SCREW.

INDICE

1.	Introducción y objetivos	10
1.1	Introducción.....	10
1.2	Objetivos	10
1.3	Estructura del trabajo	11
2.	Tecnología CAD	13
3.	Elementos normalizados.....	15
4.	Autodesk Inventor Professional 2023.....	17
4.1	Introducción al software Inventor	17
4.2	Interfaz de trabajo del software Inventor.....	19
4.3	Pestañas de la cinta de opciones en Inventor	21
4.3.1	3D Model.....	21
4.3.2	Sketch.....	22
4.3.3	Annotate	23
4.3.4	Inspect.....	23
4.3.5	Tools.....	24
4.3.6	Manage	26
4.3.7	View.....	27
4.3.8	Environments	28
4.3.9	Collaborate.....	29
4.3.10	Fusion 360.....	29
5.	Modelado de elementos normalizados	31
5.1	Configuración inicial.....	33
5.1.1	Configuración de unidades	33
5.1.2	Creación de parámetros.....	34
5.1.3	Añadir materiales.....	35
5.1.4	Añadir acabados superficiales.....	36
5.2	Modelado de la geometría.....	38
5.2.1	Extrusión cónica de la cabeza del tornillo.....	39
5.2.2	Extrusión cilíndrica de la cabeza del tornillo.....	41
5.2.3	Extrusión cilíndrica del cuerpo no roscado del tornillo	44
5.2.4	Extrusión cilíndrica para la parte roscada del cuerpo del tornillo	46
5.2.5	Roscado del cuerpo del tornillo	47
5.2.6	Solevado de la cruz en la cabeza del tornillo	49

5.2.7	Redondeo cabeza-cuerpo del tornillo.....	51
5.2.8	Chaflan parte final del roscado del tornillo.....	52
5.2.9	Orificio pasador de seguridad	54
5.2.10	Ranura fin de rosca del tornillo.....	56
5.2.11	Árbol de operaciones	58
5.3	Asignación del material.....	59
5.4	Asignación de acabados superficiales.....	60
6.	Creación de las distintas configuraciones parametrizadas.....	63
6.1	Tecnología iPart	65
6.2	Selección de características del modelo a parametrizar	67
6.2.1	Creación de propiedades personalizadas	68
6.2.2	Selección del resto de características del modelo	73
6.3	Comando iPart	76
6.4	Creación de las distintas configuraciones.....	85
7.	Creación de una biblioteca para el almacenamiento de elementos normalizados..	91
7.1	Creación de la biblioteca.....	91
7.2	Personalización de la biblioteca.....	96
8.	Organización de la biblioteca de elementos normalizados	101
9.	Incluir elementos normalizados de la biblioteca en un ensamblaje.....	113
10.	Vault	117
11.	Conclusiones	120
12.	Bibliografía	121
12.1	Libros Consultados	121
12.2	Informes técnicos.....	121
12.3	Páginas web consultadas	121
Anexo I.	Elementos incluidos en la biblioteca TFG_Ramon.Sanchez_2023.....	123

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Logotipo empresa Autodesk	17
Ilustración 2: Logotipo software Inventor Professional 2023.....	17
Ilustración 3: Interfaz principal Inventor	19
Ilustración 4: Ventana explorador de archivos Inventor	20
Ilustración 5: Interfaz archivo tipo pieza.....	21
Ilustración 6: Paleta 3D Model.....	21
Ilustración 7: Paleta Sketch.....	22
Ilustración 8: Paleta Annotate	23
Ilustración 9: Paleta Inspect.....	23
Ilustración 10: Paleta Tools.....	24
Ilustración 11: Bibliotecas de materiales y apariencias	24
Ilustración 12: Comandos Opciones de aplicación y Configuración del documento.....	25
Ilustración 13: Paleta Manage	26
Ilustración 14: Paleta View.....	27
Ilustración 15: Paleta Environments	28
Ilustración 16: Tipos de visualización para solidos	28
Ilustración 17:Paleta Collaborate.....	29
Ilustración 18: Paleta Fusion 360.....	29
Ilustración 19: Dimensiones NAS1299	32
Ilustración 20: Comando configuración del documento	33
Ilustración 21: Lista de parámetros creados por el usuario.....	34
Ilustración 22: Material creado y sus propiedades.....	36
Ilustración 23: Apariencias creadas para cada tipo de acabado.....	38
Ilustración 24: Geometría auxiliar generada por defecto en el archivo pieza.....	39
Ilustración 25: Acotación circunferencia creada en boceto	40
Ilustración 26: Operación Extrusion1.....	41
Ilustración 27: Creación plano de trabajo 1.....	42
Ilustración 28: Proyección de geometría en el plano de trabajo 1	43
Ilustración 29: Operación Extrusion2.....	44
Ilustración 30: Acotación diámetro cuerpo sin roscar tornillo	45
Ilustración 31: Operación Extrusion3.....	45
Ilustración 32: Acotación diámetro cuerpo roscado tornillo	46
Ilustración 33: Operación Extrusion4.....	47
Ilustración 34: Operación Thread1	48
Ilustración 35: Creación plano de trabajo 2.....	49
Ilustración 36: Acotación primer boceto para la solevación, cruz.....	50
Ilustración 37: Acotación segundo boceto para la solevación, circunferencia.....	50
Ilustración 38: Operación de solevación, Loft1.....	51
Ilustración 39: Operación Face Fillet1.....	52
Ilustración 40: Operación Chamfer1	53
Ilustración 41: Método de inserción de un pasador en tornillos perforados.....	54
Ilustración 43: Operación Extrusion5.....	55

Ilustración 42: Acotación orificio zona roscada	55
Ilustración 44: Acotación boceto de la geometría a revolucionar	56
Ilustración 45: Operación Revolution1	57
Ilustración 46: Geometría completa del elemento normalizado	57
Ilustración 47: Árbol de operaciones del archivo NAS1299	58
Ilustración 48: Asignación del material	60
Ilustración 49: Apariencia Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	62
Ilustración 50: Apariencia Cadmium plate per QQ-P-416, type II, class 2	62
Ilustración 51: Creación de estados	67
Ilustración 52: Selección comando iProperties	69
Ilustración 53: Tipos de propiedades	70
Ilustración 54: Propiedades creadas por el usuario	72
Ilustración 55: Selección de parámetros en la pestaña Parameters, comando iPart	78
Ilustración 56: Selección de parámetros en la pestaña Properties, comando iPart	79
Ilustración 57: Selección de parámetros en la pestaña Suppression, comando iPart	80
Ilustración 58: Selección de parámetros en la pestaña Threads, comando iPart	81
Ilustración 59: Selección de parámetros en la pestaña Other, comando iPart	83
Ilustración 60: Parámetros seleccionados, comando iPart	83
Ilustración 61: Nuevo árbol de operaciones al finalizar el comando iPart	84
Ilustración 62: Comando Edit via Spreadsheet	85
Ilustración 63: Hoja de cálculo con los parámetros seleccionados en el comando iPart	85
Ilustración 64: Hoja de cálculo con los parámetros seleccionados en el comando iPart, completadas las designaciones	87
Ilustración 65: Hoja de cálculo con los parámetros seleccionados en el comando iPart, completadas las descripciones	87
Ilustración 66: Distintas configuraciones generadas con el comando iPart	88
Ilustración 67: Configuraciones NAS1299-6D10C y NAS1299-6D10	89
Ilustración 68: Configuraciones NAS1299-6-10C y NAS1299-6-10	89
Ilustración 69: Ventana de gestión de proyectos	92
Ilustración 70: Bibliotecas existentes en el proyecto seleccionado	93
Ilustración 71: Creación de una biblioteca por el usuario	95
Ilustración 72: Visualización biblioteca desde el comando Content Center	96
Ilustración 73: Visualización de la biblioteca creada por el usuario con el comando Content Center	97
Ilustración 74: Creación de una categoría dentro de la biblioteca	98
Ilustración 75: Organización de categorías en la biblioteca creada por el usuario	99
Ilustración 76: Primera ventana de requerimientos para publicar un elemento	103
Ilustración 77: Segunda ventana de requerimientos para publicar un elemento	104
Ilustración 78: Tercera ventana de requerimientos para publicar un elemento	105
Ilustración 79: Cuarta ventana de requerimientos para publicar un elemento	106
Ilustración 80: Quinta ventana de requerimientos para publicar un elemento	107
Ilustración 81: Sexta y última ventana de requerimientos para publicar un elemento	108
Ilustración 82: Mensaje de publicación completada del elemento	108

Ilustración 83: Componentes publicados en la categoría Arandelas de la biblioteca creada por el usuario	109
Ilustración 84: Componentes publicados en la categoría Pasadores de la biblioteca creada por el usuario	110
Ilustración 85: Componentes publicados en la categoría Remaches de la biblioteca creada por el usuario	110
Ilustración 86: Componentes publicados en la categoría Tornillos de la biblioteca creada por el usuario	111
Ilustración 87: Componentes publicados en la categoría Tuercas de la biblioteca creada por el usuario	111
Ilustración 88: Componentes publicados en la categoría Elementos Comerciales de la biblioteca creada por el usuario	112
Ilustración 89: Interfaz del archivo tipo ensamblaje	113
Ilustración 90: Selección de elemento normalizado desde la biblioteca seleccionada ..	114
Ilustración 91: Selección de la configuración necesaria del estándar	115
Ilustración 92: Configuración seleccionada, NAS1299-6D10C.....	116
Ilustración 93: Logotipo Vault Professional	117
Ilustración 94: Selección del proyecto Vault.....	118
Ilustración 95: Selección para la vinculación del Content Center con Vault	119

1. Introducción y objetivos

1.1 Introducción

Este trabajo de fin de grado se basa en emplear el software de diseño asistido por ordenador, en inglés Computer-Aided Design (CAD), Autodesk Inventor en su versión Professional 2023, para la creación de una biblioteca de elementos normalizados, y la configuración que esta requiere.

Los elementos normalizados son necesarios para poder mantener estable y unida cualquier estructura, pero no solo son necesarios físicamente, sino que también son necesarios virtualmente en los softwares. Los estándares son requeridos en el proceso de ensamblaje, entre dos o más piezas, y en los programas de diseño donde se realizan los modelos previos a la fabricación.

Para poder emplear estos elementos normalizados hay dos opciones, la primera de ellas es que sea el propio diseñador del software el que incorpore estos elementos, según sus normativas, en bibliotecas que el propio programa crea por defecto. La segunda opción, es que el usuario realice una serie de operaciones para poder crear él mismo la biblioteca y los elementos normalizados requeridos en el proyecto que trabaje. Esta opción es un proceso más largo y con gran cantidad de trabajo, pero permite dar al usuario la libertad de poder emplear en su modelo los elementos que desee.

Debido a que es difícil obtener una información precisa de cómo realizar correctamente la creación de los estándares y la biblioteca que los incluya, este trabajo se va a centrar en explicar todo este proceso para todos los usuarios que lo puedan necesitar.

1.2 Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es crear una guía de usuario para la realización de una biblioteca virtual de elementos normalizados empleando el software de diseño asistido por ordenador (CAD) Autodesk Inventor en su versión Professional 2023.

El trabajo se va a realizar con la versión en inglés, aunque también está disponible en español. La decisión de realizarlo en inglés es debido a que actualmente la fluidez con los idiomas es necesaria en el ámbito profesional, por lo que poder fomentar su uso con el software facilita al usuario el poder obtener un mayor vocabulario de una manera más interactiva. Conocer el vocabulario de las operaciones en inglés también es útil ya que la mayoría de los softwares de diseño comparten el mismo nombre para las operaciones, por lo que si el usuario requiere el uso de otro programa sin la versión en español al conocer las palabras en inglés le puede facilitar encontrar las operaciones deseadas.

Pretende servir de apoyo para cualquier usuario a nivel individual o a nivel profesional que necesite una guía, tanto de comandos como del orden de

operaciones, para la correcta realización de la creación de elementos normalizados y de la biblioteca que los almacena en este software.

El propio software ya trae incorporado su biblioteca de estándares, pero puede que en ella no aparezcan todos los elementos que se necesiten para realizar un proyecto, por lo que es necesario saber cómo crear los estándares y como almacenarlos en una biblioteca virtual para su posterior uso.

Se explicará el proceso general de creación de elementos con las paletas de herramientas que proporciona Inventor, con su correcta configuración, para poder generar a partir de una geometría base diferentes configuraciones al estar dicha geometría parametrizada. Se asignará al elemento modelado materiales y acabados superficiales según la normativa impuesta para cada elemento normalizado y, por último, agrupar todos los elementos normalizados creados en una única biblioteca para su posterior uso en ensamblajes.

1.3 Estructura del trabajo

Este trabajo está dividido en diferentes apartados que componen el proceso total de creación de los estándares y la biblioteca en donde se agrupan, haciendo referencia en todo momento al software empleado, Inventor.

El primer apartado, en el que está incluido este subapartado, consiste en una introducción al trabajo, los objetivos que quiere cubrir y como está estructurado.

El segundo apartado es un breve resumen sobre la historia de la tecnología CAD y como está presente en la industria actual.

El tercer apartado hace referencia a los elementos de los que se va a hablar durante todo el trabajo, los elementos normalizados, describiendo que son y sus usos.

En el cuarto apartado se realiza una breve introducción al software Inventor, seguido de una explicación sobre la interfaz principal del software, para poder desenvolverse en ella, y por último se mencionan las paletas principales de las cuales se compone la interfaz del software y el uso de cada paleta.

El quinto apartado consiste en una introducción sobre el elemento normalizado seleccionado para ser modelado, creación de los parámetros, materiales y apariencias, necesarias para parametrizar y dar propiedades físicas a su geometría, junto con las operaciones de modelado requeridas para generar la geometría base, con una breve explicación de los módulos empleados en ello.

El sexto apartado se basa en emplear lo realizado en el apartado anterior para poder generar, mediante una herramienta que posee el software, distintas combinaciones parametrizadas según especifique la normativa.

En el séptimo apartado se crea y configura la biblioteca, lugar donde se almacenan los elementos normalizados creados por el usuario previamente

El octavo apartado consiste en la explicación de como publicar los elementos normalizados en la biblioteca recientemente creada.

En el noveno apartado, una vez estén todos los estándares incluidos en la biblioteca, se muestra el proceso de cómo añadirlos a un archivo tipo ensamblaje desde dicha biblioteca.

El décimo y último apartado es una breve referencia a Vault, un software que se emplea para gestionar los archivos de un proyecto, incluidas las bibliotecas de estándares, y de cómo configurar Inventor para poder estar vinculado con Vault.

El trabajo finaliza con unas conclusiones respecto el uso profesional, en ámbito industrial, de los elementos normalizados en programas de enfocados al diseño mecánico.

2. Tecnología CAD

La tecnología CAD se lleva a cabo mediante un software de diseño asistido por ordenador, conocido por las siglas CAD que provienen del inglés Computer-Aided Design, aunque también puede encontrarse como CADD, Computer-Aided Design & Drafting. Este tipo de programa se emplea para crear y editar modelos tridimensionales de objetos físicos aplicando diferentes operaciones de volumen sobre perfiles bidimensionales.

El desarrollo del CAD fue principalmente atribuido a Ivan Sutherland, investigador en el Lincoln Laboratory del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Sutherland desarrolló el sistema Sketchpad con este software se establecieron las bases que se conocen hoy en día sobre los gráficos interactivos por ordenador. Sutherland propuso la idea de utilizar un teclado y un lápiz óptico para seleccionar, situar y dibujar una imagen representándola en la pantalla.

El sistema Sketchpad hace posible que una persona y un ordenador interactúen rápidamente a través de dibujos lineales. Antes, la mayor parte de la interacción entre personas y ordenadores se vio ralentizada por la necesidad de que toda comunicación sea a través de expresiones escritas que se puedan escribir a máquina. Para muchos tipos de interacción, como describir la forma de una parte mecánica o las conexiones de un circuito eléctrico, las expresiones escritas pueden resultar incómodas. El sistema Sketchpad, al eliminar expresiones escritas a favor de los dibujos lineales, abrió una nueva área de interacción hombre-máquina. (Sutherland, 2003)

En Europa Pierre Bézier, ingeniero de los Arts et Métiers ParisTech, trabajó a lo largo de su vida en el sector automovilístico para la empresa francesa Renault, optimizando los procesos de diseño. El ingeniero desarrolló en el continente europeo los principios fundamentales del CAD con su programa UNISURF en 1966, lo que llevó a la empresa Renault a ser una de las primeras en emplear este tipo de softwares en sus procesos productivos.

A partir de esa fecha, la tecnología CAD ha ido evolucionando constantemente en sus casi 60 años de historia, convirtiéndose en una tecnología necesaria para las empresas en la actualidad. Lo que hace años se realizaba en papel actualmente se hace por medios informáticos, empleando ordenadores con gran potencia que ejecutan las operaciones que se requieran, implementando los cálculos necesarios y evitando el error debido al factor humano. En la actualidad el ordenador se ha vuelto un requerimiento en todos los puestos de trabajo, siendo su impacto en el sector industrial mucho mayor que en otros sectores.

El modelado mediante herramientas CAD consiste en emplear un software para ordenador con la finalidad de crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D) de objetos físicos a nivel de piezas individuales o ensamblajes, como una alternativa a los borradores manuales y a los prototipos de producto.

Existen dos tipos de programas de diseño, los de modelado paramétrico y los vectoriales. Los programas de diseño paramétrico tienen acceso al listado de

operaciones para modificar cada una de estas operaciones cuando sea necesario. No importa si esta es la primera o la enésima en orden cronológico. Todo cambio que se realice en una operación se verá reflejado en el resto de las operaciones. En los programas vectoriales, no es posible modificarlo directamente por lo que se tendría que eliminar y volver a aplicar de nuevo la operación. (Grande Sampedro, 2019)

El CAD se utiliza a lo largo de todo el proceso de ingeniería, desde el diseño de productos conceptual y la estructura pasando por el análisis de ensamblajes hasta la definición del método de fabricación, esto permite a los ingenieros probar de forma interactiva las variantes de diseño con el número mínimo de prototipos físicos, con el objetivo de reducir los costes de desarrollo de productos, ganar velocidad, mejorar la productividad, asegurar la calidad y reducir el tiempo de lanzamiento al mercado. (Diseño asistido por ordenador (CAD), s.f.)

Una de las grandes desventajas de emplear programas de CAD es la necesidad de su utilización para no perder la competitividad frente a otras empresas y con ello lleva ligado un alto coste, debido a que es necesario la compra de ordenadores con unas ciertas características técnicas que soporten la potencia requerida por el software, el pago anual de la licencia de los programas y, lo más importante, personal cualificado para realizar un buen funcionamiento de ellos.

Despreciando las desventajas frente a las grandes mejoras que producen este tipo de tecnologías se obtiene que este método de trabajo permite agilizar el proceso de diseño, mejorar la visualización de los subensamblajes, de las piezas y del producto final, obtener una documentación más sólida y sencilla del diseño que incluye geometrías, dimensiones y listas de materiales, reutilizar fácilmente los datos de diseño y las mejores prácticas y lograr una mayor precisión para reducir los errores, lo que produce una mayor calidad en las empresas frente a otras que no lo implementan.

3. Elementos normalizados

Los elementos de normalización son piezas estandarizadas posibles de encontrar en cualquier distribuidor comercial, es decir, son componentes de uso comercial para maquinaria y herramientas, que se ajustan a los patrones y estándares normalizados en las normas DIN / ISO. Al ser objetos reglados por normativas, se evita la necesidad de su fabricación a medida. Además, como se trata de productos que son de uso habitual y reconocido en el mercado a nivel normativo tienen una amplia gama de aplicaciones en el sector industrial.

Los elementos normalizados ofrecen un nivel de seguridad y confianza para realizar todo tipo de funciones, desde fijar a presionar, transportar, sellar, unir o acoplar.

En la mayoría de los casos, las máquinas, herramientas, útiles y mecanismos están compuestos por varios componentes, formados por distintas piezas. Dichas piezas están unidas entre sí mediante elementos de fijación. Las uniones compuestas por elementos normalizados pueden ser de dos tipos:

- Desmontables: permiten separar las piezas con facilidad, sin romper el medio de unión ni las propias piezas.
- Fijas o no desmontables: se realizan con piezas cuyo desmontaje no se prevé durante la vida útil de la máquina o estructura o, en otros casos, por seguridad o exigencia del diseño. Para la separación de las piezas necesitamos romper el elemento de unión o, en muchos casos, deteriorar alguna de las piezas.

La normalización de elementos constructivos permite que las industrias puedan utilizar suministros con gran disponibilidad de stock y con facilidad de encontrarlos en cualquier punto de venta especializado en dicho sector, válidos y con una tolerancia de fabricación ajustada a las necesidades del cliente. Los elementos normalizados son por tanto más fáciles de fabricar y resultan más asequibles. Las piezas en serie se ajustan así a unas dimensiones, peso, resistencia y magnitudes estándares que garantizan su calidad técnica y alta precisión, lo cual minimiza las imperfecciones y permite un mejor aprovechamiento. (Elementos normalizados, s.f.)

Dentro de los elementos normalizados, los más empleados a nivel industrial son:

- Bridas rápidas: se trata de dispositivos mecánicos que permiten realizar fijaciones de manera sencilla y accesible.
- Chavetas: son elementos mecánicos que se introducen en una cavidad y permiten la transmisión de potencia entre ambos elementos. Suelen utilizarse para unir poleas, ruedas dentadas y volantes con sus ejes.
- Elementos de fijación: se refiere a accesorios para fijar elementos, como estuches, bridas, arandelas, calzos, mordazas, tuercas, topes y alineadores, etc.
- Muelles: son resortes que se deforman cuando se acciona una fuerza y vuelven a tomar su forma original cuando ésta se retira.

- Pasadores: consiste en una serie de dispositivos que ayudan a la sujeción, posición y ajusta de otras piezas que se quiere que formen parte de un mecanismo.
- Posicionadores: se trata de componentes industriales que permiten posicionar elementos mecánicos en otros equipos o bien enclavarse en diferentes utillajes.

4. Autodesk Inventor Professional 2023

4.1 Introducción al software Inventor

Autodesk Inventor es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D desarrollado por la compañía Autodesk, Inc., que es una empresa de software multinacional estadounidense, con sede en San Francisco, fundada en 1982 que fabrica productos y servicios de software para las industrias de arquitectura, ingeniería, construcción, fabricación, medios, educación y entretenimiento. Autodesk destacó con su primer producto software de dibujo y diseño asistido por ordenador, actualmente bien conocido, AutoCAD. AutoCAD es el antecesor de Inventor, comercializado por primera vez en 1982, pero a pesar de sus años sigue en uso y desarrollo. AutoCAD se basa en la creación de dibujos técnicos detallados en 2D y un modelado 3D muy simple. La principal función fue el diseño de planos para la ingeniería civil, sin embargo, gracias a sus modernas versiones, AutoCAD incluye el concepto de espacio papel y espacio modelo.



Ilustración 1: Logotipo empresa Autodesk

Autodesk Inventor es una versión de modelado paramétrico de sólidos en 3D, que amplía las funcionalidades de AutoCAD a nivel de 3D. Fue lanzado al mercado en 1999, salió años más tarde que sus homólogos (Catia, Solidworks...); este paquete se desarrolló como una respuesta de la empresa debido a la migración de sus clientes de diseño mecánico en dos dimensiones hacia la competencia por la facilidad y mejor visualización de los elementos en los softwares 3D. Inventor ofrece herramientas profesionales y específicas para el diseño mecánico 3D, documentación y simulación de productos, de esta forma tanto diseñadores como clientes pueden crear prototipos visuales y hacer pruebas con ellos.



Ilustración 2: Logotipo software Inventor Professional 2023

Inventor permite que los usuarios diseñen piezas individuales que luego se pueden combinar en subensamblajes, este software se emplea en el área de ingeniería para el diseño y perfeccionamiento de elementos sólidos. Al ser un modelador paramétrico permite modelar la geometría, dimensiones y materiales de manera que, si se alteran las dimensiones, la geometría actualiza automáticamente respecto las modificaciones, variando los parámetros y variables se puede modificar el diseño original facilitando así el trabajo y modificación de diseño evitando procesos complejos. Este sistema de modelado es más intuitivo que otras herramientas más antiguas de modelado, en las cuales para cambiar dimensiones básicas era necesario empezar de cero. Inventor permite la integración de datos en 2D y 3D en el mismo entorno

del software creando una representación virtual del producto final, de forma que, se puede inspeccionar y ajustar el funcionamiento del producto en cualquier momento, con mayor facilidad durante la fase de diseño.

Los elementos cruciales de Inventor son las piezas. Estas se crean definiendo las características, que a su vez se basan en bocetos, “sketch” (dibujos en 2D), pudiéndose utilizar planos de trabajo para producir los bocetos en distintas ubicaciones del espacio de trabajo. En las propias piezas existe la posibilidad de añadir materiales y acabados superficiales, bien de la propia biblioteca de Inventor o de materiales que pueda añadir el usuario conociendo sus propiedades. Como parte final del proceso de diseño, las piezas se pueden unir entre sí para hacer ensamblajes. Esta metodología de modelado permite crear ensamblajes grandes y complejos, ya que los sistemas de piezas pueden estar juntos antes de que se ensamblen en el ensamblaje principal (subensamblajes). Las piezas son ensambladas agregando restricciones entre las superficies, bordes, planos, puntos y ejes, para dar coherencia a la unión entre los elementos.

El módulo de ensamblajes permite estudiar:

- Movimientos reales de las piezas en función de las restricciones
- Contacto dinámico de piezas y ensamblajes
- Análisis de interferencias
- Configuraciones distintas dentro del ensamblaje

Además, Autodesk Inventor cuenta con una gran biblioteca de elementos normalizados y de fácil incorporación en ensamblajes. La biblioteca cuenta con elementos normalizados según normativas: ANSI, ISO, DIN, BSI, GB, GOST, JIS. Tanto las bibliotecas como los elementos se pueden modificar y crear nuevos para acelerar el proceso de inserción de piezas propias en los ensamblajes.

Los formatos específicos que emplea Inventor para sus archivos son: .ipt para las piezas, .iam ensamblajes, .idw y .dwg dibujos y .ipn para presentaciones.

Las últimas versiones de Inventor incluyen funcionalidades que poseen modeladores 3D de mediano y alto nivel, cuenta con módulos de análisis de tensiones por elementos finitos y análisis dinámicos, creación y análisis de estructuras, piping y cableado, y, por último, las tecnologías iPart, iAssembly, iMates, iCopy, iLogic que son las hacen posible un diseño más rápido y eficiente.

Su combinación con Autodesk Vault, un software de gestión de datos (PDM), permite gestionar los archivos de un proyecto con el resto de las personas que trabajen en él, teniendo la capacidad de trabajar con gran cantidad de información, sin problemas de sobrescribir elementos entre los diferentes integrantes. Los miembros del equipo aplican un “check-out” a los archivos para evitar que más de una persona edite el mismo archivo a la vez. Cuando un archivo vuelva al estado de “check-in” en el almacén, los miembros del equipo podrán actualizar sus copias locales del archivo de modelo para tener la última versión del almacén. De este modo, todos los miembros del equipo de diseño trabajan juntos.

4.2 Interfaz de trabajo del software Inventor

Previamente explicado el software Inventor Professional 2023, en el punto anterior, este punto se va a centrar en el entorno de trabajo del propio software para poder conocer su interfaz. Como la mayoría de los softwares de diseño, Inventor, está compuesto por varias cintas de opciones y dentro de estas, paletas con las respectivas subpaletas, cada una con su función específica que se explicará brevemente para poder manejar todas las posibles funcionalidades que sean necesarias para crear los elementos normalizados y la biblioteca que los englobe. Importante destacar que Inventor posee una guía de ayuda y soporte del software para cada función y que se puede activar presionando la tecla F1.

Nada más abrir el programa la primera pantalla que aparece es la principal de este, Ilustración 3, y la más importante para poder crear nuevos documentos o abrirlas y poder gestionar las configuraciones generales básicas de la interfaz de Inventor.

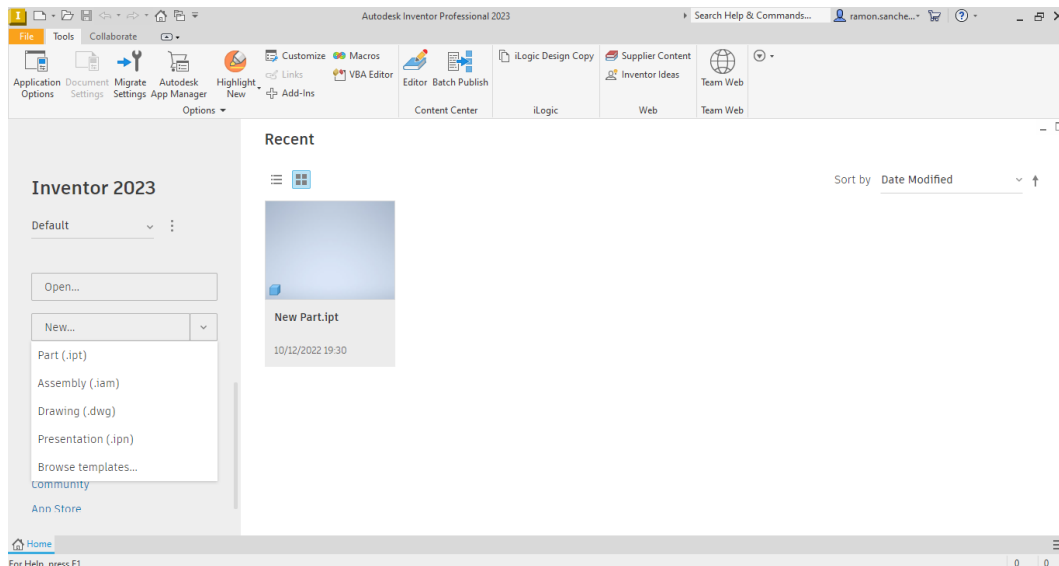


Ilustración 3: Interfaz principal Inventor

Empezando por la parte lateral izquierda se puede observar que debajo del nombre del programa Inventor 2023 hay un desplegable cuya única opción es “Default” (por defecto), esto hace referencia al tipo de archivo “.ipj” por defecto de Inventor. Un archivo con extensión ipj (archivo de proyecto de Inventor) se utiliza para indicar a Inventor donde y que archivos se van a utilizar, es decir, a la hora de buscar un archivo busca en la ruta de configuración “.ipj” que se le haya seleccionado, para evitar problemas de resolución de archivos. Esta configuración se puede cambiar: clicando sobre los tres puntos situados a la derecha `/Settings/ Projects`. Dicha configuración es importante ya que si vinculamos nuestro proyecto con Vault va a ser necesario cambiarlo seleccionando “Vault.ipj”.

La pestaña “Open...” (Abrir...) permite poder buscar dentro de la ruta previamente seleccionada los archivos que deseamos abrir, estos tienen que haber sido creados previamente. Pulsando sobre el archivo, Inventor muestra una previsualización del seleccionado, Ilustración 4. Se tiene la posibilidad de

filtrar nuestra búsqueda para que sea más rápida por las opciones “File name” (Nombre de archivo), “Files of type” (Tipo de archivo, respecto a su tipo extensión) y “Project file” (Archivo de proyecto), esto facilita mucho la

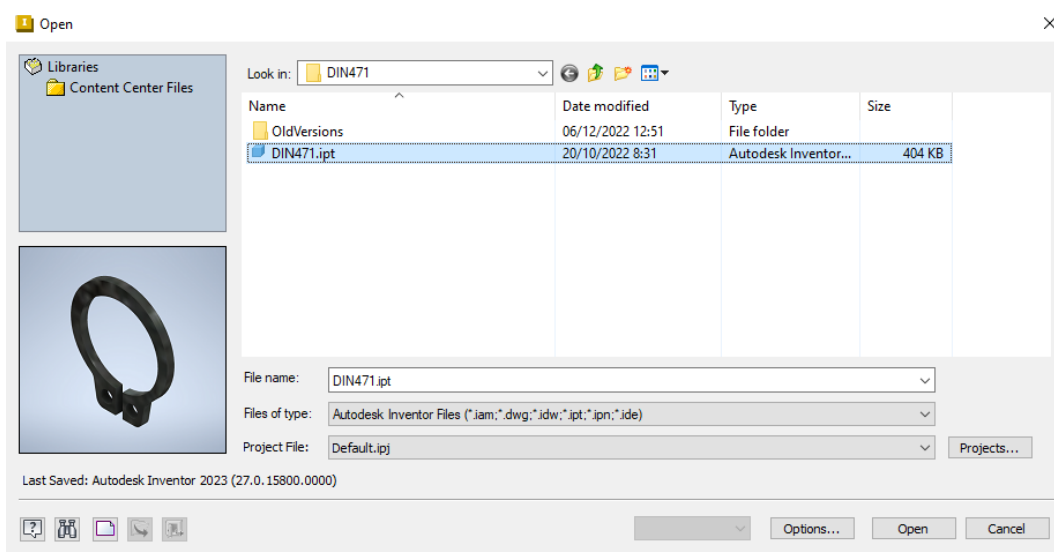



Ilustración 4: Ventana explorador de archivos Inventor

búsqueda de los archivos en grandes proyectos.

El desplegable “New (Nuevo)” es la operación que permite crear el archivo que se desee dentro de las opciones que se pueden observar en el desplegable, lo que se visualiza al lado de cada palabra, situado entre paréntesis, hace referencia a la extensión que le asigna Inventor a cada tipo de archivo:

- **“Part”**: archivo de tipo pieza, cuando se abre este archivo se activa el entorno pieza en el que se puede emplear bocetos, operaciones y cuerpos para modelar uno o más sólidos que se comportan como un solo elemento.
- **“Assembly”**: archivo de tipo ensamblaje, en él se puede combinar mediante restricciones, que definen las posiciones y limitan el movimiento, diferentes elementos siendo unos independientes unos de otros, pero limitados por las restricciones.
- **“Drawing”**: archivo de tipo dibujo, en este tipo de archivo se insertan en formato 2D las representaciones que se requiera de un archivo pieza o ensamblaje para documentar el diseño, normalmente se usan con la finalidad de crear planos de fabricación o montaje de los componentes de un proyecto.
- **“Presentation”**: archivo de tipo presentación, estos son empleados para realizar vistas explosionadas de ensamblajes y crear animaciones que muestren el orden de montaje paso a paso de los ensamblajes.
- **“Browse templates...”**: búsqueda de plantilla, esta última opción da la posibilidad de buscar dentro de las plantillas de configuración que tenga cada usuario, en el caso actual ninguna al estar por defecto, y seleccionar para cada tipo de archivo que se quiera crear la plantilla.

En la parte central donde pone “Recent” (Reciente) lo que hay son los archivos que se han abierto recientemente, esto es útil por si es necesario abrir un archivo que se haya abierto previamente o que se abra con frecuencia para facilitar la búsqueda, pudiendo anclar ese archivo para que aparezca el primero para ello hay que situarse encima del elemento y seleccionar el icono 

El resto de los elementos que hay, las pestañas superiores, se explicaran en el siguiente apartado, ya que son comunes al archivo de tipo pieza, el que afecta en este trabajo.

4.3 Pestañas de la cinta de opciones en Inventor

Siguiendo los pasos mencionados en el apartado anterior se crea un nuevo documento de tipo pieza, ya que es lo que se necesita para crear los elementos normalizados.

Como se observa la Ilustración 5 muestra la interfaz del archivo pieza, esta es la que se va a utilizar para diseñar los elementos normalizados que componen la biblioteca de uso en este trabajo. Se observa que en la parte superior el número de pestañas ha aumentado respecto a la interfaz de inicio, debido a que este módulo se compone de muchas herramientas para el modelado.

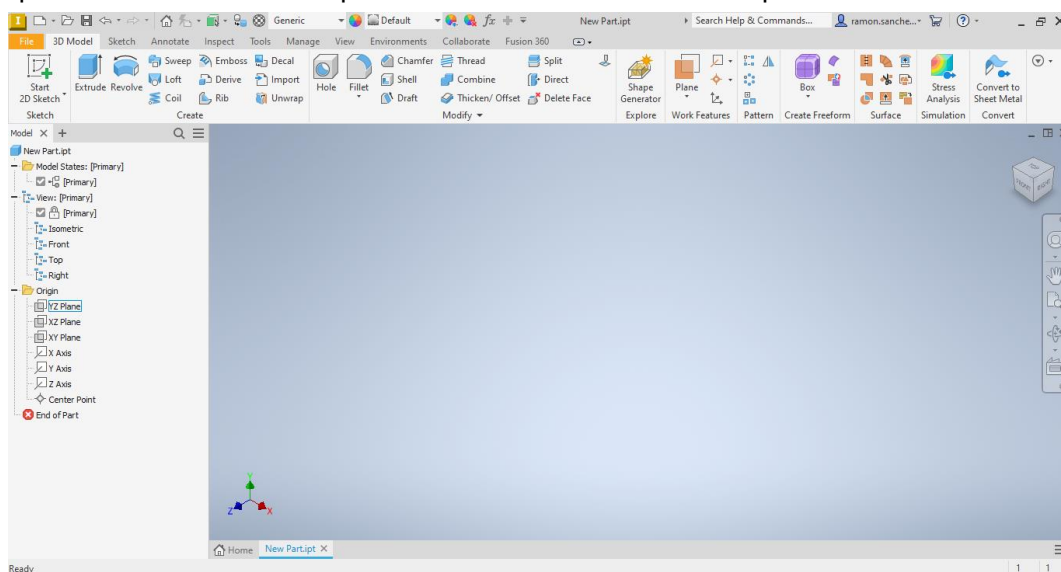


Ilustración 5: Interfaz archivo tipo pieza

A continuación, se explicará brevemente la función de cada pestaña y los módulos y submódulos que para este trabajo son más relevantes.

4.3.1 3D Model

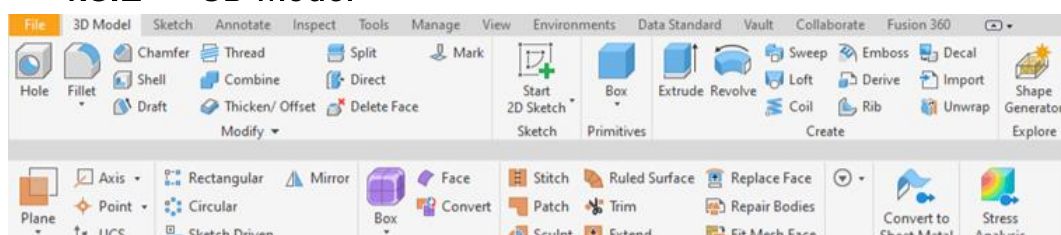



Ilustración 6: Paleta 3D Model

La pestaña “3D Model” (modelo 3D) es la primera que se visualiza en la parte superior del software Inventor. Dicha herramienta permite generar elementos 3D con las operaciones disponibles en ella, teniendo la posibilidad de ser elementos sólidos o superficies, pero para ello es necesario previamente generar bocetos en 2D, sketch, que se posicionarán en planos o superficies de otra pieza previamente creada. Una operación consiste en un perfil o contorno y cualquier geometría (como un camino de barrido o un eje de rotación), creados en bocetos, necesarios para crear dicha operación en 3D.

Esta paleta proporciona también herramientas para crear geometría auxiliar de referencia en dicho entorno (planos, ejes, puntos...), pudiendo servir de apoyo para posicionar los bocetos, necesarios para crear la geometría, en el lugar dentro del espacio de trabajo deseado.

Como bien se ha mencionado antes, es muy importante saber que, dentro de Inventor, para poder realizar cualquier comando en 3D es necesario partir de un boceto. Para poder abrir el entorno de trabajo en 2D es necesario clicar sobre el icono “Start 2D Sketch” (empezar boceto 2D) , este icono a su vez es un desplegable que permite seleccionar dos opciones, boceto en 2D o en 3D, pero en este caso solo es necesario utilizar el 2D. Al clicar cambiará el entorno de trabajo y lleva a la siguiente pestaña “Sketch” (boceto).

4.3.2 Sketch

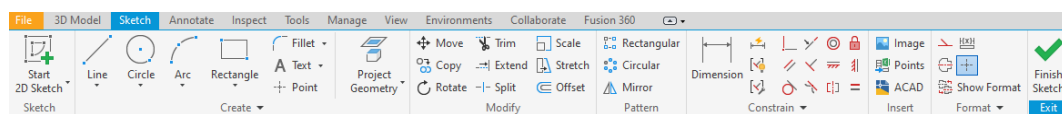



Ilustración 7: Paleta Sketch

La pestaña actual muestra la distribución de herramientas que permiten crear esos perfiles necesarios para posteriormente realizar las operaciones 3D. Es importante tener en cuenta que estos perfiles se van a dibujar respecto el plano que previamente se haya empleado para apoyarse en él y dibujar ahí la geometría.

Este entorno permite crear todo tipo de geometría: líneas, splines, círculos, elipses, arcos, rectángulos, polígonos o puntos. También se puede proyectar geometría exterior si fuera necesario, es decir, proyectar líneas de elementos que hayan sido creados previamente y que puedan ayudar a la creación de los perfiles, para ello hay que clicar sobre el icono “Project Geometry” (proyectar geometría) y seguido, seleccionar las aristas que se quieran proyectar, apareciendo estas de color amarillo.

Al dibujar la geometría que formaran los perfiles, para que las operaciones 3D sean lo más precisas posibles ya que los elementos normalizados van a estar parametrizados, se requiere que dicho perfil este completamente restringido. Aunque se pueden utilizar bocetos no restringidos, los bocetos totalmente restringidos se actualizan más fácilmente. Para que nuestro boceto este restringido se va a necesitar emplear restricciones, “constrains”. Dependiendo de la precisión del boceto, puede necesitar una o varias restricciones para estabilizar la forma o la posición del boceto, aunque Inventor algunas

restricciones las pone automáticamente también se pueden añadir restricciones manualmente a cualquier elemento de boceto.

Una vez que el boceto este restringido y posicionado completamente, y comprobado que es la geometría correcta que se necesita, se clicca sobre el icono “Finish Sketch” (finalizar boceto)  que nos devolverá al entorno anterior (3D Model) y con dicho perfil se creará la operación 3D que se desee, siendo este el orden de operaciones a realizar para modelar cualquier solido o superficie.

4.3.3 Annotate

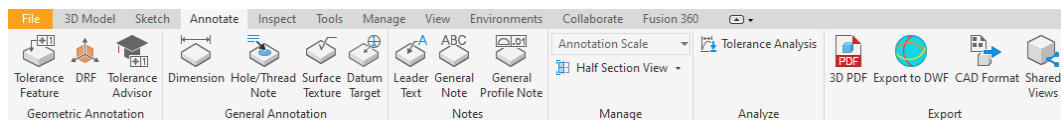


Ilustración 8: Paleta Annotate

La tercera pestaña que se visualiza es “Annotate” (anotación), para poder dar uso a esta paleta es necesario que previamente se haya creado algún tipo de geometría. Esta paleta lo que permite es crear cotas, tolerancias dimensionales o geométricas y mediciones en el propio modelo 3D, pudiendo crear también notas que puedan ayudar a la fabricación de la propia pieza.

La acotación que permite esta paleta es similar a la que se podría hacer en un plano 2D, pero teniendo la facilidad que al acotar en un 3D es más intuitivo al saber exactamente a que elementos están haciendo referencia dichas anotaciones.

El último modulo situado a la derecha llamado “Export” (exportar) permite convertir dichas cotas y visualizaciones de la pieza 3D con las anotaciones que se hayan creado a los diferentes tipos de archivo que permita (Pdf, Dwg, formato CAD...).

4.3.4 Inspect

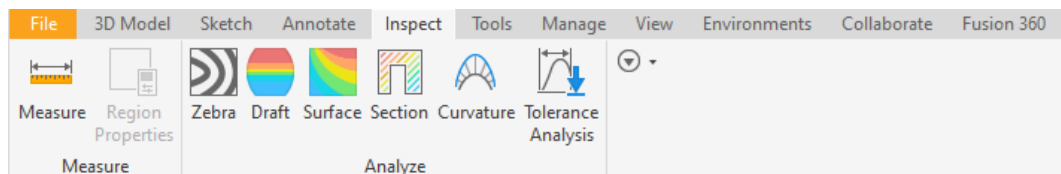


Ilustración 9: Paleta Inspect

La siguiente pestaña de la cinta de opciones para explicar es “Inspect” (inspeccionar), esta pestaña en lo que se basa principalmente es en realizar sobre la geometría análisis. Con los comandos del módulo “Analyze” (analizar) permite realizar sobre las superficies y secciones estudios de elementos finitos para observar cómo dicha geometría se comporta.

Al igual que en la paleta anterior, en esta solo se podrá emplear los comandos si se tienen elementos previamente creados ya que para los cálculos necesitan geometría para realizarles.

Otra funcionalidad que posee esta paleta es el comando “Measure” (medición) que permite hacer mediciones rápidas entre distintas caras o aristas sin crear ninguna anotación y sin que las mediciones realizadas con este comando puedan ser modificables, es decir, sin poder cambiar la geometría del elemento.

4.3.5 Tools

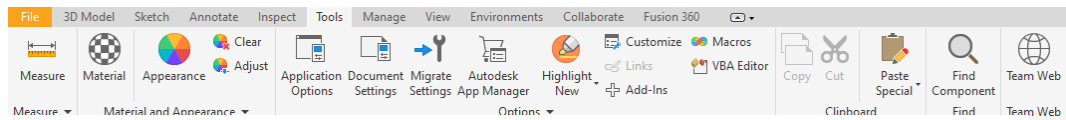


Ilustración 10: Paleta Tools

“Tools” (Herramientas) como su propio nombre indica ofrece herramientas para gestionar el archivo tales como: la opción de medición, al igual que ocurriría en la paleta anterior, asignar propiedades a los elementos pieza y configuración del espacio de trabajo. Para poder darle unas propiedades físicas y visuales a los elementos creados es necesario acudir a los comandos de esta pestaña “Material” y “Appearance” (Material y Apariencia).

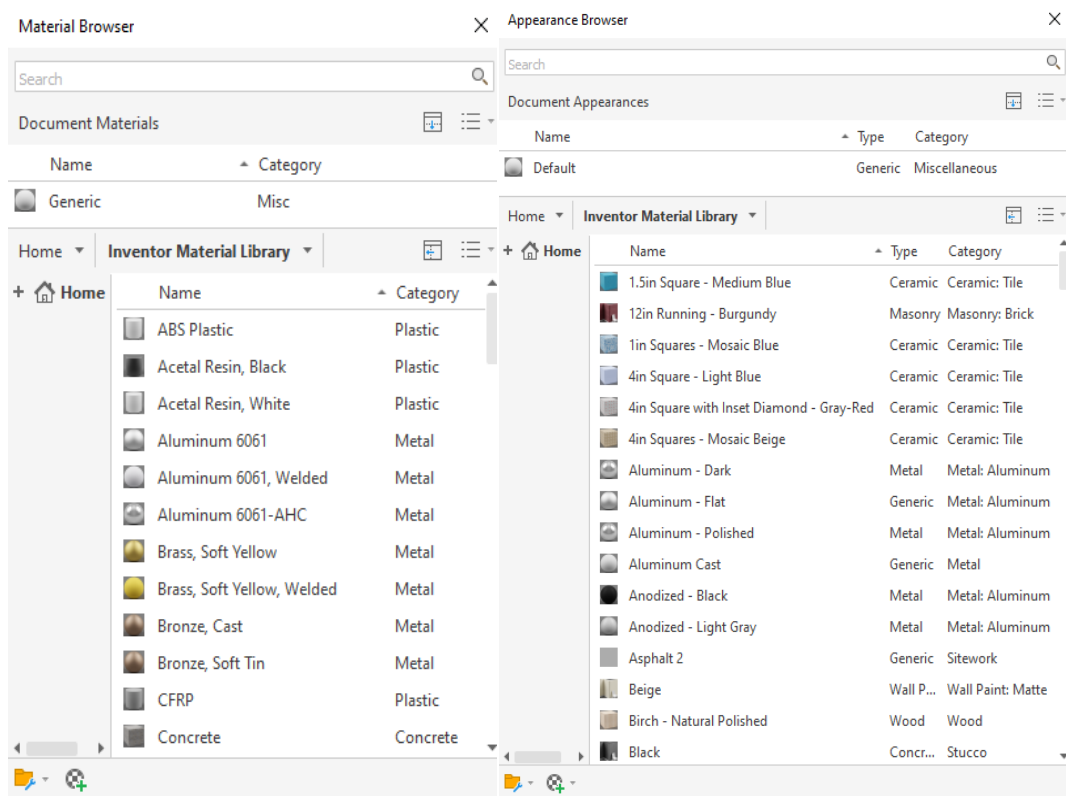



Ilustración 11: Bibliotecas de materiales y apariencias

El primero permite asignar el material que se desee dentro de las opciones que da la biblioteca de Autodesk Inventor, Ilustración 11, pero también tiene el usuario la posibilidad de crear un nuevo material con el icono  añadiendo las propiedades físicas del material deseado. Mientras que con el segundo comando se añade la apariencia superficial deseada (colores, acabado superficiales, apariencia del material seleccionado, ...). Inventor posee una biblioteca propia de apariencias, pero también hay la posibilidad, como en el

caso anterior, de crear una nueva apariencia en este caso solo es necesario saber las propiedades de visualización que se requiera (color, transparencia, reflectividad, ...).

En este trabajo la importancia que se le dará al comando apariencia será para asignar los acabados superficiales específicos que aparezcan en la normativa del elemento normalizado.

Los comandos "Application Options" y "Document Settings" (opciones de aplicación y configuración del documento) son los comandos de gestión de esta paleta. En la parte izquierda de la ilustración 12 se muestra el primer comando, este permite modificar las configuraciones que vienen por defecto en Inventor de todos los módulos (Part, Assembly, Drawing) pudiendo tener la posibilidad de configurarlo de la manera deseada añadiendo o desactivando opciones. El segundo comando, parte derecha de Ilustración 12, es más simple que el primero, este solo permite modificar la configuración del documento que se tenga abierto, en este caso un documento pieza, por lo que solo se podrá configurar aspectos referentes a este archivo. El segundo comando es importante ya que si se quisiera modelar estándares de normativas americanas (NAS, MS, NA, ...) las unidades necesarias son las pulgadas, por lo que en la pestaña que se visualiza en la Ilustración 12 zona izquierda., "Units" (Unidades), se debe configurar como aparece en la imagen ya que por defecto viene en metros, al ser las unidades del sistema internacional.

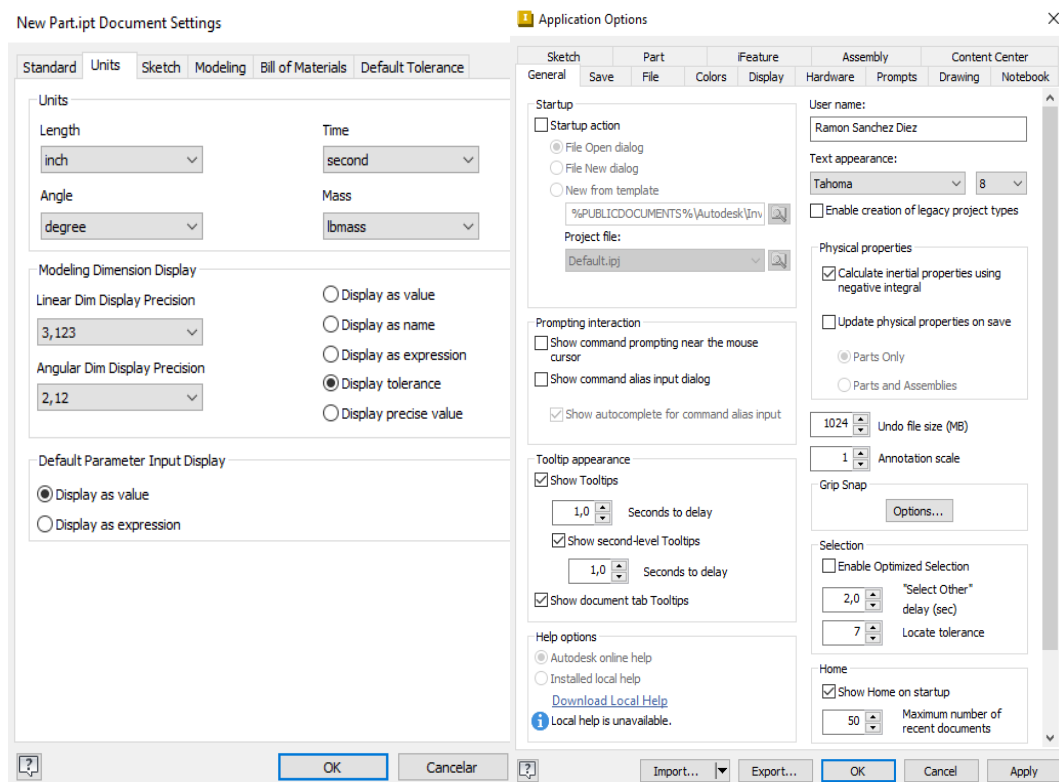


Ilustración 12: Comandos Opciones de aplicación y Configuración del documento

4.3.6 Manage

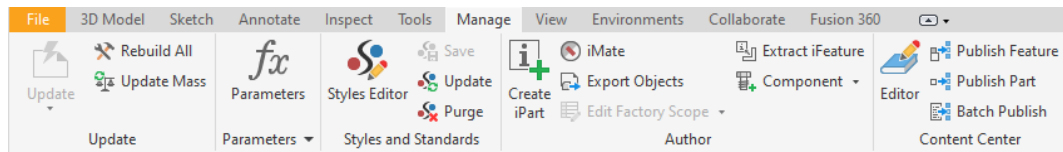


Ilustración 13: Paleta Manage

La sexta paleta "Manage" (Administrar) permite gestionar las bibliotecas del centro de contenido (donde se almacenan los estándares) y realizar configuraciones paramétricas sobre los elementos modelados en Inventor, esto permite crear sólidos totalmente restringidos por dimensiones previamente parametrizadas con la finalidad de poder realizar diferentes configuraciones de dicho modelo. Esta paleta de herramientas es crucial para el modelado y gestión de elementos normalizados, ya que permite realizar de un modo rápido las configuraciones deseadas, que son las que especifica la normativa del estándar que se vaya a realizar, pero también permite publicar los elementos en el "Content Center" (centro de contenido). Este centro de contenido es la herramienta que permite gestionar las bibliotecas de estándares y va a permitir almacenar los elementos creados en dichas bibliotecas.


El comando "Parameters" (Parámetros) es la operación principal ya que permite crear y gestionar parámetros. Estos parámetros pueden ser creados por el propio usuario denominados parámetros de usuario, añadiendo el nombre con que se desea que aparezca el parámetro y el valor que se le asigne con su correspondiente unidad, o también se puede gestionar los parámetros que se crean por defecto. A este tipo se les denomina parámetros de modelo. Los parámetros creados por defecto como su propio nombre indica están ligados a dimensiones y son generados al restringir con valores la geometría del modelo, creada en bocetos, o el valor para las operaciones que se utilice como en extrusiones o agujeros. Inventor crea parámetros que se pueden modificar de forma rápida al acceder a este comando.

La siguiente función y más importante de esta paleta, ya que es una de las propiedades que caracteriza a Inventor por su diseño paramétrico, es el comando "Create iPart" (crear iPart) dicha función permite crear familias de piezas que difieren en tamaño, material u otras variables. Un iPart es una pieza que se ha modelado vinculándola a una tabla que configura distintas versiones normalizadas con los parámetros que se desea. La tabla se puede editar con Inventor o externamente en una hoja de cálculo, mediante el software Excel. Cada fila controla el valor de los parámetros, en el caso de elementos normalizados en cada fila es necesario incluir el valor que aparezca para cada configuración de dicho estándar, y cada columna representa los parámetros elegidos previamente para configurar con distintos valores. El tipo de información que un iPart puede incluir:

- Parámetros: utilizando el comando parámetros para crear parámetros de usuario.
- Propiedades: permite incluir información, tales como número de pieza, referencia de almacén... o propiedades que nosotros añadamos en el propio fichero pieza.

- Roscas: permite incluir distintas familias de roscas, designaciones, clases, direcciones y diámetros de agujeros.
- Operaciones de trabajo: permite activar o desactivar operaciones de trabajo o definir su estado de visibilidad.
- Materiales: permite generar una columna de materiales ligada a la propia biblioteca de Inventor.
- Apariencia: permite generar una columna de apariencias ligada a la propia biblioteca de Inventor.

Un iPart normalmente genera varias piezas únicas que pertenecen a la misma familia, esto quiere decir que a partir de una pieza se puede generar diferentes configuraciones, pero que están vinculadas a una pieza origen, y dichas configuraciones se extraerán como archivos tipo pieza individuales.

Una vez realizadas las operaciones anteriores ya estarán disponibles los elementos normalizados, bien parametrizados y con todas las configuraciones deseadas, pero es necesario poder añadir estos elementos en algún lugar que los almacene, por lo que se debe crear una biblioteca para organizarlos para posiblemente su posterior uso incluyéndolos en ensamblajes. La pieza modelada con sus configuraciones se debe publicar, pulsando el icono , al realizar esta acción se incluirá en dicha biblioteca como una familia de elementos, ya que la propia pieza está compuesta por varias configuraciones.

4.3.7 View

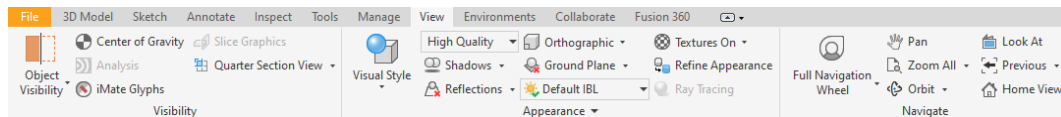







Ilustración 14: Paleta View

La siguiente paleta para explicar es “View” (Vista). Esta paleta es una de las más simples de Inventor, pero a su vez una de las más útiles para poder desplazarse por el entorno. Esta paleta proporciona las herramientas para poder gestionar las opciones de visibilidad de los elementos en la navegación por la interfaz como pueden ser: rotar sobre la pieza , hacer zoom , posicionarnos en una superficie  y poder generar cortes en los elementos sólidos  o que posicione el centro de gravedad del elemento modelado .

El comando “Visual Style” (estilo visual) permite modificar el tipo de representación de los elementos sólidos, Ilustración 15.

Elegir una buena representación de los objetos modelados permite una mayor facilidad a la hora de visualizar los elementos y las operaciones que se hayan realizado. Un buen tipo de vista de la geometría favorece la comprensión de la pieza por el propio usuario y si fuera necesario por un usuario externo, pudiendo diferenciar las apariencias que se hayan asignado a la pieza ya que si solo se visualiza la geometría alámbrica no se representarán las apariencias.












-  **Realistic**
Realistically textured model with high quality shading
-  **Shaded**
Smooth shaded model
-  **Shaded with Edges**
Smooth shaded model with visible edges
-  **Shaded with Hidden Edges**
Smooth shaded model with hidden edges
-  **Wireframe**
Model edges only
-  **Wireframe with Hidden Edges**
Model edges with hidden edges shown
-  **Wireframe with Visible Edges Only**
Model edges with hidden edges removed
-  **Monochrome**
Simplified monochromatic shaded model
-  **Watercolor**
Hand painted watercolor appearance
-  **Sketch Illustration**
Hand drawn appearance
-  **Technical Illustration**
Technical shaded appearance

Ilustración 16: Tipos de visualización para solidos

4.3.8 Environments

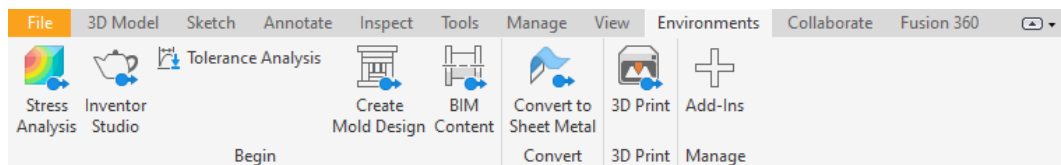






Ilustración 15: Paleta Environments

La paleta “Environments” (Entorno) permite que el usuario se desplace entre los diferentes entornos que permite el tipo de archivo que se esté empleando, en el caso de archivo tipo pieza, como es el caso de estudio, se tiene un número reducido de utilidades a emplear.

Estos entornos son los diferentes módulos de trabajo de los que dispone el archivo pieza, es decir, dentro del propio documento pieza se puede combinar la geometría creada con herramientas específicas para poder realizar otras acciones diferentes al modelado, pero que solo son posibles a partir de los elementos solidos generados.

Los principales entornos de esta pestaña permiten realizar análisis de elementos finitos , generar a partir del solido el molde por si se realizara una fabricación por inyección , convertir el objeto a módulo de chapa para realizar piezas de chapa plegada  o poder imprimir el objeto en 3D permitiendo configurar la impresión .

4.3.9 Collaborate

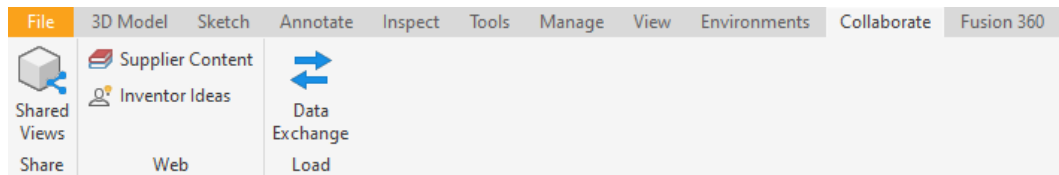



Ilustración 17: Paleta Collaborate

La penúltima paleta "Collaborate" (Colaborar) permite gestionar los archivos para realizar transferencias de datos y poder interactuar entre diferentes usuarios.

También se pueden realizar intercambios de formatos  para la exportación del archivo a otras configuraciones de software CAD para poder tratar los elementos en los diferentes softwares a los que tenga posibilidad Inventor de transformar. Es importante destacar que al generar una copia del archivo pieza en otro formato, lo que se genera es un archivo el cual al abrirle solo existe la geometría exterior de dicho sólido sin que aparezcan las operaciones, lo que es llamado comúnmente "sólido muerto", por lo que no se podrá consultar las operaciones que se han realizado a no ser que el software tenga un comando capaz de reconocer operaciones (recognize features).

4.3.10 Fusion 360

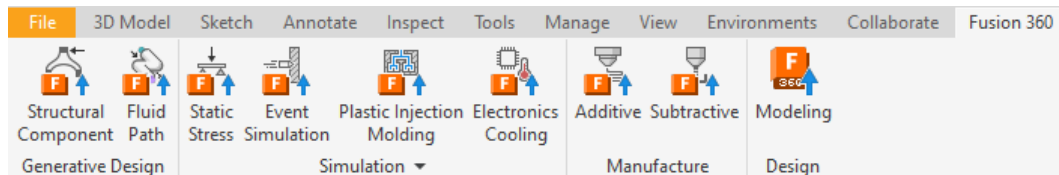


Ilustración 18: Paleta Fusion 360

La última paleta "Fusion 360" es una paleta integrada en Inventor, pero no es propia del software, sino que los módulos de esta paleta derivan a otro programa también diseñado por Autodesk llamado como la paleta, Fusion 360. Para poder emplear dichos comandos es necesario tener instalado en el ordenador dicho software.

Fusion 360 es un software que tiene fortalezas que pueden ayudar a los diseñadores de Inventor, este programa no es para sustituir a Inventor sino para complementarle en la creación de productos con un ahorro interesante de tiempo y esfuerzo. Los mayores beneficios que proporciona Fusion 360 frente a Inventor es la posibilidad de colaboración en línea, renderizado en la nube, alojamiento de archivos en la nube y es un software con facilidad para nuevos usuarios del CAD, CAM, CAE.

Inventor y Fusion 360 son dos de los programas más relevantes de diseño y fabricación de Autodesk, pero, aunque puedan asemejarse en algunos aspectos, hay diferencias importantes entre ellos. La mayor diferencia es que Fusion 360 está especializado en fabricación aunque también permita modelar por lo que es una plataforma de software integrado de CAD, CAM, CAE y PCB

que ayuda a unificar el diseño, la ingeniería y la fabricación en la nube, esto quiere decir que la mayoría del procesamiento de operaciones, almacenamiento de archivos y resultados son generados en la nube lo que es una ventaja frente a Inventor ya que es un ahorro económico en sistemas informáticos por no necesitar tanta potencia en los ordenadores.

Las principales herramientas que componen Fusion 360 son la tecnología de mecanizado, simulación CAE, fabricación aditiva (mediante impresión 3D), diseño de placas electrónicas y diseño generativo, aunque se le pueden añadir más extensiones para tener un software de fabricación más potente.

5. Modelado de elementos normalizados

Ya descrito el software que se va a emplear, explicadas las herramientas y el interfaz que proporciona Inventor, se puede empezar a modelar los elementos normalizados que compondrán la biblioteca, la cual se creará posteriormente para almacenar los estándares creados.

Lo principal es elegir el elemento normalizado que se quiera modelar, para ello se elegirá uno que comprenda el mayor número de operaciones de modelado posibles para poder poner en funcionamiento lo explicado en el punto anterior, pero también con las mayores combinaciones de geometría posibles para poder emplear todos los tipos de configuraciones en el iPart posibles.

Es importante destacar que no solo se va a poder modelar elementos que se regulen por normativas internacionales, sino que también se pueden modelar y se van a considerar elementos normalizados a elementos comerciales que tengan las especificaciones en su página web o en un documento pdf con todas las dimensiones, materiales y acabados. Esto es importante ya que, si en un proyecto fuera necesario un elemento comercial el cual no está disponible para descargar su versión para software CAD, pero tiene su pdf con las especificaciones, se podría modelar e incluir en la biblioteca con el resto de los elementos normalizados.

Lo común en España es emplear elementos normalizados de normativa UNE, suelen ser estándares DIN es decir elementos cuyas dimensiones están en el sistema métrico ya que es el acordado por el sistema internacional en Europa, empleando como unidad los milímetros (mm), por lo que todas las dimensiones de los elementos normalizados DIN están en milímetros. Para variar lo que comúnmente se encuentra en esta región se va a elegir un elemento normalizado cuyas dimensiones estén en el sistema imperial siendo su unidad las pulgadas (inch).

Para poder encontrar un elemento normalizado en sistema imperial se ha seleccionado una normativa americana, dentro de las normativas americanas hay muchos tipos diferentes de elementos normalizados dependiendo de para lo que se vayan a emplear:

- ASME/ANSI: instituto de normas nacionales americanas.
- ASTM: sociedad americana de pruebas y materiales.
- NAS: estándar aeroespacial nacional.
- NA: aeroespacial nacional.
- AN: fuerzas del aire/naval aeronáutica.
- MS: estándar militar.

Las mencionadas son las principales normativas empleadas en América, a la hora de la utilización de los elementos normalizados en los proyectos que se realizan allí o que cuyo proceso montaje se vaya a desarrollar allí.

Debido a que las normativas aeroespaciales son las que tienen las mayores complicaciones en cuanto a geometría y en cuanto a configuraciones debido a

diferentes dimensiones, materiales, acabados para cada tipo de material o posibles agujeros para pasadores de seguridad, se va a modelar un elemento de la normativa NAS en concreto el **NAS1299**. La norma encontrada fue publicada en 1959 y aunque ha tenido varias revisiones en los años posteriores la geometría, material y acabados, que es lo que afecta a este trabajo, no ha variado por lo que las posibles revisiones no afectan para el objetivo de este trabajo.

La norma NAS1299 es un tornillo de cabeza plana avellanada Phillips en estrella y en algunas combinaciones hay posibilidad de un agujero en la parte inferior roscada para poder añadir un pasador de seguridad y que no haya la posibilidad de que dicho tornillo se suelte de la zona en la que va a ir atornillado. El material de este elemento es una aleación de acero cuya especificación de las propiedades se encuentra en la norma MIL-S-7839, la que habrá que consultar debido a que este material no lo tendrá la librería de Inventor y es necesario crearlo, y como acabados superficiales son necesarios dos: un recubrimiento de cadmio en ambos casos pero cambian el tipo y la clase lo que afecta al espesor de recubrimiento que se le va a dar.

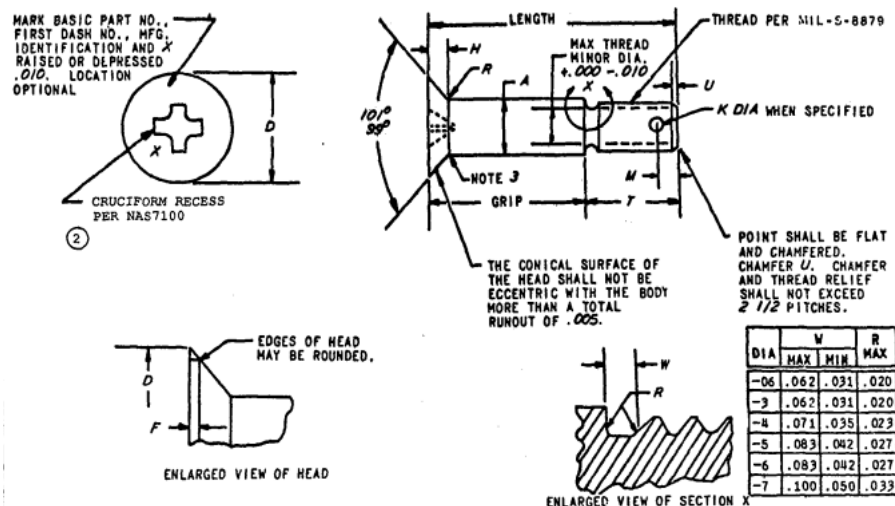


Ilustración 19: Dimensiones NAS1299

La Ilustración 19 muestra un fragmento de la norma NAS1299 en la que se muestra la geometría que será necesaria modelar para realizar el tornillo con sus principales dimensiones, estas dimensiones son cruciales ya que van a ser necesarias para parametrizarse correctamente con la finalidad de poder generar todas las combinaciones que existan en el documento.


Las dimensiones que van ligadas con cada parámetro vienen especificadas en la norma y aunque en las primeras operaciones de modelado se vinculen con los parámetros que únicamente contienen los valores para la primera configuración, posteriormente se añadirán el resto. No se puede generar la parametrización mediante el comando iPart hasta que no se haya creado la geometría completa para las configuraciones, pero todo esto será explicado en pasos posteriores.

5.1 Configuración inicial

5.1.1 Configuración de unidades

Una vez seleccionado el elemento normalizado que se va a modelar es necesario configurar la interfaz de Inventor para poder realizar el estándar conforme a los requerimientos que especifique la norma.

La norma NAS1299 es una normativa americana por lo que su sistema será el imperial, debido a esto la primera configuración necesaria es la de cambiar las unidades a pulgadas (inch), ya que si todo el archivo pieza no está en las mismas unidades es posible que a la hora de generar las diferentes configuraciones Inventor tenga problemas de superposición o de conversión de unidades lo que generaría geometrías sin ningún sentido.

Para poder cambiar la configuración de las unidades es necesario irse a la pestaña "Tools" (herramientas) y clicar sobre el icono de configuración del documento , este comando abre una ventana en la que se puede gestionar la configuración del archivo pieza, Ilustración 20, dentro de dicha ventana se selecciona la pestaña "Units"(unidades) y se cambia el desplegable "length" (longitud) de mm a inch.

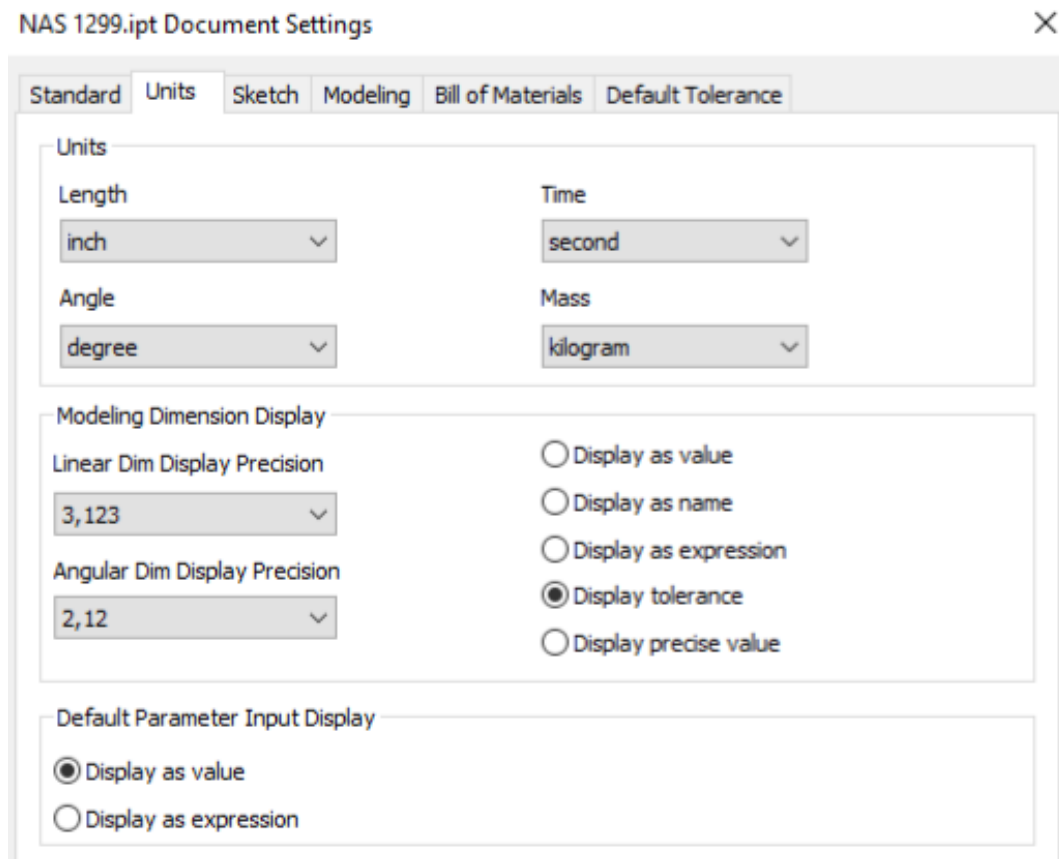


Ilustración 20: Comando configuración del documento

Este cambio permite que todo lo relacionado con el archivo tenga las unidades en pulgadas, las anotaciones que se hagan, las dimensiones de los bocetos, dimensiones de las operaciones de 3D y los valores que se tengan que introducir para poder realizar la creación de los parámetros los leerá en pulgadas por defecto.

5.1.2 Creación de parámetros

Una vez realizada la modificación de la configuración a las unidades en Imperial ya se puede empezar a crear los parámetros, estos parámetros recogerán los nombres y las dimensiones que aparecen en la norma. Los parámetros restringirán la geometría del elemento normalizado por lo tanto es muy importante cerciorarse que los valores que se añaden son los correctos. Para poder empezar a añadir los parámetros es necesario irse a la pestaña “Manage” (administrar) y seleccionar el comando de parámetros f_x , esto permite abrir la ventana que se muestra en la Ilustración 21.

Parameter Name	Consumed by	Unit/Type	Equation	Nominal Value	Toleranc	Model Value	Key	E	Comment
Model Parameters									
User Parameters									
M		in	0,197 in	0,197000	●	0,197000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
K_dia		in	0,106 in	0,106000	●	0,106000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Angle_conical		deg	101 deg	101,000000	●	101,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F_max		in	0,026 in	0,026000	●	0,026000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
J_max		in	0,272 in	0,272000	●	0,272000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
D_max_sharp		in	0,89 in	0,890000	●	0,890000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
H_ref		in	0,186 in	0,186000	●	0,186000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
A_max		in	0,437 in	0,437000	●	0,437000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
GRIP		in	0,698 in	0,698000	●	0,698000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
D_threat		in	0,375 in	0,375000	●	0,375000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T_ref		in	0,607 in	0,607000	●	0,607000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
R_rad_max		in	0,02 in	0,020000	●	0,020000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
D_cruciform		in	0,380 in	0,380000	●	0,380000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
R_max		in	0,027 in	0,027000	●	0,027000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
W_max		in	0,083 in	0,083000	●	0,083000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
U_ref		in	0,021 in	0,021000	●	0,021000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Ilustración 21: Lista de parámetros creados por el usuario

Como se observa en la ventana de parámetros se tiene principalmente dos tipos de parámetros:

- “Model Parameters”: estos son los parámetros del modelo, dichos parámetros los genera Inventor automáticamente al crear una dimensión bien sea en el perfil de un boceto o en las operaciones 3D, estos parámetros de modelo son los que se van a parametrizar vinculándoles con los parámetros que el usuario cree.
- “User Parameters”: estos son los parámetros de usuario, como su propio nombre indica son los que crea el propio usuario, aquí aparecerán los que sean necesarios añadir para restringir la geometría, es decir los que aparecen en la norma, Ilustración 19.

Para crear parámetros el procedimiento que se tiene que seguir es clicar en la parte inferior sobre el icono “Add Numeric” (añadir parámetro) esto lo que permite es ir añadiendo cada vez que se selecciona una nueva fila. En cada



fila, dentro de las cuadrículas que Inventor permite rellenar, la primera a rellenar es el nombre del parámetro, la siguiente son las unidades dichas unidades ya vienen predefinidas, ya que previamente se habían definido las unidades en pulgadas, y por último se introduce el valor, aquí lo que se añade es la dimensión que proporciona la norma para cada parámetro y es este valor el que para cada configuración va a ir variando. Los parámetros se pueden añadir en el orden que desee el usuario. En el caso de la norma NAS1299, que es la que se va a realizar en este trabajo, el orden más coherente que se ha elegido para la creación de los parámetros es el que aparece en la Ilustración 21.

Una vez creados los parámetros de usuario a medida que posteriormente se vaya creando la geometría y vinculándola con dichos parámetros, se van a ir generando automáticamente los parámetros de modelo en cuya posición de cuadrícula, donde en los parámetros de usuario se añadía el valor dimensional, en estos aparecerá el nombre del parámetro de usuario vinculado y por correspondiente el valor dimensional añadido.

5.1.3 Añadir materiales

Ya creados los parámetros que se van a necesitar, lo siguiente a lo que se va a proceder, antes de empezar a modelar la geometría del estándar, es añadir a Inventor el resto de las propiedades que la norma requiere para el modelado del tornillo. Las propiedades que todavía faltan por establecer son las relacionadas con el material y los acabados superficiales.

El material que requiere el elemento normalizado es una aleación de acero cuyas especificaciones vienen descritas en la normativa **MIL-S-7839**, esta normativa pertenece a las especificaciones militares estadounidenses, la norma encontrada es la segunda revisión publicada en 1973 y aunque posteriormente a sufrido más revisiones las propiedades del material que se especifica siguen sin variar.

Para añadir los materiales, debido a que la biblioteca de materiales de Inventor no tiene el material que la norma requiere, es necesario ir a la pestaña “Tools” (herramientas) y seleccionar el icono de material , esto permite abrir la biblioteca de materiales la cual realizando una búsqueda rápida se puede comprobar que el material necesario no se encuentra en dicha biblioteca por lo que es necesario añadirle y para ello se clica sobre el comando . El comando anterior abre otra ventana en la que se debe añadir el nombre, descripción y las propiedades físicas del material, estas propiedades físicas son las especificadas en la normativa MIL-S-7839, la siguiente Ilustración 22, muestran los valores específicos a rellenar, en la imagen izquierda son solo datos de designación y en la derecha son las físicas provenientes de la normativa.

Con los pasos previos ya se conoce la metodología a seguir para añadir un nuevo material, el material creado se asignará posteriormente una vez modelada toda la geometría del elemento normalizado. Si fuera necesario emplear otro material porque la norma lo requiere, bien fuese en este estándar o en otro que se quisiera realizar, se seguiría el mismo proceso para añadir el

material, buscando las propiedades en las normativas correspondientes y añadiéndolas a la ventana como en las ilustraciones anteriores.

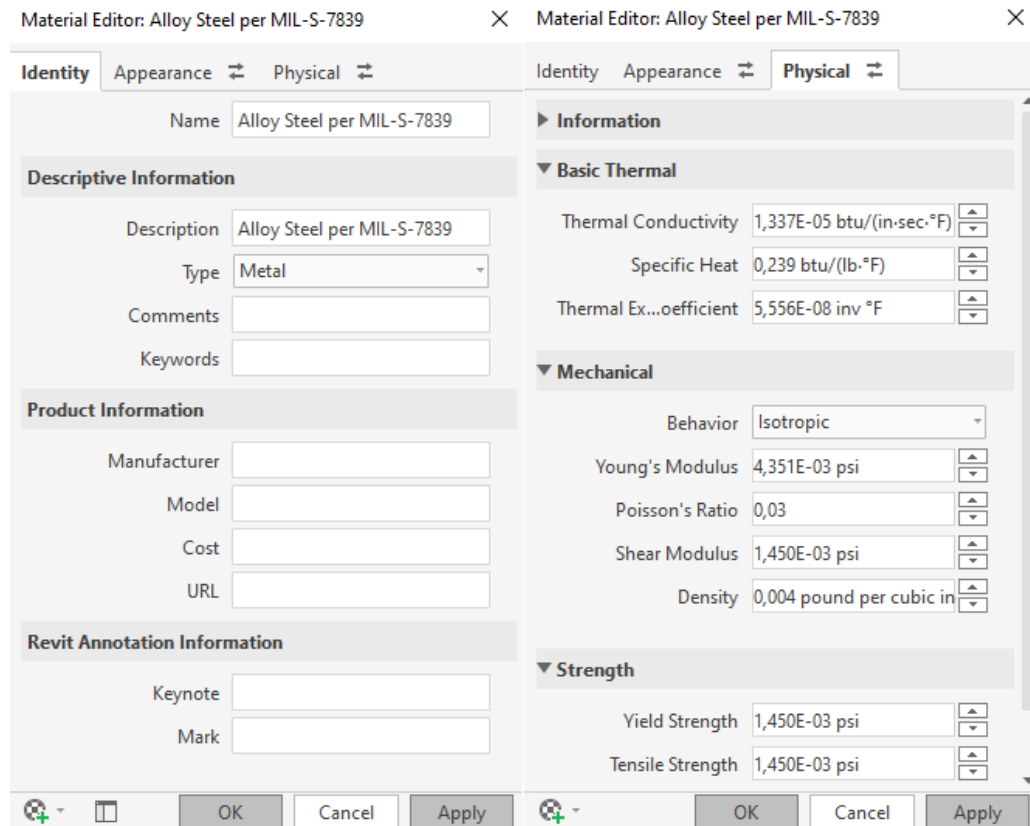


Ilustración 22: Material creado y sus propiedades



5.1.4 Añadir acabados superficiales

Una vez configurado el archivo a las unidades que aparecen en la norma, en el caso de estudio, pulgadas, creados los parámetros necesarios para poder restringir completamente la geometría del elemento normalizado, con los valores que la norma aporta y que posteriormente se variarían para crear las configuraciones, y creado el material específico que necesita el tornillo requerido para cumplir con la normativa americana, la única propiedad que queda por mencionar y crear es la de las apariencias. Estas apariencias no aportan ninguna propiedad física pero se generan con la función de hacer referencia a los acabados superficiales que contemple la norma NAS1299.

En la norma si se va al apartado “Finish” (acabado) lo que se encuentra es que para el material aparecen dos acabados diferentes, pudiéndose elegir el que se prefiera para las condiciones en las que vaya a trabajar el estándar. Los acabados superficiales que se deben emplear son en ambos casos un recubrimiento de cadmio según la normativa **QQ-P-416**, pero difieren en el tipo y la clase. Buscando la normativa específica para este tipo de recubrimientos, nos especifica en ella como realizar los recubrimientos dependiendo el tipo y el espesor que deben de tener dependiendo la clase:

- “Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3”: este recubrimiento de cadmio corresponde a uno con solo el recubrimiento (tipo 1) y que requiere un espesor mínimo de 0,0002 pulgadas (clase 3).
- “Cadmium plate per QQ-P-416, type II, class 2”: este recubrimiento de cadmio corresponde a uno con recubrimiento y a mayores un tratamiento de cromado (tipo 2) y que requiere un espesor mínimo de 0,0003 pulgadas (clase 2).

Una vez ya conocida toda la información sobre los acabados superficiales, aunque no produzcan ningún cambio en propiedades físicas es importante añadirles, para posteriormente tener todas las opciones de configuraciones en el iPart y a modo de información del propio usuario.

Para poder añadir los acabados superficiales se van a añadir como propiedades de apariencias. En la pestaña “Tools” (herramientas) se selecciona el icono de apariencia , al clicar sobre el comando se abrirá una nueva ventana, la ventana corresponde a la librería de apariencias que tiene Inventor por defecto, estas apariencias solo cambian el aspecto físico superficial de los elementos a los que se les asigne, por lo que no van a modificar ninguna propiedad física. Para poder añadir una nueva apariencia se vuelve a clicar sobre el icono , al seleccionar saldrá un desplegable en el cual hay que seleccionar la última opción “New Generic Appearance...” (nueva apariencia genérica) lo que a continuación abrirá una nueva ventana para poder configurar la apariencia.

La apariencia al solo aportar aspecto superficial lo único importante a rellenar es el nombre y la descripción como se puede ver en la Ilustración 23, también se podrían modificar propiedades de color, luminosidad, reflectividad..., lo que es conveniente es poner para cada acabado dos colores diferentes debido a que si hubiese dos elementos diferentes en un mismo ensamblaje va a ser imposible diferenciarles a simple vista, pero modificar el color ayudaría al usuario.

Como se observa en la imagen, se han creado las dos apariencias que la norma especificaba, para una ayuda visual más intuitiva las configuraciones que vayan con el acabado superficial de cadmio tipo 1 y clase 3 aparecerán de un color negro, mientras que las que vayan con la configuración tipo 2 clase 2 se representaran de un color grisáceo, haciendo referencia el color gris al posterior cromado que se aplica a estas configuraciones.

El acabado superficial era la última propiedad que puede afectar al modelo de Inventor y que la norma NAS1299 daba sobre el elemento normalizado, por lo que cumpliendo este último punto ya se tienen todas las propiedades generadas en el software: parámetros, material y apariencias, pero todavía no hay nada vinculado a la geometría del tornillo debido a que es necesario modelarlo y es lo que se hará en los pasos posteriores.

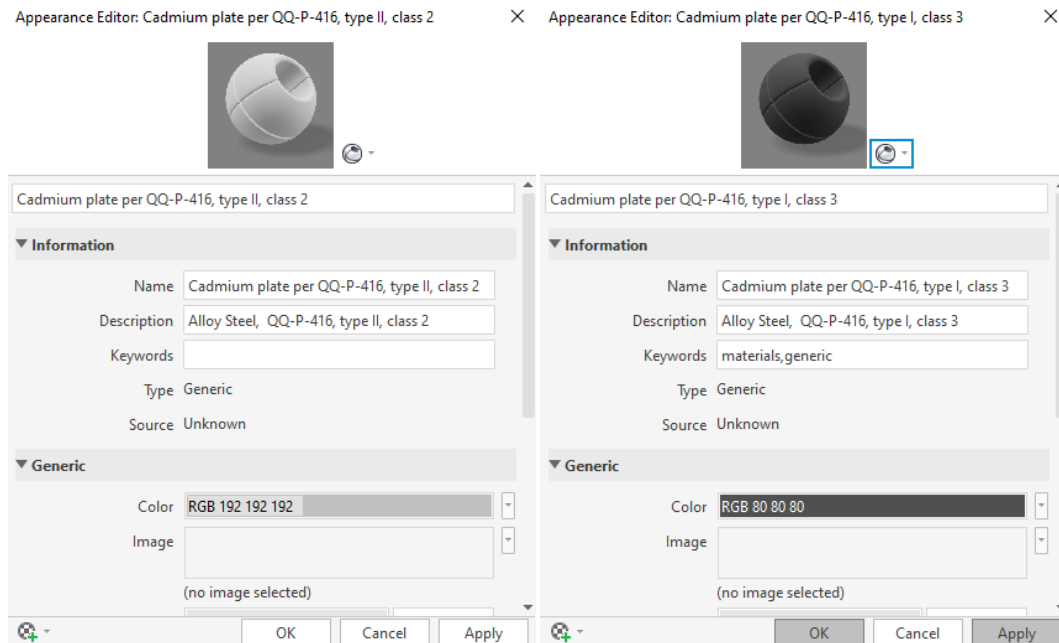


Ilustración 23: Apariencias creadas para cada tipo de acabado

5.2 Modelado de la geometría

Previamente gestionada la configuración que afecta al archivo pieza, se va a poder empezar a modelar aunque todas las dimensiones que se añadan para crear la geometría van a estar vinculadas a los parámetros que se han creado previamente, es recomendable comprobar que todas las unidades se siguen manteniendo en el sistema imperial, ya que posibles errores por parte del usuario o Inventor podrían generar geometrías no deseadas, y además comprobar que las dimensiones se están ligando con el parámetro correcto, ya que esto podría generar un sólido con geometrías no coherentes.

Todas las dimensiones van a estar relacionadas con los parámetros de usuario tomando los valores que se hayan prefijado. Este sistema de modelado va a permitir, una vez creada toda la geometría, poder obtener diferentes configuraciones del elemento estándar variando el valor dimensional de los parámetros de una forma sencilla que no requiere volver a cambiar los valores de uno en uno.

El orden de operaciones para modelar la geometría no es específico, ni tampoco hay una única solución, este apartado es propio de la metodología del usuario, pero es importante destacar que realizar operaciones sencillas vinculadas con un parámetro va a dar menos posibilidades de error o de confusión al procesador del software, ya que le resulta más fácil a Inventor calcular muchas operaciones simples que una compleja que vincule varios parámetros, por esta razón se ha decidido realizar operaciones simples para cada parámetro.

Las operaciones en el entorno de trabajo de Inventor se localizan en la parte lateral izquierda, debajo del nombre del archivo pieza, lo que se denomina comúnmente "árbol de operaciones". Inventor trae por defecto en su configuración, geometría auxiliar inicial que se compone de un punto situado en el origen, líneas infinitas coincidentes con cada eje y planos formados por

las combinaciones de las líneas anteriores, Ilustración 24. Esta geometría auxiliar esta almacenada en la carpeta “Origin” (origen).

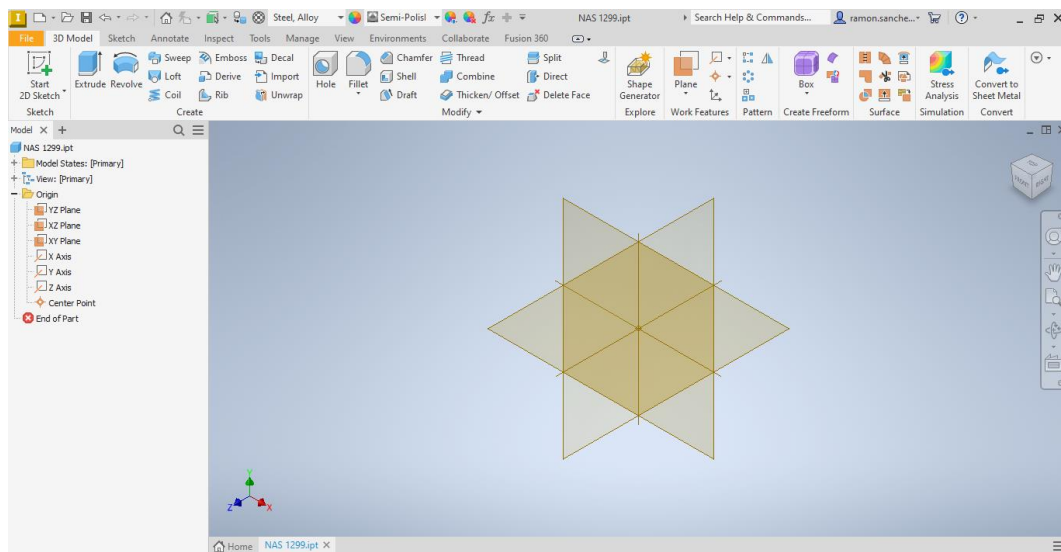




Ilustración 24: Geometría auxiliar generada por defecto en el archivo pieza


Es importante que haya geometría auxiliar por defecto, ya que como se mencionó previamente los bocetos van a necesitar apoyarse en planos y que estén estos generados permite poder apoyarse en ellos para poder empezar a dibujar la geometría, el primer boceto.

5.2.1 Extrusión cónica de la cabeza del tornillo

Para realizar la primera operación es necesario crear un boceto, para ello nos posicionaremos en la paleta “3D Model” (modelo 3D) y se seleccionará el comando correspondiente para su creación , una vez activado no se podrá empezar a dibujar geometría hasta que no se indique en que plano se va a apoyar dicho boceto. Para el primer boceto es indiferente que plano se seleccione, ya que la orientación del tornillo no va a influir en su modelado, pero en operaciones posteriores es necesario tener en cuenta que en ciertos planos no se va a poder trabajar ya que provocaría que las operaciones no se combinaran.

Para realizar el boceto se va a utilizar de apoyo el plano XY, por lo que cuando este sea seleccionado Inventor va a cambiar su interfaz de trabajo a la pestaña de “Sketch” (boceto). Al poder realizar un boceto Inventor permite al usuario utilizar los comandos de dicha pestaña algo que antes no ocurría al no estar realizándose un boceto.

El primer perfil que se va a realizar es un círculo, con el icono , situando su centro en el origen, este círculo representa la geometría circular de la cabeza del tornillo. Cuando se crea un perfil y no se le añade ninguna restricción dimensional, las líneas de ese perfil van a ser moradas lo que indica que ese perfil no está restringido y que puede ser modificado.

Para acotar los perfiles creados es necesario añadirles dimensiones y para ello se empleará el comando correspondiente , seguido se clicca sobre el perfil y

una vez más se clic para posicionar la cota. Inventor crea automáticamente la cota la cual se puede modificar poniendo un valor numérico o vinculándola con un parámetro. Para vincular una cota con un parámetro se hace en el recuadro que se muestra inmediatamente tras posicionar la cota, cuyo nombre aparece como "Edit Dimension" (editar dimensión) donde se seleccionará la flecha que abre un desplegable, Ilustración 25, y se elige la opción que aparece en azul, lista de parámetros, donde se podrá elegir el parámetro que se requiera.

El parámetro que se seleccionará será el correspondiente a la geometría que se esté modelando, en el caso actual se seleccionara el que viene en la Ilustración 25 ya marcado en azul.

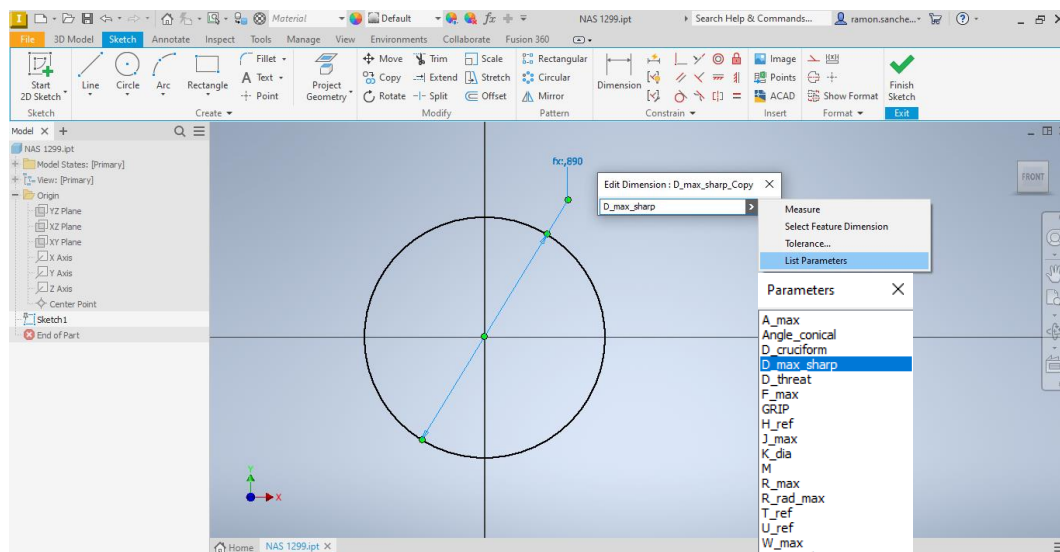




Ilustración 25: Acotación circunferencia creada en boceto

Como se puede observar en la Ilustración 25 una vez que se ha creado la cota, las líneas del perfil están de color negro esto es un indicativo de que la geometría está totalmente restringida. Cuando un boceto está totalmente restringido permite tener la seguridad de que en el momento en que se cambien las dimensiones debido a un cambio de configuración, Inventor va a poder actualizarlo correctamente sin que se rompa la geometría y obteniendo el resultado final deseado. Por esta razón todos los bocetos es necesario que estén completamente restringidos.

Una vez finalizado el boceto recién creado, al que Inventor lo ha llamado "Sketch1", comprobado que está totalmente restringido y vinculado al parámetro correcto se puede finalizar dicho boceto seleccionado el icono , lo que devolverá al usuario inmediatamente a la paleta anterior para poder dar volumen al boceto.

Las operaciones de la paleta actual permiten dar volumen 3D a bocetos que son elementos 2D. Entre todos los comandos disponibles el que mejor se adapta a la geometría que se requiere es el comando de extrusión , esta operación permite crear geometría en una dirección (la dirección es la perpendicular al plano en el que se apoye el boceto seleccionado) pudiendo tener la posibilidad de dar una inclinación a sus caras hacia el eje central.

Una vez seleccionado el comando lo siguiente es clicar sobre el perfil deseado, en este caso el Sketch1, esto abrirá una ventana con las diferentes opciones que tiene esta operación: seleccionar el perfil y el plano de referencia, dirección de extrusión y la profundidad, nombre del sólido que se crea al generar un volumen 3D (este sólido se puede visualizar en la carpeta “Solid Bodies” (cuerpos sólidos)) y la posibilidad de inclinación hacia el eje que se da a la extrusión. En la Ilustración 26 se puede visualizar como han sido completados los requerimientos de esta operación.

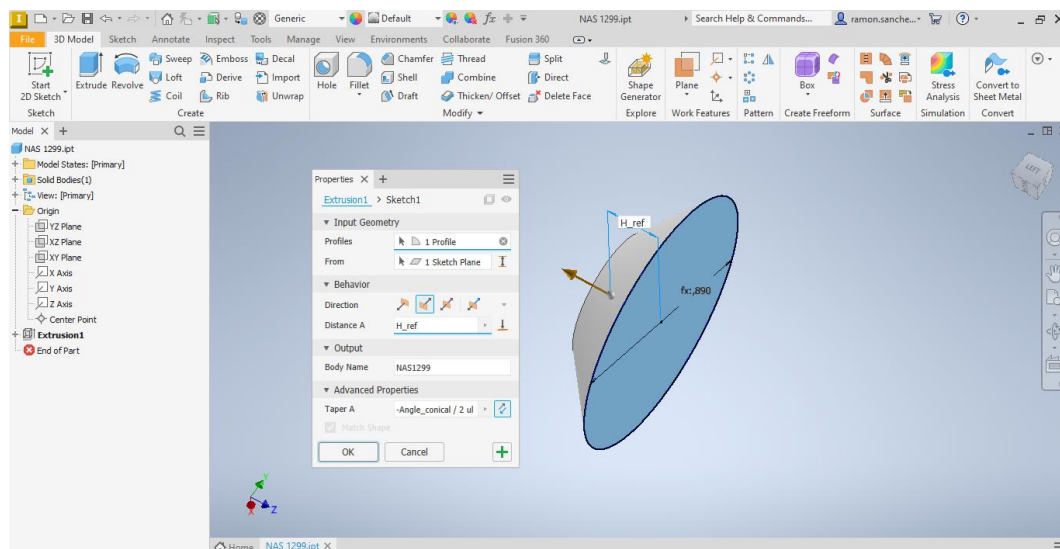


Ilustración 26: Operación Extrusion1

El sentido de la extrusión se puede observar de forma más visual en la previsualización de la operación, en cuanto al valor de la profundidad como se observa en la Ilustración 26 está ligada con el parámetro que proporciona la norma para esta dimensión.


En la parte inferior de la ventana de la operación extrusión, el apartado “Advanced Propieties” (propiedades avanzadas), permite generar inclinaciones de las caras del perfil hacia el eje de extrusión, debido a que en la norma se indica una inclinación de 101° , que se mantiene constante para todas las configuraciones, y que nuestra inclinación es respecto del eje, el valor que se va a generar tiene que ser la mitad, por lo que las caras del modelo generado van a estar inclinadas $50,5^\circ$ respecto del eje.

La situación de que el valor necesario para la inclinación no sea el que el usuario ha parametrizado puede llevar a confusión al usuario, pero no es necesario añadir numéricamente el valor, sino que teniéndose un valor ya parametrizado se puede utilizar ecuaciones para obtener ese valor. Como es el caso actual en el que se divide el parámetro entre 2 para obtener la mitad de 101° que es lo que se necesita.

5.2.2 Extrusión cilíndrica de la cabeza del tornillo

La geometría de la cabeza no solo es la zona cónica que se ha creado previamente, sino que tiene una pequeña zona cilíndrica constante, esta zona está marcada en la norma en una vista de detalle llamada “Enlarged view of

head” (vista ampliada de la cabeza). En la vista se observa que hay una zona inclinada, la cual hace referencia a la extrusión cónica creada en el apartado anterior y ahora se va a realizar la operación para la pequeña sección cilíndrica constante.

Con los datos que la norma proporciona la única manera de generar esa zona es crear un plano a una distancia parametrizada y especificada por la normativa. Para generar un plano se debe clicar sobre el comando correspondiente  y dentro del desplegable con las diferentes opciones de creación que ofrece es necesario elegir "Offset from Plane" (paralelo a un plano), con esta opción Inventor genera un plano perpendicular a otro previamente elegido, en este caso el plano seleccionado es en el que se apoya el primer boceto realizado, debido a que la norma nos da las dimensiones desde esa cara. Como se observa en la Ilustración 27 la cara azul es el plano de referencia y el cuadrado marrón es el plano para crear, vinculando la dimensión de profundidad con el parámetro que especifica de la norma para ello. Si se observa el árbol de operaciones Inventor añade también el plano creado con el nombre de "Work Plane1" (plano de trabajo 1).

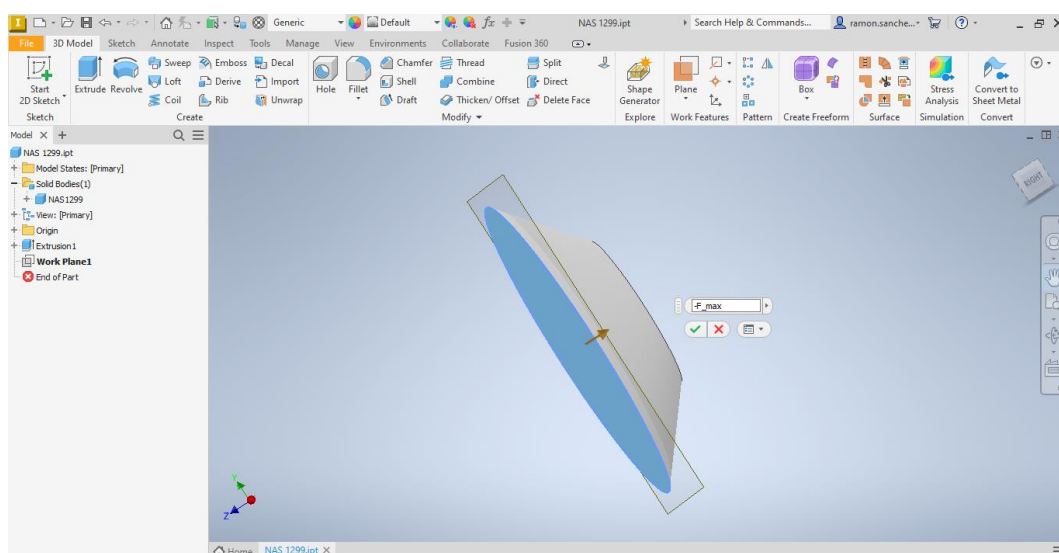



Ilustración 27: Creación plano de trabajo 1

Una vez ya se haya creado el plano se va a apoyar en él un nuevo boceto, este nuevo boceto consiste en proyectar la geometría de la extrusión cónica, que corta el nuevo plano, sobre el boceto que se crea, esto va a generar una circunferencia más pequeña que la creada en el Sketch1 debido a que el cono va reduciendo su diámetro.

Como se ha explicado en el apartado anterior se selecciona el comando de creación de bocetos y después se selecciona el plano en el que se va a apoyar, esto nos llevara a la interfaz de creación de perfiles en bocetos, paleta "Sketch" (boceto). En esta interfaz se selecciona el comando de proyectar geometría , esta operación permite generar la geometría que se seleccione y que corte al plano de trabajo, la geometría proyectada saldrá de color amarillo, Ilustración 28, y no es necesario restringirla ya que al ser proyectada de una operación previamente creada ya estará totalmente restringida. Como la única geometría

que se necesita es la proyección del cono una vez se haya creado se puede finalizar el boceto y volver a la paleta de creación 3D.

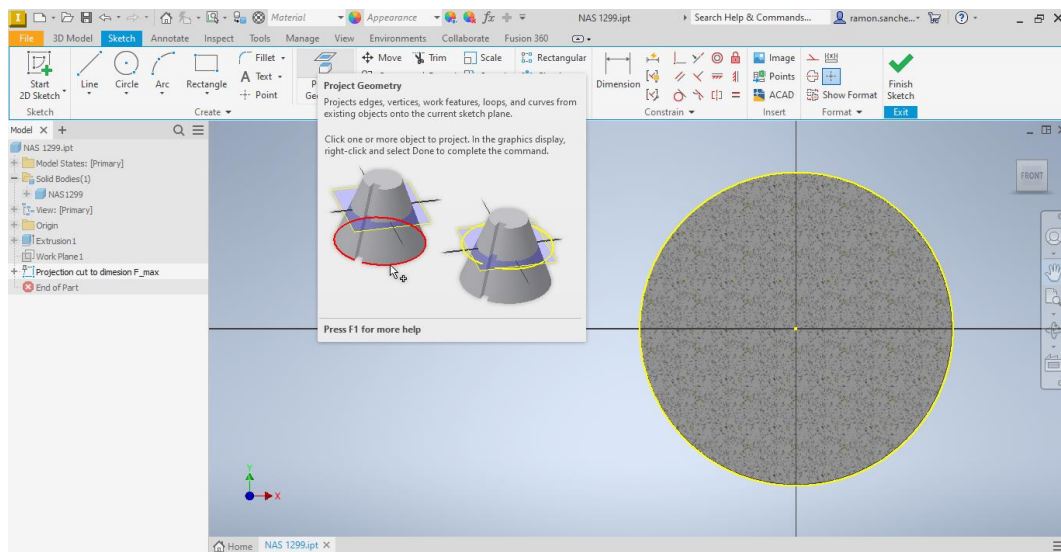






Ilustración 28: Proyección de geometría en el plano de trabajo 1

La necesidad de generar el perfil de la extrusión de esta forma es debido a que en la norma no dan predefinido el diámetro necesario, pero sí que se proporciona la distancia desde el plano de referencia a la que se genera dicha circunferencia, al cortar el plano con el cono, obteniéndose la circunferencia necesaria totalmente restringida como en la Ilustración 28.

Con el nuevo boceto generado, llamado “Projection cut to dimension F_max” (proyección del corte a la dimensión F_max), ya se puede utilizar el comando de extrusión, al activar dicho comando y seleccionando el perfil recién creado se abre de nuevo la ventana de requerimientos de la operación. En la ventana de la operación extrusión aparece un nuevo apartado “Boolean” (operaciones booleanas), para que aparezca este apartado es necesario que haya previamente un sólido por lo que en la primera extrusión no apareció, estas operaciones permiten:

- **Join** : unir, es decir unir al sólido más geometría 3D.
- **Cut** : cortar, las nuevas operaciones cortan al sólido.
- **Intersect** : cruzar, esta opción permite quedarse con la geometría que sea común en la intersección de la operación actual con el sólido.
- **New Solid** : nuevo sólido, permite para la operación actual crear un nuevo sólido que será independiente del otro y no interaccionan.

En la Ilustración 29 se observa cómo se han rellenado los requerimientos, seleccionando la opción de cruzar ya que la geometría que interesa es la común a la extrusión 1 y 2, y al no tener dimensiones para restringir las profundidades, en el apartado correspondiente se han utilizado las opciones de que la operación se realice en los dos sentidos poniendo de límites las caras inicial y final de la extrusión cónica.

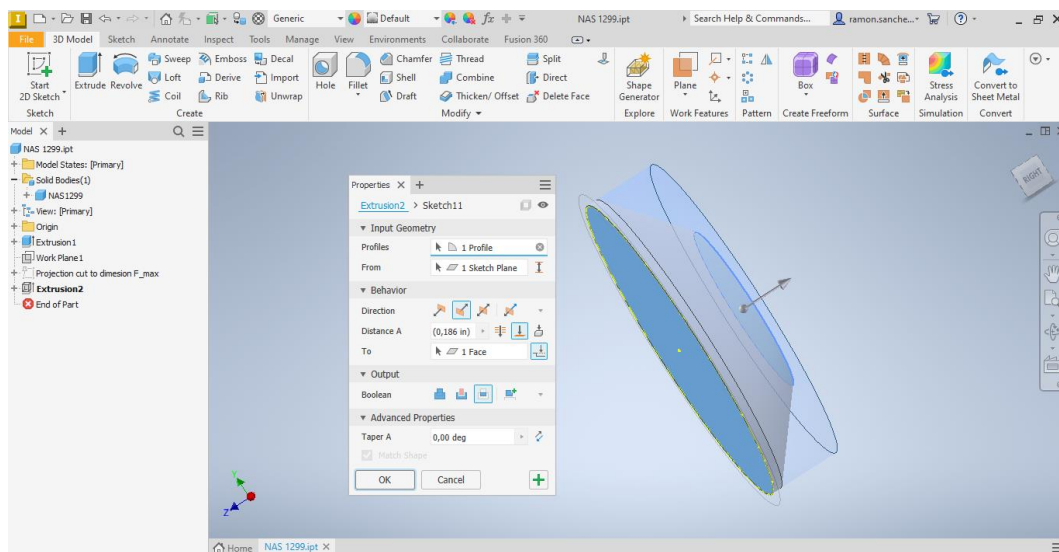


Ilustración 29: Operación Extrusion2

Una vez creada la extrusión 2 se observa que la geometría de la cabeza del tornillo va siendo parecida a la especificada en la norma NAS1299, aunque todavía le faltan las ranuras superiores en forma de cruz, estas se añadirán posteriormente.

5.2.3 Extrusión cilíndrica del cuerpo no roscado del tornillo

En los apartados anteriores se ha modelado la geometría correspondiente a la cabeza del tornillo empleando los parámetros necesarios para restringir el sólido, siguiendo la línea de flujo de trabajo se continuará modelando la zona del tornillo que se encuentra posterior a la cabeza, pero antes del roscado.

La geometría para modelar es muy simple ya que esta zona es cilíndrica de sección constante, por lo que solo va a ser necesario generar un perfil circular y extruirle.

Para poder generar el perfil es necesario volver a emplear el comando de boceto, en este caso no es necesario volver a generar un plano ya que se tienen superficies donde se podrá apoyar. La superficie de apoyo que se utilizará para generar el boceto corresponde con la parte final de la extrusión cónica del tornillo, es decir, la zona de sección circular con menor diámetro. Sabiendo donde se va a generar el perfil se selecciona el comando boceto y luego la cara donde se quiere dibujar.

En la Ilustración 30 se puede observar el perfil que se ha dibujado y como se ha restringido, para restringirlo se ha acotado el diámetro vinculándolo con el parámetro que la norma especifica, el cual se puede observar en la imagen en el recuadro de editar dimensión. El perfil circular creado puede producir confusión al parecer coincidente con el final de la extrusión cónica, pero si hubiera sido de esta manera no se hubiera dibujado el perfil ya que se podría proyectar la geometría como en el apartado anterior y además la norma no hubiese especificado una dimensión necesaria a parametrizar para esta zona.

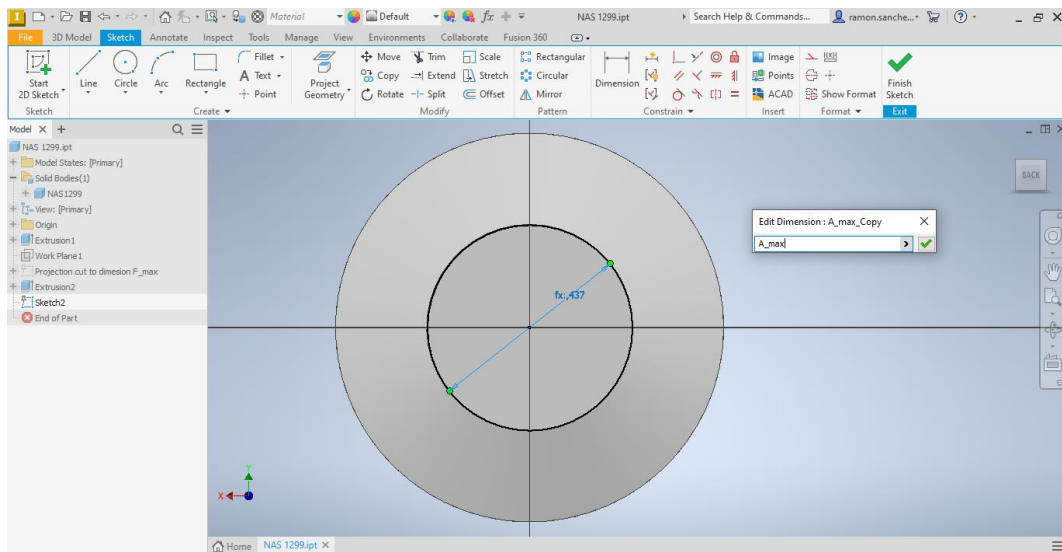


Ilustración 30: Acotación diámetro cuerpo sin roscar tornillo

Ya generado el perfil necesario y comprobado su coherencia se puede finalizar el boceto y volver a la paleta principal. En la paleta de modelado 3D se vuelve a utilizar el comando de extrusión, al seleccionar dicho comando y elegir el perfil generado es necesario rellenar el resto de los requerimientos de la operación, en la Ilustración 31 se visualiza como se rellenan para la correcta generación de esta operación.

En la ventana de requerimientos la dirección de extrusión es la lógica por el flujo de trabajo y la profundidad la proporciona el parámetro GRIP menos la anchura de la cabeza del tornillo (H_{ref}), este parámetro especificado en la norma representa la longitud sin roscar del tornillo, esta dimensión, como se explicará posteriormente, va a ser crítica para la designación de las diferentes combinaciones del tornillo. El apartado de operación booleana, al contrario que en la operación anterior, se selecciona la opción de unir debido a que se quiere combinar la geometría 3D que se genera con la operación actual a la creada previamente, en el mismo sólido.

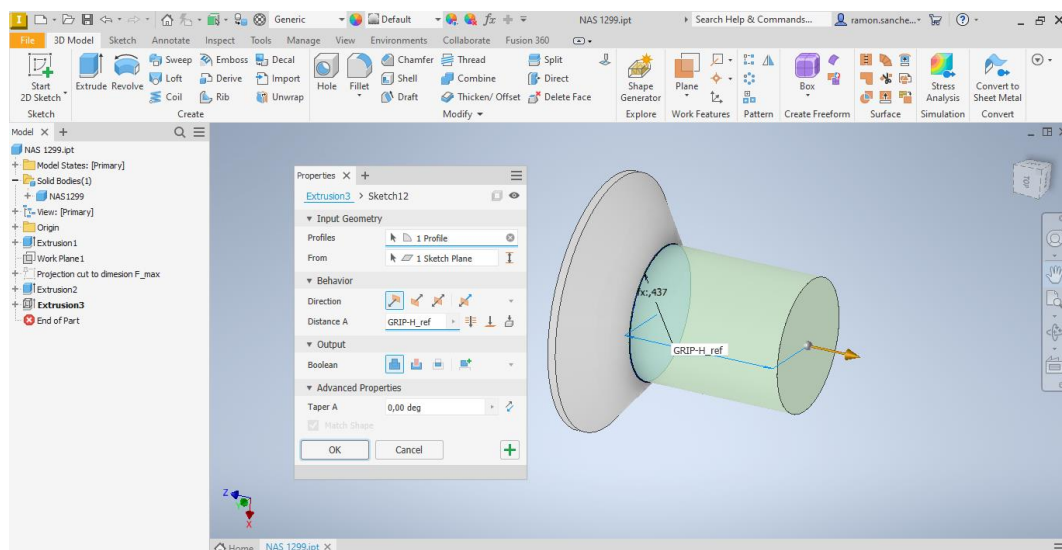


Ilustración 31: Operación Extrusion3

5.2.4 Extrusión cilíndrica para la parte roscada del cuerpo del tornillo

La cuarta operación de modelado es muy similar a la tercera, en este caso se necesita crear un perfil circular y extruirle, que posteriormente representara la zona roscada del elemento normalizado, ya que el roscado se realiza en una operación diferente.

El diámetro de la sección cilíndrica previa al roscado viene definido por la norma, este diámetro tiene que ser coherente para que Inventor pueda realizar el roscado. Para la configuración seleccionada, la rosca imperial que se requiere según la normativa americana ANSI es **3/8-24-UNF-3A** por lo que el diámetro nominal de la rosca son 0,375 pulgadas que coincide con el diámetro máximo. El dato que proporciona la norma siempre es el diámetro nominal y es el que se va a utilizar.

Para generar el boceto se va a usar de apoyo la cara extrema, siguiendo el flujo de trabajo, de la operación anterior. Seleccionando el comando de generación de boceto y la cara deseada, al cambiarse a la interfaz de boceto, se puede empezar a dibujar el perfil, esta geometría va a estar centrada en el origen por lo que será concéntrica a las secciones anteriores, al ser todas circulares, y por último se restringe creando una cota que vincule su dimensión con la del parámetro correspondiente como se observa en la Ilustración 32.

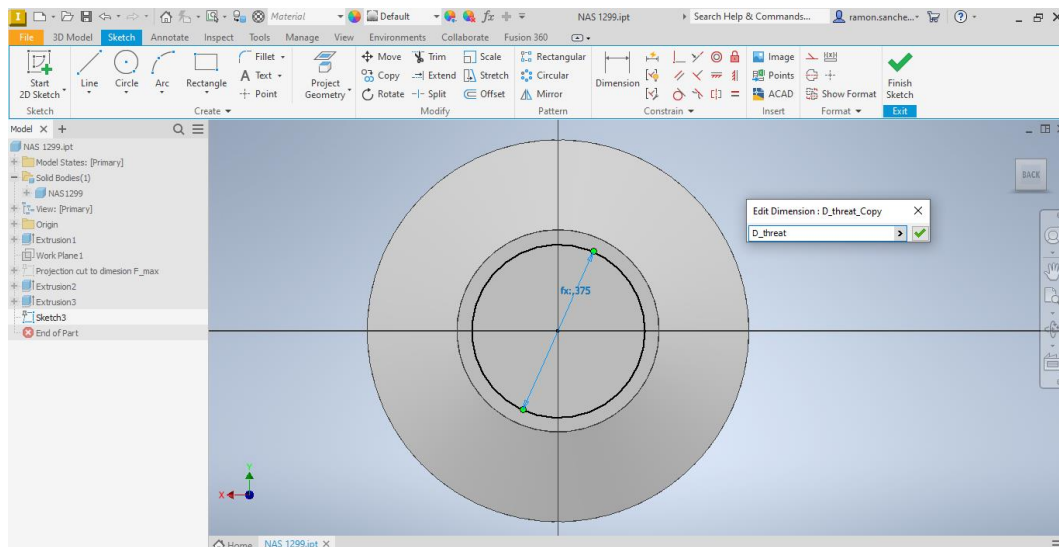


Ilustración 32: Acotación diámetro cuerpo roscado tornillo

Una vez finalizado el perfil en el boceto se sale de la interfaz actual y se vuelve al módulo de modelado 3D. Como en el apartado anterior, se va a realizar una extrusión cilíndrica de sección constante por lo que no es necesario indicar ángulo de inclinación de sus caras. La operación booleana correspondiente es la de unir para poder añadir la operación actual al sólido NAS1299 previamente creado. La orientación en la dirección de extrusión, como en todos los apartados anteriores, viene fijada por el flujo de trabajo y la dimensión de profundidad está definida por el parámetro T_ref, este parámetro definido en la norma indica la longitud dimensional de la zona roscada del tornillo.

La suma del parámetro utilizado en la operación anterior (GRIP) y el parámetro actual (T_ref) da la longitud total en el tornillo, lo que en la normativa aparece acotado en la Ilustración 19 con la dimensión “Length” (longitud).

En la Ilustración 33 se puede observar cómo se ha completado la ventana de requerimientos para esta operación.

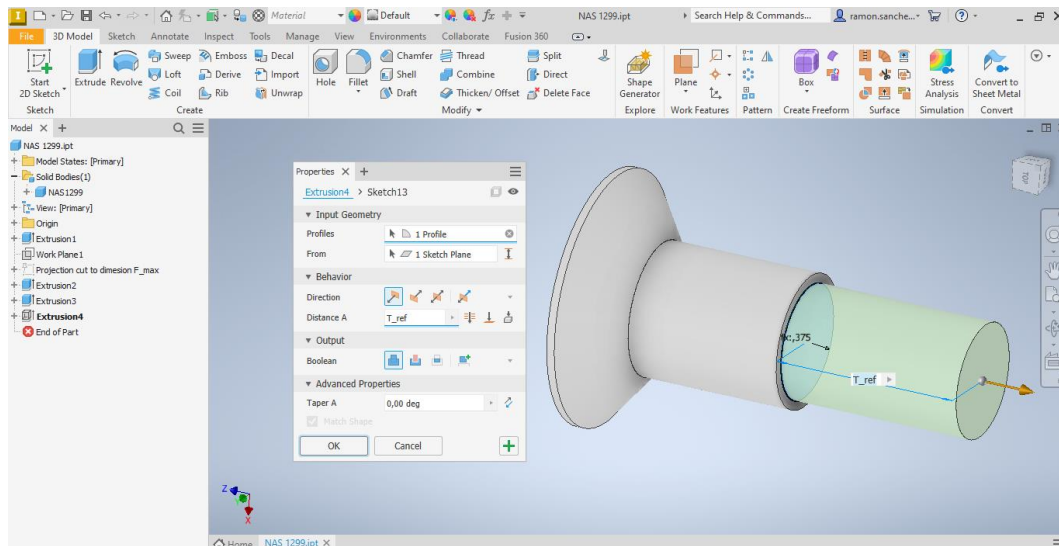



Ilustración 33: Operación Extrusion4

Ya finalizada la geometría general exterior, las siguientes operaciones son realizadas para generar una geometría específica de cada zona. En este apartado la operación de modelar la superficie que irá roscada se ha finalizado por lo que se podrá seguir en el siguiente apartado roscando la superficie actual.

5.2.5 Roscado del cuerpo del tornillo


Una vez terminada la geometría exterior se puede empezar a rematar los pequeños detalles del modelado, es decir, generar el resto de geometría que da al modelo un aspecto más realista que se añade porque la norma lo exige y se tienen parametrizadas sus dimensiones.

El primer detalle para dar es el roscado de la parte final del tornillo, la generada en el apartado anterior, Ilustración 33, esta zona viene específica por la norma que debe de ser roscada y con una dimensión exacta para que el software pueda generarla sin errores por dimensiones no coherentes para un tamaño de roscado específico. Las roscas en tornillos solo se pueden generar de una única manera con un comando específico, el comando de roscas exteriores , este comando permite generar roscas exteriores o roscas macho. Para poder emplear el comando es necesario clicar sobre él y seguido seleccionar la superficie que se desea roscar, lógicamente esta superficie debe de ser cilíndrica ya que sino Inventor va a dar un error al no poder generar la rosca.

En la Ilustración 34 se puede ver la configuración de la operación de roscado y se muestra la zona seleccionada a roscar, de color azul, con una previsualización de la rosca. Inventor automáticamente, si la dimensión de la sección circular es la correcta, va a generar automáticamente la rosca ligada al

diámetro de la superficie cilíndrica, aunque también se puede modificar manualmente. El apartado “Threads” proporciona la información que se puede seleccionar para elegir la rosca deseada:

- **Type:** tipo de rosca, es la designación según la normativa que se desee usar, en el caso del NAS1299 al ser americano usa la normativa ANSI.
- **Size:** tamaño, diámetro nominal de la rosca que se quiera, en este caso especificada por la norma, este tamaño tiene que ser coherente con el diámetro de la superficie a roscar ya que podría dar errores al crearlo.
- **Designation:** designación, hace referencia al diámetro seleccionado antes (en valor de fracción), a el paso de hilos por pulgada y si es rosca fina (UNF) o gruesa (UNC).
- **Class:** clase, la clase A representa roscas externas sobre el eje del tornillo y su graduación de valores (1,2 y 3) representa la clase de tolerancia, siendo el tamaño 1 el de mayor tolerancia al tener más juego y el de clase 3 el de menor tolerancia usado para mayores precisiones.
- **Direction:** dirección, si el roscado es en sentido horario (R) o antihorario (L).

También se puede especificar en el apartado “Depth” (profundidad) el valor de la dimensión de roscado deseada o se puede seleccionar la opción  que rosca toda la superficie seleccionada hasta que encuentre una discontinuidad en la sección.

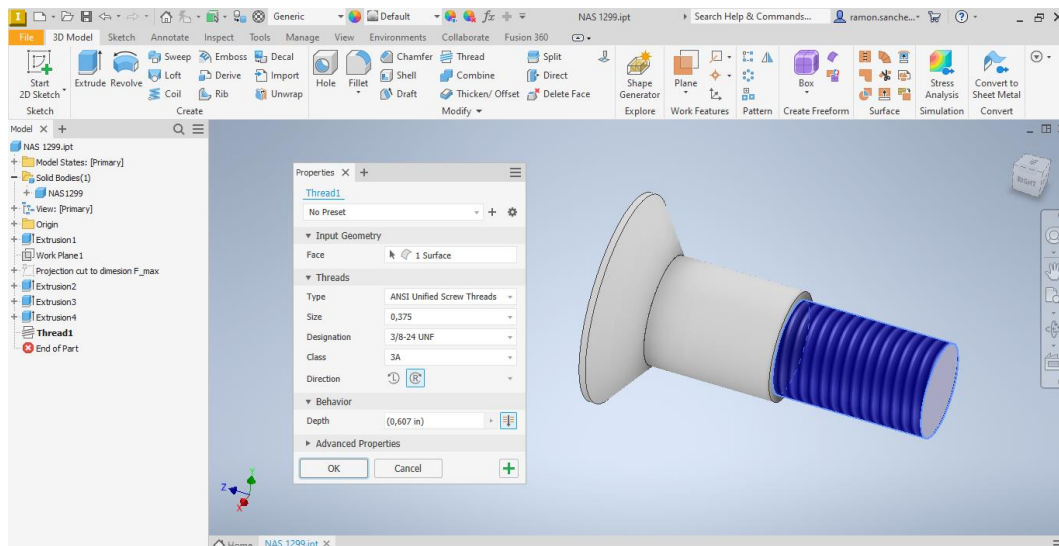



Ilustración 34: Operación Thread1

Ya finalizada la operación de roscado se puede proseguir con el resto de los detalles para dar al elemento normalizado un aspecto más refinado.

5.2.6 Solevado de la cruz en la cabeza del tornillo

Nuestro tornillo de cabeza Phillips tiene unas ranuras en la cabeza con forma de cruz, cuya finalidad es la de poseer un alojamiento donde posteriormente entrará el cabezal de un instrumento de atornillado para poder ejercer una fuerza de torsión sobre el tornillo y poder atornillarlo en la posición que se desee.

Para poder realizar esta operación, debido a que la geometría posee un cambio de sección disminuyendo esta, en el sentido del flujo de trabajo, se necesita el uso de un nuevo comando, ubicado también en la pestaña de modelado 3D, llamado **solevación** . Las operaciones de solevación son operaciones de creación de geometría que fusionan varios perfiles, llamados secciones, y realizan su transición a formas suaves entre perfiles o caras de piezas. Las secciones pueden ser curvas en bocetos 2D o 3D, aristas de modelo o contornos de caras. Puede utilizarse raíles, o bien un eje y la unión de puntos, para controlar la forma y evitar la torsión.

Para realizar la solevación requerida es necesario tener, como se ha indicado antes, mínimo dos secciones para poder generarse, estas secciones que se basan en perfiles creados en bocetos tienen que estar en diferentes posiciones espaciales ya que si se superpusieran daría error al generar la operación, al necesitar dos posiciones diferentes va a ser necesario generar otro plano de trabajo para apoyar la segunda sección.

La dimensión de la profundidad a la que tiene que estar el plano y las dimensiones de la geometría de la cruz no vienen en la norma NAS1299, sino que como viene indicado en la Ilustración 19 es necesario obtener estos valores de la norma **NAS7100**, que ya se habían buscado previamente para poder introducir su valor en los parámetros.

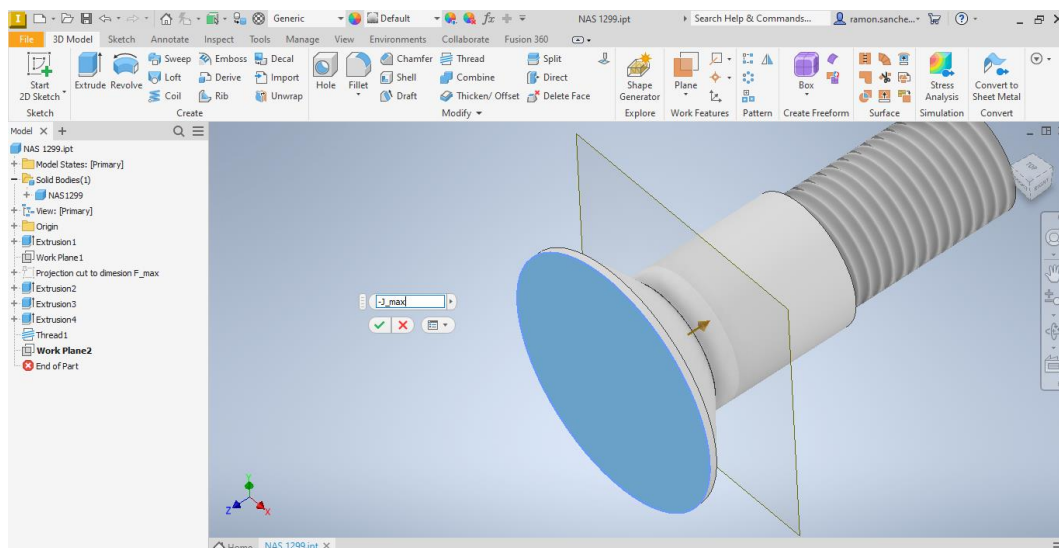


Ilustración 35: Creación plano de trabajo 2

Como se observa en la Ilustración 35 se genera el plano de trabajo, llamado "Work Plane 2" (plano de trabajo 2), a partir de la cara principal donde ira la primera sección, en la dirección del flujo de trabajo y vinculándolo con el

parámetro “J_max” que nos da la profundidad del plano según la normativa NAS7100.

Una vez se haya creado el plano en el que ira dibujada la segunda sección, se puede empezar a realizar los bocetos. El primer boceto apoyará en la cara inicial de la cabeza del tornillo y tendrá la geometría que se observa en la Ilustración 36, con forma de cruz y parametrizada por las dimensiones especificadas en la normativa NAS7100, este boceto, denominado “Sketch4”, se considerará la primera sección para la operación de solevación.

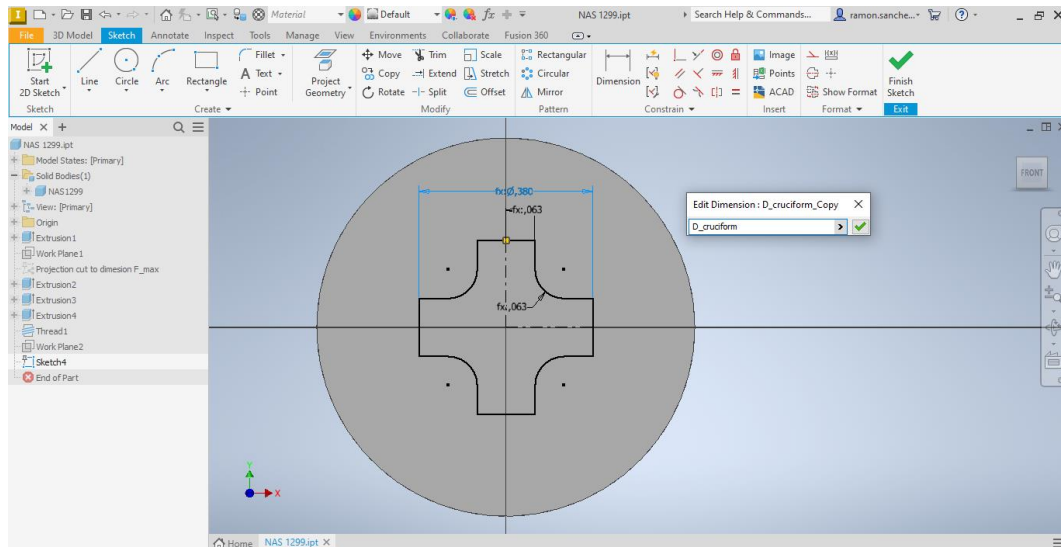


Ilustración 36: Acotación primer boceto para la solevación, cruz

Creada la primera sección se procede a generar la segunda, para ello es necesario apoyar el boceto en el plano de trabajo que se ha creado recientemente.

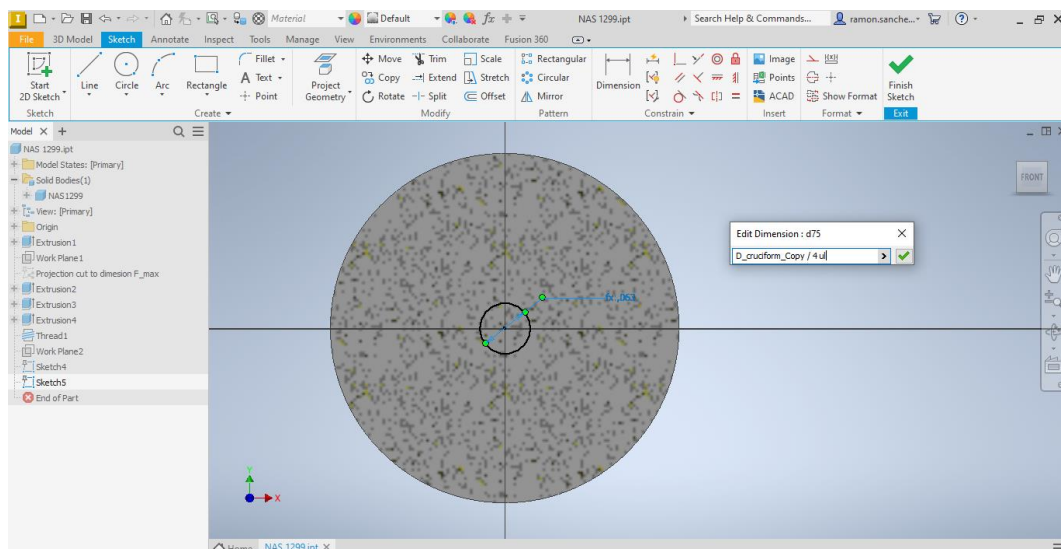



Ilustración 37: Acotación segundo boceto para la solevación, circunferencia

El plano de trabajo corta a la sección cilíndrica no roscada cuya sección es un círculo, nuestro segundo boceto, Ilustración 37, especificado por normativa es

un círculo, debido a facilitar el futuro proceso de mecanización de los tornillos, la posición del círculo se puede restringir respecto del centro o concéntrica a la sección circular que corta el plano, mientras que su restricción dimensional es debida a una formula respecto al diámetro de la cruz. Este segundo boceto se ha llamado “Sketch5”.

Ya creadas las dos secciones que va a formar la solevación, se puede seleccionar el comando, este abrirá una nueva ventana en la que se seleccionarán, en el apartado “Sections” (secciones), los bocetos que se acaban de crear en el orden de creación para que la dirección de solevación vaya en el mismo sentido que el flujo de trabajo. Es importante seleccionar la acción de cortar , como ocurría en la segunda operación de extrusión, ya que se busca eliminar la geometría creada del solido inicial. En la Ilustración 38 se muestra como completar los requerimientos de la operación.

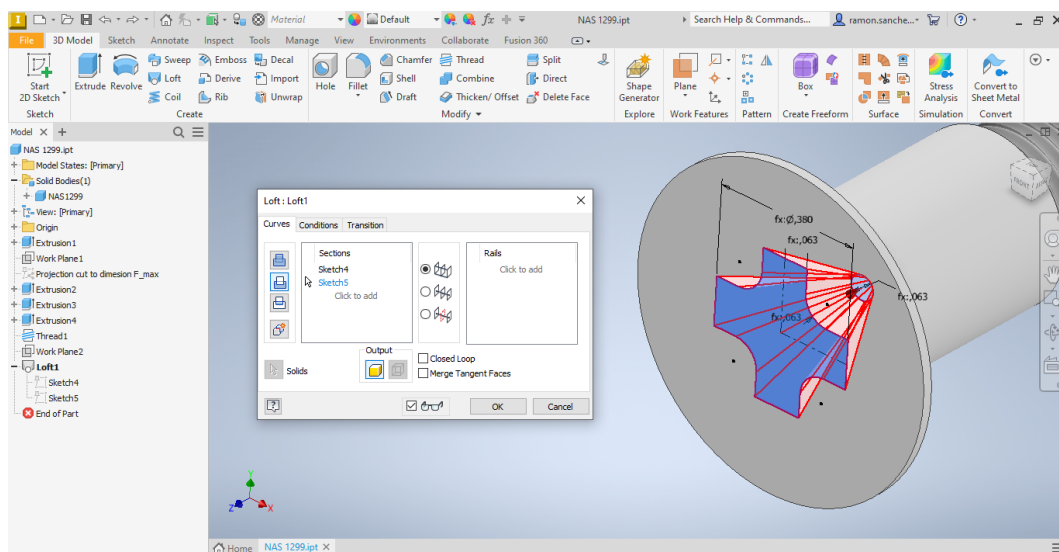


Ilustración 38: Operación de solevación, Loft1


Esta operación es la más difícil de controlar ya que secciones con geometrías complicadas pueden generar solidos no coherentes y sería necesario añadir muchos elementos de soporte como guías o línea de centros. La geometría necesaria para la cabeza del tornillo se genera perfectamente sin errores y esto es algo importante ya que posteriormente cuando se generen sus distintas combinaciones, es necesario que este todo bien restringido y que recalculen bien el solevado como ocurre en esta situación.

5.2.7 Redondeo cabeza-cuerpo del tornillo

Los redondeos son de las últimas operaciones a realizar ya que se añaden con una función, facilitar el mecanizado de las zonas del tornillo con peor accesibilidad, por lo que siendo importante se especifica en la norma.

El comando para realizar redondeos se encuentra en la pestaña de modelado 3D con el nombre “Fillet” (redondeo). Hay diferentes formas de realizar un redondeo, pero debido a las dimensiones de la geometría requerida la cabeza y el cuerpo no roscado del tornillo no convergen en una única arista que se pueda seleccionar para realizar un redondeo en ella, por lo que al haber un

salto de dimensiones se tiene que recurrir a un comando de redondeo más específico.

El comando “Face Fillet”  es una operación que se encuentra en el desplegable del icono “Fillet”, esta operación permite seleccionar dos caras, que en sus proyecciones se vayan a cortar, e Inventor con esas dos caras genera un redondeo pudiendo especificar el radio de dicho redondeo. El redondeo debe tomar unos valores lógicos para que pueda ser generado, ya que si excede en dimensiones o es demasiado pequeño el software no va a poder generarle al no haber superficie donde se pueda apoyar y en este caso se mostraria un mensaje de error.

Sabiendo el comando que es necesario y donde se ubica ya se le puede seleccionar, una vez seleccionado se abre una ventana de requerimientos de operación muy simple, los dos primeros requerimientos hacen referencia a las caras entre las cuales va a ser necesario generar el redondeo, mientras que el tercero pide el valor del radio a generar, en este caso el valor es dado por la norma por lo que le podemos vincular con el parámetro correspondiente.

En la Ilustración 39 se observa cómo se han rellenado los requerimientos, las caras que se han seleccionado en distintas tonalidades de azul y una previsualización del redondeo.

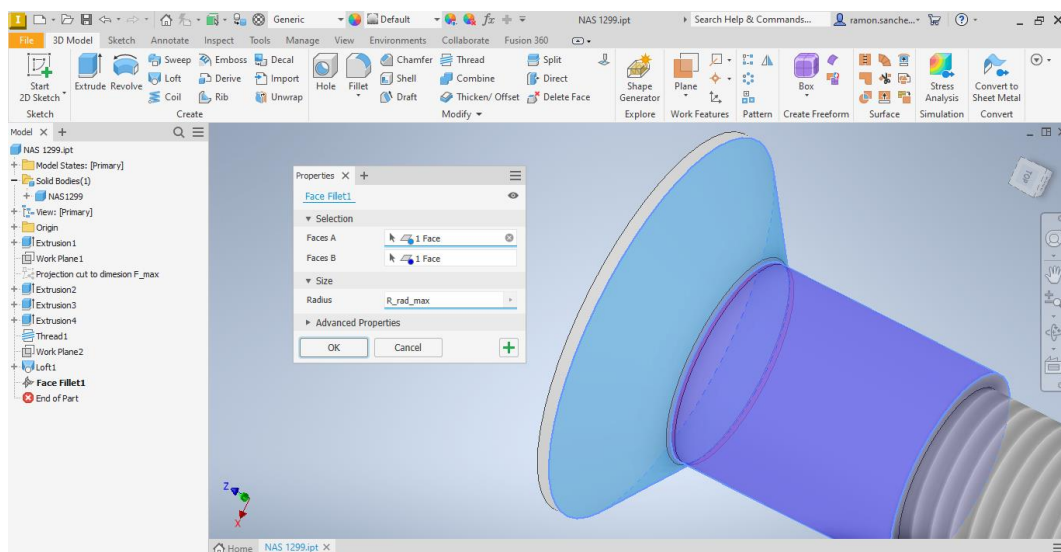



Ilustración 39: Operación Face Fillet1




5.2.8 Chaflan parte final del roscado del tornillo

Los chaflanes, al igual que los redondeos, son las últimas operaciones para realizar debido a que se añaden para dar una función específica. La función de un chaflan en tornillería es matar las aristas vivas y facilitar el centrado respecto a las roscas donde se vaya a atornillar, al ser una operación importante la norma específica las dimensiones del chaflan.

La operación para realizar chaflanes se encuentra en la pestaña de modelado 3D, al lado de la de realizar redondeos, el nombre del comando es “Chamfer” (chaflan) , este comando permite matar aristas de extremos, pero como se ha mencionado antes la principal función en tornillería es facilitar el centrado

a la hora de atornillar, por esta razón las tuercas tienen dimensionalmente el mismo chaflán a la entrada de la rosca para un mismo tipo de rosca.

Sabiendo la ubicación del comando, se clickea sobre él y se abre la ventana de requerimientos para esta operación. Dentro de la operación chaflán se pueden encontrar 3 tipos que se diferencian principalmente en la forma de acotar dimensionalmente el chaflán:

- **Distancia** : conocida una distancia, Inventor genera el chaflán con ese valor en ambas direcciones de la arista seleccionada.
- **Distancia y ángulo** : conocida una distancia y un ángulo, el chaflán que genera Inventor sobre la arista seleccionada en una zona va a ser el valor de la distancia y la otra la resultante de la inclinación dada por el valor del ángulo.
- **Dos distancias** : conocidas dos distancias, Inventor genera el chaflán con esos valores en las direcciones específicas para valor sobre la arista seleccionada.

La información que proporciona la norma solo permite conocer una distancia por lo que el tipo de chaflán que se emplea es el de distancia, se selecciona la arista deseada (arista final del tornillo de la zona roscada) y se vincula el valor dimensional del chaflán con el parámetro correspondiente, sin ningún error se genera la operación correctamente.

La Ilustración 40 muestra cómo se rellenan los requerimientos y una previsualización del chaflán, en color rosa, con la dimensión vinculada.

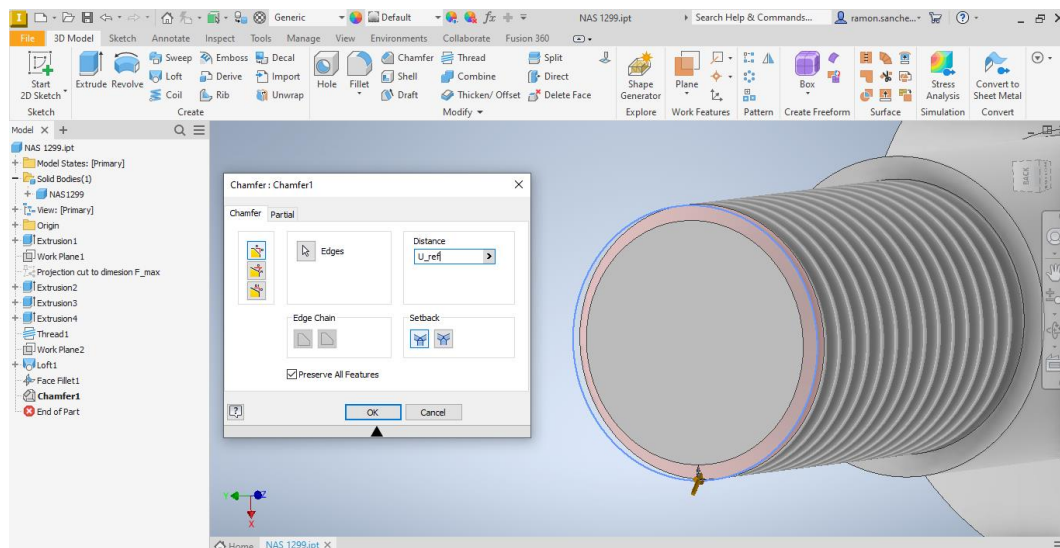


Ilustración 40: Operación Chamfer1

5.2.9 Orificio pasador de seguridad

La norma NAS1299 pertenece a las normativas estadounidenses de aviación, todos los elementos relacionados con aeronáutica necesitan aportar la mayor seguridad posible a las fijaciones que se vayan a realizar, por esta razón la mayoría de los elementos normalizados específicos de aviación tienen ciertas peculiaridades geométricas para favorecer la seguridad en las uniones que realicen.

El estándar que se está modelando cuenta con un orificio en la parte inferior, exactamente en la parte roscada del elemento. Los orificios en las zonas roscadas sirven para una vez que dicho tornillo se haya instalado en la zona deseada y se haya apretado la fijación con la tuerca específica, para este tipo de tornillos de seguridad es necesario emplear tuercas almenadas, se introduce, entre las almenas de la tuerca y el orificio del tornillo, un pasador. Las almenas y el orificio deben de estar coincidentes para que el pasador no tenga problemas en el montaje. El pasador en el sistema de fijación será el que proporcionará la seguridad de unión ya que impide que la tuerca almenada se desenrosque respecto del tornillo.

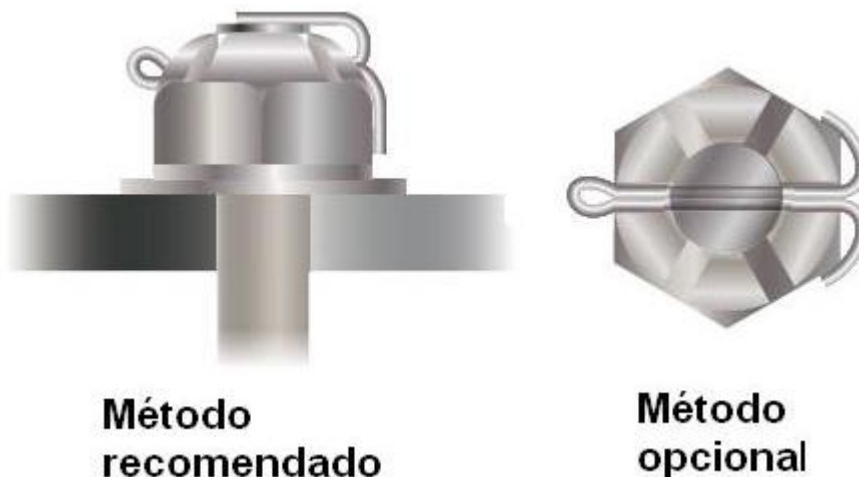



Ilustración 41: Método de inserción de un pasador en tornillos perforados

Para realizar el orificio podría realizarse con el comando específico de agujero , pero a la hora de limitar la profundidad genera problemas, por lo que se va a realizar con una extrusión negativa. Para realizar la extrusión se necesita crear el boceto correspondiente y para ello es necesario conocer el plano en el que se va a apoyar, no es necesario crear un nuevo plano ya que se puede apoyar en el plano de simetría del tornillo, el plano YZ. En el boceto se crea el perfil circular y se restringe según indica la norma con las dimensiones parametrizadas, el diámetro (K_{dia}) y la distancia desde la cara final de la geometría roscada (M).

Las cotas dimensionales vinculadas con parámetros restringen la posición del perfil circular, pero este no está totalmente restringido ya que la posición de su centro en la coordenada Y tiene libertad por lo que para terminar de restringir su posición se va a hacer coincidente el centro del círculo con la línea amarilla horizontal, que se visualiza en la Ilustración 42, la que corresponde con la proyección del plano XZ.

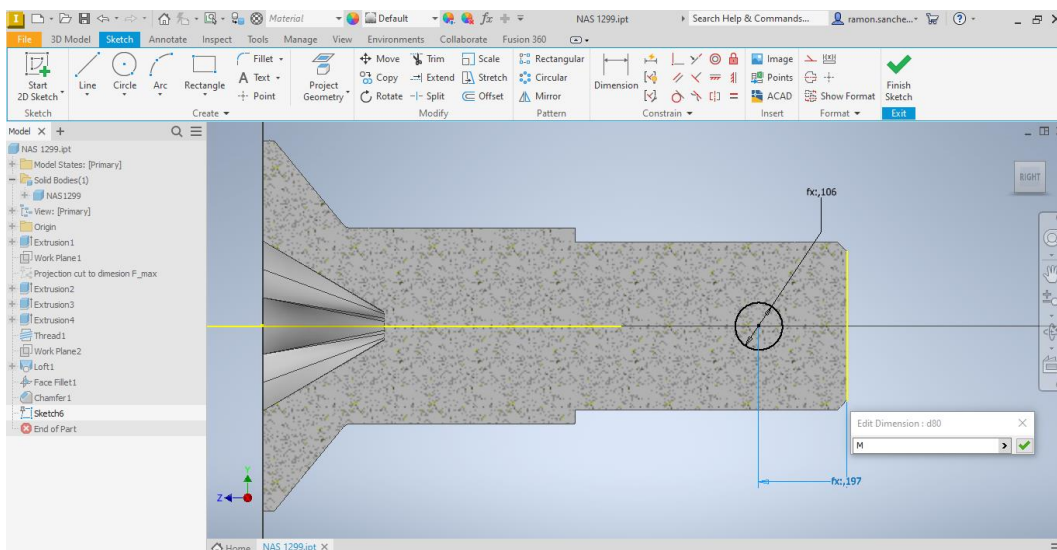




Ilustración 43: Acotación orificio zona roscada

Una vez generado el boceto y totalmente restringido, como se muestra en la Ilustración 42, se puede realizar la extrusión negativa. La extrusión negativa no es un comando diferente, sino que en el apartado de operación booleana se elige la opción cortar para que Inventor reste la operación actual al sólido completo. Ya seleccionada la operación extrusión y el boceto deseado se abre la venta de requerimientos de la operación, la Ilustración 43 muestra como completar los requerimientos necesarios, ya especificada el tipo de operación booleana necesaria lo último que falta sería restringir la profundidad. El boceto con el perfil circular al estar situado en el plano de simetría es necesario que la extrusión negativa se realice en ambos sentidos simétricamente , y al no tener una dimensión específica, pero sabemos que tiene que cortar a toda la geometría, se elige la opción de cortar todo .

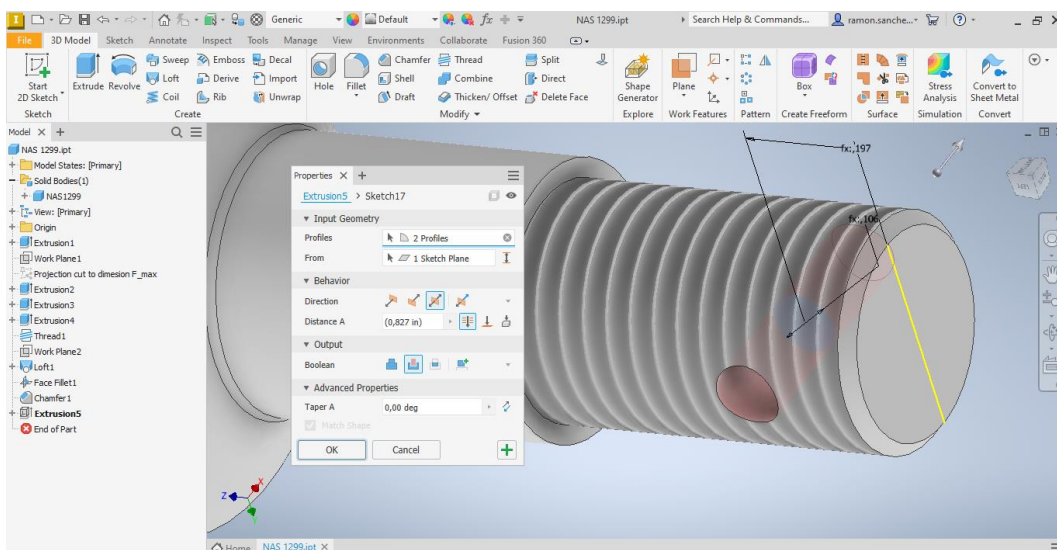



Ilustración 42: Operación Extrusion5

Ya realizada la operación del orificio solo queda una operación más por realizar que sería la ranura del fin de rosca.

5.2.10 Ranura fin de rosca del tornillo

La última operación para realizar es una ranura que delimita la zona roscada, esta ranura se realiza ya que hay un cambio de sección entre la parte roscada y la no roscada, debido a esto en los procesos de mecanizado para hacer el roscado se necesita espacio para poder retirar la herramienta sin dañar el resto de la geometría que no se rosca.

Para realizar esta operación, al necesitar eliminar material de una zona que ya tiene geometría y su superficie es cilíndrica, se requiere emplear una operación que permita generar una geometría la cual elimine todo lo necesario sin modificar la superficie cilíndrica en las zonas que no se desee, ya que es importante que la geometría esté acotada siguiendo las especificaciones que la norma indica como viene en la Ilustración 19.

El comando a emplear es uno ubicado en la pestaña de modelado 3D llamado "Revolute" (revolución) , esta operación permite generar geometría haciendo sobre un boceto, una revolución. La revolución puede ser de los ángulos que el usuario seleccione, y se rota sobre el eje que se especifique. Para poder generar la operación es necesario crear el perfil en un boceto, en la Ilustración 44 se observa el perfil, este perfil viene de la norma y las dimensiones para poder restringirlo vinculándolo a parámetros, también.

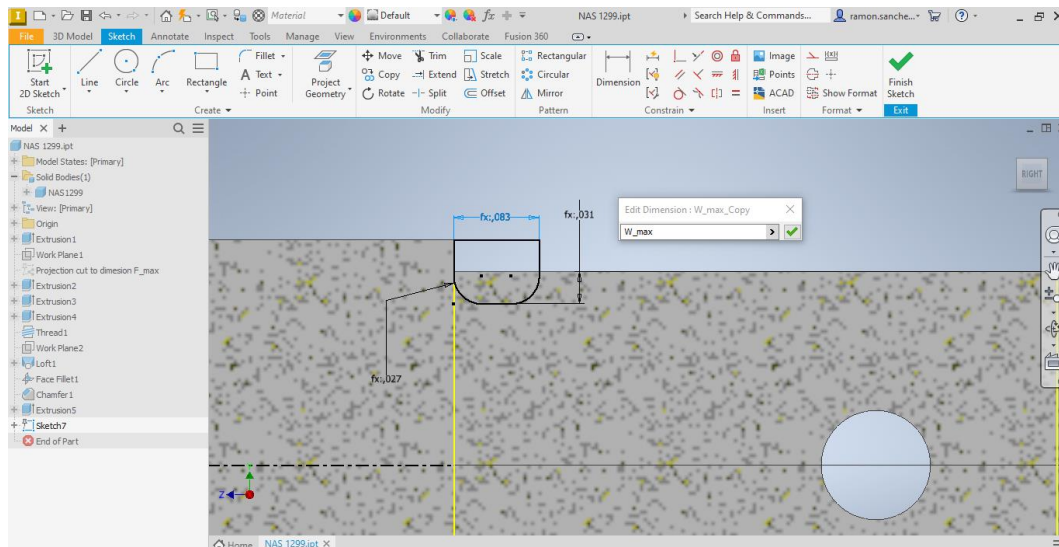


Ilustración 44: Acotación boceto de la geometría a revolucionar

Una vez finalizado el boceto se selecciona el comando correspondiente y al seleccionar el perfil a revolucionar se abre la ventana de requerimientos, en la Ilustración 45 se muestra como rellenar dicha ventana, el siguiente requerimiento necesario es el eje de revolución, para ello se puede crear o se puede seleccionar una cara cilíndrica y automáticamente nos genera el eje concéntrico a la cara cilíndrica. Es necesario indicar los ángulos de la revolución, en el caso actual se necesita la revolución completa para eliminar material uniformemente y por último el apartado de la operación booleana se selecciona cortar para poder eliminar material del sólido.

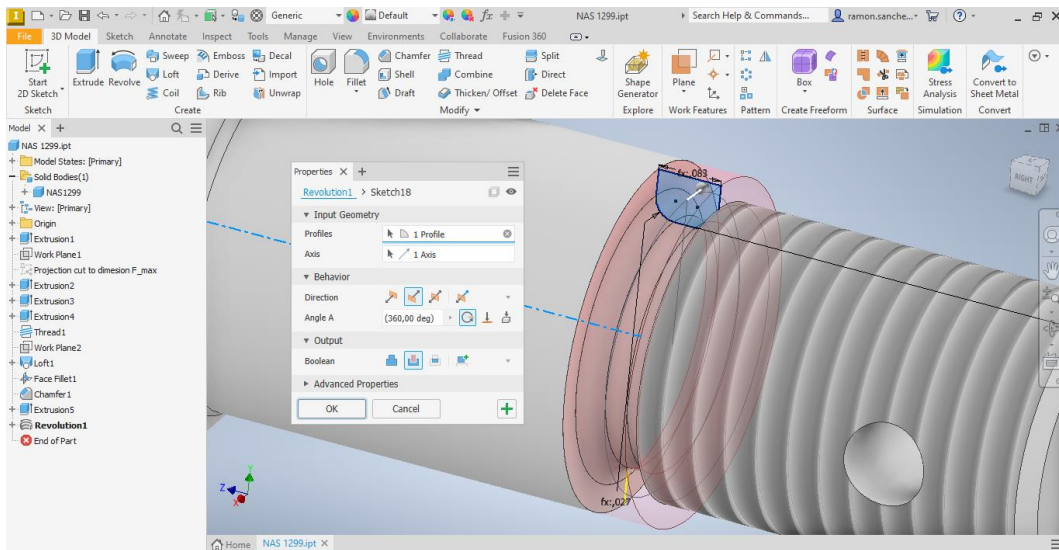


Ilustración 45: Operación Revolution1

Con esta última operación ya realizada se ha completado el modelado de la geometría del tornillo proporcionando a este un aspecto más coincidente con la realidad. Es importante una vez finalizado volver a comprobar que tanto los bocetos como las operaciones se han dimensionado y vinculado a los parámetros correctamente, ya que posibles errores en el modelado posteriormente podrían generar geometrías no deseadas en las diferentes configuraciones del elemento normalizado, aunque visualmente se podrían distinguir rápido los errores es mejor prevenir el fallo.

Ya modelada y revisada toda la geometría el resultado es similar al especificado en la norma, en la Ilustración 46 se muestra el resultado final del modelado en Inventor.

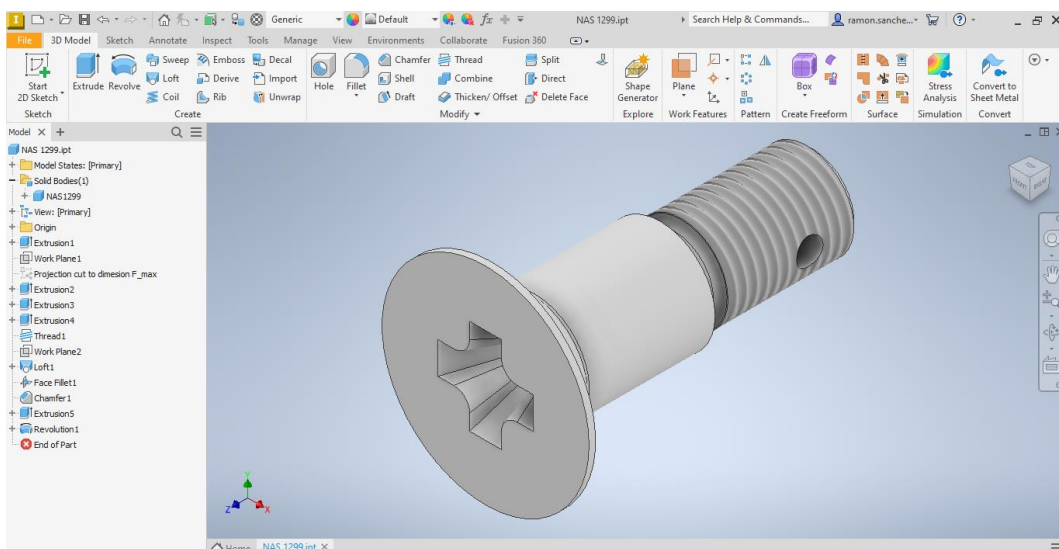


Ilustración 46: Geometría completa del elemento normalizado

En el próximo apartado se muestra el árbol de operaciones al completo, visualizando el número de operaciones a realizar, los bocetos correspondientes y geometría auxiliar creada.

5.2.11 Árbol de operaciones

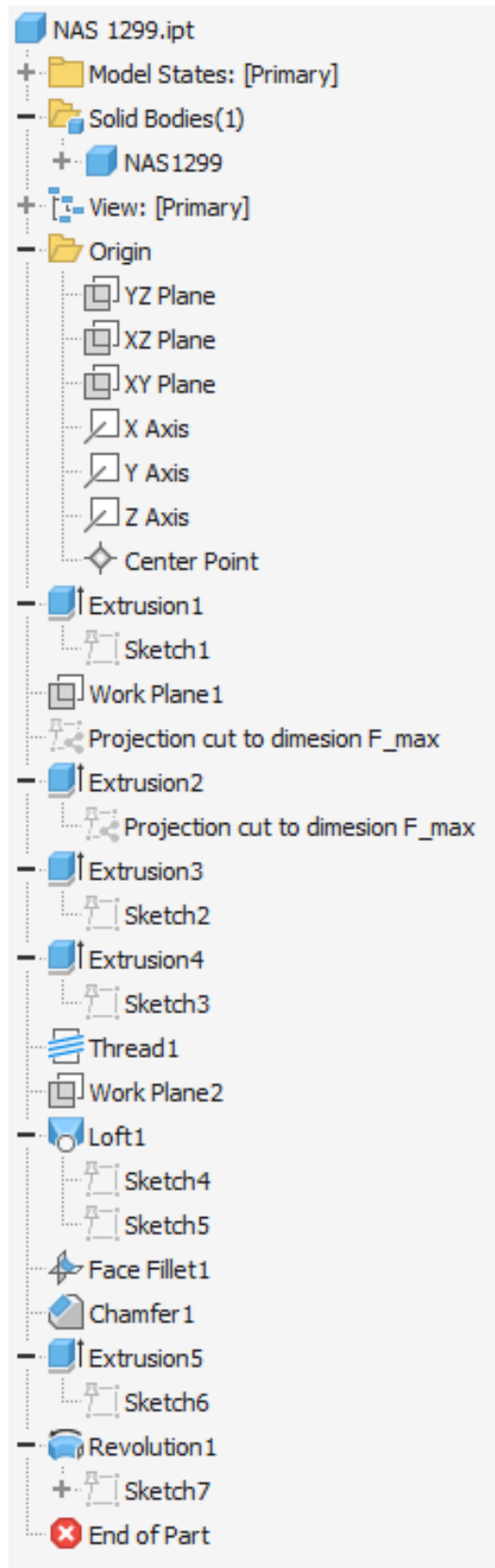




Ilustración 47: Arbol de operaciones del archivo NAS1299

5.3 Asignación del material

Previamente creada la geometría, en los apartados anteriores, se puede empezar a aplicarle propiedades al elemento modelado. El material creado esta almacenado en la librería de Inventor, por lo que con el comando de material se puede comprobar que dicho nuevo material aparece y que sus propiedades físicas son las requeridas por la norma.

Para poder acceder al comando de material es necesario ir a la pestaña “Tools” (herramientas) y clicar sobre el icono correspondiente, pero también se puede acceder a la lista de materiales con un acceso rápido que aparece en la parte superior de la interfaz de Inventor con el mismo icono que en la paleta correspondiente.

Una vez se presione el comando para acceder a los materiales se abrirá una ventana llamada “Material Browser” (buscador de material), Ilustración 48, que contendrá toda la información acerca de los materiales disponibles en la biblioteca de Inventor y los que el usuario haya creado. La ventana del comando de materiales se divide a su vez en dos partes:

- Document Material: documentos de materiales, esta sección se sitúa en la parte superior de la ventana, en ella van a aparecer: los materiales que se hayan incorporado de la biblioteca de Inventor al propio archivo pieza, los materiales de la biblioteca que hayan sido modificados y los que el usuario haya creado. Esta sección sirve como un almacén de materiales que hayan sido ejecutados por el usuario y se irán almacenando todos los que se prueben, pero se pueden borrar.
- Inventor Material Library: librería de materiales de Inventor, en la sección inferior de la ventana lo que aparece es una lista de los materiales que Inventor tiene almacenados, y que son los más comunes, estos materiales ya están creados y solo con llevarlos a la sección superior, la explicada en el punto previo, Inventor ya permite asignarle al elemento modelado. Para subir un elemento a la sección superior hay dos opciones subirle o subirle y editarle, se hacen con los comandos   que aparecen si posicionas el ratón encima del material deseado.

Actualmente el sólido modelado no tiene asignado ningún material por lo que en el apartado documentos de material estará de color azul “Generic” (genérico), pero si se quiere asignar el nuevo material, Alloy Steel per MIL-S-7839, se debe hacer doble clic sobre él y automáticamente cambiaran las propiedades y color del material. El color del material se debe a la apariencia que tiene por defecto el material Alloy Steel, pero cuando posteriormente se le aplique los acabados superficiales, esa apariencia cambiara a la que realmente la norma específica.

El material, al ser un acero, Inventor lo liga con los materiales que tiene por defecto en su librería dándole una apariencia “Semi-Polished” (semipulido) y de color gris metal, pero como se ha comentado antes, la norma NAS1299 especifica que el acabado superficial de nuestro elemento es un recubrimiento de cadmio. Inicialmente el tornillo antes de exponerle al recubrimiento

especifico puede que tuviera la apariencia actual, pero al necesitar aplicarle las apariencias requeridas el elemento no tendrá el mismo aspecto físico que en la situación actual.

En la Ilustración 48 se observa el elemento modelado con el material asignado y la apariencia ligada a ese material.

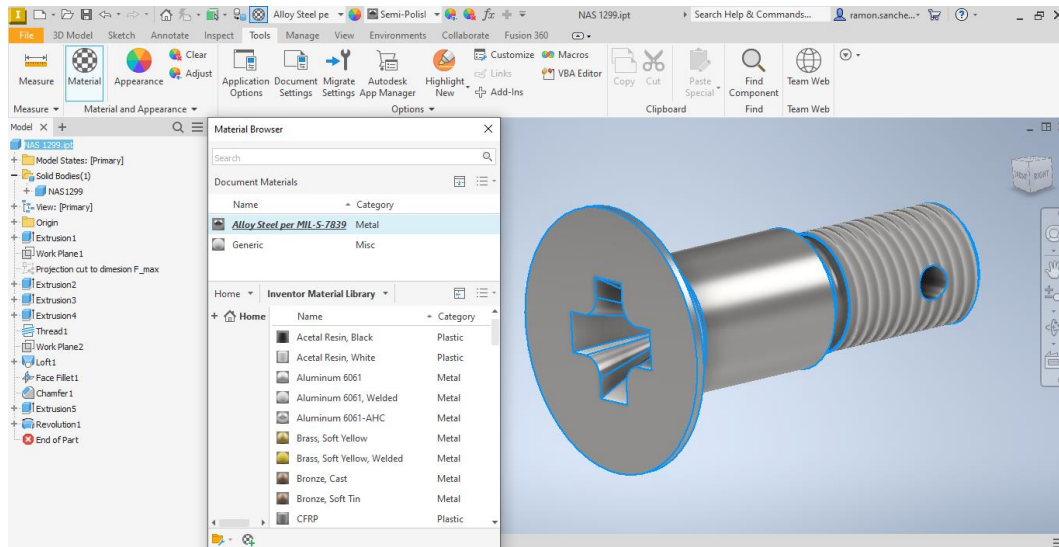


Ilustración 48: Asignación del material

Debido a que todo el modelado de la geometría se ha cumplido y se le ha asignado el material correspondiente, en el próximo apartado se le asignará el acabado superficial para dar ya por finalizado el orden de operaciones para crear un elemento normalizado, y poder empezar con las diferentes configuraciones del estándar seleccionado.

5.4 Asignación de acabados superficiales



Asignado el material al elemento normalizado, en el apartado anterior, ya se le especifican las propiedades físicas debido a una combinación del volumen propio del tornillo junto con el material seleccionado. Teniendo definidas las propiedades físicas lo último que queda por asignarle es el acabado superficial.

El acabado superficial en elementos son tratamientos de refuerzo al material base de dicha maquinaria o producto, y que en muchos casos forman una capa protectora adicional ante los diferentes entornos a los que va a ser expuesto dicho elemento, esta capa protectora es de espesor muy pequeño por lo que normalmente se mide en micrómetros. Aunque en la realidad los acabados superficiales pueden generar pequeñas modificaciones de las propiedades físicas, las apariencias que se añaden en Inventor solo proporcionarían diferentes visualizaciones de las capas exteriores del elemento, por lo que el uso de estas apariencias es a modo de información visual ya que elementos iguales, pero con diferentes apariencias son más fáciles de diferenciar debido a sus combinaciones diferenciadas por los acabados superficiales.

Para poder acceder a la librería de apariencias de Inventor hay dos opciones, igual que ocurría con los materiales en el apartado anterior, acceder clicando sobre el comando apariencia en la pestaña de “Tools” (herramientas) o en el acceso rápido situado en la parte superior de la interfaz de Inventor.

Una vez se haya seleccionado el icono correspondiente se abrirá una ventana en la que se puede observar que aparecen una gran variedad de distintas apariencias tanto las que el usuario ha creado como las que aparecen en la propia librería de Inventor. Las apariencias almacenadas en la librería son apariencias referenciadas a materiales, es decir al igual que ocurría en el apartado anterior al ser el material una aleación de acero Inventor lo vinculaba con una apariencia, pues dicha apariencia se encuentra en esta librería.

Si se observa la ventana de apariencias llamada “Appearance Browser” (buscador de apariencias), en las Ilustraciones 49 y 50, se pueden visualizar dos zonas, al igual que en la ventana de materiales explicada en el punto previo:

- Document Appearances: documentos de apariencias, esta sección se sitúa en la parte superior de la ventana, en ella van a aparecer: las apariencias que se hayan incorporado de la biblioteca de Inventor al propio archivo pieza, las apariencias de la biblioteca que hayan sido modificadas y las que el usuario haya creado. Esta sección sirve como un almacén de apariencias que hayan sido ejecutadas por el usuario y se irán almacenando todas las que se prueben, pero se pueden borrar.
- Inventor Material Library: aunque el nombre hace referencia a la librería de materiales de Inventor al estar en esta ventana lo que se selecciona son apariencias, en la sección inferior de la ventana lo que aparece es una lista de las apariencias que Inventor tiene almacenadas, y que son las más comunes, estas apariencias ya están creadas y solo con llevarlas a la sección superior, la explicada en el punto previo, Inventor ya permite asignarlas al elemento modelado. Para subir un elemento a la sección superior hay dos opciones subirle o subirle y editarle, se hacen con los comandos   que aparecen si posicionas el ratón encima de la apariencia deseada.

Como se observa en las imágenes, en la zona superior de la ventana aparecen las apariencias que la norma requiere y a la derecha el elemento normalizado con las apariencias aplicadas.

- Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3: primera imagen, el elemento tiene una apariencia superficial de color negro.
- Cadmium plate per QQ-P-416, type II, class 2: segunda imagen, el elemento tiene una apariencia superficial de color gris.

Esta forma de trabajar permite fácilmente diferenciar los tipos de apariencias como en el caso actual al visualizarse que los colores son totalmente diferentes, facilitando al usuario poder diferenciar dos tipos de elementos diferentes. Aunque en ambos elementos la geometría sea la misma, debido a que las dimensiones son las mismas, el acabado superficial es diferente.

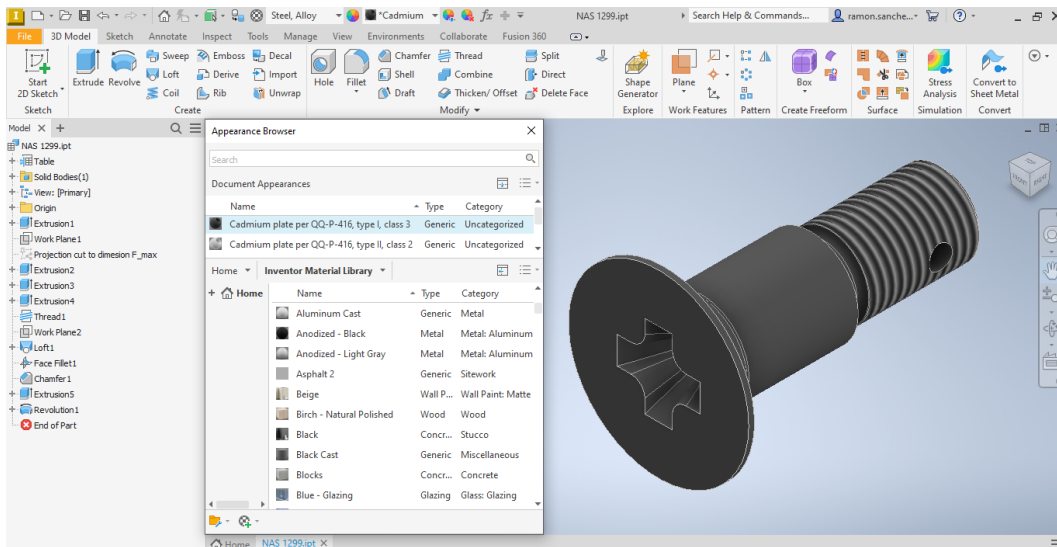


Ilustración 49: Apariencia Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3

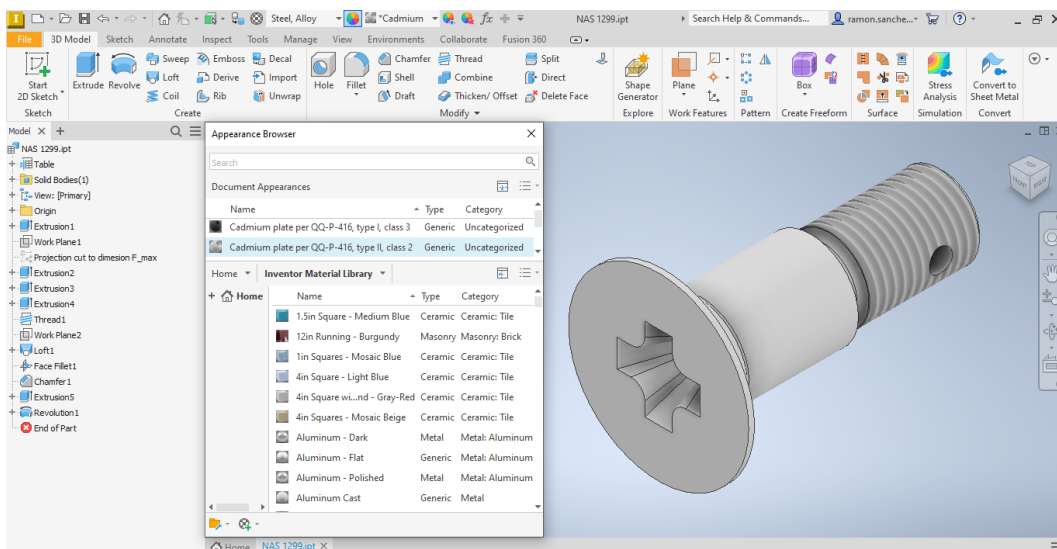


Ilustración 50: Apariencia Cadmium plate per QQ-P-416, type II, class 2

Las Ilustraciones muestran como el elemento se visualiza con ambas apariencias, pero debido a que cada configuración solo puede tener un acabado, Inventor solo permite tener una apariencia aplicada por lo que para esta configuración se aplicara solamente el primer caso y en los apartados posteriores con la herramienta IPart al crear las distintas configuraciones ya se podrán crear todas las opciones de geometría y apariencia que la norma específica.

Con este último paso ya se tiene todo el elemento totalmente modelado, se le ha aplicado el material y apariencia por lo que las propiedades físicas también las tiene asignadas. Esta configuración ya estaría para utilizar en el proyecto que se requiera, pero la norma tiene muchas más configuraciones y partiendo de este elemento ya modelado paramétricamente se podrán crear el resto de las configuraciones que es lo que se hará en los pasos posteriores.

6. Creación de las distintas configuraciones parametrizadas

El software Inventor es un programa de modelado paramétrico, este sistema de modelado le diferencia del resto de la competencia, Inventor vincula todo en el archivo mediante parámetros creados por el usuario o previamente creados por el software.

El sistema de trabajo que implementa Inventor permite modelar la geometría, dimensiones y materiales de manera que si se alteran las dimensiones la geometría actualiza automáticamente respecto las modificaciones. Este sistema de modelado es más intuitivo que otras herramientas más antiguas de modelado, en las que para cambiar dimensiones básicas era necesario empezar de cero. Lo que permite es ir actualizando los parámetros y variables, actualizando los cambios en la geometría rápidamente y sin errores, se modifica el diseño original facilitando así el trabajo y la generación del nuevo diseño, evitando procesos complejos.

La tecnología desarrollada por la empresa Autodesk para su software Inventor se llama iLogic, esta tecnología, cuya finalidad es hacer que el diseño sea más rápido y eficiente, abarca funciones en distintos módulos de trabajo del programa como son:

- iPart: genera familias con distintas combinaciones para archivos pieza, se explicará en el apartado posterior.
- iAssembly: genera familias con distintas combinaciones para archivos ensamblaje.
- iMates: permite crear reglas para insertar automáticamente restricciones de ensamblaje al insertar componentes.
- iFeatures: permite convertir una sola operación o una colección de operaciones en una operación que se puede volver a utilizar en otros archivos de pieza.
- iCopy: automatiza el proceso de copia y colocación de componentes similares en ensamblajes.

iLogic permite al usuario realizar un diseño basado en reglas, lo que proporciona un método sencillo para localizar las zonas comunes y reutilizar el trabajo, el uso común de las herramientas iLogic es para automatizar los procesos de diseño paramétrico y configurar las diferentes versiones de los elementos.

La metodología iLogic emplea reglas que se aplican directamente en los documentos de pieza, ensamblaje y dibujo. Las reglas permiten gestionar y controlan los parámetros y valores de la geometría de diseño. Mediante el control de los valores dimensionales, se puede definir el comportamiento de la geometría, las operaciones y los componentes de un modelo. La información creada por las reglas y su vinculación con los elementos del archivo se guarda y se almacena directamente en el documento en el que se están aplicando las

reglas, de la misma forma que se almacenan los elementos geométricos que se modelan.

Las reglas de iLogic pueden utilizar diferentes tipos de parámetro, bien sean parámetros creados por el usuario (“User parameters”) o parámetros disponibles que cree directamente Inventor, como texto, verdadero/falso o listas de valores múltiples. Puede utilizar los tipos de parámetro previamente mencionados para crear reglas que vinculen los valores de los parámetros con geometría, distintas operaciones o simplemente información, pudiendo contener otros valores de entrada además de los numéricos.

Una de las principales ventajas del uso de la tecnología iLogic es que permite a los diseñadores poder utilizar las funciones que proporciona Inventor sin necesidad de experiencia ni conocimientos en programación, ya que la principal finalidad es facilitar el trabajo sin necesidad de conocimientos más allá del modelado.

Las funcionalidades que nos permite iLogic para automatizar y facilitar los procesos son:

- Seleccionar y modificar las diferentes configuraciones de iParts o iAssemblies automáticamente en función de las instrucciones condicionales definidas en las reglas, valores que se hayan especificado para cada configuración.
- Activar partes y operaciones de archivos piezas o ensamblajes, o componentes y restricciones de ensamblaje, a partir de las reglas especificadas mediante argumentos para cada tipo de archivo.
- Actualizar y controlar automáticamente el valor y el tipo del roscado en la geometría específica cuando se produce un cambio en el tamaño de un agujero o de una varilla, debido a la selección de otra configuración de la geometría.
- Leer, escribir y reaccionar a las modificaciones en las características del material o en la apariencia superficial, aplicada a los distintos elementos del diseño, la masa o el volumen de las piezas y los parámetros de diseño.
- Actualizar la información de la lista de materiales cuando se realicen cambios del modelo que generen finalmente una configuración nueva.
- Limitar o autocorregir los valores paramétricos, bien sean numéricos o de texto, que introduce el usuario para comprobar que las configuraciones resultantes tienen coherencia, sin generar geometrías erróneas, y cumplen con los requerimientos de las normas y especificaciones del diseño.
- Leer y escribir en documentos de hoja de cálculo de Excel los valores que han sido creados y posteriormente modificados.

La implementación de la tecnología iLogic ha permitido que la creación de reglas y vinculaciones entre valores y geometría se haga de una forma más rápida y eficiente permitiendo un modelado más preciso, con menor tipo para la generación de configuraciones similares y reduciendo el número de errores al mínimo.

La generación de elementos normalizados aplicando esta tecnología facilita mucho el proceso, ya que para un mismo estándar hay multitud de configuraciones diferentes pero la geometría base es la misma debido a que solo cambian los valores dimensionales y las propiedades. Para un elemento normalizado al ser un archivo pieza es necesario utilizar la configuración correspondiente de iLogic en el caso actual el iPart, que se explicará en el siguiente apartado.

6.1 Tecnología iPart

La función que ejerce la tecnología iPart es una de las propiedades que caracteriza a Inventor por su diseño paramétrico, esta tecnología solo se encuentra disponible para los archivos pieza mediante el comando “Create iPart” (crear iPart) dicha función permite crear familias de piezas que difieren en tamaño, material u otras variables, pero cuya geometría de base es la misma. Un iPart es una pieza que se ha modelado vinculada a una tabla que configura distintas piezas, en este caso son piezas normalizadas ya que se rigen sus dimensiones por una norma, con los parámetros que se desea. La tabla se puede editar con Inventor o externamente en una hoja de cálculo, mediante el software Excel. Cada fila controla el valor de los parámetros, en el caso de estudio al ser elementos normalizados en cada fila es necesario incluir el valor que aparezca en el documento norma para cada configuración de dicho estándar, y cada columna representa los parámetros elegidos previamente para configurarlo con los valores previos. El tipo de información que un iPart puede incluir:

- Parámetros, creados automáticamente por Inventor o utilizando el comando parámetros para crear parámetros de usuario.
- Propiedades, permite incluir información, tales como número de pieza, referencia de almacén, elemento de vuelo... o propiedades que nosotros añadamos en el propio fichero pieza modificando este al añadir las propiedades necesarias o requeridas.
- Roscas, permite incluir distintas familias de roscas, designaciones, clases, direcciones y diámetros de agujeros.
- Operaciones de trabajo, permite activar o desactivar operaciones de trabajo o definir su estado de visibilidad.
- Materiales, permite generar una columna de materiales ligada a la propia biblioteca de Inventor, estos materiales pueden ser por defecto los que trae el software o los que haya añadido el usuario.
- Apariencia, permite generar una columna de apariencias ligada a la propia biblioteca de Inventor, estas apariencias pueden ser por defecto las que trae el software o las que haya añadido el usuario.


Una configuración de un elemento mediante la tecnología iPart genera varias piezas únicas, cada una partiendo de la geometría base, pero con su configuración específica. Todas las piezas generadas a partir de la inicial van a

pertenecen a un mismo conjunto, lo que en elementos normalizados se llama familias.

Cuando generamos un iPart a partir de una pieza se pueden generar diferentes configuraciones, ya que la norma especifica diferentes valores para las dimensiones, pero que están vinculadas a una pieza origen y dichas configuraciones se extraerán como archivos pieza diferentes, es decir cuando se extrae de la biblioteca el elemento normalizado deseado, el usuario selecciona la familia y luego dentro de la familia selecciona la configuración deseada o necesaria para su proyecto, pero cuando se incluye este elemento no se genera como el archivo pieza inicial sino como otro con las operaciones iguales o con las operaciones que la parametrización haya activado que guarda relación con nuestro archivo inicial pero sin llegar a ser el mismo.

Es importante entender este concepto ya que es posible la confusión con otra función bastante compleja del software Inventor, llamada "Model states" (estados del modelo). La tecnología iPart y los estados del modelo pueden parecer similares debido a que el comando iPart nos genera diferentes configuraciones, pero creándolas en elementos independientes y pudiendo posteriormente extraer de cada configuración un archivo pieza específico, mientras que los estados de un modelo permiten generar también diferentes combinaciones, variando parámetros y operaciones para cada distinta configuración, pero sin generar archivos pieza para cada variación deseada por el usuario.

Los estados del modelo permiten crear estados de fabricación, niveles de simplificación y más, en el mismo archivo, los modelos de estado al igual que iLogic permite emplearse en archivos pieza o ensamblaje.

Los estados del modelo se desarrollaron debido a la necesidad de implementación de algunas de las funciones más solicitadas por los usuarios al software. Los estados pueden crear múltiples representaciones de una pieza o ensamblaje dentro de un solo documento es decir sin necesidad de generar varios archivos como en el caso de la tecnología iPart. Este flujo de trabajo proporciona al usuario una manera más asequible de diseñar, administrar y fabricar los diseños, debido a que existen variaciones en un archivo, sin la necesidad de que el usuario este pendiente de la posibilidad de romper asociaciones entre archivos. Esto es una ventaja de los estados ya que con la tecnología iPart realizar una modificación en una operación afecta a todas las configuraciones, pudiendo generar errores en alguna de las variaciones. Los estados también tienen la posibilidad de generar las modificaciones en todas las configuraciones dependiendo de que estado este activado, el estado activo, en el que únicamente se van a realizar las modificaciones, se representa mediante el icono .

En la Ilustración 51 se muestra como generar un nuevo estado para una pieza por si fuera necesario ya que es un buen recurso. Para poder crear un nuevo estado es necesario clicar con el botón derecho sobre la carpeta "Model States" y se abrirá el panel de operaciones mostrado, pudiendo crear uno

nuevo con el comando “New” (nuevo), inmediatamente se creará un nuevo estado como se muestra en la ilustración, “Model State 1”.

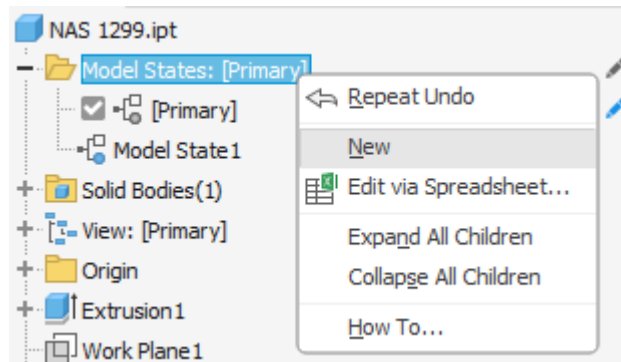


Ilustración 51: Creación de estados

Cada estado del modelo puede contener diferente información ya que cada estado es independiente del resto: dimensiones, características, componentes/lista de materiales, iPropiedades o parámetros.

Los modelos de estado se utilizan para representar: etapas de fabricación, niveles de simplificación, familias de productos y piezas ajustables o flexibles, este modo de representación facilita al usuario externo al diseño de la pieza poder comprender las funcionalidades de esta.

Como es observable tanto la tecnología iPart como los modelos de estado comparten gran cantidad de semejanzas por esta razón hay posibilidad de confusión, pero también es importante conocer esta función ya que puede llegar a ser útil al usuario en ciertas ocasiones.

Para la realización de elementos normalizados la función necesaria es la de la tecnología iPart ya que interesa la posibilidad de generar las diferentes combinaciones debido a la necesidad de posteriormente, en ensamblajes, necesitar únicamente el archivo tipo pieza específico con la configuración requerida. Como puede ser lógico, usar el comando iPart es excluyente de la posibilidad de generar modelos de estado, a parte del creado por defecto.

Conociendo ya las funcionalidades del comando iPart se van a realizar las configuraciones necesarias de nuestro elemento, pero previamente es importante conocer que se va a parametrizar (propiedades, parámetros, operaciones...).


6.2 Selección de características del modelo a parametrizar

Para poder emplear el comando iPart se necesita conocer que características del modelo se van a parametrizar ya que estas son las que va a ser necesario incluir en el comando. El comando iPart admite más características que únicamente parámetros geométricos o físicos, ya que a mayores se puede parametrizar propiedades del archivo pieza, aunque sean puramente informativas como el nombre de cada elemento o su descripción.

Las propiedades que se incluirán en el modelo van a ser las necesarias para que el usuario pueda obtener toda la información específica del elemento normalizado que quiera seleccionar, facilitándole todas las características y especificaciones de las normas e incluido parámetros informativos de ciertas condiciones especificadas, bien por el usuario o por la norma estándar del elemento.

6.2.1 Creación de propiedades personalizadas

Para poder generar propiedades de información creadas por el usuario, es necesario realizar una serie de pasos, ya que estas propiedades se van a crear en un lugar específico al ser solo de carácter informativo.

Lo principal es poder visualizar el árbol de operaciones del elemento normalizado que se haya modelado, por lo que para añadir las propiedades es necesario seguir en la interfaz de trabajo del archivo pieza. Una vez se visualice el árbol es necesario seleccionar el archivo general, este archivo tendrá el nombre del archivo pieza seguido de la terminación correspondiente al ser tipo pieza “.ipt”. El nombre del archivo ahora pertenece al elemento modelado que servirá como geometría base para el resto de las operaciones, pero una vez creado el iPart este nombre corresponderá con el de la familia (conjunto de configuraciones de un elemento normalizado). Para el elemento normalizado previamente modelado el icono que es necesario seleccionar es  NAS 1299.ipt

Una vez se haya seleccionado, a continuación, se hace clic derecho sobre él, esta acción selecciona todo el elemento modelado, ya que va a afectar a todo el sólido, y a mayores, como se observa en la Ilustración 52, permite generar una ventana como la mostrada. La ventana que se observa en la imagen permite realizar ciertas acciones sobre el elemento modelado, pero para poder crear las propiedades necesarias la función que se necesita es la que aparece en la ventana de un color grisáceo, “iProperties”. Este comando hace referencia a la tecnología iLogic implementada en Inventor dentro de la categoría iPart, ya que es el tipo de archivo pieza con el que se trabaja para modelar el elemento normalizado.

Los archivos de Autodesk Inventor tienen propiedades denominadas iProperties. Las iProperties se usan para rastrear y administrar archivos, crear informes y actualizar automáticamente listas de materiales de ensamblaje, listas de piezas de dibujo, bloques de título y otra información.

Las iProperties que informan sobre el autor y número de pieza se configuran automáticamente en nuevos modelos y archivos de dibujo, pero el resto de las propiedades es necesario que el usuario las configure o si no existen crearlas. Las propiedades para generar pueden ser de varios tipos como se verá posteriormente en la Ilustración 53, pero es importante saber que las propiedades pueden evaluar hasta expresiones relacionadas con valores paramétricos del modelo mediante distintas expresiones.

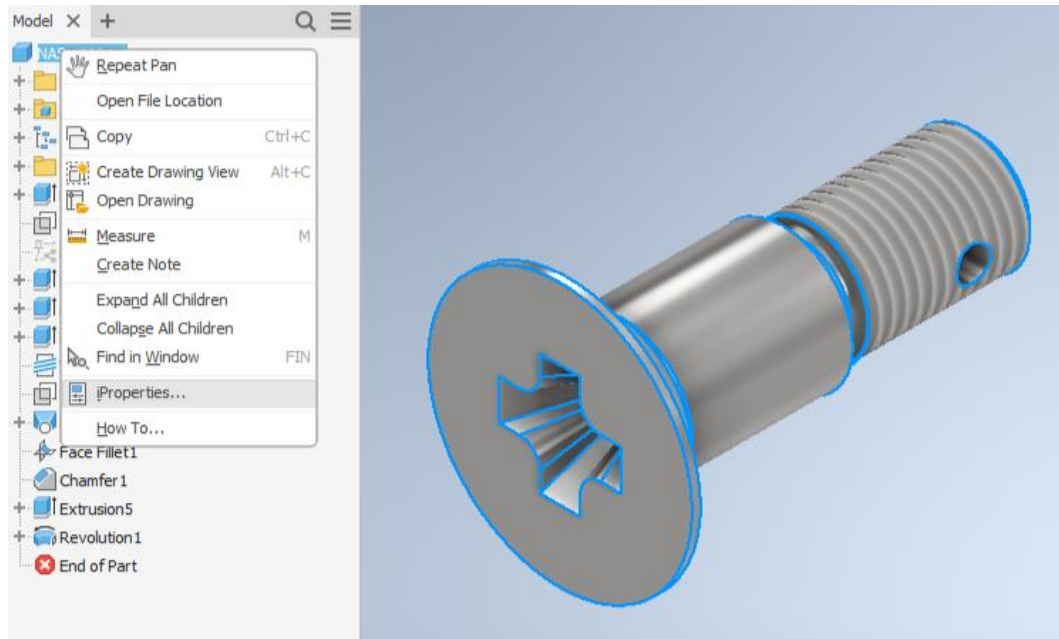


Ilustración 52: Selección comando iProperties

Una vez seleccionada la función correspondiente, Inventor abrirá la ventana de las “iProperties“, como se observa en la Ilustración 53. Esta ventana como se puede visualizar en la imagen tiene varias pestañas diferentes, todas ellas referentes a información del archivo:

- **General:** general, esta pestaña informa al usuario sobre aspectos generales del documento como: su nombre, tipo de archivo, localización del archivo en el ordenador, peso del archivo y fechas de creación y última modificación.
- **Summary:** resumen, en la pestaña se recogen los datos del archivo: título, área de trabajo, autor, empresa y se pueden añadir comentarios para ayudar a la comprensión del usuario sobre el elemento normalizado.
- **Project:** proyecto, esta pestaña hace referencia a la información del proyecto general, en este caso no afecta, pero si se trabajase en un proyecto compuesto por distintas piezas cada una tendría información respecto el proyecto general y que posición ocupa cada pieza en dicho proyecto.
- **Status:** estado, esta pestaña es útil para llevar un seguimiento de los archivos. Normalmente en un proyecto una vez se crea un archivo pasa por varias personas que lo revisan y se aseguran de que cumple con las especificaciones, para poder hacer un seguimiento de estas revisiones se emplea esta pestaña rellenando con las fechas y las personas responsables de la revisión.
- **Custom:** personalizado, esta pestaña es la que se empleará para poder crear las propiedades necesarias por el usuario, al ser la pestaña que interesa se explicará con profundidad a continuación.

- Save: guardar, en esta pestaña se recogen las opciones necesarias para configurar el proceso de guardado del archivo y de los autoguardados.
- Physical: física, esta pestaña es muy importante ya que hace referencia a las propiedades físicas del elemento, estas propiedades solo se pueden calcular una vez se le haya asignado al modelo un material. La pestaña especifica ciertas propiedades, calculadas a partir del material seleccionado y la geometría creada, como puede ser: masa, área, volumen y las inercias del elemento respecto de cada eje.

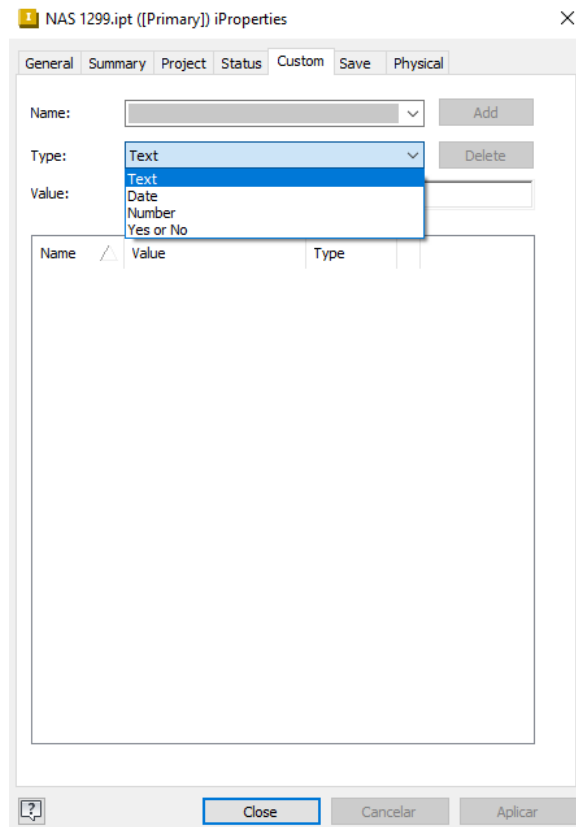


Ilustración 53: Tipos de propiedades

Ya mencionadas y explicadas previamente todas las pestañas que componen la ventana de la función iProperties, se selecciona la pestaña deseada para poder crear las propiedades deseadas que posteriormente pasaran a formar parte de la configuración de cada elemento.

Seleccionando la pestaña “Custom” (personalizar), como se observa en la Ilustración 53 y 54, en ella se puede observar dos zonas, en la zona superior es donde se crean, seleccionan el tipo, dan un valor y modifican las propiedades creadas por el usuario, mientras que en la zona inferior es donde dichas propiedades creadas se van almacenando para una mayor facilidad del usuario a la hora de poderlas visualizar.

En la zona superior hay una serie de requerimientos a rellenar para poder generar las propiedades deseadas:

- Name: nombre, en este requerimiento el usuario especifica el nombre que quiere dar a la propiedad, este nombre puede ser escrito por el usuario o emplear uno del desplegable. Es recomendable dar nombres

coherentes a lo que se quiera parametrizar para facilitar a usuarios posteriores la comprensión de estos.

- Type: tipo, como se observa en la Ilustración 53, este requerimiento especifica a la propiedad el tipo de valor que se le va a poder asociar dentro de las opciones que se encuentran en el desplegable:
 - Text: texto, el valor que va a admitir la propiedad es un valor formado por letras o letras con números, ya que las letras con números los interpreta Inventor de igual manera a la hora de parametrizar. Es importante destacar que los tipos texto son capaces de admitir fórmulas que posteriormente devuelvan un número como resultado, esto puede ser debido a que las fórmulas estén relacionadas con parámetros físicos o geométricos
 - Date: fecha, el valor admisible es una fecha, esto puede ser útil para ciertos plazos de uso de cada configuración en un ensamblaje.
 - Number: número, los parámetros especificados deben ser valores numéricos, estos valores no admiten fórmulas que luego den resultados numéricos como ocurría en el primer caso.
 - Yes or No: si o no, este tipo va a hacer referencia a el tipo condicional en el que, si no se da una situación, debido a la elección de si o no, se va a dar la situación contraria ya que solo se admiten dos posibilidades.
- Value: valor, el último requerimiento corresponde con el valor que debe de introducir el usuario dependiendo del tipo de propiedad que haya seleccionado. Para ahorrar la posibilidad de cometer errores es importante seleccionar el tipo de propiedad con coherencia ya que si le asignamos mal el software nos comunicará un error de incompatibilidad entre lo introducido y el valor admitido.

En la zona inferior de la ventana, una vez se hayan creado varias propiedades, esta mostrará las propiedades previamente especificadas, exponiendo al usuario el nombre, tipo y valor de dicha propiedad de una forma organizada y fácil de comprender.

Una vez se hayan rellenado todos los requerimientos con los valores deseados, como en la Ilustración 54, se procede a crear la propiedad y para ello es necesario seleccionar el icono “Add” (añadir). Una vez creado el parámetro este aparecerá en la parte inferior. Ya creada alguna propiedad por el usuario, si a esta la seleccionamos de la parte inferior, en la posición en la que se encuentra el icono “Add” aparecerá otro de nombre “Modify” (modificar) lo que nos permitirá modificar los requerimientos rellenados previamente por los nuevos. Debajo del icono de añadir aparece otro icono “Delete” (eliminar) que al igual que ocurre con el icono de modificar solo estará disponible cuando se seleccione una propiedad ya creada.

Ya previamente explicado cómo se puede crear cada propiedad, se procede a la creación de estas con la información que el usuario crea conveniente. Como se muestra en la Ilustración 54 se han generado, para el elemento normalizado

de estudio, distintas propiedades para aplicar lo mencionado previamente. Se puede observar que las propiedades creadas se encuentran en la zona inferior y separado por columnas se pueden observar los requerimientos introducidos para cada propiedad. Estas propiedades se han añadido para darle al elemento normalizado una mayor información a la hora de parametrizar.

La primera propiedad hace referencia a si este elemento es apto para montar en elementos que vayan a volar o no, ya que el elemento normalizado de estudio pertenece a normas aeroespaciales, por lo que, al solo haber dos opciones, que respondan a la pregunta de forma simple, se ha seleccionado el tipo "Yes or No".

La segunda hace referencia a si es un elemento normalizado, como es nuestro caso, o es un elemento comercial en el que el fabricante da las especificaciones dimensionales, al ser necesario añadir texto para responder se seleccionó el tipo "Text".

Por último, la propiedad que todavía es necesario añadir en la Ilustración 54, es una función que hace el llamamiento al valor de la masa. Como se comentó se pueden vincular las propiedades con funciones que generen valores numéricos por lo que se ha seleccionado el tipo "Text" aunque el valor de retorno no sea texto, ya que Inventor lo permite.

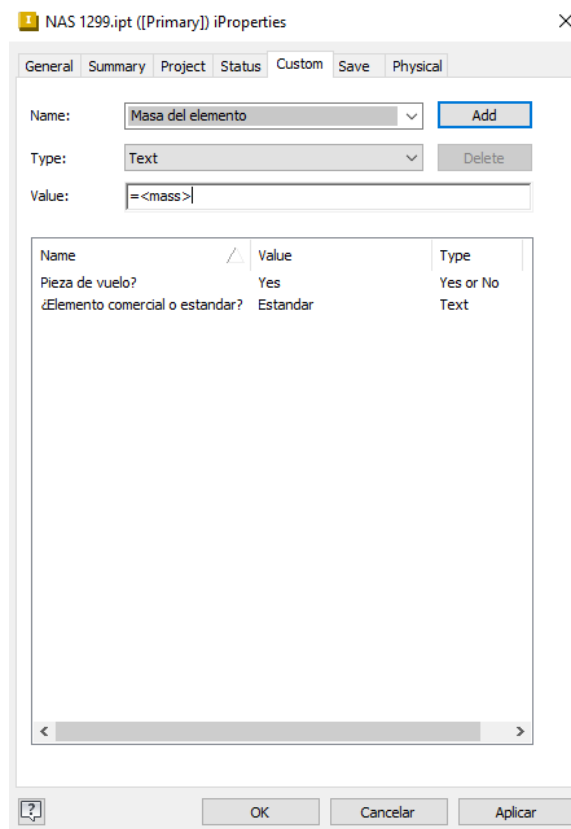


Ilustración 54: Propiedades creadas por el usuario

El último paso en la creación de las propiedades es: en la ventana de "iProperties" terminar el proceso haciendo clic sobre el icono "OK", ya que, si no se realiza esto y se cierra de otra manera todo el proceso realizado y todas

las propiedades generadas, no se almacenarán como información en el fichero y se perderán.

Es importante generar bien todas las propiedades y crear las necesarias, debido a que posteriormente a la hora de insertar el elemento normalizado desde la biblioteca, toda esta información va a favorecer al usuario, pudiendo comprobar si la configuración del estándar se adecua a los requerimientos del tipo de proyecto en el que se utilice. La utilización de las distintas configuraciones del elemento normalizado, normalmente no las emplea en ensamblajes el propio diseñador, sino que es una persona externa, por esta razón es importante que las propiedades sean claras, para que haya el menor número de errores posible, lo que se traduce en una mejor productividad laboralmente.

Una vez se han creado las propiedades necesarias por el usuario, el siguiente paso es conocer el resto de los valores que van a ser necesarios para parametrizar correctamente el modelo, mediante el comando iPart.

6.2.2 Selección del resto de características del modelo

Para poder realizar las configuraciones requeridas del elemento normalizado es necesario tener claro que parámetros del modelo son necesarios para parametrizar, ya que este punto es el más importante, debido a que, si se seleccionan mal los parámetros, la geometría no cambiará respecto a la configuración deseada.

Cuando una geometría se encuentra totalmente restringida por parámetros, y se realizan distintas operaciones empleando el comando iPart, en el comando se incluirán los parámetros que, según la norma del estándar, toma diferentes valores para cada configuración. Cuando un parámetro geométrico o físico no está incluido, pero en el sólido base tiene asignado un valor, al no modificarse para cada configuración dicho valor, debido a que no se ha incluido previamente, permanecerá constante en todas las variaciones de la pieza lo que puede producir geometrías no deseadas que no se parezcan, en diferentes escalas, al sólido base o que simplemente no se pueda actualizar la pieza por incompatibilidad de dimensiones.

Como se acaba de explicar es de suma importancia seleccionar correctamente los parámetros necesarios. Los parámetros más lógicos y a simple vista más fáciles de seleccionar son los que restringen la geometría, estos parámetros caracterizan todas las formas de la geometría exterior y están perfectamente vinculados con las operaciones 3D, las que generan a partir de bocetos geometrías con volumen. Operaciones como “Extrusion5”, que es el agujero para el pasador, y la rosca del elemento (“Thread1”) también son consideradas un parámetro geométrico, ya que restringen la geometría y el tipo de rosca tornillo, respectivamente, por lo que se deberá parametrizar. El resto de los parámetros pueden generar dudas o confusión si no se conocen las posibilidades que puede ofrecer el comando iPart.

Una manera fácil de seleccionar los parámetros es observar que partes del modelo 3D son las que se han configurado de una forma genérica pero que posteriormente puedan variar. Estos parámetros que visualmente son más difíciles de tener en cuenta, pero que son muy importantes para caracterizar

cada elemento de nuestro modelo son el material y las apariencias. Estas dos características físicas pueden parecer que no son parámetros debido a que son nombres vinculados con materiales o apariencias, respectivamente, de una biblioteca de Inventor. Por esta razón, al poder modificar cada uno de ellos, mediante un comando, indican que son unas características capaces de ser parametrizadas, lo que se considerarán como parámetros.

El parámetro de material, en el caso del elemento de estudio, es un caso diferente de los demás, debido a que la norma del elemento normalizado solo menciona un material para todas las configuraciones. Podría ser innecesario incluirlo como un parámetro, ya que este no va a variar en ninguna configuración y se quedaría constante para cada variación, pero ya que en situaciones diferentes esta característica va a tener la posibilidad de cambiar, se recomienda considerarlo siempre como parámetro, ante posibles modificaciones en normativas o errores del diseñador. En el caso de la apariencia no hay duda de que se va a parametrizar, debido a que la normativa indica la posibilidad de dos apariencias diferentes para cada configuración del elemento normalizado. Ya que se tienen dos apariencias, se tendrá el doble de configuraciones, debido a que se tendrán todas las configuraciones especificadas por la norma para los parámetros geométricos, con un acabado y luego con el otro.

Los últimos parámetros que son necesarios incluir no son parámetros que se hayan creado por el usuario, sino que son parámetros creados por el software. Los parámetros creados por Inventor se caracterizan por ser de carácter informativo, alguno de estos es obligatorio usarlo, ya que al emplear el comando de iPart les genera automáticamente. Los parámetros que el programa genera automáticamente y obligatoriamente tienen una gran relevancia para la gestión de las configuraciones y se encuentran en las dos primeras posiciones de la ventana del comando iPart, como se muestra en la Ilustración 55, se llaman:

- Member: miembro, este parámetro se ubica el primero en la ventana de iPart, Ilustración 55, y representa el nombre con el que se va a guardar el elemento normalizado dentro de la biblioteca, es decir al archivo tipo pieza al que Inventor va a llamar cuando se quiera insertar este en un ensamblaje.
- Part Number: número de pieza, el parámetro actual se encuentra seguido del mencionado en el punto anterior, el valor requerido por el parámetro corresponde con el número que aparecerá cuando se genere en un ensamblaje el BOM, las siglas en inglés hacen referencia a “Bill of Material” (lista de materiales). La lista de materiales es un documento común en las empresas dedicadas al diseño el cual hace referencia al listado de los elementos que componen el proyecto.

Ambas columnas son muy importantes ya que es necesario poner una nomenclatura específica para cada configuración de tornillo, la cual se explicará posteriormente. La nomenclatura del tornillo, que se añada en los parámetros, debe de coincidir con la de la normativa ya que no tendría sentido que fuera diferente, debido a que el usuario puede necesitar un elemento normalizado que se conozca únicamente por la designación.

Es recomendable y coherente que el número de pieza y el miembro compartan la misma designación, para cada configuración, ya que lógicamente si se selecciona un estándar con una designación, se querrá que aparezca la misma designación al generar la lista de materiales.

El resto de los parámetros, al ser parámetros dimensionales y propiedades, no son valores relevantes en la creación de la familia del estándar por lo que se pueden repetir valores por cada configuración. En el caso del miembro y el número de pieza no se pueden repetir las designaciones, ya que crearía conflictos de información, al hacer al software realizar llamamientos a dos piezas con el mismo nombre, pero de ocurrir esto Inventor lanzaría un mensaje para que el usuario se percate del problema.

Una vez mencionados los parámetros generados por el software pero que son de carácter obligatorio, solo queda un parámetro que también genera Inventor ya que es una propiedad del archivo. Esta propiedad llamada "Description" (descripción) es optativa pero muy recomendable ya que la información que pide adjuntar es una descripción del elemento normalizado, la cual posteriormente se mostrara como rellenar. La descripción se podría generar también, al igual que las propiedades en la pestaña de "custom" de "iProperties", pero ya que Inventor genera esta propiedad en la pestaña "Project", no será necesario crearla y se usará esta.

Todos los parámetros y propiedades mencionados previamente van a ser los necesarios y los que se emplearan para caracterizar las configuraciones del elemento normalizado, por lo que al utilizar el comando iPart será necesario que se añadan todos correctamente. Es importante siempre revisarlos, antes de que haya la posibilidad de algún error.

Todos los parámetros para parametrizar que se han mencionado previamente y que posteriormente se van a incluir en el comando iPart se muestran a continuación, para una comprobación más fácil de los parámetros necesario:

- Member
- M
- Angle_conical
- J_max
- H_ref
- GRIP
- T_ref
- D_cruciform
- W_max
- Description
- Masa del elemento
- Pieza de vuelo?
- Thread1:Designation
- Appearance
- Part Number
- K_dia
- F_max
- D_max_sharp
- A_max
- D_threat
- R_rad_max
- R_max
- U_ref
- Material
- ¿Elemento comercial o estandar?
- Extrusion5
- Thread1:Thread Type

Todos los parámetros anteriores van a estar parametrizados para poder controlar la geometría y las características específicas de las configuraciones, marcadas en la normativa, por lo que el siguiente paso será crear las configuraciones con el comando correspondiente.



6.3 Comando iPart

Ya seleccionados los parámetros y propiedades, que van a ser necesarios incluir en el comando, seleccionados en el apartado previo, por lo que ya se conocen las características necesarias para incluirlas. Para poder crear las diferentes configuraciones del elemento normalizado es necesario emplear la herramienta correcta, para un archivo tipo pieza la tecnología iPart es la necesaria para esta función.


El comando para realizar esta función se encuentra en la pestaña “Manage”, por lo que va a ser necesario seguir dentro de la interfaz del archivo pieza, pero no vale cualquier archivo pieza, sino que tiene que ser el archivo que contenga todas las operaciones que se han realizado a lo largo de este trabajo.

Una vez seleccionado el comando “Create iPart”, se abrirá una ventana la que corresponde con los requerimientos necesarios para poder generar esta operación correctamente. Como se puede observar en las Ilustraciones 55, 56, 57, 58 y 59, la ventana generada por el comando se divide visiblemente en 3 zonas, dos superiores y un inferior. Las dos zonas superiores van variando a medida que se van seleccionando las diferentes pestañas de la zona superior, estas pestañas se explicaran posteriormente con los parámetros que incluyen y los que son necesarios seleccionar.

Las dos zonas superiores corresponden con la visualización y selección de parámetros para poder añadirles al comando iPart, es decir, las ventanas superiores son las encargadas de mostrar al usuario los parámetros existentes para poderles seleccionar, pudiendo visualizar que parámetros se han incluido al comando y cuales no de una forma sencilla. La zona superior izquierda muestra en cada pestaña los parámetros o propiedades disponibles para incluir de cada sección. Una vez se ha visualizado, en la zona izquierda, el parámetro que se necesita, si este se le quiere incluir para poderlo parametrizar es necesario hacer que aparezca en la zona superior derecha. Para poder incluir cada parámetro hay dos opciones: clicar dos veces sobre el parámetro, inmediatamente este aparecerá en la zona derecha, y la otra opción corresponde a utilizar los iconos que hay entre las dos zonas superiores. Para poder emplear los iconos es necesario tener seleccionado algún parámetro:

- : este icono corresponde con la opción de añadir un parámetro a la zona derecha, zona de los parámetros que se van a utilizar en el comando. Para poder tener visible este icono es necesario seleccionar un comando y que este comando no esté ya incluido en la zona derecha, debido a que si está incluido se activara el siguiente icono.
- : este icono corresponde al contrario que el anterior, la finalidad es quitar los parámetros que se hayan seleccionado para incluirles en la zona derecha, es útil ya que si por algún error se añade un parámetro no deseado este se puede quitar de la selección. Este icono es visible únicamente cuando se selecciona un parámetro que ya está incluido para parametrizar.


La zona superior derecha, como se puede deducir, corresponde con la zona donde se pueden observar los parámetros seleccionados por el usuario en cada pestaña. Todos los parámetros que para cada pestaña se encuentren en la zona derecha van a ser parámetros que posteriormente se parametrizarán respecto a los requerimientos que la normativa especifique para el elemento normalizado de estudio.

La última zona de la ventana generada por el comando iPart, corresponde con la zona donde se van a incluir todos los parámetros y propiedades seleccionadas. A diferencia de la zona superior derecha en esta zona se almacenan todos los parámetros seleccionados de cada pestaña. Como se puede observar, este comando selecciona varios parámetros por defecto: los obligatorios (“Member” y “Part Number”) junto con los parámetros geométricos creados por el usuario (“User Parameters”), estos últimos al ser de carácter no obligatorio se pueden deseleccionar con los iconos explicados previamente. Como se puede observar en la Ilustración 55 el parámetro “Member” tiene un icono  como se explicó en el apartado anterior este icono hace referencia a que cada configuración cuando se genere como un único archivo pieza, va a guardarse con el nombre que aparezca en el valor de ese parámetro.

En la zona inferior la primera fila de cada columna corresponde a los parámetros, mientras que la siguiente fila corresponde con el valor que tiene asignado cada parámetro predefinido en la geometría base. Una vez se hayan realizado todas las configuraciones la zona inferior será mucho mayor al contener un gran número de filas debido a cada variación de la geometría, material y apariencia.

En la parte superior de la ventana hay diferentes pestañas, cada una de estas pestañas corresponde con diferentes secciones que contienen los parámetros de cada parte. A continuación, se va a explicar, adjuntando con imágenes, cada pestaña para poder localizar los parámetros necesarios para cada configuración, si alguna de las pestañas explicadas no contiene imagen es debido a que no es necesario seleccionar ninguna:

- Parameters: parámetros, como su propio nombre indica, esta pestaña va a contener todos los parámetros, pero estos parámetros son los geométricos. Los parámetros geométricos de esta pestaña corresponden con los creados por el usuario (“User Parameters”) y los creados por Inventor, pero vinculados a los de usuario (“Model Parameters”). Los creados por el usuario son los únicos, junto con los obligatorios, que vienen seleccionados por defecto al abrir el comando, pero estos se pueden deseleccionar. Si fuese necesario seleccionar alguno que no estuviera incluido, el proceso es fácil.

Como se observa en la zona izquierda de la Ilustración 55, en ella aparece el árbol de operaciones con todas las operaciones realizadas en apartados previos, si se selecciona el icono  aparecerán los parámetros vinculados a cada operación y ahí se pueden seleccionar los necesarios para incluirlos en la zona superior derecha. En la zona inferior del árbol de operaciones aparece una carpeta llamada “Other” (otros), actualmente está vacía, pero si se hubiera creado algún

parámetro y este no se hubiera utilizado se almacenaría en esta carpeta.

En la Ilustración 55 se muestran todos los parámetros necesarios de cada operación que pertenecen a esta pestaña, que a su vez corresponden con los creados por el usuario. Al incluirles en la zona superior derecha estos se añadirán en la parte inferior, en esta zona se van a ir almacenando todos con sus respectivos valores como se puede observar en la imagen.

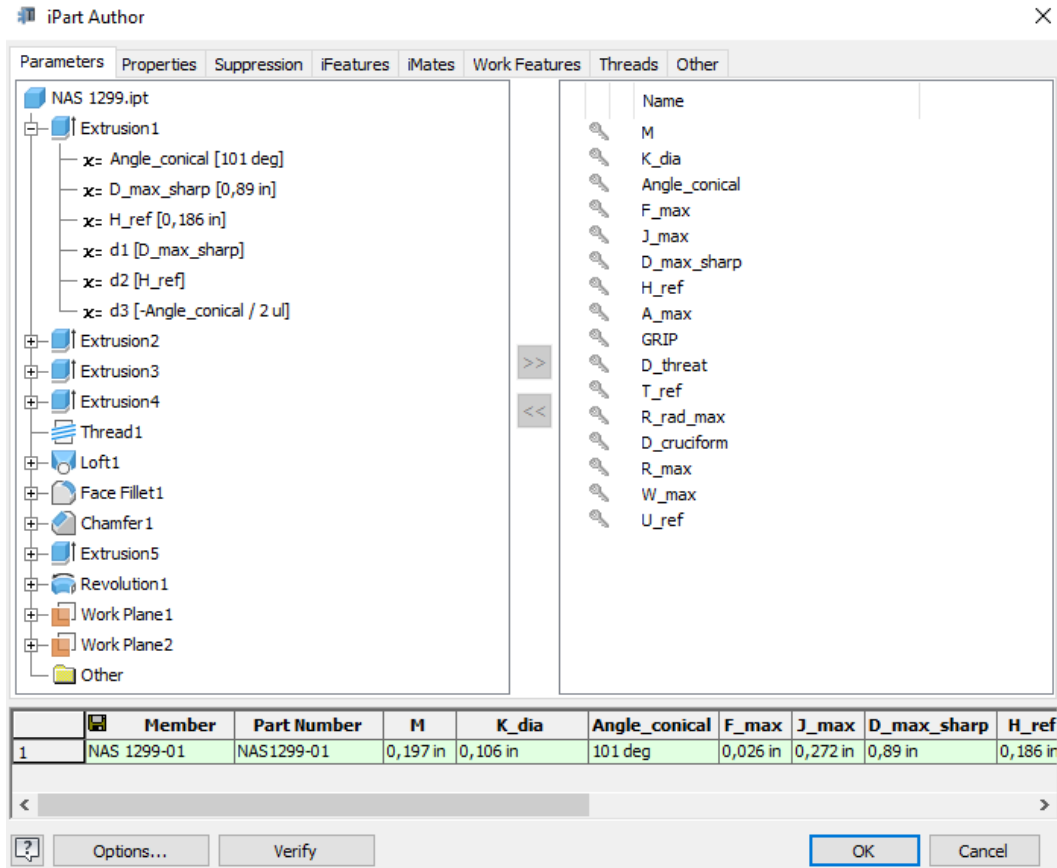



Ilustración 55: Selección de parámetros en la pestaña Parameters, comando iPart

- **Properties:** propiedades, en esta pestaña, como se puede observar en la Ilustración 56, se encuentran las propiedades que por defecto genera Inventor en el archivo y las creadas por el usuario en la ventana de “iProperties”, explicada en el punto anterior. Las propiedades que aparecen en esta pestaña no son todas las que aparecen en la de “iProperties”, ya que aquí solo van a aparecer aquellas que puedan ser seleccionadas para su posterior parametrización.

Como se observa en la imagen, en el apartado “Project” solo requerimos la propiedad de descripción, como bien se mencionó previamente. En el apartado “Physical” la única propiedad seleccionable es el material, esta propiedad al estar creada inicialmente por el software, ya está vinculada con la biblioteca correspondiente. En la imagen se puede ver, en la zona inferior, que el nombre de este parámetro está acompañado de un icono , este representa la vinculación con un archivo externo de

carácter material, el archivo externo hace referencia a la biblioteca de materiales. En el último apartado "Custom" las propiedades que aparecen son las creadas por el usuario, de las cuales se necesitarán todas.

Se podría esperar que la propiedad de apariencia se visualizara al igual que la de material, pero como se mencionó en su creación, esta no genera ningún cambio en las propiedades físicas, por lo que no se genera ninguna propiedad parametrizable. No se podrá encontrar el parámetro correspondiente en ninguna pestaña de este comando, y además al ser un valor creado que se asigna directamente al elemento no se puede generar como una propiedad "Custom", por lo que tendrá una forma específica de creación la cual se explicará posteriormente en la última pestaña "Other" (otro).

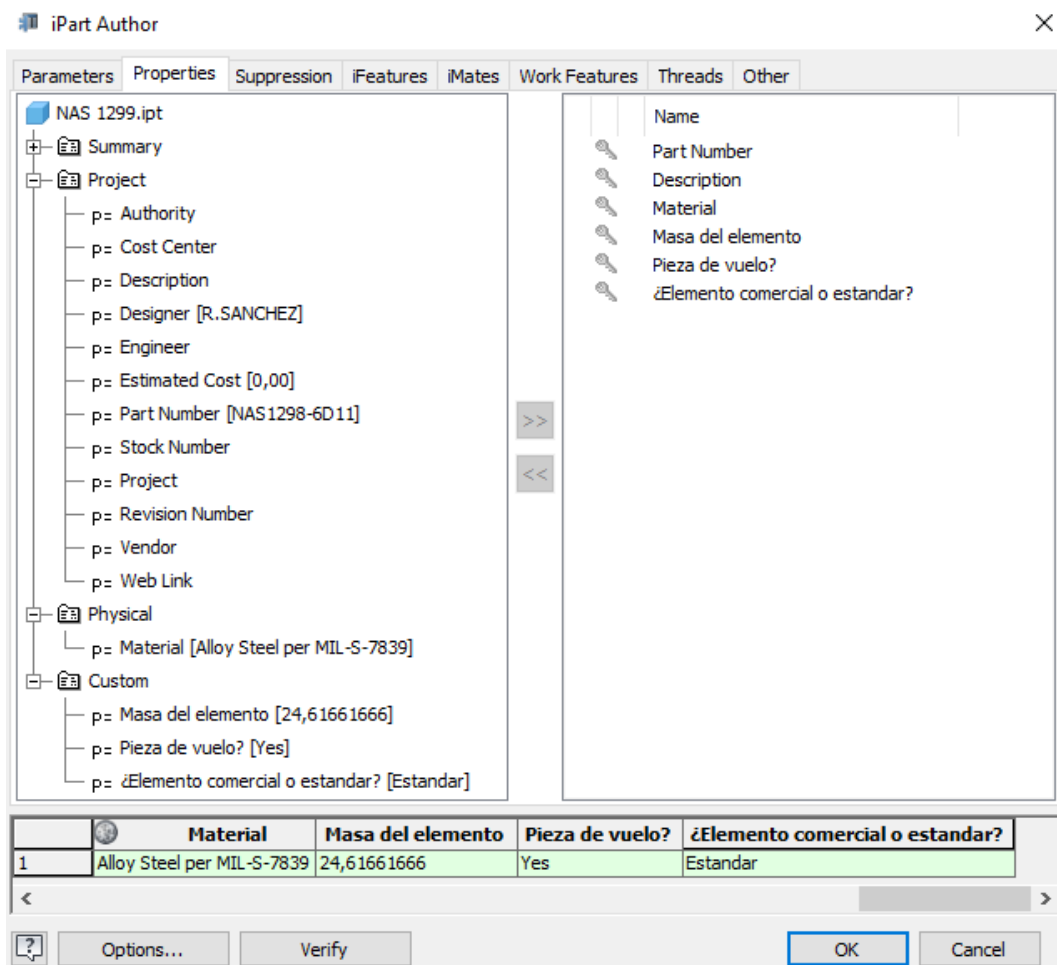


Ilustración 56: Selección de parámetros en la pestaña Properties, comando iPart

- **Suppression:** suprimir (desactivar), la paleta actual, como se observa en la Ilustración 57, muestra todas las operaciones que se han realizado para crear la geometría del elemento normalizado. Esta paleta permite seleccionar operaciones y parametrizarlas de una manera específica, activándolas o desactivándolas, es decir, haciendo que el software actualice la geometría de cada configuración con la operación seleccionada o sin ella:

- Compute: activar, cuando la operación se encuentre parametrizada con este valor quiere decir que esa operación va a estar activa en las configuraciones que se hayan seleccionado.
- Suppress: desactivar, cuando la operación se encuentre parametrizada con este valor quiere decir que esa operación va a estar desactivada en las configuraciones que se hayan seleccionado.

Es importante saber que operaciones se van a poder suprimir y cuales no, ya que Inventor no avisa si la geometría, con las operaciones eliminadas, va a ser capaz de actualizarse o quede de la manera deseada, esto solo podrá ser comprobable una vez se haya actualizado dicha geometría.

Como se ve en la imagen la operación seleccionada que influye en el modelo de estudio, “Extrusion5”, corresponde con el orificio creado en la zona roscada del tornillo para poder pasar a través de él un pasador. El agujero para el pasador solo es necesario en ciertas configuraciones por lo que es una operación que, dependiendo de los requerimientos, va a ser necesaria o no.

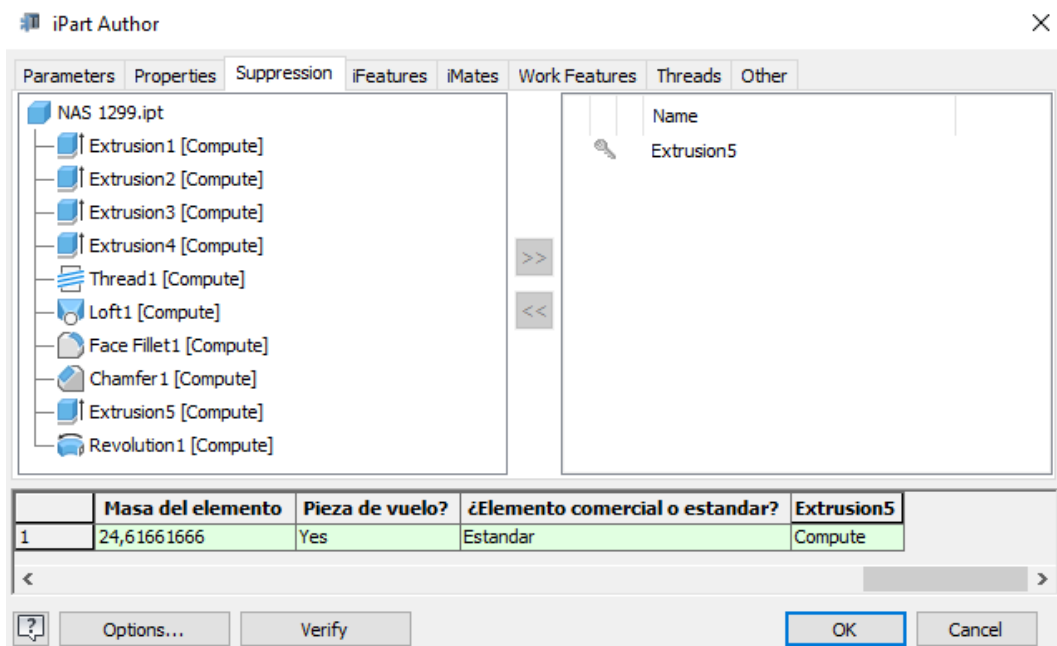


Ilustración 57: Selección de parámetros en la pestaña Suppression, comando iPart

- **iFeatures:** esta paleta hace referencia a la tecnología iLogic, en concreto las “iFeatures” son reglas que debido a su parametrización de valores en las operaciones para la generación de elementos similares aplicando estas mismas operaciones, si se emplearan en un archivo pieza, estas reglas podrían ser parametrizables al ser los valores internos que varían para cada configuración.
- **iMates:** al igual que la paleta anterior esta también hace referencia a la tecnología iLogic, ya que las reglas que genera este módulo son restricciones para insertar los componentes en ensamblajes restringiendo las libertades. Pero a diferencia de otros programas las

restricciones de los archivos pieza se pueden parametrizar desde el mismo archivo, sin necesidad de ir al ensamblaje.

- **Work Features:** geometrías auxiliares de trabajo, la paleta actual hace referencia a elementos de construcción que se hayan generado en el modelo principal, esta geometría de construcción comprende: planos, líneas y puntos. La paleta es similar a la de activar o desactivar operaciones ya que permite que la geometría esté o no incluida en el modelo. No es necesario desactivar los elementos de construcción, aunque se supriman operaciones, ya que estos elementos al no generar un volumen computable en el programa no afectaran a la actualización de la geometría. En todo caso es peor desactivar estos elementos auxiliares, debido a que pueden ser necesarios para realizar las operaciones o bocetos y su eliminación provocaría que no se genere la geometría requerida.
- **Threads:** roscas, como su nombre indica, la pestaña seleccionada en la Ilustración 58, hace referencia a las roscas que se hayan empleado en el modelado del elemento normalizado. Todas las roscas empleadas aparecerán en esta pestaña con las características específicas de cada una (los requerimientos rellenos en la operación previamente creada para nuestro modelo base).

En la imagen se puede observar que para la rosca empleada “Thread1” aparecen diferentes parámetros con las características de nuestra rosca. Debido a que todos los aspectos de la rosca no son influyentes para el usuario, solo se incluirán a parametrizar los valores más destacables como son: la designación (normativa empleada para la rosca) y el tipo de rosca (diámetro, paso fino o grueso e hilos por pulgada). Los parámetros incluidos aparecen en la zona derecha con el valor asignado en el modelo previamente.

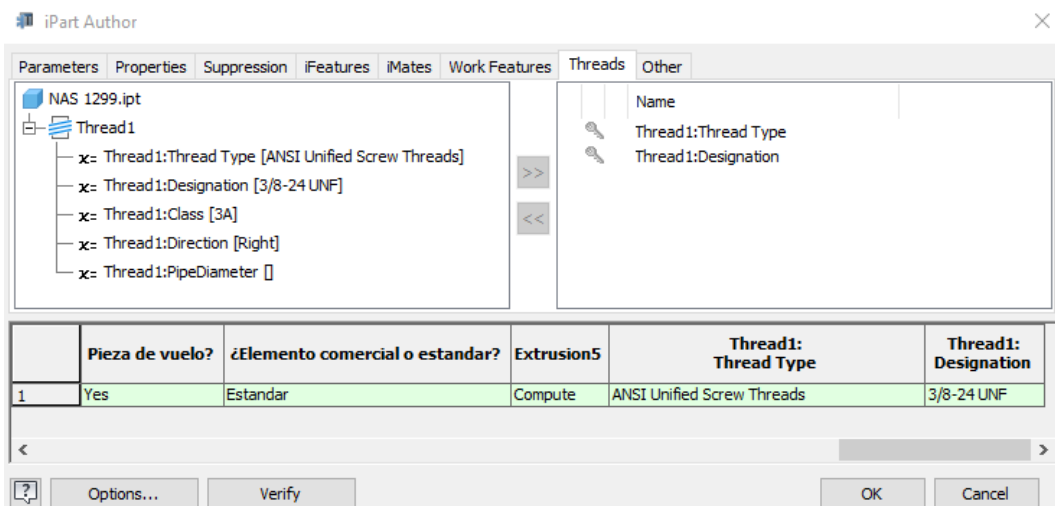


Ilustración 58: Selección de parámetros en la pestaña Threads, comando iPart


- **Other:** otro, esta última pestaña es relativamente diferente a las demás, ya que, en pestañas anteriores, la zona superior izquierda correspondía con la zona donde aparecían los parámetros de un cierto tipo. Si se observa la Ilustración 59 la zona de selección de parámetros está

completamente vacía esto se debe a que esta pestaña no hace referencia a ninguna zona por lo que no podrá haber ningún parámetro ni propiedad en ella que pueda ser seleccionable. La principal función para la pestaña actual es que, en la zona superior derecha, donde normalmente se encuentran las propiedades seleccionadas, aparece un mensaje único en esta pestaña: “Click here to add value” (clicar aquí para añadir valor). Esto implica que la pestaña actual permite generar, en el propio comando iPart, parámetros que puedan ser necesarios y que previamente no se hayan creado, sin necesidad de salirse del comando para generarlos pudiendo perder todos los parámetros seleccionados en el resto de las pestañas.

Los parámetros generados desde esta pestaña tienen un valor informacional diferente al resto de parámetros, debido a que tanto los parámetros como las propiedades creadas previamente se almacenan en el apartado específico donde se crearon. Los parámetros creados desde aquí solo admiten información para el comando iPart, por lo que si el usuario requiere la información que se introduce en el parámetro, para poder acceder a ella debe de ir al comando y verla ahí. Debido a la razón anterior es preferible, si se pudiese, crear los parámetros en las zonas específicas mencionadas previamente. Los parámetros que no se pueden crear de otra manera como es el caso de la apariencia deben ser creados desde la pestaña actual.

Se acaba de mencionar que los parámetros creados en esta pestaña no guardan la información de igual manera que los otros, por esta razón se pueden vincular estos parámetros con propiedades específicas para darles una gestión diferente, en el caso del parámetro que gestiona la apariencia se podrá aplicar esta metodología.

Para poder crear el parámetro “Appearance” es necesario hacer clic en la zona específica (zona superior derecha) una vez se seleccione inmediatamente se podrá dar nombre a este parámetro, en el caso actual es el parámetro que gestiona la apariencia de nuestro elemento. Una vez escrito el nombre se pulsa la tecla intro del teclado, esta acción dará por finalizada la creación del parámetro apareciendo este en la zona inferior, pero con un valor que no es el asignado, ya que necesitamos introducir el nombre concreto de acabado superficial que se quiera asignar. Para poder modificar el valor solamente pulsamos en la zona inferior sobre el valor deseado y se escribe el nuevo, cualquiera de los dos acabados especificados en la norma.

Creado el parámetro y asignado el valor necesario para el elemento normalizado se procede a asignar al parámetro una acción que permita gestionar su información, para ello se debe hacer clic derecho sobre el parámetro, esta acción abrirá una ventana que permite varias acciones entre ellas asignar a este parámetro la función de: columna de parámetro personalizado, columna de nombre de archivo, columna de apariencia o columna de material. Debido a que el parámetro necesario es el de apariencia se le asignará la opción selecciona en la imagen, lo que añadirá en el nombre de la columna el icono  que representa la

vinculación de los valores que pueda tomar este parámetro con la biblioteca de apariencias en Inventor.

Existe la posibilidad de generar la columna de materiales de igual manera, pero como se ha mencionado previamente es preferible emplear las propiedades previamente creadas por el software.

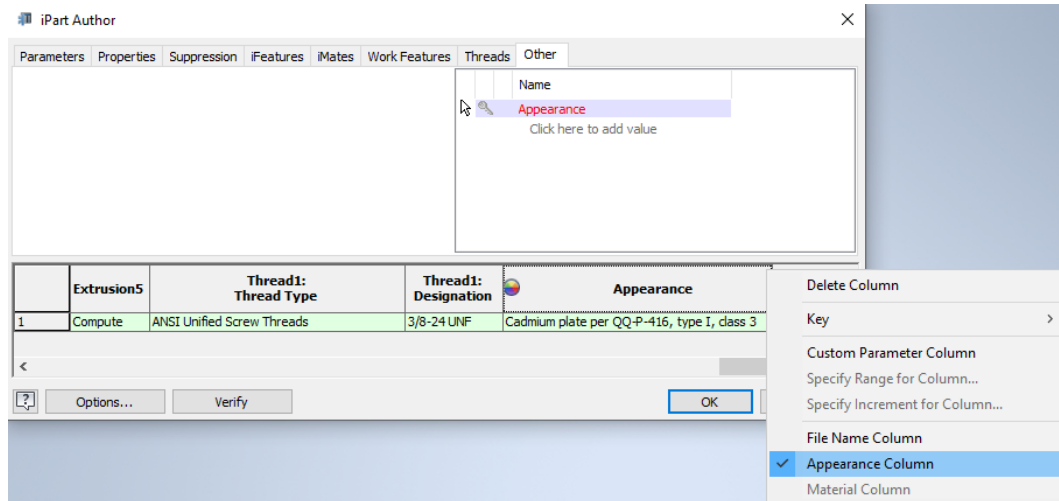


Ilustración 59: Selección de parámetros en la pestaña Other, comando iPart

Una vez seleccionados todos los parámetros de cada pestaña es recomendable revisarles con los inicialmente mencionados ante algún posible error, ya que si estos parámetros se introducen erróneamente provocaría problemas para poder actualizar el modelo respecto las distintas configuraciones. La ilustración 60 muestra todos los parámetros introducidos en el comando iPart, exactamente de la zona inferior de la ventana. Los parámetros seleccionados están acompañados de los valores que cuando se ha generado el modelo, en los pasos previos, se le ha asignado a cada uno, posteriormente habrá varias filas y cada una con los valores requeridos por la norma para cada configuración del estándar.


Member	Part Number	M	K_dia	Angle_conical	F_max	J_max	D_max_sharp	H_ref	A_max
NAS 1299-01	NAS1299-01	0,197 in	0,106 in	101 deg	0,026 in	0,272 in	0,89 in	0,186 in	0,437 in
GRIP	D_threat	T_ref	R_rad_max	D_cruciform	R_max	W_max	U_ref	Description	Material
0,698 in	0,375 in	0,607 in	0,02 in	0,380 in	0,027 in	0,083 in	0,021 in		Alloy Steel per MIL-S-7839
Masa del elemento	Pieza de vuelo?	¿Elemento comercial o estandar?			Extrusion5	Thread1: Thread Type			
24,61661666	Yes	Estandar			Compute	ANSI Unified Screw Threads			
Thread1: Designation	Appearance								
3/8-24 UNF	Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3								

Ilustración 60: Parámetros seleccionados, comando iPart

Todos los parámetros de la Ilustración 60 son exactamente los seleccionados previamente y sus valores corresponden con una de las configuraciones, pero posteriormente los valores se modificarán y cada uno tomara diferentes valores para poder generar el resto de las configuraciones del elemento normalizado.

Es importante una vez se haya finalizado la selección de parámetros y propiedades, finalizar correctamente el comando iPart, para ello se selecciona

el icono “OK” de la parte inferior, esto permitirá al software modificar el tipo de archivo general para poder ser una familia de elementos. Si no se finaliza el comando de la forma correcta existe la posibilidad de perder todo el proceso y necesitar volver a empezar teniendo que seleccionar toda la información de nuevo.

Una vez finalizado correctamente el comando este generará cambios en el árbol de operaciones como se puede observar en la Ilustración 61. En la parte superior del árbol de operaciones se ha modificado el icono general. El icono  representa que el archivo actual ha cambiado de ser un archivo pieza a una familia. Una familia, cuando se genera el comando iPart, corresponde con el conjunto de elementos pieza de un mismo tipo, pero cada pieza con diferentes combinaciones.

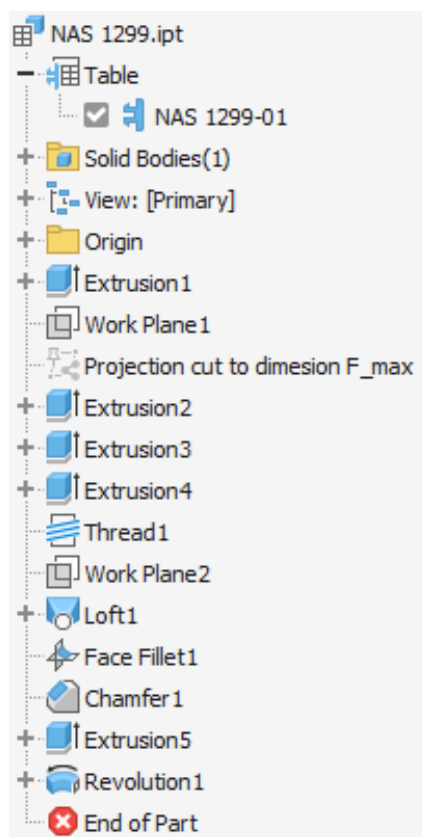



Ilustración 61: Nuevo árbol de operaciones al finalizar el comando iPart

El icono siguiente al nuevo generado en el árbol de operaciones sustituye a la carpeta que había antes, la cual, hacía referencia a los modelos del estado. Como se comentó previamente la tecnología iPart y los modelos de estado son incompatibles, por lo que una vez se haya generado uno de los dos el otro quedará inhabilitado. El nuevo icono , llamado “Table” (tabla) hace referencia a que las configuraciones posibles del elemento mediante el comando iPart se pueden generar empleando tablas de datos. Dentro de este icono solo aparece un nombre, correspondiente a la primera configuración, ya que esta es la del elemento base. A medida que se añadan más valores creándose más configuraciones, el número de elemento debajo del icono “Table” será mayor. Como se observa la designación que aparece para la primera configuración es la del parámetro “Member” ya que como se explicó,

este nombre va a ser el del archivo una vez se almacene cada configuración de forma individual.

6.4 Creación de las distintas configuraciones

Para poder crear las configuraciones, la forma más rápida y eficiente es mediante la tabla de valores. Las tablas de valores se pueden generar en hojas de cálculo a través del software Excel. Para poder generar un Excel con los parámetros es necesario hacer clic derecho sobre el icono tabla, lo que abrirá una ventana como en la Ilustración 62, donde se debe seleccionar la opción marcada en la imagen, "Edit via Spreadsheet" (editar mediante hoja de cálculo).

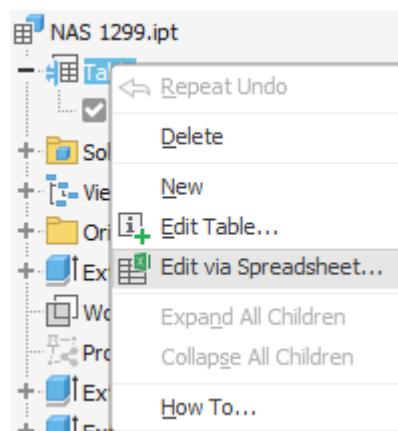


Ilustración 62: Comando Edit via Spreadsheet

Al seleccionar la opción anterior automáticamente Excel abre una hoja de cálculo nueva con todos los parámetros seleccionados, al generar el comando iPart, y los valores para la configuración del modelo base.

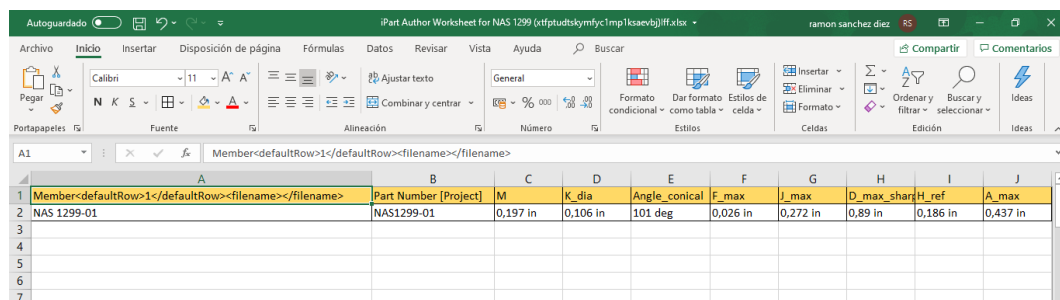


Ilustración 63: Hoja de cálculo con los parámetros seleccionados en el comando iPart

Con el Excel abierto, como se muestra en la Ilustración 63, la primera fila corresponde con los parámetros necesarios para poder generar la geometría y propiedades del elemento normalizado que el usuario crea necesarios.

Debajo de la primera fila hay solamente una fila con valores, estos valores son los que se han predefinido para la geometría base, a partir de esta se podrá generar las sucesivas configuraciones que la norma NAS1299 requiera. Los valores que va a tomar cada parámetro corresponden con los valores insertados en las celdas que se rellenen debajo de la primera fila, dentro de la columna de cada parámetro.

Para poder rellenar cada celda con el valor correspondiente de cada parámetro y configuración es necesario abrir la normativa. En la norma se pueden observar tres tablas las dos primeras, más cercanas a la Ilustración 19, corresponden con las dimensiones generales del elemento normalizado, mientras que la última hace referencia a las longitudes del tornillo tanto de la zona roscada como la que no lo está.

Lo importantes es poder rellenar correctamente los valores por esta razón es necesario cerciorarse de que columna se está rellenando y para que configuración es. El proceso de rellenar los datos es un proceso lento debido a la gran cantidad de parámetros a rellenar, por esta misma razón hay que estar atento para no cometer errores al introducir los dígitos.

Los valores dimensionales son solamente completar la hoja de cálculo con los valores de la normativa, pero para ciertos parámetros el usuario debe introducirlos de una manera específica con la información de tabla. Un caso de este tipo de parámetros es la designación de cada configuración, este valor ira en las columnas de “Member” y “Part Number”. Para poder crear la designación es necesario tener en cuenta varios aspectos, como indica la norma: el tipo de acabado superficial, la rosca, la longitud del tornillo y si es necesario agujero para el pasador o no:

- El primer valor corresponde al nombre de la norma, en el caso de estudio NAS1299.
- El segundo valor hace referencia a un número referido a la designación de la rosca:
 - 06 → 6-32 UNC
 - 3 → 10-32UNF
 - 4 → 1/4-28 UNF
 - 5 → 5/16-24 UNF
 - 6 → 3/8-24 UNF
 - 7 → 7/16-20 UNF
- El tercer valor es opcional y corresponde con la letra D si el tornillo tiene agujero para un pasador.
- El cuarto valor es el código asociado a cada dimensión de longitud, este valor se encuentra en la tercera tabla, la de longitudes.
- El quinto valor es para el acabado superficial:
 - Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3: si se empleara este acabado superficial se añadiría una C al final de la designación.
 - Cadmium plate per QQ-P-416, type II, class 2: si se empleara este acabado superficial no se añadiría nada en la designación.

Ejemplos:

- NAS1299-5-10C: rosca 5/16-24 UNF, 1,133 pulgadas de longitud, sin agujero para pasador y acabado superficial Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3.

- **NAS1299-5D10:** rosca 5/16-24 UNF, 1,133 pulgadas de longitud, con agujero para pasador y acabado superficial Cadmium plate per QQ-P-416, type II, class 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Member<defaultRow>131</defaultRow><filename></filename>	Part Number [Project]	M	K_dia	Angle_conici	F_max	J_max	D_max	shar H_ref
2	NAS1299-06-1C	NAS1299-06-1C	0,0001 in	0,0001 in	101 deg	0,016 in	0,125 in	0,385 in	0,08 in
3	NAS1299-06-2C	NAS1299-06-2C	0,0001 in	0,0001 in	101 deg	0,016 in	0,125 in	0,385 in	0,08 in
4	NAS1299-06-3C	NAS1299-06-3C	0,0001 in	0,0001 in	101 deg	0,016 in	0,125 in	0,385 in	0,08 in
5	NAS1299-06-4C	NAS1299-06-4C	0,0001 in	0,0001 in	101 deg	0,016 in	0,125 in	0,385 in	0,08 in
6	NAS1299-06-5C	NAS1299-06-5C	0,0001 in	0,0001 in	101 deg	0,016 in	0,125 in	0,385 in	0,08 in
7	NAS1299-06-6C	NAS1299-06-6C	0,0001 in	0,0001 in	101 deg	0,016 in	0,125 in	0,385 in	0,08 in
8	NAS1299-06-7C	NAS1299-06-7C	0,0001 in	0,0001 in	101 deg	0,016 in	0,125 in	0,385 in	0,08 in
9	NAS1299-06-8C	NAS1299-06-8C	0,0001 in	0,0001 in	101 deg	0,016 in	0,125 in	0,385 in	0,08 in
10	NAS1299-3-1C	NAS1299-3-1C	0,163 in	0,07 in	101 deg	0,018 in	0,164 in	0,507 in	0,106 in
11	NAS1299-3-2C	NAS1299-3-2C	0,163 in	0,07 in	101 deg	0,018 in	0,164 in	0,507 in	0,106 in
12	NAS1299-3-3C	NAS1299-3-3C	0,163 in	0,07 in	101 deg	0,018 in	0,164 in	0,507 in	0,106 in
13	NAS1299-3-4C	NAS1299-3-4C	0,163 in	0,07 in	101 deg	0,018 in	0,164 in	0,507 in	0,106 in
14	NAS1299-3-5C	NAS1299-3-5C	0,163 in	0,07 in	101 deg	0,018 in	0,164 in	0,507 in	0,106 in
15	NAS1299-3-6C	NAS1299-3-6C	0,163 in	0,07 in	101 deg	0,018 in	0,164 in	0,507 in	0,106 in
16	NAS1299-3-7C	NAS1299-3-7C	0,163 in	0,07 in	101 deg	0,018 in	0,164 in	0,507 in	0,106 in
17	NAS1299-3-8C	NAS1299-3-8C	0,163 in	0,07 in	101 deg	0,018 in	0,164 in	0,507 in	0,106 in
18	NAS1299-3-9C	NAS1299-3-9C	0,163 in	0,07 in	101 deg	0,018 in	0,164 in	0,507 in	0,106 in
19	NAS1299-3-10C	NAS1299-3-10C	0,163 in	0,07 in	101 deg	0,018 in	0,164 in	0,507 in	0,106 in

Ilustración 64: Hoja de cálculo con los parámetros seleccionados en el comando iPart, completadas las designaciones

La Ilustración 64 muestra cómo se han completado las primeras configuraciones haciendo hincapié en las designaciones empleadas, lo explicado previamente.

Al igual que en la designación, para poder completar el parámetro de descripción se procede a hacer un resumen mediante herramientas de Excel, con la finalidad de facilitar al usuario posteriormente la información sobre la configuración seleccionada, como se muestra en la Ilustración 65. En el valor de cada celda de la designación se muestra las principales características de la configuración, algo muy útil como se podrá comprobar en pasos posteriores, a la hora de seleccionar la configuración deseada para insertarla en un ensamblaje.

	S	T	U
1	Description [Project]	Material [Physical]<material></material>	Masa del elemento [Custom]
2	NAS1299-06-1C, 6-32 UNC, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	22,54625575
3	NAS1299-06-2C, 6-32 UNC, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	22,67563274
4	NAS1299-06-3C, 6-32 UNC, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	22,80500973
5	NAS1299-06-4C, 6-32 UNC, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	22,93438672
6	NAS1299-06-5C, 6-32 UNC, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	23,06376371
7	NAS1299-06-6C, 6-32 UNC, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	23,19314707
8	NAS1299-06-7C, 6-32 UNC, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	23,32251766
9	NAS1299-06-8C, 6-32 UNC, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	23,45189468
10	NAS1299-3-1C, 10-32 UNF, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	23,58127161
11	NAS1299-3-2C, 10-32 UNF, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	23,71064866
12	NAS1299-3-3C, 10-32 UNF, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	23,84002565
13	NAS1299-3-4C, 10-32 UNF, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	23,96940264
14	NAS1299-3-5C, 10-32 UNF, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	24,09877963
15	NAS1299-3-6C, 10-32 UNF, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	24,22815662
16	NAS1299-3-7C, 10-32 UNF, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	24,35753361
17	NAS1299-3-8C, 10-32 UNF, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	24,48691060
18	NAS1299-3-9C, 10-32 UNF, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	24,61628759
19	NAS1299-3-10C, 10-32 UNF, Alloy Steel per MIL-S-7839, Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3	Alloy Steel per MIL-S-7839	24,74566458

Ilustración 65: Hoja de cálculo con los parámetros seleccionados en el comando iPart, completadas las descripciones

La descripción mostrada en la imagen corresponde con la de las primeras configuraciones, pero para el resto de los elementos es de igual manera. El resto de los parámetros no genera ninguna complicación ya que son invariantes en todas las configuraciones a excepción del acabado superficial que genera el doble de elementos debido a que hay dos acabados.

Solamente con las configuraciones básicas dimensionales es necesario generar 154 versiones diferentes del elemento normalizado, pero debido a que hay dos tipos de acabados superficiales esto afecta en el doble de configuraciones, habiendo un total de 308 versiones del estándar. Debido a la gran cantidad de elementos que hay, llevaría mucho tiempo comprobar que todos los parámetros estuvieran correctos, por esta razón, una vez se guarde y finalice el Excel, se podrían actualizar distintas configuraciones aleatorias para comprobar que la mayoría funcionan. Las configuraciones aleatorias son simples ya que de un mismo tamaño de roscado lo único que varía es la longitud, por esta razón si una configuración actualiza correctamente se podrá deducir que sus variantes de longitud también.

Una vez se finaliza el Excel las configuraciones del elemento se actualizan automáticamente, este proceso puede tardar debido a la gran cantidad de datos. Una vez hayan cargados las distintas versiones estas aparecerán en el árbol de operaciones, Ilustración 66, debajo del icono "Table". Se puede observar una notable diferencia respecto al inicio ya que antes solo había un elemento y ahora aparecen las 308 versiones.

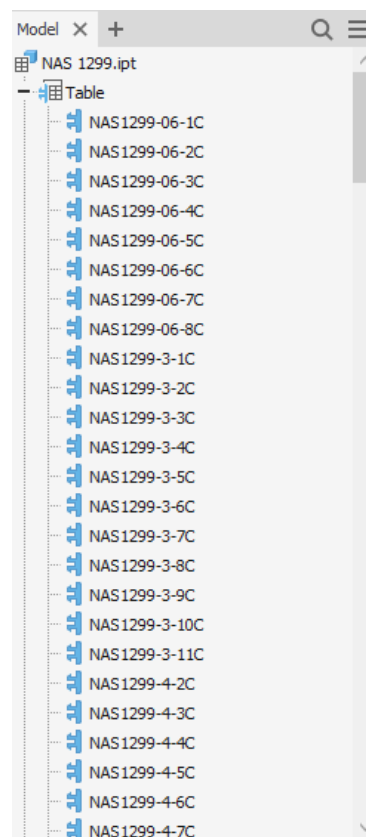


Ilustración 66: Distintas configuraciones generadas con el comando iPart

Debido a la gran cantidad de elementos es necesario desplazarse arriba y abajo en el árbol de operaciones para buscar la configuración deseada. Si se quiere actualizar a la nueva versión únicamente con hacer doble clic sobre la versión deseada, esta actualizará respecto los valores especificados para esa configuración.

En las siguientes Ilustraciones 67 y 68, se muestran diferentes combinaciones del elemento normalizado con sus respectivas designaciones, de esta manera se comprueba rápidamente si las dimensiones se actualizan de forma correcta junto con el cambio de acabado superficial o si se genera o no el agujero para el pasador en las versiones parametrizadas para que se haga. Con las imágenes se puede observar un breve resumen de los tipos de tornillos que se tienen, sin tener en cuenta la longitud. Únicamente hay cuatro tipos: con y sin agujero para el pasador, y de estos dos sus respectivos para cada acabado. Si se tuviese en cuenta la longitud habría multitud de versiones por esa razón a nivel general se hace una agrupación de únicamente cuatro tipos.

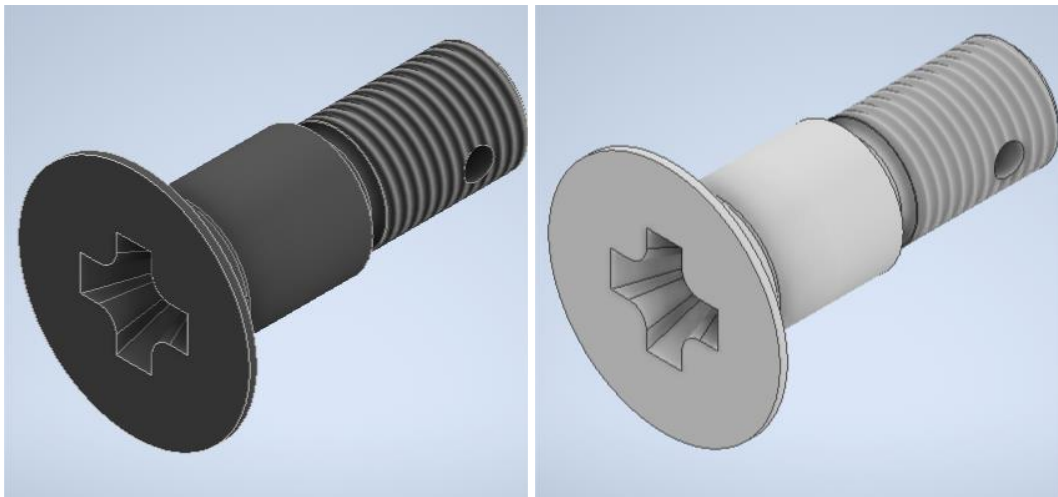


Ilustración 67: Configuraciones NAS1299-6D10C y NAS1299-6D10

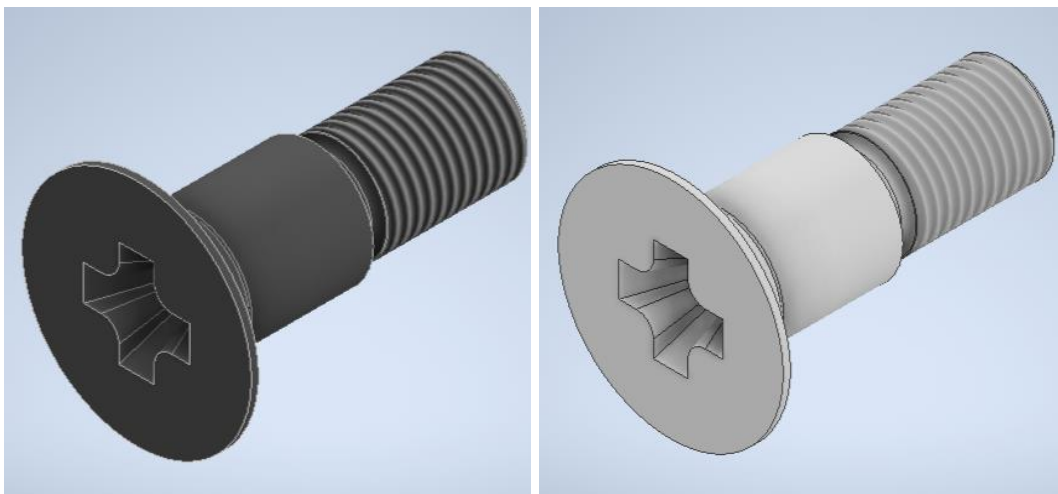


Ilustración 68: Configuraciones NAS1299-6-10C y NAS1299-6-10

Como se observa las configuraciones se adecuan a los parámetros específicos para cada versión, cumpliendo con los requisitos de la normativa en cada caso. Las restantes versiones representan distintas longitudes para cada uno de los cuatro tipos generales, las configuraciones mostradas en las imágenes previas.

Para cada versión las dimensiones del elemento varían y las propiedades lo hacen conforme a las características generales, esto se debe a que los elementos necesitan tener una uniformidad en la geometría. No tendría sentido crear elementos los cuales el cuerpo junto con la cabeza fueran de dimensiones mucho mayores que la rosca, ya que ni la fabricación ni su funcionalidad serían válidas para el objetivo al que es destinado el elemento normalizado. Por esta razón las normativas recogen las dimensiones generales del elemento para que no puedan crearse versiones sin ninguna funcionalidad.

Con todos los pasos que se han mencionado en los apartados previos, se puede crear cualquier elemento estándar que sea necesario, a partir de una versión base se puede generar infinidad de combinaciones según especifique la norma de cada elemento. Como se comentó al principio, este proceso de creación no solo se puede emplear para elementos que sigan unas normativas internacionalmente reconocidas, sino que también se puede emplear para elementos comerciales cuyo fabricante haya estandarizado ese elemento dándole unas dimensiones específicas.

El proceso iPart permite generar todas las versiones de un elemento que sean necesarias para el usuario, pero el generar tantas versiones incrementa la posibilidad de cometer errores al tener que introducir manualmente las dimensiones. Para evitar tantos errores se pueden comprobar todas las configuraciones o comprobar versiones generales cuya geometría se similar pero solo varíen uno o dos parámetros irrelevantes. Es muy importante comprobar que las versiones son correctas ya que sino estas producirán fallos en el ensamblaje final.


Una vez generadas todas las versiones, de todos los elementos requeridos por el usuario, se necesita poder almacenar estos elementos normalizados. Las bibliotecas de Inventor son el lugar idóneo para almacenar las familias de estándares creadas, por lo que el siguiente apartado consiste en que el usuario cree su propia biblioteca para poder almacenar en ella estos elementos.

7. Creación de una biblioteca para el almacenamiento de elementos normalizados

7.1 Creación de la biblioteca

Las bibliotecas de elementos normalizados son espacios virtuales dentro del software Inventor que almacenan todo tipo de elementos normalizados, estas bibliotecas comprenden las que vienen por defecto en el proyecto y a mayores las que el usuario puede crear y añadir en ella los estándares que se deseen.

Como bien se ha mencionado previamente hay distintos tipos de archivos y los archivos tipo .ipj hacen referencia a archivos de proyecto, este tipo son archivos de texto que especifican las localizaciones del resto de archivos que se estén ejecutando con el tipo de proyecto que se haya seleccionado previamente. En el caso actual el único proyecto existente es “Default” (por defecto), este proyecto lo ha creado Inventor por defecto, como su propio nombre indica, para poder trabajar con las configuraciones preestablecidas en el software. Para poder modelar los elementos normalizados y configurar el resto de las propiedades que sean necesarias se va a trabajar en el proyecto existente ya que no es necesario generar uno nuevo específico para lo que se va a realizar.

Para poder acceder a las propiedades del proyecto es necesario clicar sobre el comando correspondiente  , que se puede observar en la parte superior de la interfaz principal de Inventor como se puede apreciar en la Ilustración 3. Al clicar sobre este comando Inventor abre una ventana, Ilustración 69.

Como se observa en la Ilustración 69 la ventana de “Projects” (proyectos) está dividida en dos zonas:

- Zona superior: esta zona muestra en la primera columna el nombre de los diferentes proyectos que existen, actualmente solo está el creado por Inventor, y en la segunda columna la ruta para poder encontrar el proyecto en el ordenador, en la ruta que se especifique es donde se irán almacenando los archivos he información que se creen con este proyecto. Si fuera necesario utilizar o crear otro proyecto es muy simple ya que en la parte inferior de la ventana el icono “New” (nuevo) te permite crear el nuevo proyecto con el nombre requerido por el usuario y la ruta donde se guardarán los archivos, mientras que, si el archivo ya está creado, pero no vinculado con el software, con el icono “Browse” (buscar) se puede buscar en los archivos del ordenador, seleccionarlo y cargarlo para utilizarlo. El proyecto que este activo se marcará a la izquierda de nombre con el icono ✓ .
- Zona inferior: en esta zona se observan las propiedades del proyecto que se haya seleccionado en la zona superior, se puede distinguir el proyecto seleccionado porque este aparece en color azul. Una vez seleccionado un proyecto se puede visualizar la configuración de propiedades que tiene este: el tipo de proyecto, el estilo del proyecto, las librerías de apariencias y materiales que están incluidas ... pero lo

que es importante para los elementos normalizados es la propiedad “Libraries” (bibliotecas) ya que es aquí donde se almacenan los diferentes estándares.

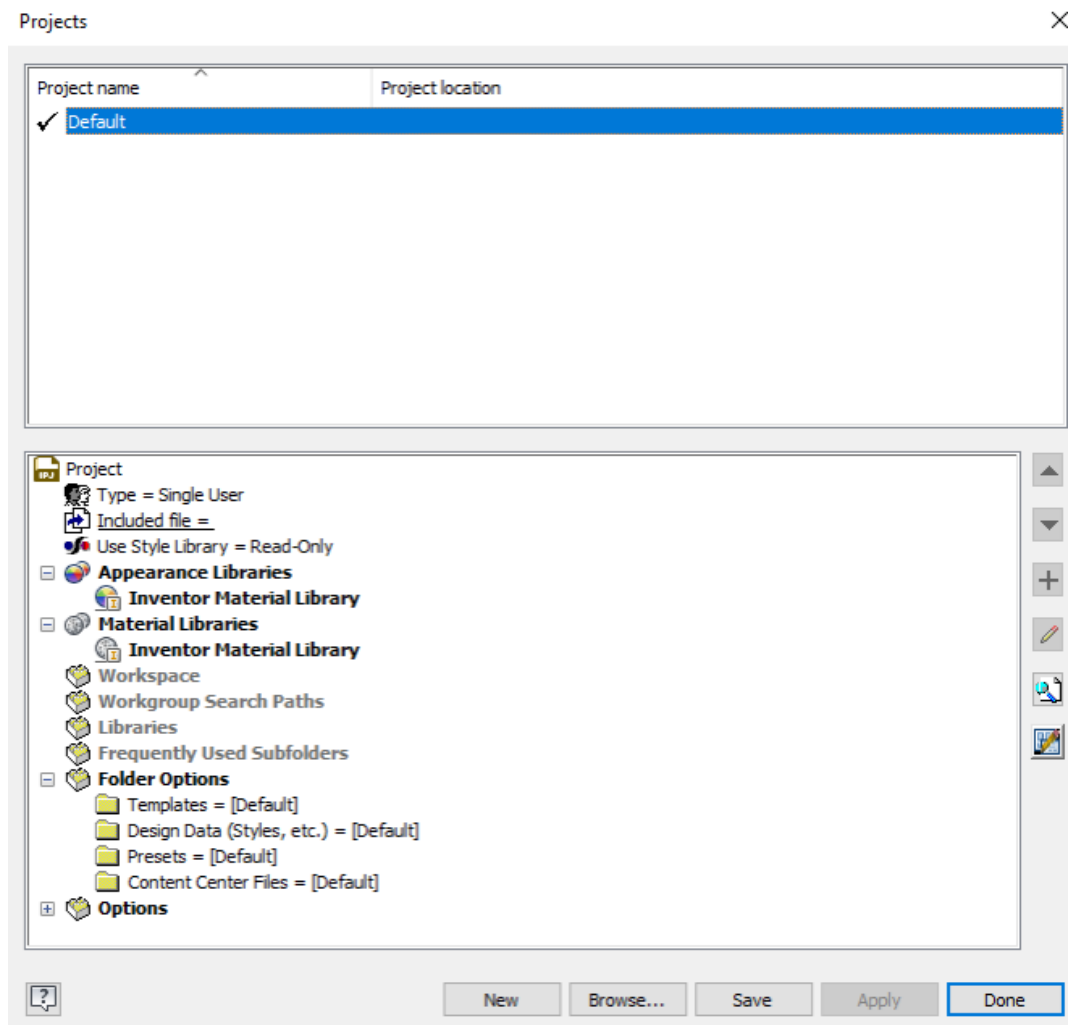



Ilustración 69: Ventana de gestión de proyectos

Como se puede observar en la Ilustración 69 algunas propiedades están de un diferente color, exactamente gris claro, esto se debe a que al ser el proyecto por defecto creado por Inventor todas estas propiedades son las predefinidas por el software y no son modificables ya que son solo de lectura. Si se quisiera cambiar alguna de ellas sería necesario crear un nuevo proyecto con la configuración deseada y en este caso las nuevas propiedades ya serían modificables, serían de lectura/escritura.

Para poder almacenar los elementos normalizados es necesario acceder a la propiedad de bibliotecas, pero como se acaba de mencionar esta está bloqueada a modificaciones, sin embargo, esta propiedad tiene una excepción ya que no se quiere modificar alguna de las bibliotecas incluidas en ella, sino que se quiere crear una nueva.

El proceso que nos permite gestionar las bibliotecas existentes y las creadas por el usuario se llama “Content Center” (centro de contenido). El editor del centro de contenido se emplea para crear bibliotecas de usuario y modificar o

ampliar el contenido normalizado suministrado con la instalación de las bibliotecas Autodesk Inventor, las que sean modificables. Permite crear, copiar o suprimir categorías, editar propiedades de categoría, publicar, copiar, editar o suprimir familias y mover contenido de una biblioteca de lectura y escritura a otra. Mediante el comando  permite ver las configuraciones de las librerías del centro de contenidos en el proyecto que se esté trabajando.

Una vez se clique sobre el icono se abrirá una ventana, en esta ventana aparecerán todas las bibliotecas de Inventor algunas de ellas estarán disponibles ya que serán las que se hayan instalado al descargar el software, estas aparecen de color negro, y otras que no están disponibles pero que si son necesarias hay que descárgalas a mayores ya que no están en la configuración inicial, estas aparecen de color rojo.

En la Ilustración 70 se puede observar la ventana con las bibliotecas que se acaban de mencionar y que corresponden a bibliotecas de diferentes normativas: DIN, ANSI, ISO...

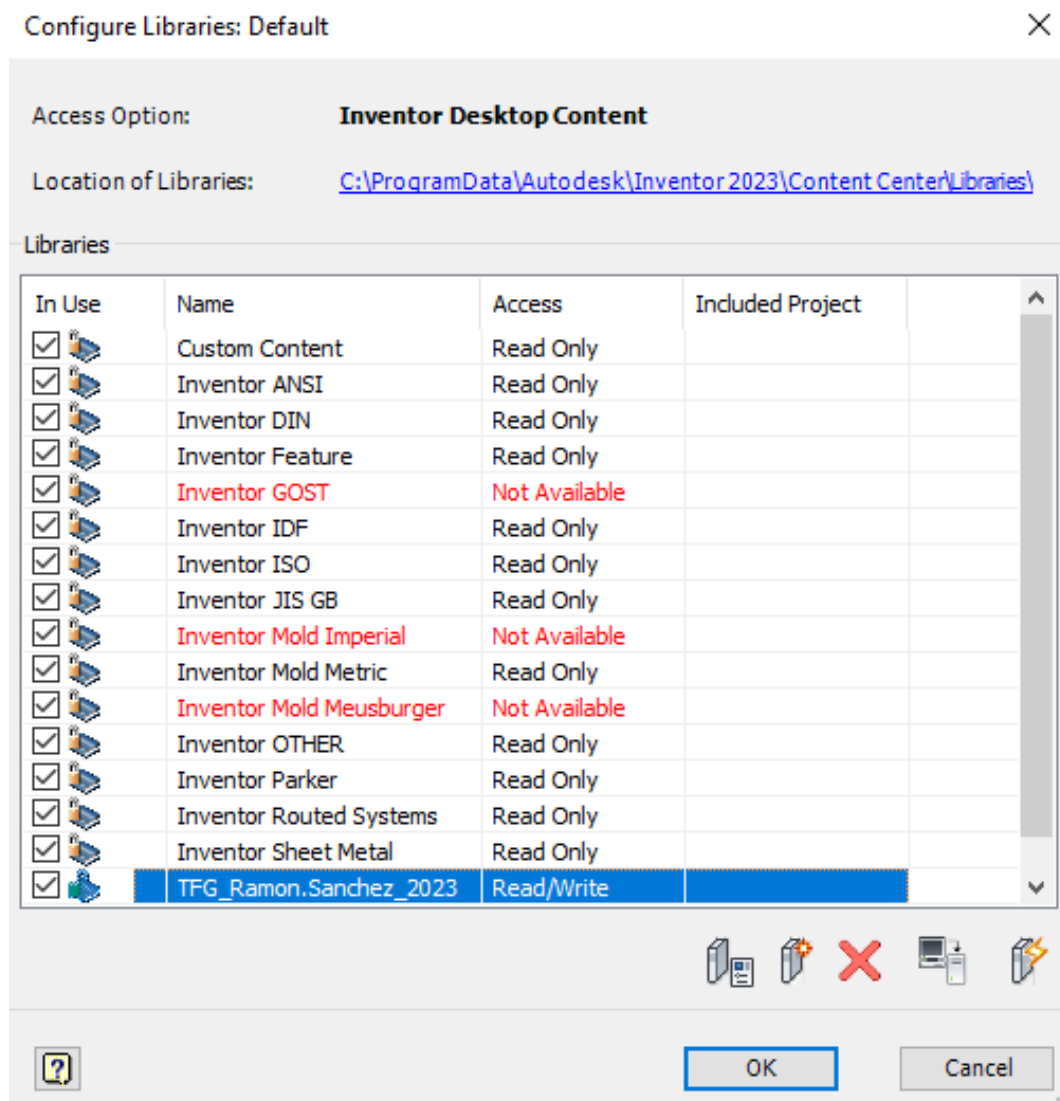


Ilustración 70: Bibliotecas existentes en el proyecto seleccionado




En la parte superior de la ventana viene la información del nombre que tiene el conjunto de todas las bibliotecas que se muestran y debajo la ruta para encontrar en el ordenador donde se almacenan los archivos y la información de las bibliotecas de este proyecto.

Respecto a las bibliotecas en la ventana se observan 4 columnas:



- In Use: en uso, esta columna hace referencia a si está cargada en el proyecto actual, es decir que, si aparece o no en a la hora de querer meter un elemento normalizado en un ensamblaje, aunque este en uso es posible que luego no se tenga acceso.
- Name: nombre, especifica el nombre de cada biblioteca.
- Access: acceso, este acceso puede ser de 3 tipos:
 - Read Only: solo lectura, biblioteca disponible para usarse, pero no se pueden modificar los elementos de su interior. Este tipo de acceso suele ser de bibliotecas que vienen por defecto en el software.
 - Read/Write: lectura/escritura, la biblioteca está disponible para usarse y se pueden modificar los elementos que contiene. Este tipo de acceso suele ser de bibliotecas que son creadas por el usuario.
 - Not Available: no disponible, la biblioteca puede estar cargada o no en el programa, pero no está disponible, pero para su uso en necesario descargarlas, estas son visualmente fáciles de reconocer ya que toda la fila se encuentra de color rojo.
- Included Project: incluidas en el proyecto, esta última columna hace referencia a en que proyectos están siendo utilizados los elementos de las bibliotecas. En el caso actual está vacío ya que no se han utilizado en ningún ensamblaje creado, una vez se utilice algún elemento normalizado de cualquier librería aparecerá ya el nombre del proyecto correspondiente.

Una vez explicada cada columna sabiendo diferenciar los distintos tipos de bibliotecas se puede crear la específica para los elementos normalizados que el usuario haya creado. Si se observa en la Ilustración 70 la biblioteca que está marcada, en color azul, es la biblioteca creada por el usuario para este trabajo y que se utilizara para almacenar en ella los estándares.

Para gestionar las bibliotecas desde la ventana actualmente abierta se tienen varios iconos que cada uno proporciona una función específica:

- Propiedades de la librería : este comando permite saber un breve resumen del archivo biblioteca: nombre, versión del archivo, tipo de acceso y fecha de creación.
- Crear nueva librería : mediante este icono se puede generar una nueva biblioteca, que será lo que se haga en el paso posterior.
- Eliminar librería : nos permite borrar la librería deseada, pero esta librería a borrar debe de ser creada ya que si es de las que viene por

previa configuración no lo va a permitir, ya que pedirá accesos del administrador y es algo que no se tiene.

- Guía de transferencia de biblioteca : este comando permite transferir una biblioteca al software específico de Autodesk para el tratamiento de datos entre diferentes integrantes de un proyecto Vault.
- Actualizar herramienta : este icono permite que las bibliotecas que no están disponibles una vez se hayan descargado actualizarlas para que el software pueda reconocer el acceso.

Con los comandos previamente explicados el usuario es capaz de desenvolverse perfectamente para gestionar las diferentes librerías. Para poder almacenar los elementos que el usuario haya creado es necesario crear la librería y como ya se han explicado las diferentes opciones de configuración se procede a crearla. Para poder generar la nueva librería es necesario clicar sobre el comando correspondiente y a continuación se abrirá una ventana que pedirá unas especificaciones: el nombre de la biblioteca que aparecerá en la ventana de la Ilustración 70 y el nombre de la biblioteca, por simplicidad y ahorrarse el cometer errores posteriores es recomendable poner el mismo nombre en las dos. En la Ilustración 71 se observa el nombre elegido.

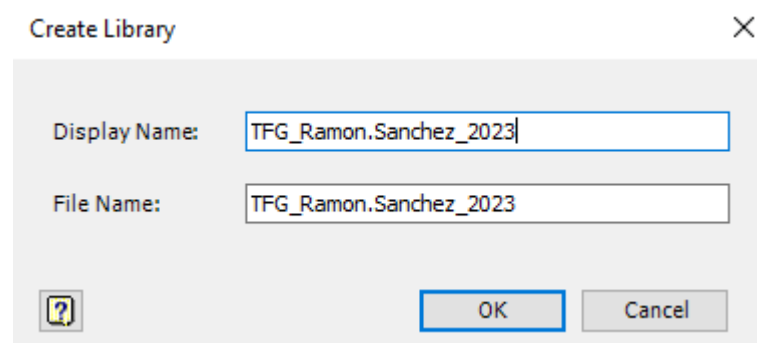


Ilustración 71: Creación de una biblioteca por el usuario


Es importante recordar que todas las bibliotecas que el usuario cree se almacenarán en la ruta especificada en la Ilustración 71, por lo que, si es necesario posteriormente buscar en el ordenador un elemento normalizado que se haya guardado en la biblioteca que se acaba de crear, dicho elemento se ubicará también en esa ruta.

Ya creada la biblioteca salimos de la ventana actual y nos devolverá a la anterior, Ilustración 70, es importante que una vez que se haya modificado lo que se requiera se haga clic sobre el comando de la parte inferior de la ventana "Save" (guardar), ya que si no se guardan las modificaciones todo lo creado o cambiado se perderá.

7.2 Personalización de la biblioteca

Ya está creada la biblioteca, esta biblioteca va a estar vacía debido principalmente porque todavía no se le han añadido los elementos normalizados, pero para añadir los elementos normalizados lo más lógico es que haya un cierto orden y organización de estos, ya que es más intuitivo y fácil para el usuario que tenga que utilizarlos si los elementos están ordenados y separados por categorías a tener todos los estándares en una misma carpeta sin ninguna organización.

Para poder personalizar la biblioteca se debe estar en la interfaz principal de Inventor, Ilustración 3, una vez ahí en la pestaña “Tools” (herramientas) hay un subapartado llamado “Content Center” (centro de contenido), como bien se ha explicado previamente este centro de contenido permite gestionar las bibliotecas que puedan ser modificadas, en este caso únicamente las creadas por el usuario.

Dentro del subapartado del centro de contenidos hay un comando llamado “Editor” (editar) , este comando permite modificar la interfaz de la biblioteca añadiendo categorías en forma de carpetas para facilitar al usuario el proceso de búsqueda del elemento normalizado requerido dentro de la biblioteca creada.

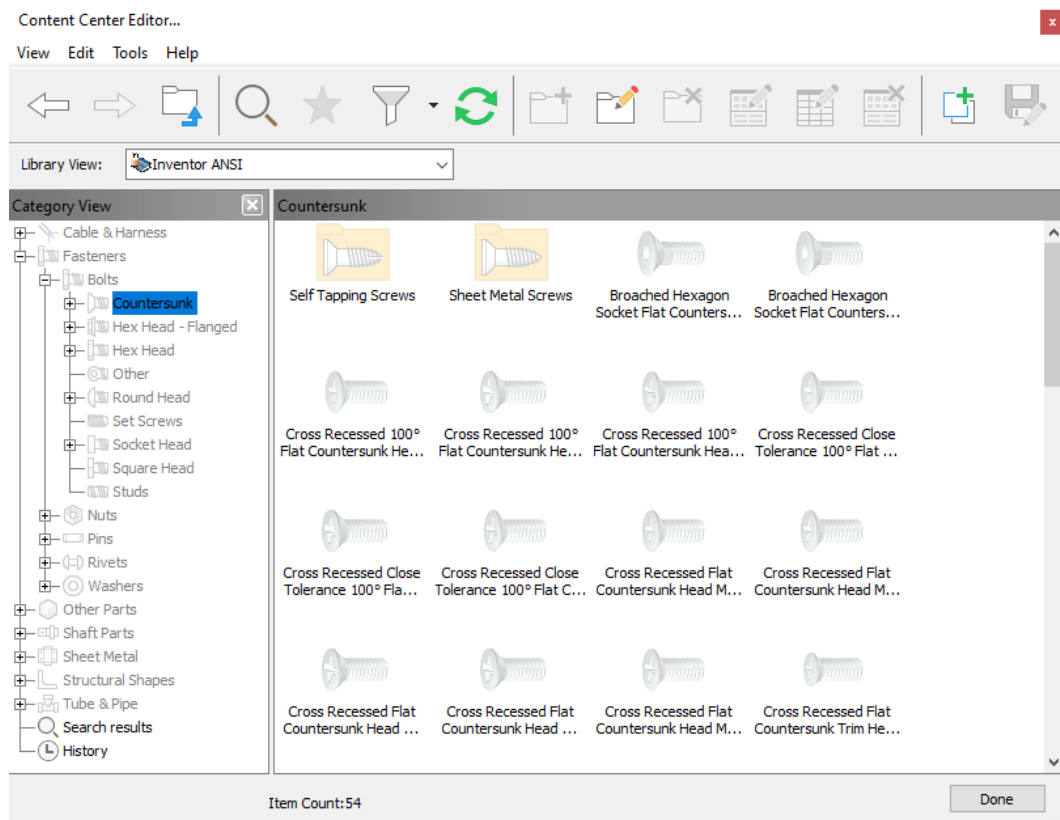


Ilustración 72: Visualización biblioteca desde el comando Content Center

Una vez seleccionado el comando se abrirá una ventana, dicha ventana corresponde con la interfaz de la biblioteca que este en ese momento por defecto, en el caso de la Ilustración 72 corresponde con la librería de Inventor para la norma ANSI. En la ventana se diferencian principalmente dos zonas: la

parte izquierda “Category View” (vista de categorías) esta zona muestra las distintas categorías y subcategorías de la norma ANSI cuya representación es similar al árbol de operaciones, y la zona derecha, esta zona no tiene nombre ya que va cambiando dependiendo la categoría que se seleccione mostrando las subcategorías o si es de los últimos niveles los elementos normalizados que estén dentro de la carpeta seleccionada, como en la Ilustración 72.

Es importante destacar que todas las categorías, carpetas, y todos los elementos normalizados, en la Ilustración 72, aparecen en color gris claro esto indica que están bloqueados, es decir al ser elementos que pertenecen a una biblioteca de la configuración por defecto del software esta no puede ser modificable.

Para poder cambiar a nuestra biblioteca se debe seleccionar el desplegable que aparece en la ventana de interfaz de la biblioteca por el nombre “Library View” (vista de biblioteca), en este desplegable se encuentran todas las bibliotecas disponibles en el proyecto, las que aparecían en la Ilustración 70. Una vez abierto el desplegable se selecciona la librería previamente creada **TFG_Ramon.Sanchez_2023**, esta biblioteca como se observa en la Ilustración 73 está totalmente vacía sin ninguna categoría, por lo que se va a personalizar para darle un aspecto más intuitivo y ordenado antes de añadir los elementos normalizados.

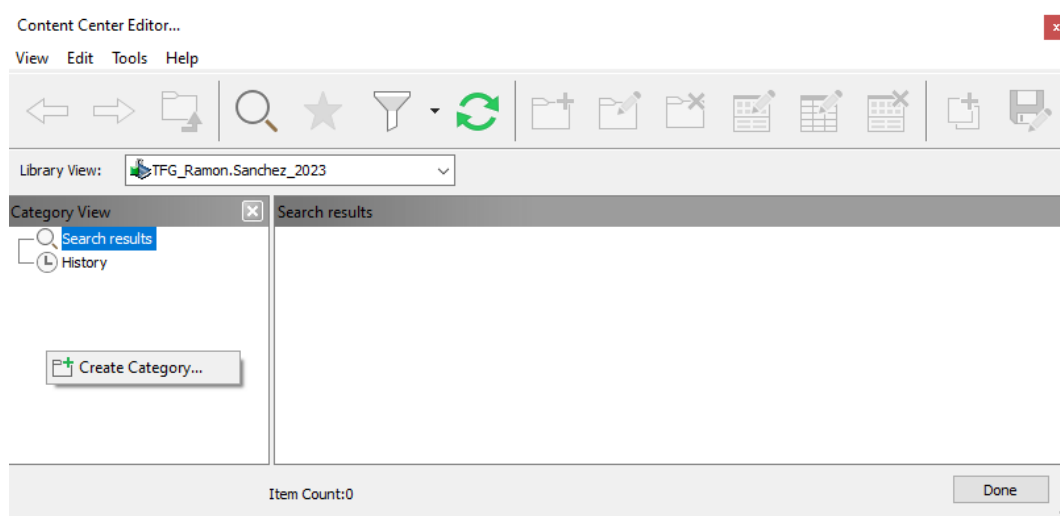


Ilustración 73: Visualización de la biblioteca creada por el usuario con el comando Content Center

La mayoría de las operaciones están bloqueadas hasta que se cree una categoría, para crear una categoría es necesario situar el ratón en la parte izquierda en la zona de vista de categorías y hacer clic derecho a lo que aparecerá el comando que hay en la Ilustración 73, “Create Category” (crear categoría).

Ya sabiendo como crear una categoría se procederá a ello, una vez seleccionado el comando para crearla se abrirá una ventana, Ilustración 74, en ella habrá que rellenar unos requerimientos. Los requerimientos corresponden con el nombre que el usuario quiera asignar a la categoría, lo siguiente es una pequeña imagen que será la que aparezca en la parte de vista de categorías y una imagen grande en el caso de verse en la zona derecha dicha categoría, estas imágenes sirven para proporcionar una ayuda visual para el usuario, ya

que es más fácil ubicarse con una imagen, y por último especificar donde se va a guardar la información de la categoría.

En la Ilustración 74 se observa cómo se han rellenado los requerimientos para una creación lógica de la categoría.

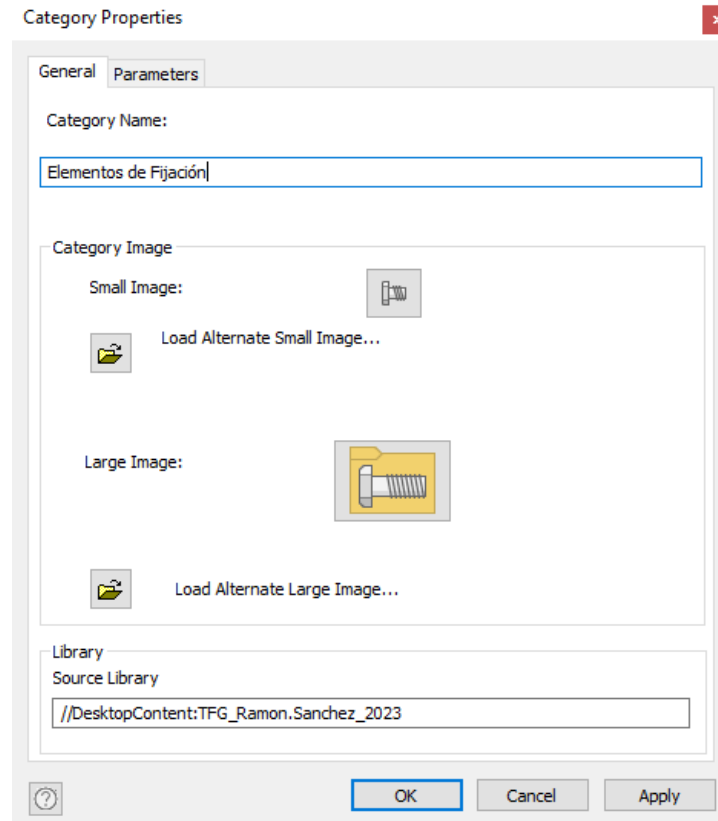









Ilustración 74: Creación de una categoría dentro de la biblioteca

Una vez se haya creado la categoría ya se habrán desbloqueado más funciones en la interfaz de la biblioteca:

- **Buscar** : permite al usuario realizar una búsqueda más precisa si se conoce el nombre específico del elemento.
- **Filtros** : permite restringir los elementos por las categorías que el filtro imponga a la biblioteca
- **Actualizar** : este comando es útil en el caso de que se haya realizado alguna modificación sobre algún elemento para poder actualizar dicha modificación en la biblioteca.
- **Crear categoría** : permite crear una categoría a partir de la creada inicialmente, es decir crea subcategorías.
- **Propiedades de la categoría** : empleando este comando sobre una categoría específica permite visualizar y modificar los requerimientos que hay que rellenar cuando se utiliza el comando para crear la categoría.

- Eliminar categoría : esta función permite eliminar la categoría señalada, pero esto tiene un inconveniente ya que para borrar una categoría es necesario que esta no tenga ninguna subcategoría dentro de ella.
- Copiar a : esta operación es muy empleada ya que permite copiar de una biblioteca a otra elementos o categorías.

Las operaciones explicadas anteriormente permiten personalizar la interfaz de usuario añadiendo categorías y subcategorías para que la visualización de la biblioteca sea lo más intuitiva posible facilitando al usuario el trabajo de buscar el elemento normalizado que requiera para su proyecto.

Como se han modelado ya todos los elementos normalizados pensados para incluir en la biblioteca se pueden crear las categorías necesarias para poder ordenar todos los elementos en las carpetas correspondientes, la Ilustración 75 muestra como ha quedado la personalización de la biblioteca con las carpetas necesarias para la organización de los elementos normalizados.

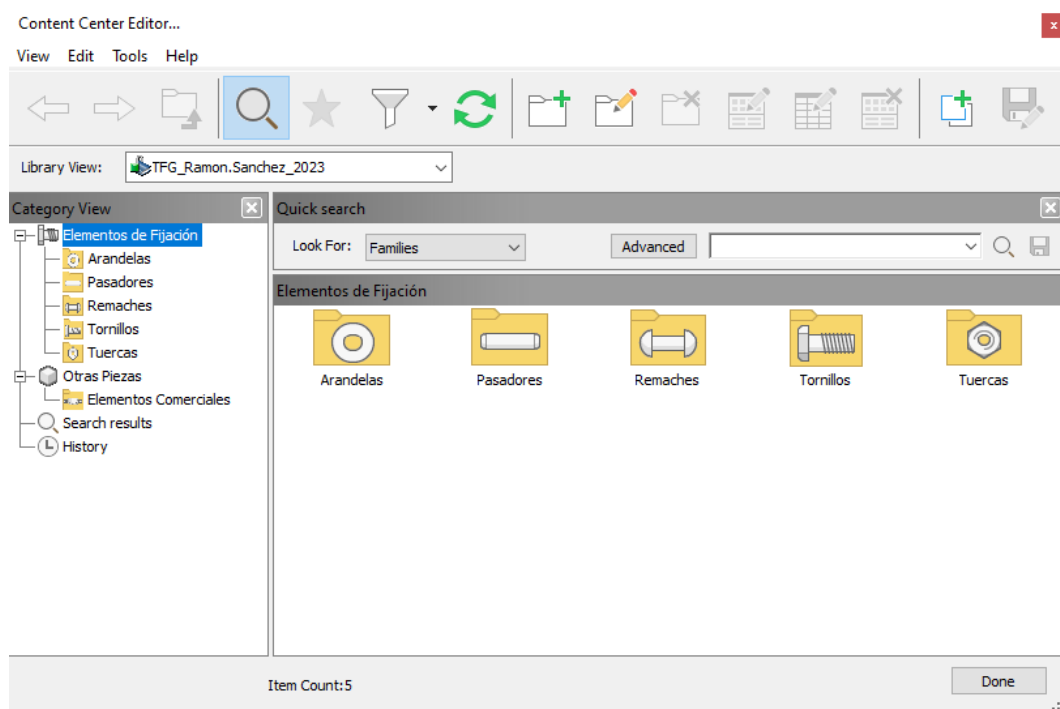


Ilustración 75: Organización de categorías en la biblioteca creada por el usuario

El incluir las imágenes, como se observa en la Ilustración 75, proporciona que el usuario solamente con clicar sobre la primera categoría rápidamente pueda identificar el tipo de elemento normalizado que le es necesario, como se ve en la zona derecha cada categoría con el nombre y la ilustración genérica de los elementos que irán en esa carpeta, y de una manera eficaz poder acortar los plazos de búsqueda de los elementos realizando ciertos cambios más eficaces.

Como se observa en la imagen se han generado categorías genéricas sin especificar más allá del tipo general ya que no se tiene tanta variedad de elementos normalizados. La primera categoría corresponde con “Elementos de

fijación”, estos son los elementos normalizados básicos para unir elementos, pero también se ha creado otra categoría llamada “Otras Piezas” dentro de esta categoría se tiene la subcategoría “Elementos comerciales” en la que hay modelados ciertas piezas que no están normalizadas por normativas internacionales, sino que el propio fabricante crea las normas para sus piezas estandarizando sus dimensiones y materiales, por lo que estas piezas se han podido modelar paramétricamente al igual que los elementos normalizados.

Como se comentó el modelado de elementos normalizados no solo hace referencia a elementos con normativas internacionales, sino también se pueden incluir elementos comerciales que no tengan modelos 3D para descargar, o que no sean compatibles con nuestro programa, pero que gracias a este método, si se requieren en un proyecto se pueden modelar e incluir en él para poder meter todos los elementos que realmente compongan el diseño y que pueden ser necesarios para diversos cálculos o planos de conjunto.

Ya con una biblioteca totalmente configurada y operativa por el usuario, se puede empezar a añadir a dicha biblioteca todos los elementos normalizados que se hayan creado. El disponer de una biblioteca propia permite de forma fácil al usuario gestionar que elementos se van a utilizar en su proyecto, y donde están localizados debido a la gran cantidad de bibliotecas y elementos normalizados que Inventor posee.

En el siguiente apartado se dará uso a la biblioteca incluyendo en ella todos los elementos normalizados que se hayan modelado y organizándolos en categorías.

8. Organización de la biblioteca de elementos normalizados



Cuando el usuario ha modelado todos los elementos normalizados, con todas las configuraciones requeridas por cada una de las normativas, y se ha creado una biblioteca dentro del proyecto correspondiente donde se esté trabajando, entonces se puede añadir y organizar todas las familias de elementos estándar creados dentro de la biblioteca correspondiente para el posterior uso del usuario.



La biblioteca generada dentro del único proyecto existente, “Default”, se ha denominado **TFG_Ramon.Sanchez_2023**. Esta biblioteca está vacía actualmente debido a que únicamente ha sido creada, no se le ha añadido ningún elemento.

La biblioteca creada en este trabajo contiene una distribución de carpetas para su mejor organización por tipos de los elementos normalizados. Cada carpeta puede tener una subcarpeta filtrando aún más la categoría de cada elemento. En el caso de ser necesaria otra organización o modificación de dichas carpetas se podrán realizar las modificaciones desde las configuraciones explicadas en el apartado previo o dentro de la interfaz del archivo tipo pieza que se explicará posteriormente.

Para que el usuario pueda añadir una familia de elementos dentro de una biblioteca es necesario volver a la interfaz pieza de cada uno de los elementos que se hayan modelado. Para añadir las familias a la biblioteca únicamente se pueden añadir de uno en uno, ya que hay que realizar una serie de pasos para cada archivo.

Una vez se haya vuelto a abrir el archivo deseado, será necesario situarse dentro de la interfaz del software en la pestaña que contenga la gestión de la biblioteca. La pestaña necesaria es “Manage” y dentro de esta, es necesario situarse en el subapartado de gestión de la biblioteca, como bien se mencionó se denominaba “Content Center”. Dentro del subapartado del centro de contenidos existen diferentes funciones:

- **Editor** : editar, con la herramienta de editar el centro de contenido permite modificar la biblioteca deseada, pudiendo reorganizarla, añadir nuevas categorías o eliminarlas. Una vez se seleccione el icono este abrirá una ventana la cual coincide con la explicada en el apartado previo, esto se debe a que estas dos vías son las únicas para poder acceder a la gestión de la biblioteca
- **Publish Feature** : publicar función, las funciones se administran de manera similar a las piezas en la biblioteca del centro de contenido. Se puede utilizar el Centro de contenido para insertar funciones en ensamblajes o piezas y editar dichas funciones una vez colocadas. Las únicas funciones que es permitidas por el software para publicar son: extrusión, revolución, barrido y agujero,

- Publish Part : publicar pieza, esta herramienta va a ser la necesaria para la función que se desea. Publicar una pieza permite añadir a la biblioteca del centro de contenido familias de elementos con diferentes configuraciones. Este comando permite gestionar los archivos a añadir dentro de la biblioteca posicionándolos en la carpeta que el usuario desee. Como se mencionó previamente para poder añadir un elemento a una biblioteca es necesario que dicha biblioteca sea de lectura/escritura.
- Batch Publish : publicar por lotes, la publicación por lotes crea definiciones de publicación y las guarda en tareas. Las tareas pueden publicarse en un proceso por lotes o guardarse y publicarse más tarde. Las definiciones de tareas de publicación existentes se pueden modificar hasta que comience el proceso de publicación.

Todas las herramientas que permiten modificar la biblioteca del centro de contenidos están agrupadas en un mismo subapartado, pero para poder insertar las familias de componentes en la biblioteca únicamente va a ser necesario “Publish Part”.

Mediante esta herramienta se permite al usuario almacenar en la biblioteca deseada su elemento como una familia, ya que genera un archivo global donde dentro de él están creados los archivos pieza de cada configuración.

Sabiendo ya que elemento se va a insertar en la biblioteca y el comando necesario para realizar dicha función se procede a ello. Una vez seleccionado el icono correspondiente se abrirá una ventana como la que muestra la Ilustración 76.

La ventana pertenece a la guía de publicación, esta guía es una ayuda para subir paso a paso los estándares a la biblioteca deseada, facilitando al usuario dicho proceso con requerimientos simples para rellenar.

En la ventana de requerimientos se observan dos desplegables, estos desplegables corresponden con las primeras preguntas generales sobre el proceso de añadir las familias de elementos. El primer requerimiento corresponde con la biblioteca en la que el usuario desea introducir el elemento, lógicamente para este trabajo se seleccionará la previamente creada. El segundo requerimiento es el idioma en el que se desea añadir, se podría seleccionar cualquiera de los disponibles en el desplegable, pero para facilitar la comprensión de este trabajo se ha seleccionado en español. La Ilustración 76 muestra cómo se han rellenado los requerimientos para esta ventana.

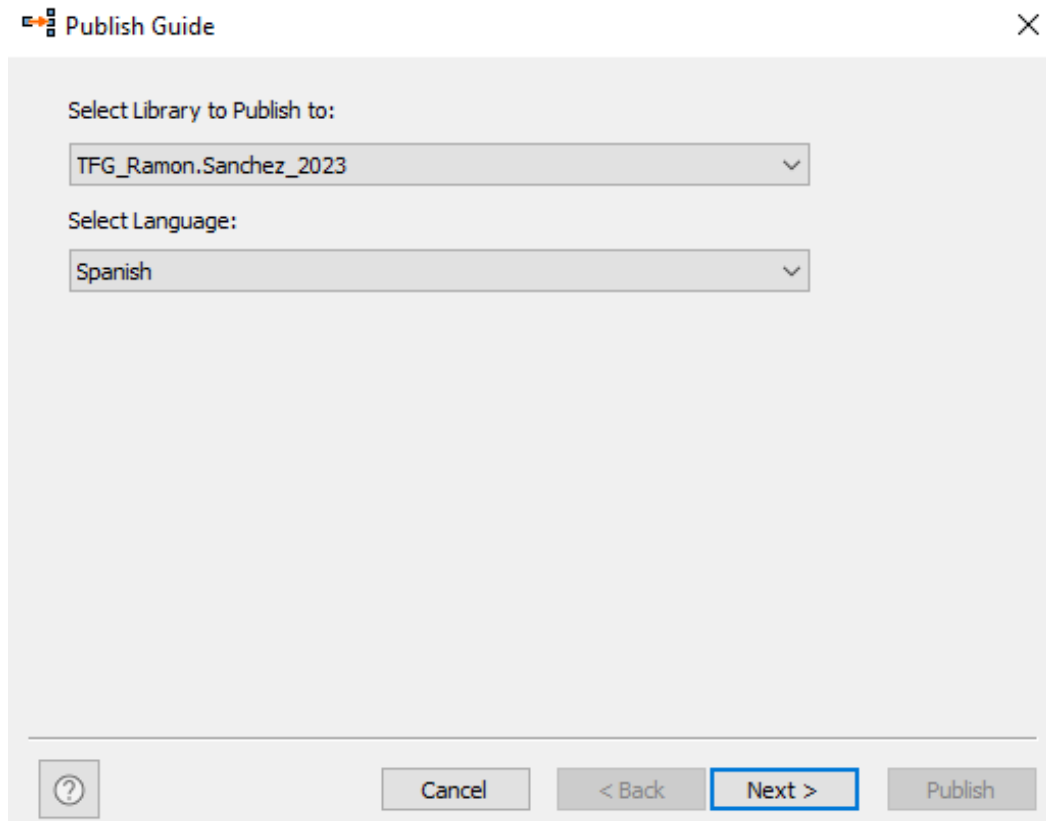


Ilustración 76: Primera ventana de requerimientos para publicar un elemento

Una vez rellenado se selecciona el icono “Next” (siguiente), este icono permite al usuario continuar a la siguiente ventana de requerimientos para completar el proceso.

La Ilustración 77 muestra la segunda ventana de requerimientos, en esta ventana es necesario seleccionar en que categoría (carpeta) se va a querer introducir el estándar dentro de la biblioteca seleccionada. Las carpetas que aparezcan en esta ventana dependen de la cantidad de carpetas que tenga la biblioteca que se seleccione.

Como se puede observar en la imagen existe una organización de las categorías con subcategorías dentro de estas. Algunas de las categorías no son seleccionables y además aparece su nombre de color gris, esto es debido a que esas categorías se encuentran bloqueadas ya que no existen. Uno de los posibles aspectos que puede causar confusión es que, aunque el usuario organice su biblioteca como en el apartado anterior, Ilustración 75, algunas categorías generales siguen apareciendo, pero claro al no existir no son seleccionables.

Las carpetas creadas por el usuario son las seleccionables, cuyo icono aparece con una carpeta amarilla, como se observa en la Ilustración 77. Para poder guardar el elemento normalizado en la carpeta correspondiente se debe desplegar las opciones dentro de la categoría: Elementos de Fijación, dentro de la carpeta se observan distintas subcarpetas correspondientes a cada grupo básico de elementos de fijación. El estándar NAS1299 según su propia normativa menciona corresponde con ser un tornillo especializado para aeronáutica por lo que la categoría correspondiente es la de Tornillos, en la

imagen se muestra la subcategoría seleccionada, para cada elemento corresponde una categoría diferente dependiendo del tipo que sea.

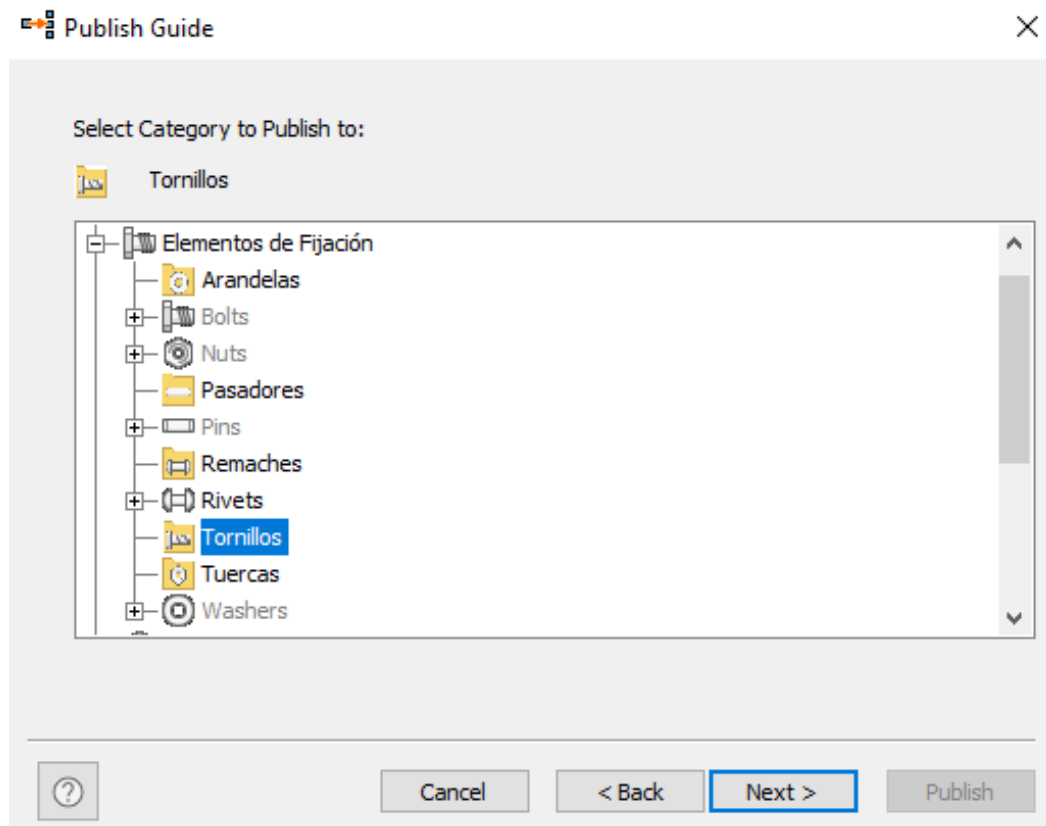


Ilustración 77: Segunda ventana de requerimientos para publicar un elemento

Para poder pasar a la siguiente hoja de requerimientos es muy importante asegurarse de que se está almacenando el elemento deseado en la categoría que le corresponde, ya que sino para próximos usuarios podría causar confusión. Una vez asegurada la categoría deseada se selecciona “Next”, lo que conducirá al usuario a la siguiente ventana.

La tercera ventana de requerimientos, Ilustración 78, es totalmente innecesaria para la función que el usuario va a dar de la biblioteca de elementos normalizados, debido a que esta ventana está generada para emplearse al publicar ciertos elementos, por ejemplo: un perfil normalizado, este debe cumplir una serie de parámetros que el software establece, “Category Parameters”(categoría de parámetros), estos se vinculan con los del propio modelo cuando sean necesarios, “Table Columns”(columnas de la tabla).

Al no ser necesario cumplimentar la ventana de requerimientos actual esta se puede obviar y pasar a la siguiente, de nuevo es necesario clicar sobre el icono “Next”.

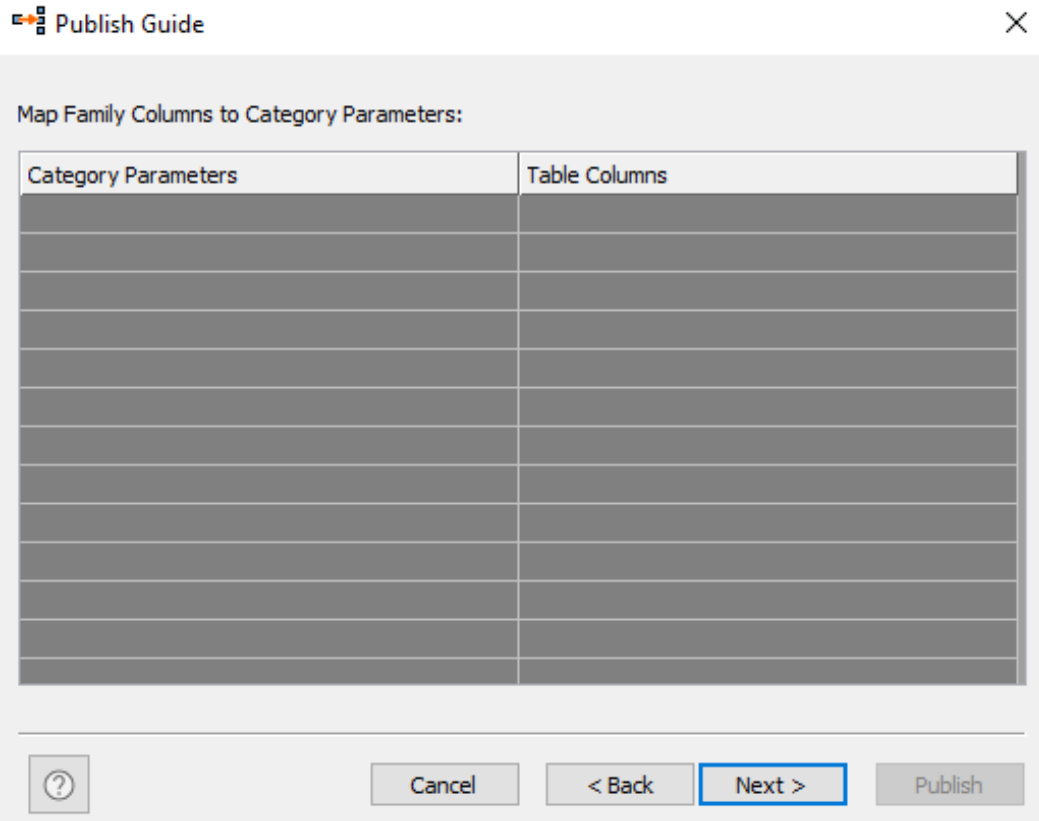


Ilustración 78: Tercera ventana de requerimientos para publicar un elemento

La ventana siguiente, mostrada en la Ilustración 79, es la más importante de todos los requerimientos a la hora de publicar un elemento normalizado. La ventana de la imagen permite al usuario seleccionar lo que se consideraran “Key columns” (columnas clave). Las columnas clave son las columnas que, al seleccionar un elemento desde el centro de contenido para insertarlo en un ensamblaje, permiten al usuario seleccionar la configuración deseada mediante la selección de las opciones disponibles para cada parámetro, este proceso se verá posteriormente con el elemento actual.

En la ventana de requerimientos se pueden observar dos zonas:

- Table Columns: columnas de la tabla, la zona izquierda corresponde con los parámetros y propiedades empleadas en el comando iPart para poder parametrizar las configuraciones del elemento normalizado. En la zona izquierda aparecen todas las posibilidades para emplear como columnas clave, por lo que si se quiere emplear un parámetro específico es necesario llevarlo a la zona derecha. Para poder llevarlo a la zona de columnas clave es necesario clicar dos veces sobre el parámetro deseado y este inmediatamente aparecerá en el lado deseado, también es posible emplear los iconos con flechas que aparecen delimitando las dos zonas, al igual que ocurría en al seleccionar parámetros en el comando iPart.
- Key Columns: columnas clave, esta zona corresponde con la derecha, en ella se almacenan los parámetros seleccionados por el usuario para que aparezcan a la hora de seleccionar la configuración deseada del

estándar. En las columnas clave se almacenan los parámetros seleccionados, pero estos no están ordenados por orden de selección, sino que se van ordenando aleatoriamente. Es importante ordenar los parámetros seleccionados ya que, en la interfaz de elección de configuración, un orden de parámetros lógico facilitará al usuario la selección del elemento deseado. Por la necesidad de poder ordenar los parámetros, el software proporciona dos flechas que aparecen a la derecha de la ventana, su uso es fácil ya que una vez se seleccione un parámetro de dicha columna las flechas se activarán permitiendo posicionar los parámetros en el orden deseado.

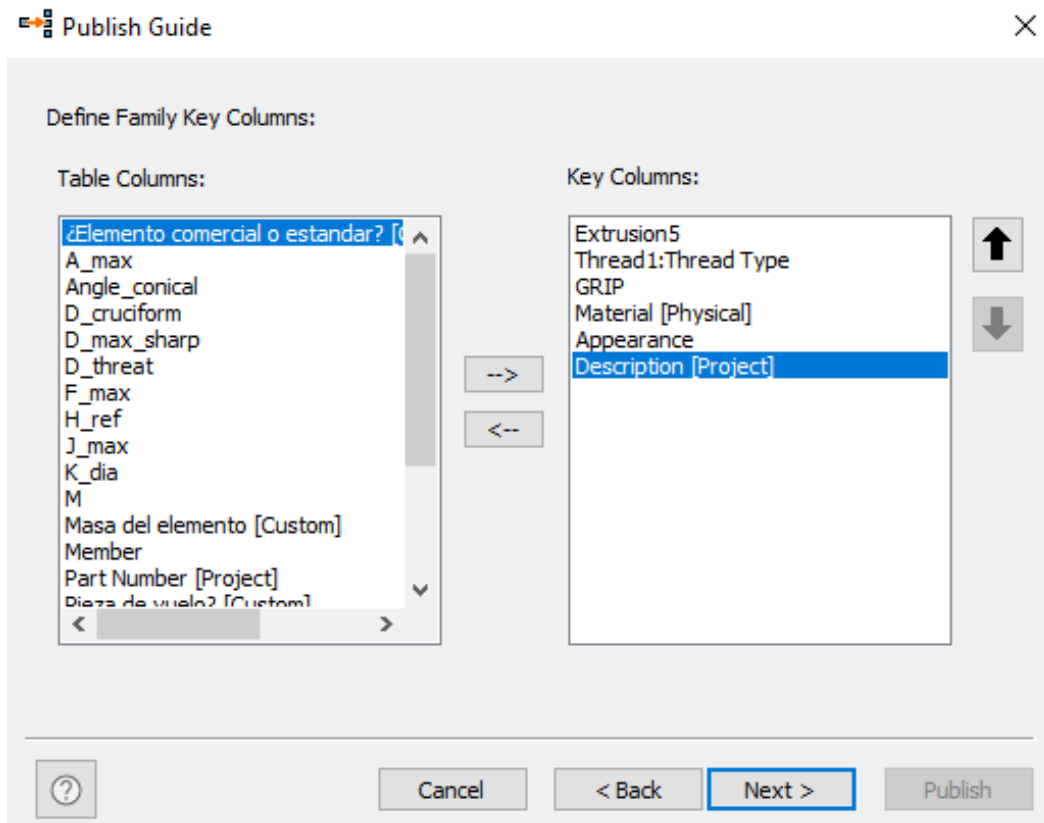


Ilustración 79: Cuarta ventana de requerimientos para publicar un elemento

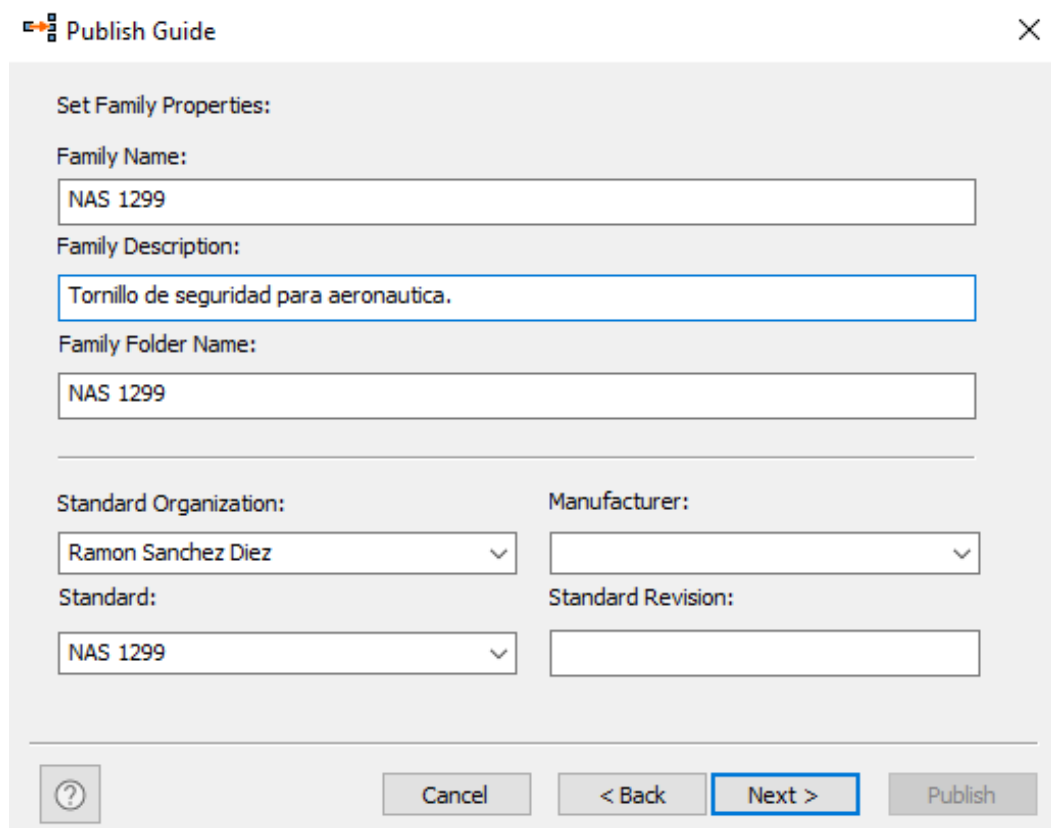
Como se observa en la Ilustración 79 en la zona derecha aparecen los parámetros seleccionados para emplear como columnas clave, estos ya se encuentran en el orden que aparecerán posteriormente al seleccionar la configuración del estándar requerida. Como se ha mencionado, el orden es un criterio del usuario por lo que no va a haber una única solución a la hora de seleccionar parámetros y ordenarlos.

El orden buscado en la imagen consiste primero en seleccionar si se quiere un tornillo con agujero de pasador o no (“Compute” o “Suppress” respectivamente), tras esto poder seleccionar la métrica deseada dentro de las opciones, con una métrica específica se seleccionará la longitud del vástago y por último el material y el acabado superficial. Aunque haya un único material es conveniente introducirlo como columna clave ya que aporta mucha información. El último de todos los parámetros que no es seleccionable ya que

cada combinación llevara a una única solución es la descripción, en ella aparecerá, por información, un resumen de la configuración seleccionada.

Una vez seleccionados todos los parámetros clave se puede clicar sobre el icono “Next”, lo que permite llegar a la penúltima ventana de requerimientos. La penúltima ventana corresponde con una ventana informativa sobre la familia del elemento normalizado a crear, en ella será necesario añadir nombres específicos para las designaciones.

Como muestra la Ilustración 80, se muestran los requerimientos a rellenar y como se han rellenado. El primer y tercer requerimiento son el nombre de la familia y el nombre de la carpeta de dicha familia por lo que compartirán el mismo nombre, ya que de esta manera será más fácil de localizar. El segundo requerimiento corresponde con una breve descripción de la familia, es decir una descripción del elemento normalizado, mientras que el resto de los requerimientos corresponden con normativas, fabricantes y revisiones lo cual no es necesario cumplimentar a no ser que lo especifiquen.



The image shows a software dialog box titled "Publish Guide" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into several sections for inputting family properties:

- Set Family Properties:**
 - Family Name:** A text input field containing "NAS 1299".
 - Family Description:** A text input field containing "Tornillo de seguridad para aeronautica.".
 - Family Folder Name:** A text input field containing "NAS 1299".
- Standard Organization:** A dropdown menu with "Ramon Sanchez Diez" selected.
- Manufacturer:** An empty dropdown menu.
- Standard:** A dropdown menu with "NAS 1299" selected.
- Standard Revision:** An empty text input field.

At the bottom of the dialog, there is a help icon (question mark in a circle), a "Cancel" button, a "< Back" button, a "Next >" button (highlighted with a blue border), and a "Publish" button.

Ilustración 80: Quinta ventana de requerimientos para publicar un elemento

Una vez rellenados todos los requerimientos de esta ventana se puede continuar a la última de las ventanas para poder publicar un estándar. Esta ventana es la más simple, pero también es importante, ya que su función es especificar una imagen la cual aparecerá en el centro de contenido sobre el nombre de cada familia, el hecho de que aparezca una imagen sobre cada elemento puede ser un recurso visual muy útil para usuarios externos, debido a que esto les podría facilitar la búsqueda del elemento deseado si no se supiera el nombre específico del elemento.

Inventor por defecto genera una imagen en isométrica de la última configuración seleccionada dentro del archivo pieza, generalmente esta opción es la más recomendable ya que es una buena imagen para emplear, pero si el usuario quisiera poner otra imagen podría hacerlo.

En la Ilustración 81 se muestra la imagen generada por el software la cual se dejará por defecto para este elemento. Una vez finalizados todos los pasos se puede observar que en la parte inferior de la ventana no se puede seleccionar la opción “Next”, ya que esta se encuentra bloqueada al ser el último paso para publicar por lo que será necesario seleccionar el icono “Publish”.

Una vez seleccionado el icono correspondiente para publicar el estándar, será necesario esperar unos instantes en lo que el software actualiza la información de la familia en el centro de contenido, este proceso puede tardar más o menos dependiendo del número de elemento que compongan la familia, el número de configuraciones del archivo pieza.

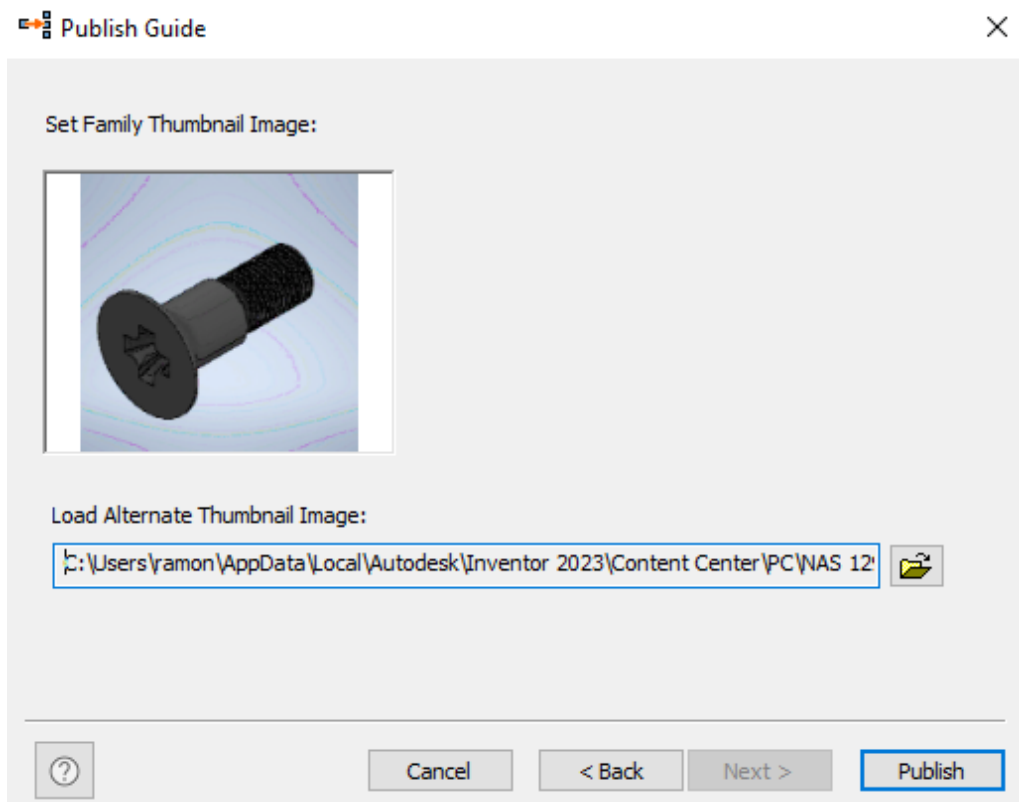


Ilustración 81: Sexta y última ventana de requerimientos para publicar un elemento

Una vez finalizado el proceso de publicar la familia el software lanzara un mensaje de éxito en la publicación, Ilustración 82, hasta que no aparezca dicho mensaje es mejor no modificar nada para poder finalizar correctamente el proceso.

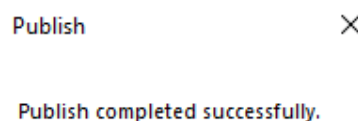


Ilustración 82: Mensaje de publicación completada del elemento

Una vez se haya publicado y haya salido el mensaje de la imagen anterior, el elemento normalizado aparecerá ya como un archivo en el centro de contenidos. Este proceso es necesario repetirlo con todos los estándares de los que se vaya a componer la biblioteca creada.

El proceso de subir los elementos a la biblioteca es un proceso muy largo y tedioso ya que hay que seguir unos pasos muy específicos para poder realizarlo correctamente. Es importante comprobar siempre que todos los elementos creados son los requeridos por las normativas ya que es importante para su posterior uso que cumple los requisitos especificados y sobre todo que el software es capaz de actualizar las dimensiones para cada configuración.

En las siguientes imágenes se muestra el resultado final de añadir a la biblioteca todos los elementos modelados en sus carpetas correspondientes, por lo que se mostrara una ilustración por cada categoría mostrando en conjunto todos los elementos diseñados e insertados dentro de la biblioteca para este trabajo.

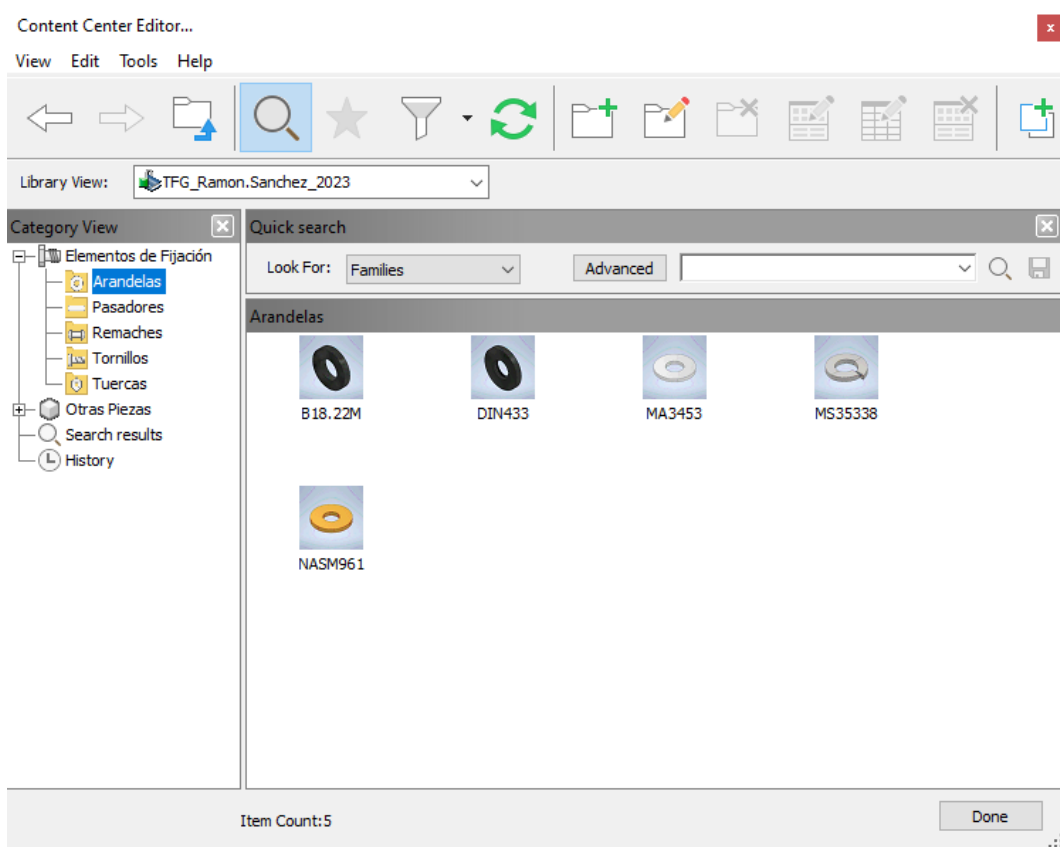


Ilustración 83: Componentes publicados en la categoría Arandelas de la biblioteca creada por el usuario

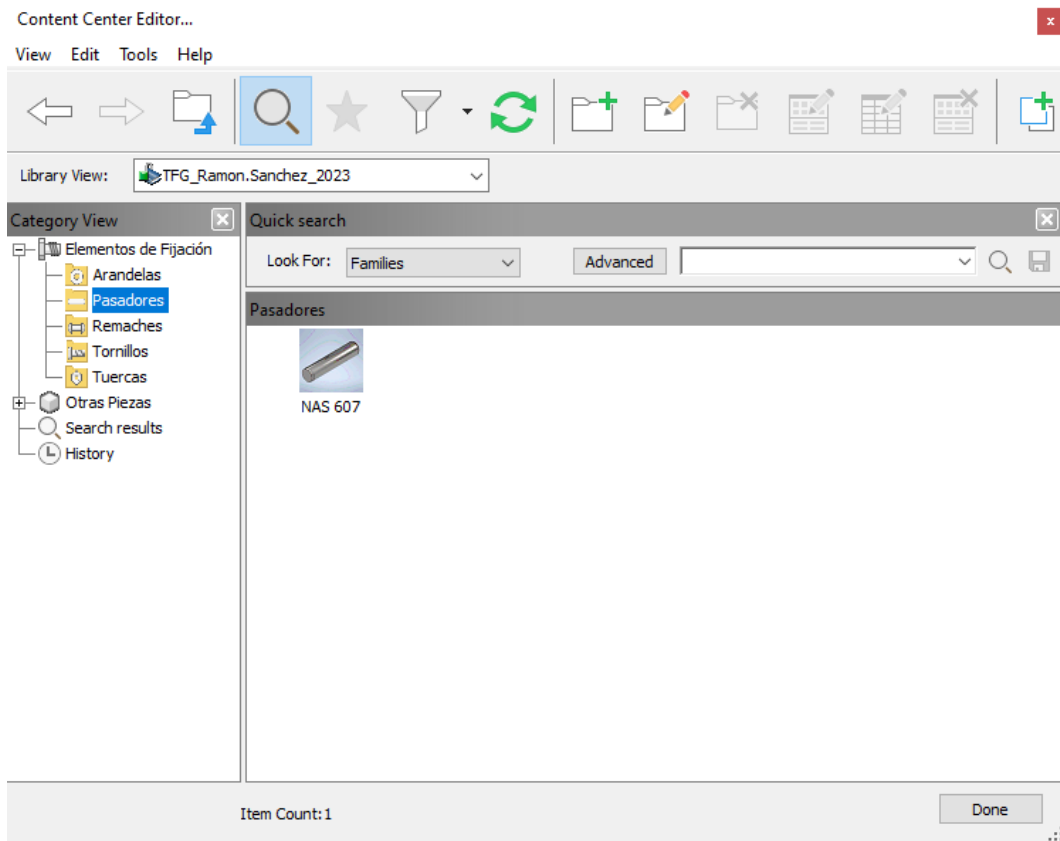


Ilustración 84: Componentes publicados en la categoría Pasadores de la biblioteca creada por el usuario

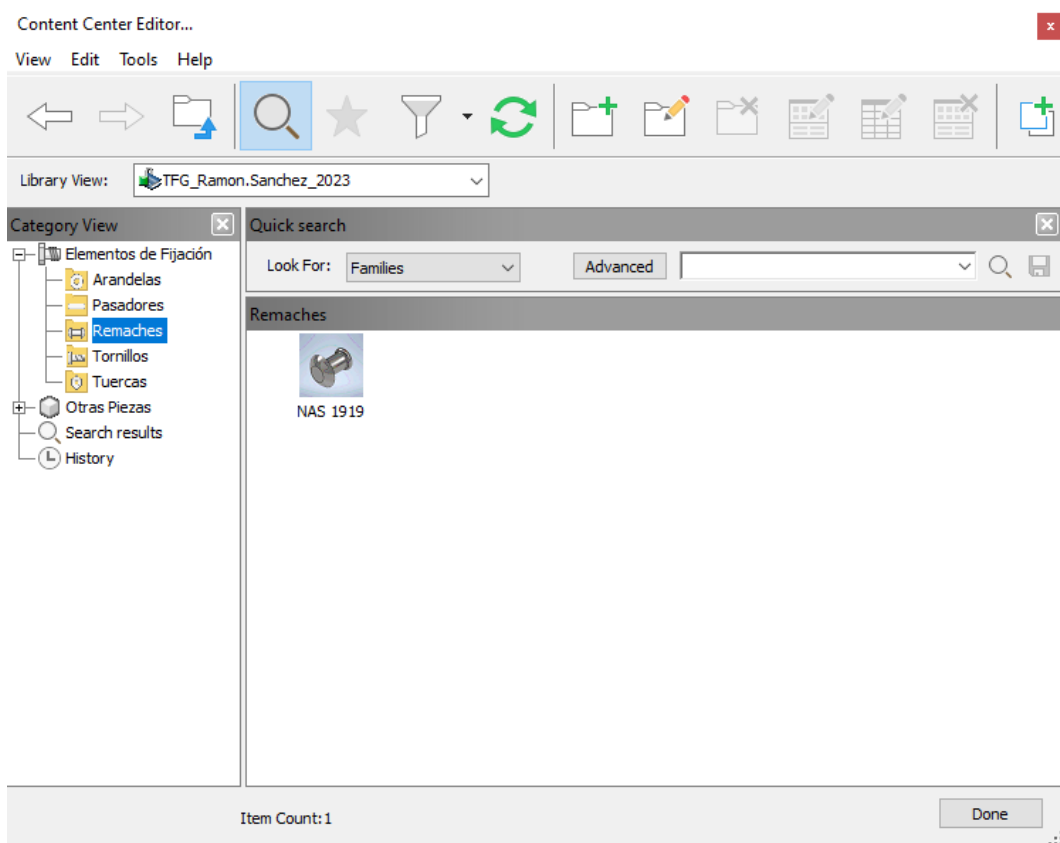


Ilustración 85: Componentes publicados en la categoría Remaches de la biblioteca creada por el usuario

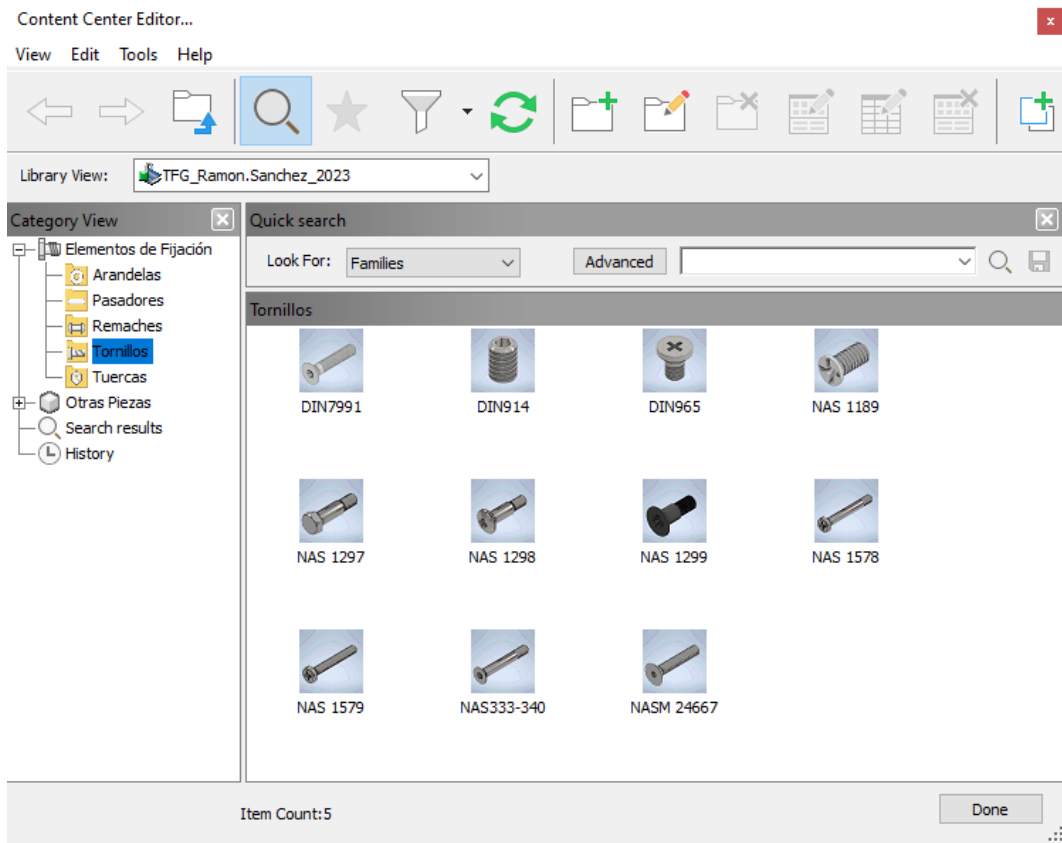


Ilustración 86: Componentes publicados en la categoría Tornillos de la biblioteca creada por el usuario

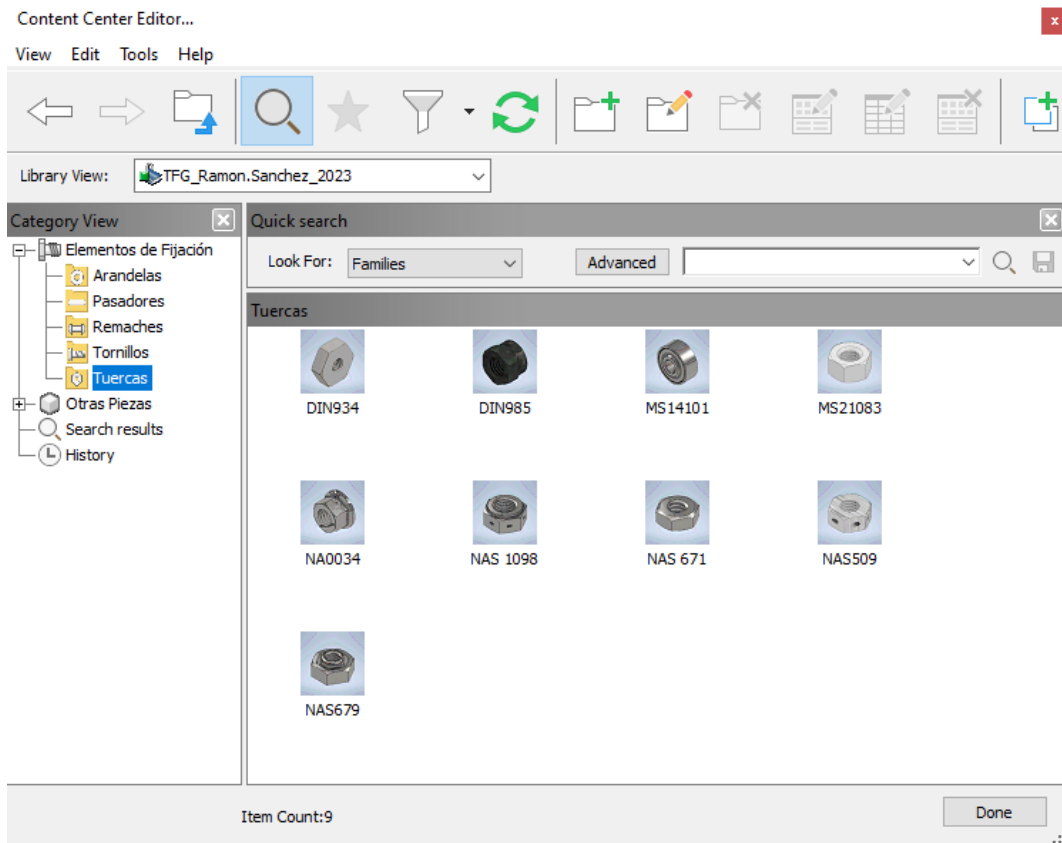


Ilustración 87: Componentes publicados en la categoría Tuercas de la biblioteca creada por el usuario

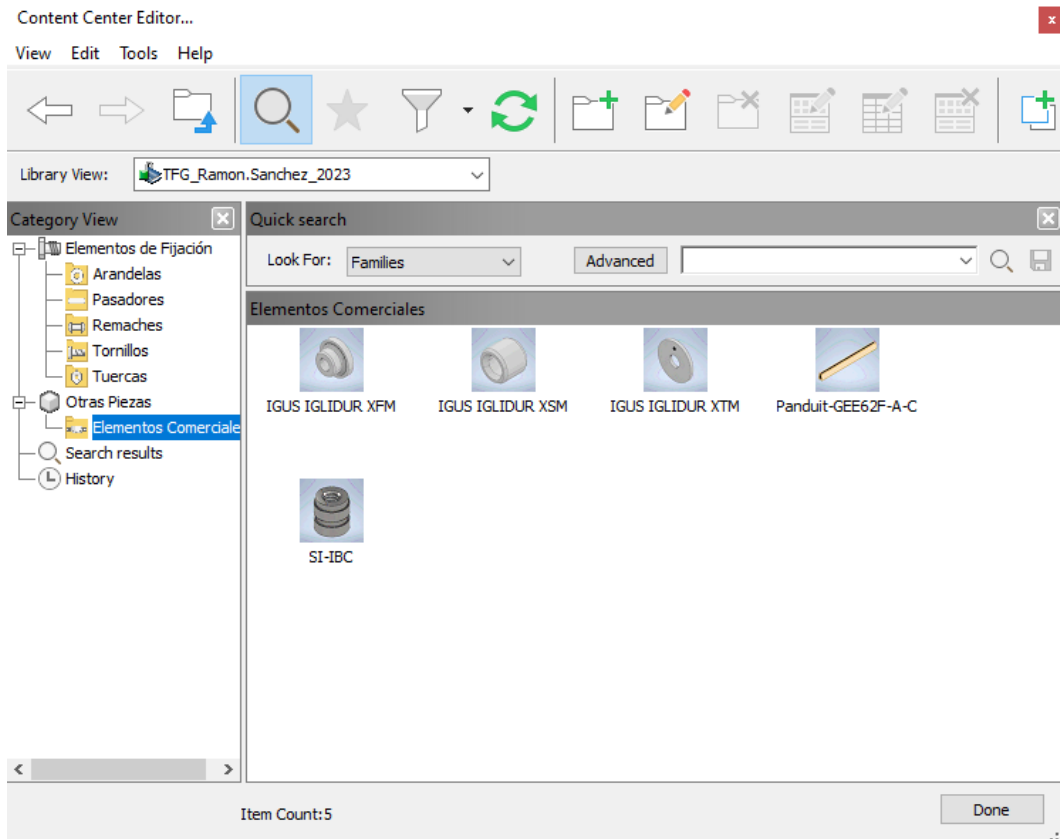


Ilustración 88: Componentes publicados en la categoría Elementos Comerciales de la biblioteca creada por el usuario

Todos los elementos que se pueden observar en las imágenes previas corresponden con elementos normalizados modelados y parametrizados, para crear sus configuraciones, con la finalidad de ser incluidos en la biblioteca para este trabajo.

Para poder ver los elementos incluidos en la biblioteca hay que seguir el mismo proceso que cuando se modificaba dicha biblioteca, es necesario ir a la pestaña “Manage” y en el apartado de centro de contenido seleccionar el icono que permitía realizar modificaciones en la biblioteca, el comando es “Edit”. Una vez se haga clic sobre el comando correspondiente se abrirá la interfaz que engloba todas las bibliotecas, donde se seleccionara la creada por usuario, una vez se seleccione la biblioteca, se puede explorar entre las diferentes carpetas observando al igual que en las ilustraciones anteriores los distintos elementos incluidos en cada una de ellas.

Es importante comprobar que están todos los estándares que se quería publicar, ya que puede haber algún fallo en el software que no publicara alguno de ellos.

Una vez incluidos los elementos en la biblioteca es importante saber cómo estos se pueden incluir en los ensamblajes y cuál es la interfaz que aparece a la hora de querer seleccionar la configuración deseada.

9. Incluir elementos normalizados de la biblioteca en un ensamblaje

Una vez se han incluido todos los elementos estándar necesarios para un proyecto en la biblioteca creada, estos se pueden utilizar para incorporarlos en los ensamblajes, haciendo que el proceso 3D sea lo más realista posible, uniendo las diferentes piezas con los elementos de fijación incluidos en la biblioteca.

Para poder incluir un elemento en un ensamblaje es necesario trabajar con el tipo de archivo correspondiente para ello, en este caso un archivo “Assembly” (ensamblaje). Al seleccionar, en la interfaz principal de Inventor, crear un nuevo archivo ensamblaje, el software abrirá la interfaz correspondiente a este archivo, como se muestra en la Ilustración 89.

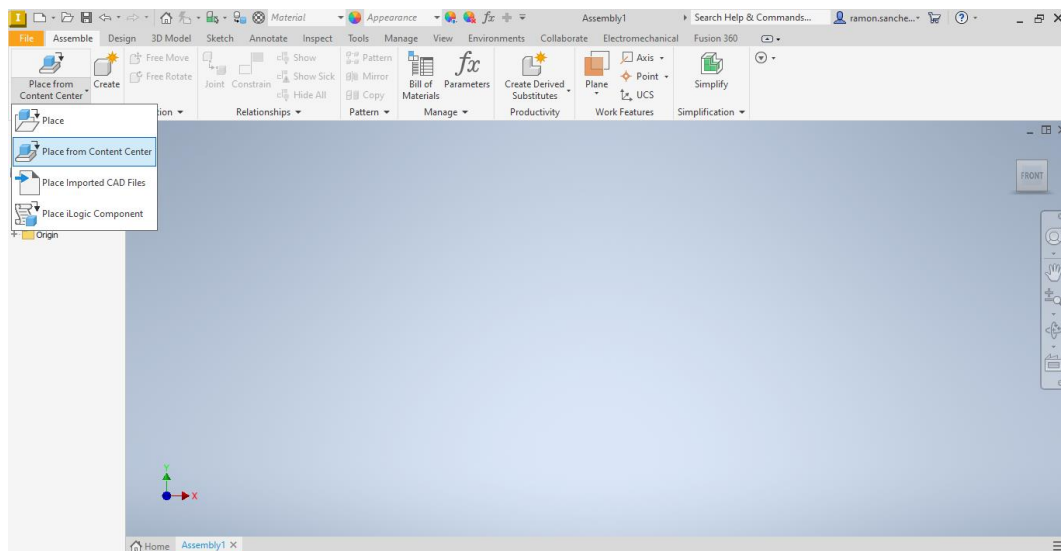


Ilustración 89: Interfaz del archivo tipo ensamblaje

Tras abrirse el archivo ensamblaje como se observa en la imagen hay una gran cantidad de nuevos comandos a diferencia del archivo tipo pieza, pero lo que interesa únicamente es el comando seleccionado de la parte superior izquierda. Este comando sirve para incluir en el ensamblaje archivos externos de distinto tipo, como se observa en la imagen en el desplegable permite seleccionar el tipo de archivo a incluir, lo que para este trabajo es necesario seleccionar la opción marcada al igual que en la Ilustración 89.

La opción para seleccionar es “Place from Content Center” (incluir desde el centro de contenido), esta opción permite acceder a los elementos normalizados incluidos en las bibliotecas, que contenga el software por defecto o las que el usuario haya creado y rellenado con los elementos estándar necesarios.

Una vez seleccionada esta opción se abrirá una ventana muy similar a cuando se seleccionaba el comando para editar las bibliotecas desde el centro de contenido. Al seleccionar el comando se abre una ventana que muestra los elementos de la biblioteca seleccionada, para el caso de estudio se selecciona la biblioteca creada por el usuario y dentro de ella, se busca el elemento

requerido para incorporarle en el ensamblaje. La ventana actual tiene ciertas diferencias respecto a la de editar las bibliotecas ya que en esta únicamente permite buscar y seleccionar elementos sin poder realizarles ninguna modificación.

Para el caso de estudio se va a seleccionar el elemento normalizado con el que se ha estado trabajando a lo largo de todo el documento. Para seleccionarlo únicamente es necesario ir a la categoría de Elementos de fijación, seleccionar la carpeta Tornillos que se encuentra en su interior y clicar sobre el estándar NAS 1299, al igual que se observa en la Ilustración 90.

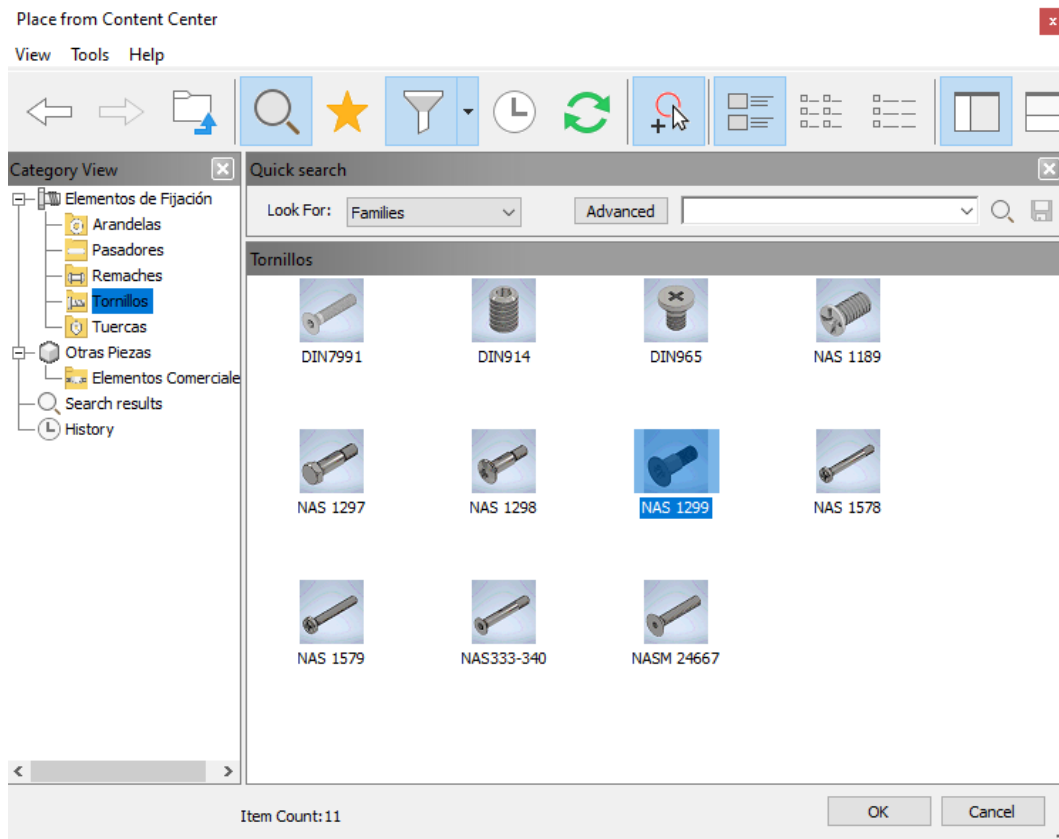


Ilustración 90: Selección de elemento normalizado desde la biblioteca seleccionada

Una vez se haya seleccionado el elemento deseado, como aparece en la imagen, hay dos opciones para poderle incluirle clicar dos veces sobre el elemento o, seleccionado el estándar, clicar sobre el icono de la parte inferior “OK”.

Una vez se haga una de las dos acciones previas el software lanzará una ventana, como la que se puede observar en la Ilustración 91, esta ventana corresponde con la interfaz de selección dentro de las opciones disponibles, valores asignados a los parámetros que aparecen como columnas clave. Al ir seleccionando un valor de cada columna, lógicamente en orden de izquierda a derecha, únicamente con los valores que haya especificado el usuario habrá una configuración posible. Esta configuración única será la que Inventor seleccione de la familia, insertándola en el ensamblaje como un archivo pieza.

La Ilustración 91 muestra los valores que se han seleccionado para poder llegar a la configuración deseada. La configuración final corresponde a una de las cuatro vistas generales en apartados previos, exactamente corresponde con:

- **NAS1299-6D10C:** tornillo NAS 1299, con agujero para pasador, rosca 3/8-24 UNF, una longitud de zona no roscada de 0,635 pulgadas y con un acabado superficial “Cadmium plate per QQ-P-416, type I, class 3.

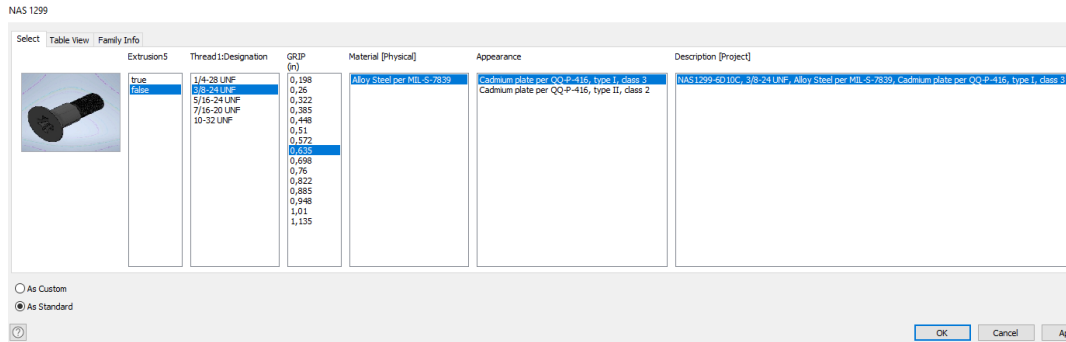


Ilustración 91: Selección de la configuración necesaria del estándar

En la imagen se puede observar que la ventana se compone de tres pestañas:

- **Select:** seleccionar, en esta pestaña aparecen las columnas clave donde seleccionando entre las distintas opciones que tiene cada columna permite al usuario obtener la configuración del elemento normalizado deseada.
- **Table View:** vista de la tabla, en esta pestaña se observa la tabla de valores que parametriza cada configuración pudiendo visualizar el valor asignado a cada parámetro para todas las configuraciones.
- **Family Info:** información de la familia, en esta pestaña aparece la información que cuando se publicó el elemento, se debía completar los requerimientos necesarios para dar información general sobre la familia.

Al final de la selección de los valores que se observan en la Ilustración 91, la última columna clave corresponde con la descripción, esta columna es beneficiosa para el usuario, ya que realiza un resumen del elemento normalizado con las propiedades para la configuración seleccionada pudiéndose comparar con la idea inicial de selección.

Una vez seleccionada la opción deseada se clicca sobre el icono “OK” y esto nos permite volver a la interfaz de ensamblaje para poder insertar el elemento en las posiciones que sean necesarias. Como se puede observar en la Ilustración 92 donde está el elemento y en el árbol de operaciones aparece este incluido.

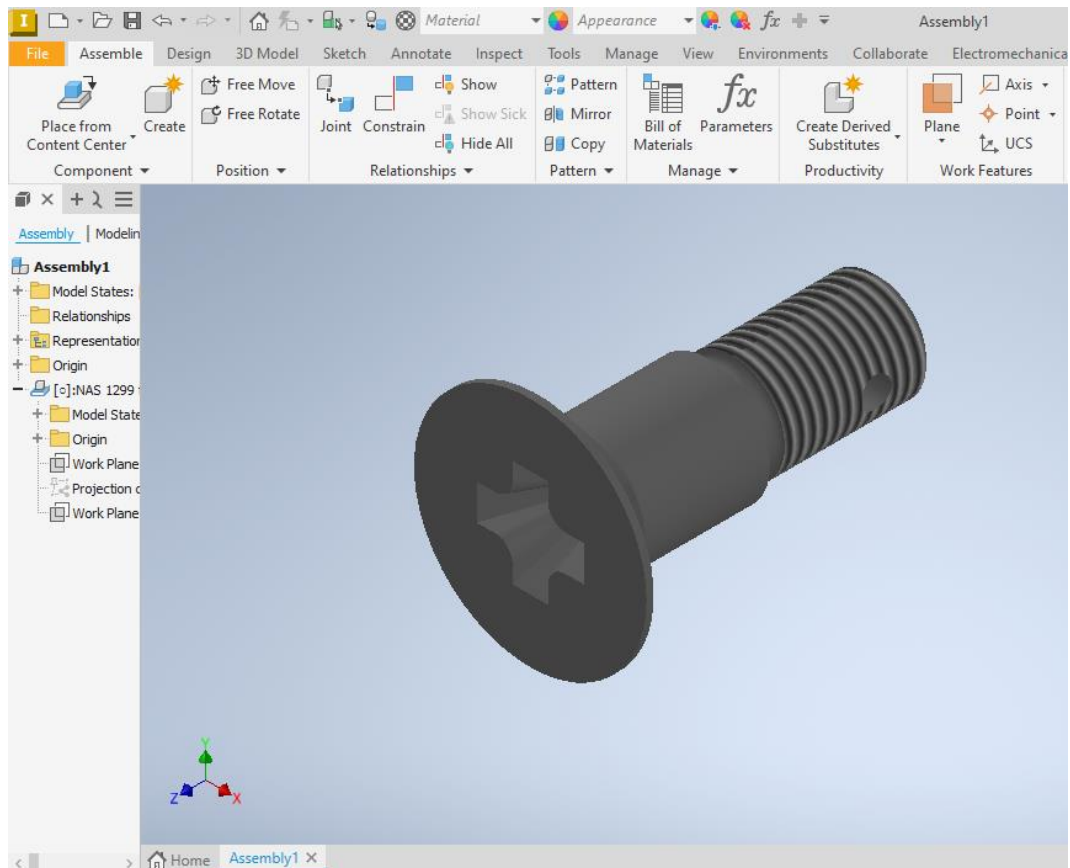


Ilustración 92: Configuración seleccionada, NAS1299-6D10C

El proceso de insertar elementos en ensamblajes es siempre el mismo para cualquier elemento que el usuario requiera. Siguiendo los pasos previos se pueden completar todo el proceso de ensamblaje de los elementos estándar en el proyecto para el que se trabaje.

10. Vault

Vault es un software PDM (gestión de datos de producto), este permite la administración de datos, que ayudan a organizar, gestionar y hacer un seguimiento de los procesos de creación de datos, simulación y documentación para equipos de diseño, ingeniería y construcción.



Ilustración 93: Logotipo Vault Professional

Autodesk Vault se conocía en su origen como truEVault; como parte de una adquisición a una empresa llamada truEInnovations. La empresa trueEInnovations se fundó sobre la base de traer al mercado una herramienta más asequible para administrar datos de ingeniería. Después de que Autodesk adquiriera la empresa truEInnovations en 2003, Autodesk comenzó a promover la integración del producto, que pasó a llamarse Vault, en la línea de productos de fabricación, comenzando con Autodesk Inventor.

Este software permite organizar todos los archivos y guardarlos en una única ubicación para facilitar el acceso. Se conservan todas las versiones de los archivos, por lo que no hay riesgo de perder o reemplazar versiones anteriores. En el almacén de los archivos se guarda cada versión de un archivo, así como todas sus dependencias, por lo que se dispondrá de un historial del proyecto mientras se esté trabajando en él. Asimismo, el almacén también guarda las propiedades de los archivos para poder realizar búsquedas y recuperarlos de forma más rápida.


En un proyecto en el cual trabaja equipo de diseño, todos los archivos y datos asociados se almacenan en el servidor, de modo que todos los participantes del equipo pueden tener acceso a la información y al historial de todos los archivos. Los miembros del equipo aplican un check-out a los archivos que dicho usuario vaya a utilizar para evitar que más de una persona edite el mismo archivo a la vez. Cuando un archivo vuelva a estado de check-in en el almacén, los miembros del equipo podrán actualizar sus copias locales del archivo de modelo para tener la última versión disponible en el almacén. De este modo, todos los miembros del equipo de diseño trabajan juntos y permite tener la misma información actualizada a la vez.

Vault está destinado a ser el software clave para la administración de datos en todos los productos de diseño de Autodesk y, por lo tanto, tiene complementos para la mayoría de los programas que Autodesk proporciona independientemente del ámbito de trabajo.

Respecto a la información de un proyecto, el aspecto que más interviene en este trabajo corresponde con las bibliotecas del centro de contenido. El proceso para poder trabajar con Vault es el mismo que sin él ya que para crear los elementos normalizados se realiza de la misma manera y para poder publicarlos también. La mayor diferencia es donde se almacena toda la

información Como bien se ha descrito antes, al emplear Vault todos los datos se almacenan en ese software por lo que, si se quiere trabajar con una biblioteca de elementos estándar común para todo el proyecto y que esta se mantenga actualizada para todos los integrantes del proyecto, usar Vault es la mejor opción.

Una vez se esté trabajando con Vault lo que será necesario hacer es vincular Inventor con el proyecto que crea Vault por defecto, este proyecto será un archivo tipo “.ipj”. Al estar instalado el software Vault en el ordenador Inventor automáticamente encontrara ese archivo proyecto, pero es necesario que el usuario lo vincule con el software.

Para poder vincular el proyecto es necesario estar en la interfaz principal del software Inventor y clicar sobre el icono que permite seleccionar los proyectos , ubicado en la parte superior de la interfaz. Una vez selecciona el icono correspondiente se abrirá la ventana de proyectos en la que automáticamente aparecerá uno nuevo "Vault.ipj" correspondiente al archivo de proyecto de Vault, Ilustración 94.

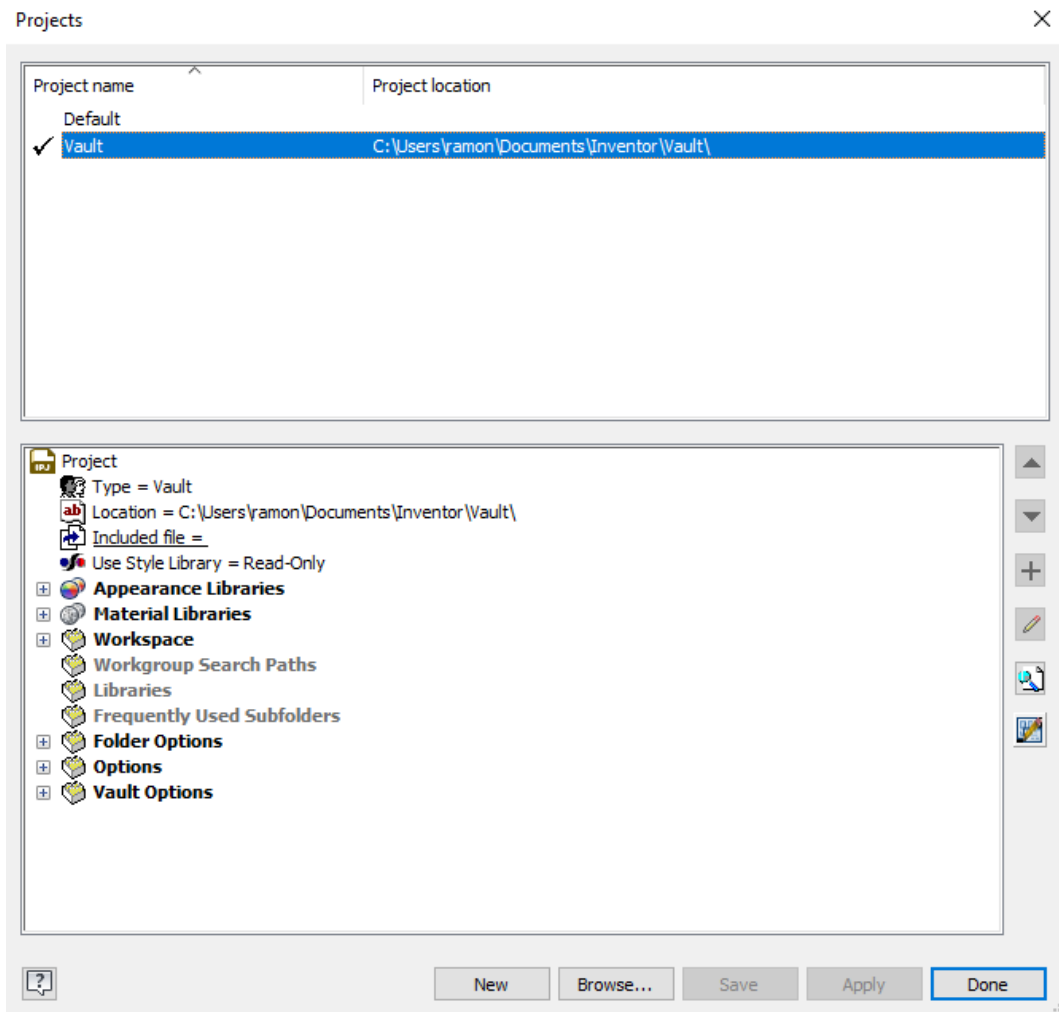


Ilustración 94: Selección del proyecto Vault

En la imagen se puede observar el proyecto seleccionado y las características de este vinculadas con el software Vault. Ya vinculado el nuevo proyecto a Inventor, el proceso para poder crear los estándares y publicarles es similar al

explicado previamente, pero es necesario configurar una acción más ya que, si no se modifica las bibliotecas creadas, los elementos al publicar y los elementos a insertar en un ensamblaje desde el “Content Center” seguirán adquiriendo la información desde el software Inventor no desde Vault.

En general la configuración necesaria a cambiar es la del centro de contenido, ya que toda la información respecto a las librerías y los estándares de su interior se administran desde ahí, por lo que será necesario vincular el centro de contenido con Vault. Para poder vincularlo, es necesario desde la interfaz principal de Inventor clicar sobre la pestaña “Tools” (herramientas), seleccionando el icono “Application Options” (opciones de la aplicación) lo que inmediatamente abrirá una ventana con gran cantidad de pestañas.

Dentro de esta ventana se busca y selecciona la pestaña requerida “Content Center” y en ella aparecerán las opciones para elegir con que se quiere vincular el centro de contenidos, si con Inventor o con Vault, a lo que se seleccionará la segunda opción como se muestra en la Ilustración 95.

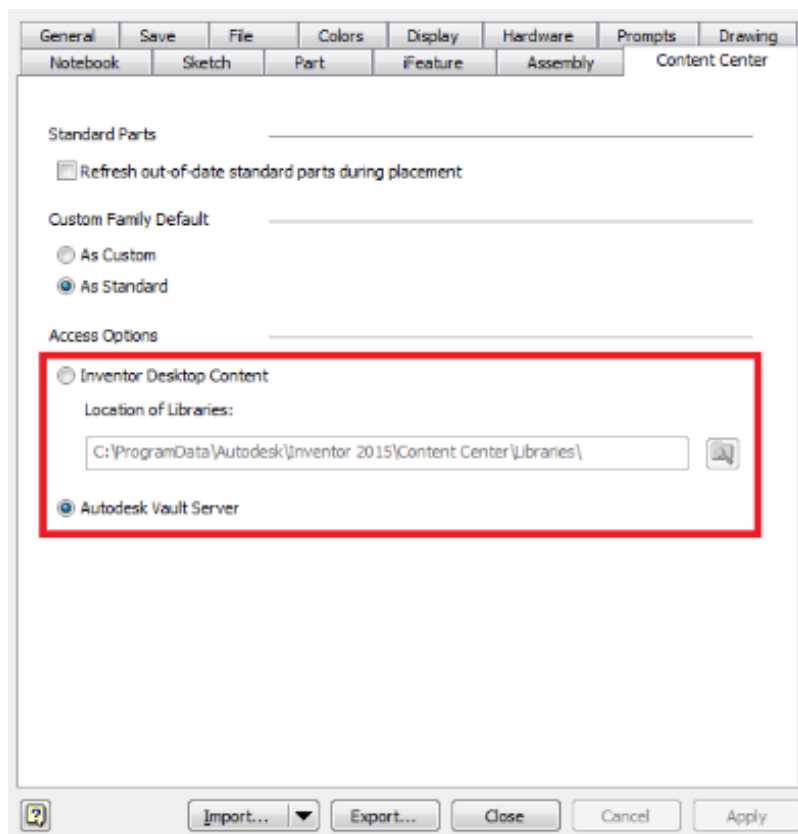


Ilustración 95: Selección para la vinculación del Content Center con Vault

Una vez vinculado el centro de contenido con Vault ya se podrá trabajar con un proyecto vinculado con el resto de los miembros, actualizándose al instante los elementos que se quieran publicar para que los puedan utilizar el resto de las integrantes del proyecto.

Si el resto de los miembros del proyecto, que necesitan insertar estándares para fijaciones en los ensamblajes, están también vinculados de esta manera con Vault, cuando vayan a insertar los elementos en un ensamblaje desde el centro de contenidos, todas las bibliotecas y elementos que aparecerán son los almacenados en el software Vault.

11. Conclusiones

Todo el trabajo que se ha realizado a lo largo de este TFG está relacionado con el proceso que permite realizar correctamente una biblioteca de elementos normalizados a través del software Inventor Professional 2023, incluyendo en dicha biblioteca familias de elementos normalizados que contienen diferentes configuraciones para cada estándar pero que comparten una geometría inicial común preestablecida por la normativa específica de cada elemento.

Mediante la guía redactada en este trabajo se puede completar el proceso total, empezando por la selección de la normativa deseada, configurando el software con los parámetros, materiales y acabados necesarios para el elemento normalizado, modelado de la geometría que especifica la normativa sirviendo esta de geometría base para el resto de las configuraciones, creación de las configuraciones parametrizando propiedades y parámetros, creación de la biblioteca donde se almacenan los estándares, almacenamiento de los estándares previamente creados y su posterior inserción en ensamblajes.

Este proceso es necesario en el desarrollo de grandes proyectos ya que permite llevar un control total sobre los elementos normalizados necesarios para poder completar los ensamblajes entre las distintas partes del proyecto. El seguimiento de los estándares es necesario para la lista de elementos que compongan el proyecto (BOM, Bill Of Material). Esta es la razón principal para la creación de esta guía de usuario, poder facilitar un documento que englobe todas las operaciones necesarias para realizar la actividad descrita, sirviendo de apoyo tanto a nuevos usuarios como a profesionales del sector que quieran completar sus conocimientos sobre dicho proceso.

La posibilidad de crear todas las configuraciones necesarias para el elemento permite gestionar de una manera eficiente los estándares que se encuentran en la biblioteca, ya que existe la posibilidad de que en un mismo ensamblaje sean necesarios dos elementos pero que estos tengan distintos requerimientos de longitud u otras dimensiones. Al generarse todas las versiones permite al usuario economizar el tiempo y poseer una familia completa de elementos para cualquier proyecto, sin necesidad de estar repitiendo el trabajo para cada configuración precisa.

Este proceso para las empresas es rentable, siempre y cuando sean necesarios elementos normalizados muy específicos y poco comunes, ya que es más económico contratar a una persona que se ocupe de la gestión de estos elementos que comprar librerías de elementos ya creadas. Por la razón anterior, la empresa puede tener un doble beneficio: solventar la necesidad de los elementos normalizados empleando personal interno de la empresa, sin necesidad de invertir en bibliotecas de pago, y a su vez poder vender dichos archivos creados por ellos como bibliotecas de modelos 3D para otras empresas que puedan requerirlas.

La creación de los elementos normalizados y de la biblioteca que los almacena es necesaria en la mayoría de los ensamblajes, tanto actualmente como en futuros proyectos. Por lo que es indispensable conocer el proceso descrito en este trabajo para así poder solventar dicha sin necesidad de gastos innecesarios.

12. Bibliografía

12.1 Libros Consultados

Grande Sampedro, F. (2019). *El gran libro de Autodesk Inventor*. España: Marcombo. Consultado en diciembre.

ISBN: 978-8426727640

Shih, R. (2022). *Learning Autodesk Inventor 2023*. Kansas: SDC Publications. Consultado en diciembre.

ISBN: 978-1630575236

Shih, R. & Jumper, L. (2022). *Parametric Modeling with Autodesk Inventor 2023*. Kansas: SDC Publications. Consultado en enero.

ISBN: 978-1630575069

12.2 Informes técnicos

Sutherland, I. E. (2003). *Sketchpad: A man-machine graphical communication system*. (Nro. 574). Comunicación presentada en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, enero de 1963. University of Cambridge Computer Laboratory.

12.3 Páginas web consultadas

Acerca de iProperties. (2021, 14 de octubre). Knowledge Autodesk. Consultado el 15 de diciembre del 2022, desde el enlace:

<https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Inventor-Help/files/GUID-DB4F5723-939F-4034-857C-6D54429ED024-htm.html>

Autodesk | Historia del software líder y más utilizado. (s.f.). Datech. Consultado el 3 de noviembre del 2022, desde el enlace:

<https://www.datech.es/software/autodesk-historia-del-software-lider-y-mas-utilizado/#:~:text=La%20compa%C3%B1a%20Autodesk%20fundada,diarias%20y%20con%20total%20precisi%C3%B3n>

Centro de contenido. (2021, 17 de octubre). Knowledge Autodesk. Consultado el 22 de diciembre del 2022, desde el enlace:

<https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ESP/Inventor-Help/files/GUID-10C77F6B-8D08-4A1D-8DB9-1E7B1BEA7FC8-htm.html>

¿Cuáles son las funciones de iLogic en Autodesk Inventor? (2020, 6 de julio). Protocad3D. Consultado el 28 de diciembre del 2022, desde el enlace:

<https://www.protocad3d.com/2020/07/cuales-son-las-funciones-de-ilogic-en-autodesk-inventor.html>

Diseño asistido por ordenador (CAD). (s.f.). Siemens. Consultado el 6 de noviembre del 2022, desde el enlace:

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>

Elementos normalizados. (s.f.). SIA Suministros Industriales. Consultado el 20 de noviembre del 2022, desde el enlace:

<https://siasuministros.com/elementos-normalizados>

Productos Vault. (2021, 7 de junio). Knowledge Autodesk. Consultado el 12 de enero del 2022, desde el enlace:

<https://knowledge.autodesk.com/es/support/vault-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ESP/Vault-About/files/GUID-87D9CA09-9881-4506-9465-0677392BCD7E-htm.html>

Anexos

Anexo I. Elementos incluidos en la biblioteca TFG_Ramon.Sanchez_2023

B18.22M	Arandela plana en métrica
DIN433	Arandela plana en métrica
DIN914	Tornillo Allen sin cabeza y rosca métrica
DIN934	Tuerca hexagonal con rosca métrica y paso fino
DIN965	Tornillo con cabeza Phillips avellanada y rosca métrica
DIN985	Tuerca hexagonal autoblocante con rosca métrica
DIN7991	Tornillo con cabeza Allen avellanada y rosca métrica
IGUS XFM	Cojinete plástico liso de fricción, elemento comercial de la marca Iglus categoría Iglidur X
IGUS XSM	Cojinete plástico de fricción con valona, elemento comercial de la marca Iglus categoría Iglidur X
IGUS XTM	Arandela plástica, elemento comercial de la marca Iglus categoría Iglidur X
MA3453	Arandela plana en métrica
MS14101	Tuerca Allen de rosca métrica
MS21083	Tuerca hexagonal autoblocante con rosca imperial
MS35338	Arandela de bloqueo en imperial
NA0034	Tuerca hexagonal con rosca métrica aeronáutica
NAS509	Tuerca hexagonal con rosca imperial aeronáutica y agujeros de bloqueo
NAS607	Pasador en imperial
NAS671	Tuerca hexagonal con rosca imperial aeronáutica

NAS679	Tuerca hexagonal autoblocante aligerada con rosca imperial
NAS1098	Tuerca hexagonal con rosca imperial paso fino
NAS1189	Tornillo autoblocante con cabeza Phillips avellanada y rosca imperial
NAS1297	Tornillo de cabeza hexagonal rosca imperial aeronáutica y orificios para pasadores de bloqueo
NAS1298	Tornillo de cabeza Phillips semiesférica, rosca imperial aeronáutica y orificios para pasadores de bloqueo
NAS1299	Tornillo de cabeza Phillips avellanada, rosca imperial y orificios para pasadores de bloqueo
NAS1578	Tornillo de cabeza Phillips plana con rosca imperial, no completamente roscado
NAS1579	Tornillo de cabeza Phillips plana con rosca imperial, completamente roscado
NAS1919	Remache ciego de cabeza protuberante en imperial
NAS333-340	Tornillo de cabeza Phillips avellanada y rosca imperial
NASM961	Arandela plana en imperial
NASM24667	Tornillo con cabeza Allen avellanada y rosca imperial
Panduit-GEE62F-A-C	Adhesivo ranurado de polietileno para rebordes, elemento comercial de la marca Panduit
SI-HBC	Inserto roscado para plásticos en métrica e imperial, elemento comercial de la marca SI